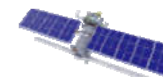




Научная конференция
«Опасные природные явления и катастрофы: причины, последствия, возможности предотвращения»



ЛАВЁРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ-2024

**КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ
ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ ДЛЯ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ
И СНИЖЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ**

Академик РАН В.Г. БОНДУР
Научный руководитель НИИ «АЭРОКОСМОС»



г. Москва, Ленинский пр., 32а
1 февраля 2024 г.



Вице-президент РАН Н.П. Лавров и академик РАН В.Г. Бондур

Вице-президент РАН Н.П. Лавров в НИИ «АЭРОКОСМОС»

Академик Бондур В.Г.

© АЭРОКОСМОС



АКТУАЛЬНОСТЬ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ



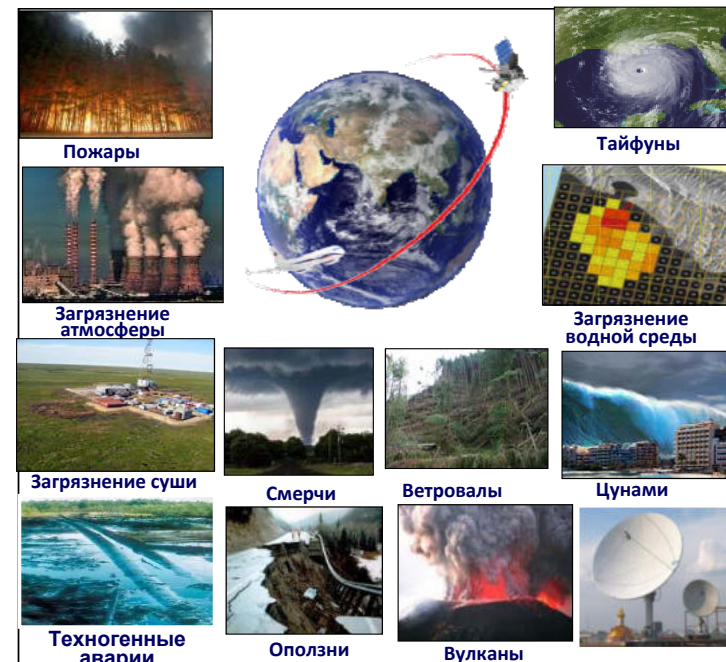
В последние годы на планете увеличивается численность населения (уже более 8 млрд., а в 2035 г. прогнозируется 9 млрд. человек), растет урбанизация, интенсивно развивается промышленность, возрастает антропогенная нагрузка на окружающую среду, происходят значительные изменения климата.

Это приводит к росту частоты и масштабов опасных природных явлений и катастроф. С 1980 по 2023 год число катастрофических процессов на Земле увеличилось в 3.5 раза, а ущерб от них возрос почти в 5 раз.

В 2022 г. на территории России (по данным МЧС России*) произошла 242 чрезвычайная ситуация (164 техногенных и 78 природных), в которых пострадало около 245 тыс. человек (от природных 134 тыс., от техногенных 101 тыс. человек), погибли 199 человек.

Материальный ущерб от ЧС составил более 7.8 млрд. руб. (природные 92.38 %, техногенные 7.62 %).

* Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2022 году». МЧС России, 2023



Распределение природных катастроф на Земле	
Наводнения	32%
Тропические циклоны, ураганы, штормы	32%
Землетрясения	12%
Засухи	10%
Остальные	14%

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

Рост количества опасных природных явления и катастроф приводит к угрозам для жизни людей, существенному экономическому ущербу и негативным воздействиям на окружающую среду.

Это вызывает необходимость полномасштабного внедрения в практику прогнозирования и предупреждения опасных природных явлений и катастроф новых наукоёмких методов и технологий.

Важную роль в решении проблем прогноза и предупреждения чрезвычайных ситуаций играют достижения современной науки и разработанные на их основе методы, технологии и средства мониторинга, **прежде всего, аэрокосмические.**

При этом на прогнозирование и предупреждение чрезвычайных ситуаций тратится лишь около 10% от затрат на ликвидацию их последствий.

Такую тенденцию необходимо изменить!





ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ И СИСТЕМ ДЗЗ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ



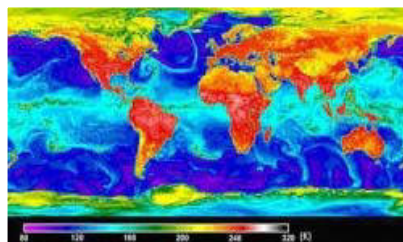
Для решения проблем выявления и предупреждения опасных природных явлений и катастроф перспективно использование спутниковых методов и систем.

В настоящее время на орбитах находятся более 12000 КА (из них около 6800 активных). Результаты ДЗЗ использует большинство стран мира.

Основные тенденции развития современных методов и систем ДЗЗ:

- создание многоспутниковых систем;
- широкое применение РСА, многоспектральной и гиперспектральной аппаратуры высокого разрешения;
- активное использование БПЛА;
- взрывной рост объемов данных, формируемых аэрокосмическими средствами.

Ежегодный рост объемов таких данных превышает **20%**. К 2025 г. общий объем этих данных достигнет более **300 эксабайт**.





ПРЕИМУЩЕСТВА КОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И СИСТЕМ МОНИТОРИНГА*:



- большая обзорность, позволяющая анализировать обширные территории;
- возможность работы в любых труднодоступных районах;
- оперативность получения информации;
- возможность получать информацию, практически в любом масштабе, с высоким пространственным и временным разрешением в различных участках спектра электромагнитных волн;
- широкий спектр регистрируемых параметров среды;
- высокая достоверность получаемых данных;
- возможность работы при частичном или полном отсутствии топографической основы;
- дешевизна информации особенно при работе на больших площадях;
- возможность передачи и ретрансляции данных, полученных с помощью наземных, водных, воздушных источников.



ОГРОМНОЕ ВНИМАНИЕ РАЗВИТИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ДЗЗ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ УДЕЛЯЛ ВИЦЕ-ПРЕЗИДЕНТ РАН АКАДЕМИК РАН Н.П. ЛАВЕРОВ



Вице-президент РАН академик РАН Н.П. Лавров во время посещения НИИ «АЭРОКОСМОС»

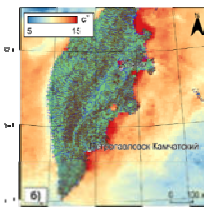
На международном авиакосмическом салоне МАКС

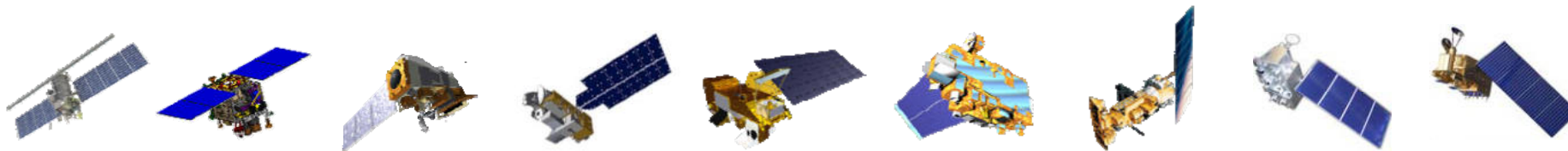


Академик В.Г. Бондур знакомит вице-президента РАН академика РАН Н.П. Лаврова с НИИ «АЭРОКОСМОС»

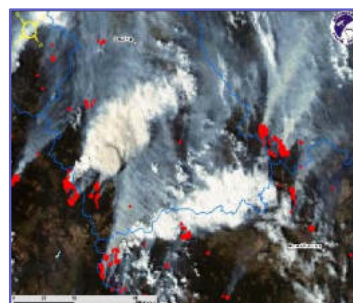
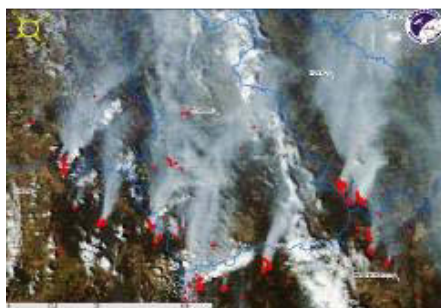


РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ. ПРИМЕРЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ





КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ





ПОДХОДЫ К БОРЬБЕ С ПРИРОДНЫМИ ПОЖАРАМИ

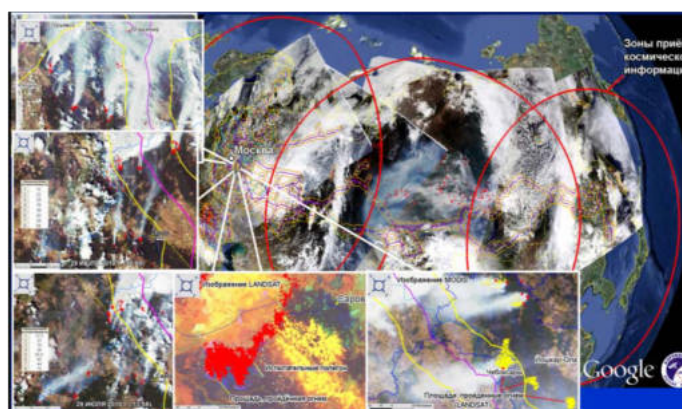
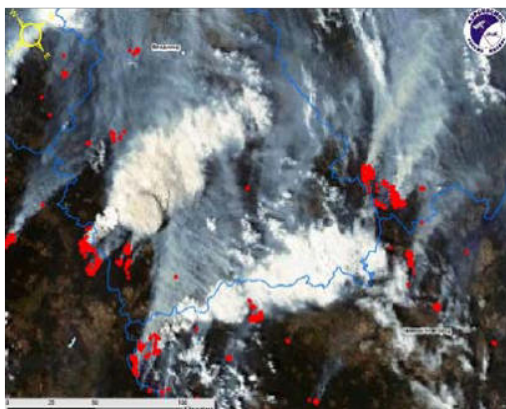


Главными факторами, определяющими эффективность борьбы с природными пожарами, являются:

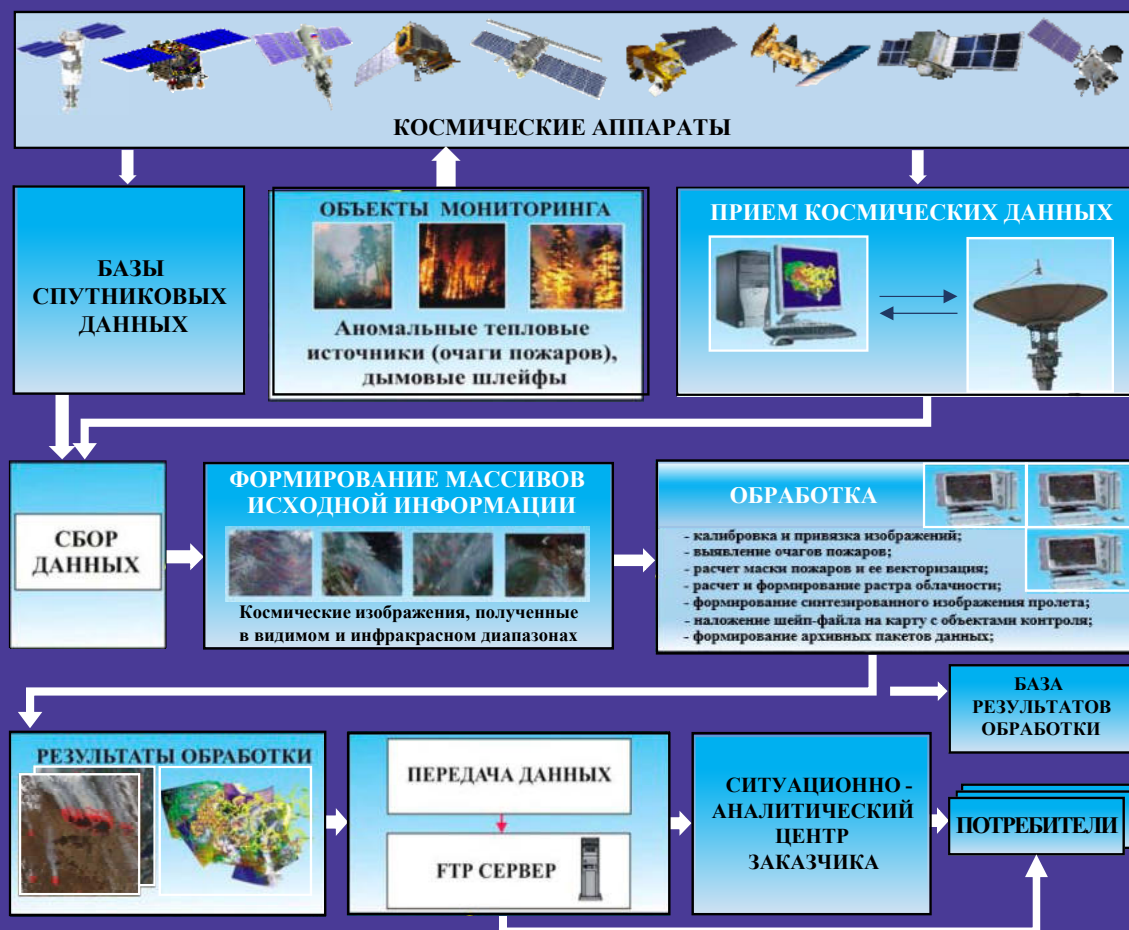
- оперативность обнаружения и предупреждения очагов пожаров;
- своевременность их подавления, особенно на ранних стадиях.

Необходимо проводить детальный анализ **последствий** природных пожаров и развивать стратегию их **оперативного контроля**.

Одним из наиболее перспективных подходов к решению этой проблемы является **использование спутниковых систем мониторинга**, оснащенных современной аппаратурой дистанционного зондирования Земли.



СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ НИИ «АЭРОКОСМОС»

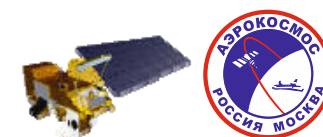


Основные особенности системы мониторинга НИИ «АЭРОКОСМОС»*:

- высокая периодичность обзора (25 - 40 раз в сутки);
- Совместное использование обзорных (250...1000м) и детальных (1-10м) космических изображений;
- высокая скорость обработки и предоставления данных (менее 10 минут с момента получения);
- высокая детальность (радиус очагов 5,0 м) и достоверность обнаружения (0,8-0,96).



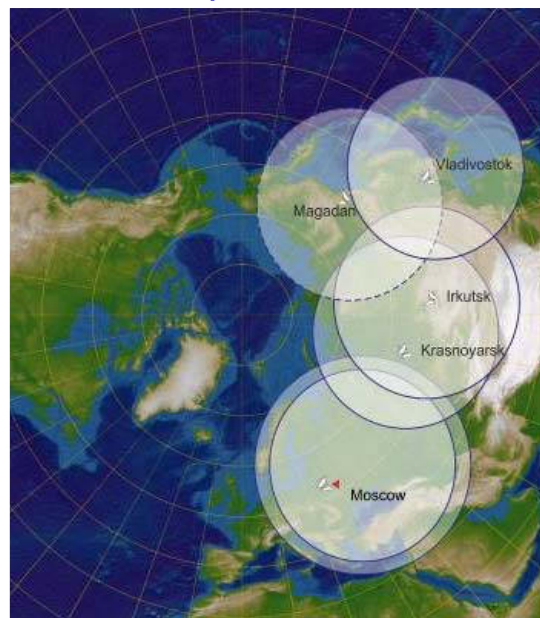
МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ИНТЕНСИВНЫХ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ



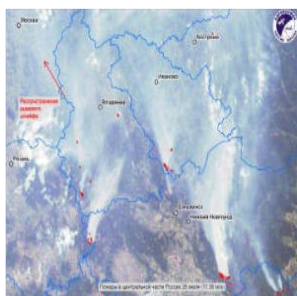
Разработаны методы оперативного обнаружения природных пожаров, оценки их площадей и объемов эмиссий малых газовых компонент и аэрозолей от них, основанные на обработке спутниковых данных различных спектральных диапазонов и пространственного разрешения, а также на учете региональных характеристик растительного покрова.

Преимущества:

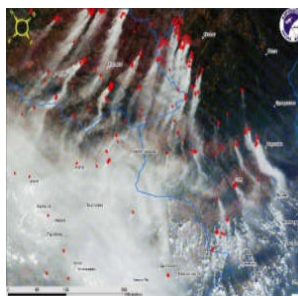
- повышение точности оценки площадей природных пожаров и объемов эмиссий газовых компонент и мелкодисперсных аэрозолей (на 40% по сравнению с аналогами);
- повышение оперативности обнаружения очагов пожаров (в 2 раза по сравнению с аналогами).



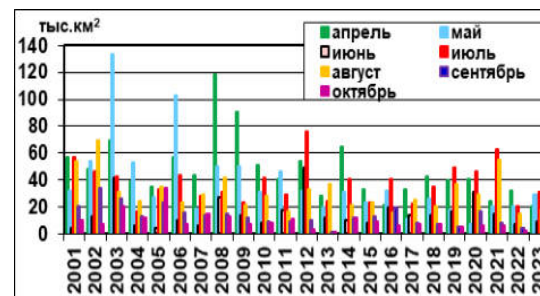
Зоны приема данных ДЗЗ



Центр России. 26.07.2010 г.



Урал и Сибирь. 20.06.2012 г.



Ежемесячные площади природных пожаров в России



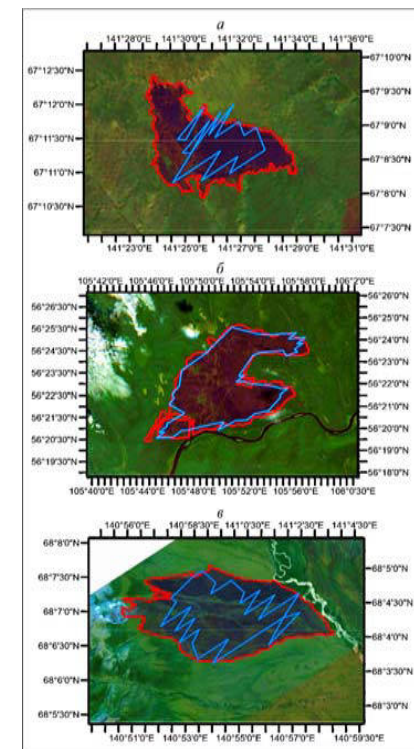
Красноярский край 5.08.2019 г.



Хабаровский край 18.07.2022 г.



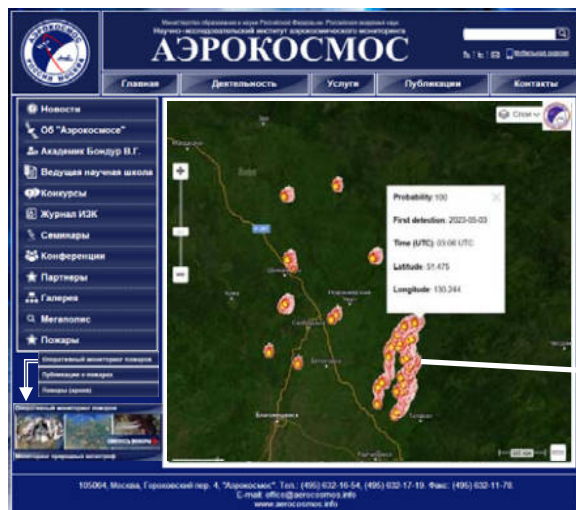
Свердловская область 06.05.2023 г.



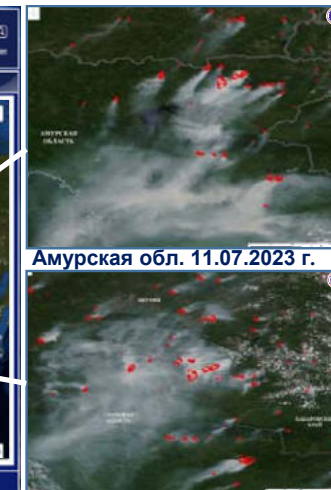
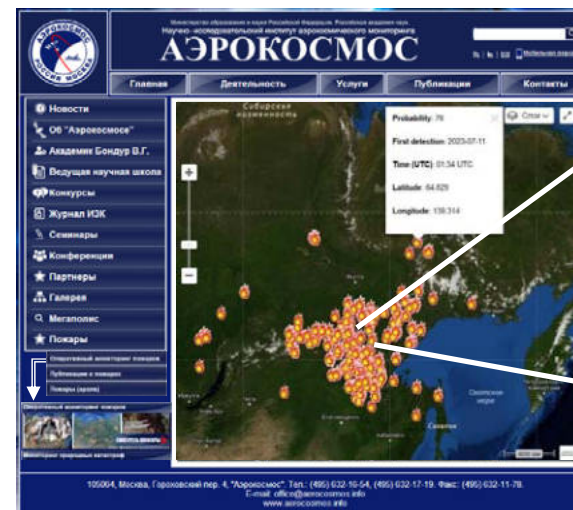
Синтезированные изображения с контурами выгоревших областей данные Sentinel-2 (красные линии) и Terra, Aqua (синие линии).



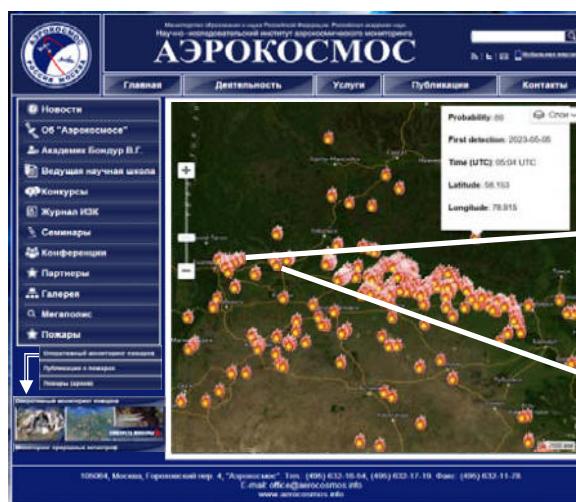
ОТОБРАЖЕНИЕ ОПЕРАТИВНО ОБНАРУЖЕННЫХ ИЗ КОСМОСА ОЧАГОВ ПОЖАРОВ НА САЙТЕ НИИ «АЭРОКОСМОС»



Амурская обл. 03.05.2023г.

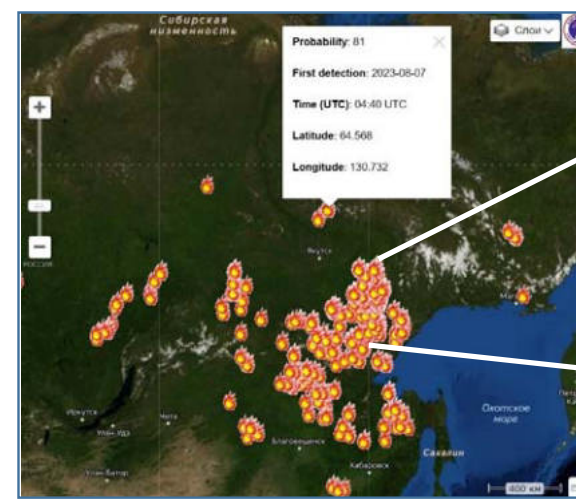


Амурская обл. и Хабаровский край 11.07.2023 г.



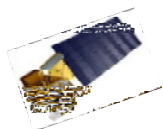
Свердловская обл. 06.05.2023 г.

Тюменская обл. 06.05.2023 г.



Саха (Якутия) 07.08.2023 г.

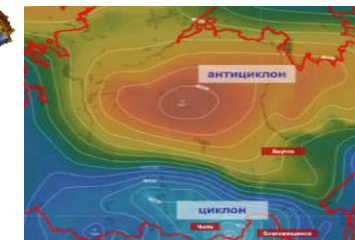
Амурская обл. 07.08.2023 г.



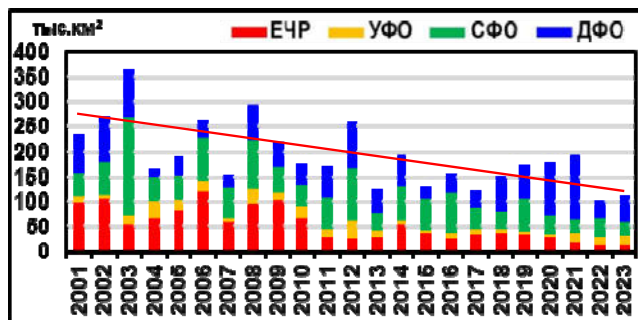
РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ИНТЕНСИВНЫХ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ



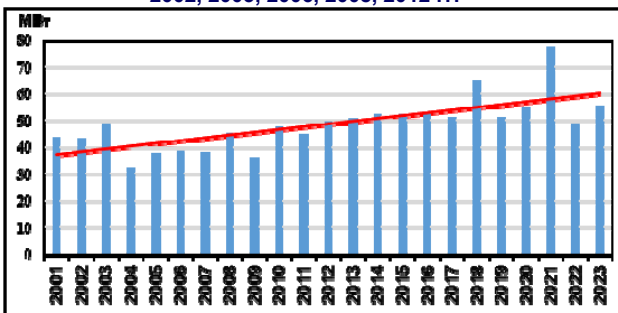
- На основании сбора и обработки более 6,612 млн. спутниковых изображений исследована 23-летняя динамика площадей, пройденных огнем, радиационной мощности (FRP) очагов пожаров и объемов эмиссий вредных примесей на территории России и ее крупных регионов;
- Выявлены тренды к снижению площадей пожаров при возрастании средних значений FRP;
- Установлено, что риск природных пожаров возрастает в теплые сезоны в условиях блокирующих антициклонов, в результате которых устанавливается теплая и сухая погода.



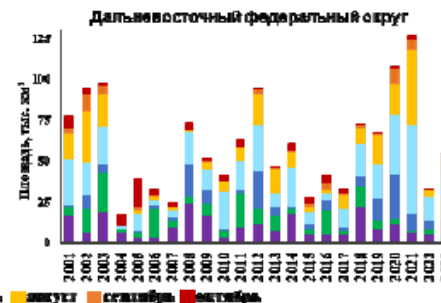
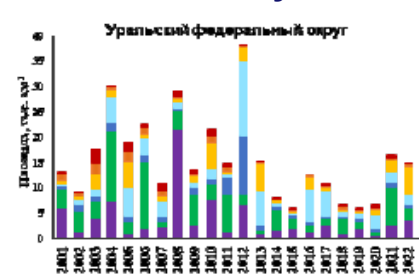
Блокирующий антициклон и циклон в Сибири (данные Росгидромета)



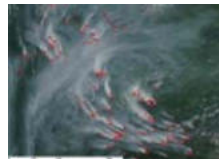
Ежегодные площади природных пожаров на всей территории России и ее крупных регионов. Максимальные площади пожаров обнаружены в 2002, 2003, 2006, 2008, 2012 гг.



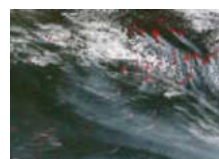
Среднегодовые значения радиационной мощности пожаров (FRP), MBt



Ежемесячные площади природных пожаров для крупных регионов России с 2001 по 2022 гг.



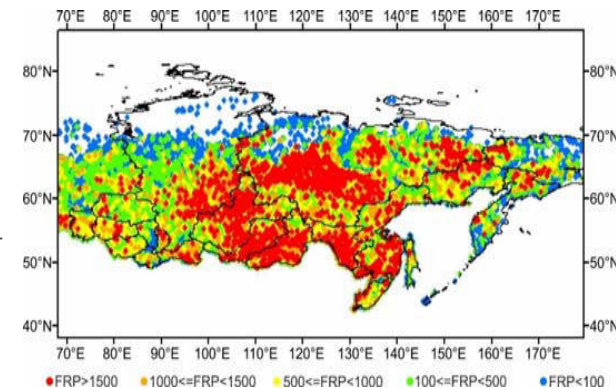
Красноярский край 5.08.2019 г.



Саха (Якутия) 3.07.2020 г.



Хабаровский край 21.07.2022 г.



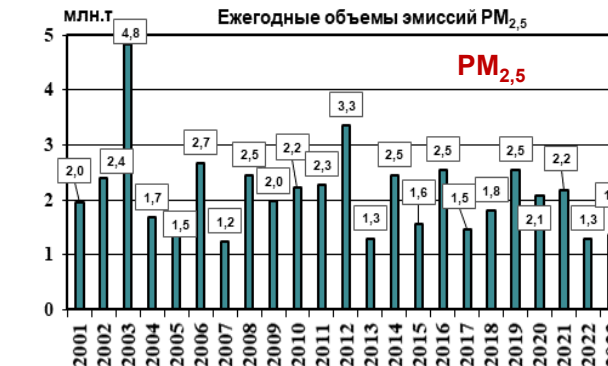
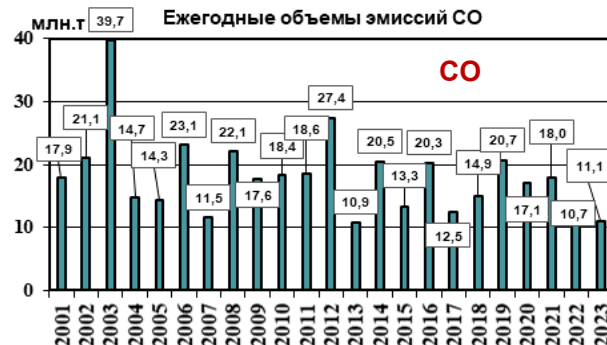
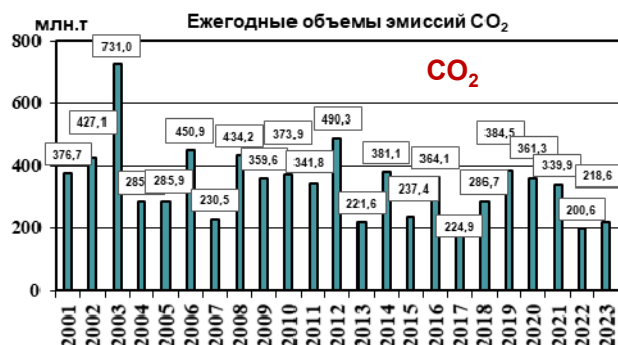
Распределение очагов пожаров разной интенсивности с 2001 по 2022 гг.

MBt	Кол-во очагов	Среднее значение, MBt	STD
FRP<100	6391961	26.7	21.2
100≤FRP<500	622583	187.4	89.1
500≤FRP<1000	42382	675.8	135.1
1000≤FRP<1500	9050	1198.4	139.3
FRP≥1500	7158	2226.6	921

Для 90% очагов пожаров в России FRP < 100 MBt. Доля пожаров с FRP > 1500 MBt - 0.1% (в основном в СФО и ДФО).



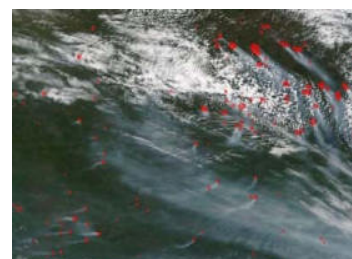
РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЭМИССИЙ ГАЗОВЫХ ПРИМЕСЕЙ И АЭРОЗОЛЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ (с 2001 по 2023 гг.)



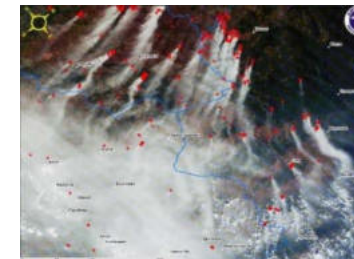
Свердловская область 06.05.2023 г.



Хабаровский край 18.07.2022 г.



Саха (Якутия) 3.07.2020 г.



Урал и Западная Сибирь. 20.06.2012 г.



РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ПОСТПОЖАРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Разработан метод мониторинга постпожарных территорий в зоне вечной мерзлоты, основанный на комплексном анализе мультиспектральных индексов (NDVI, NDWI, NDSI, LST, dNBR), характеризующих состояние почвенно-растительного и снежного покрова, а также температурного режима поверхности.

Разработан метод обнаружения аномалий эмиссий метана путем мультимасштабного анализа пространственно-временных серий различных спутниковых данных для оценки влияния постпожарных территорий на динамику эмиссий метана в зоне вечной мерзлоты.

Выявлены аномалии эмиссий метана на постпожарных территориях и устойчивый тренд их роста в зоне вечномерзлых пород за последние более чем 10 лет.

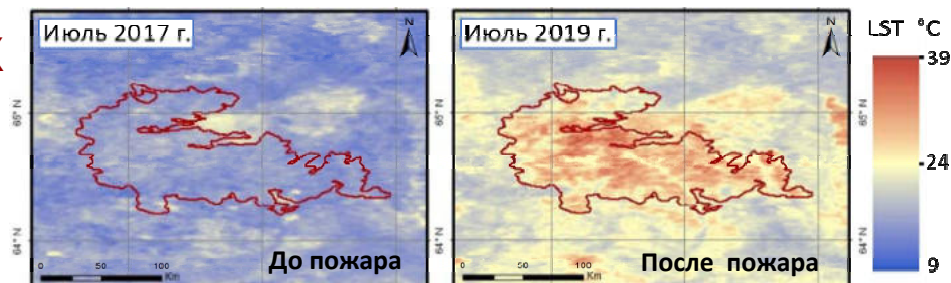
Преимущества: позволяют количественно оценить интенсивность и направленность изменений состояния мерзлотных постпожарных территорий, а также объемы эмиссий метана и использовать полученные данные при подготовке социально-экономических прогнозов (оценок) развития приарктических территорий.

Разработан новый метод оценки процессов восстановления лесов после аномальных пожаров, основанный на анализе спутниковых радиолокационных поляриметрических данных, а также долговременных серий космических оптических мультиспектральных изображений.

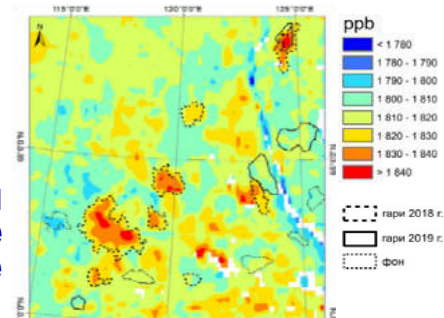
Преимущество и уникальность:

- возможность количественно и качественно анализировать процесс лесовосстановления со сравнительной оценкой состояния лесов до пожаров и оценить сезонные изменения проективного покрытия и размеры лесного подроста;

- позволяет более точно (на 40%) по сравнению с аналогами учитывать роль бореальных песов, в том числе лесного подроста, как одного из крупнейших стоков углерода



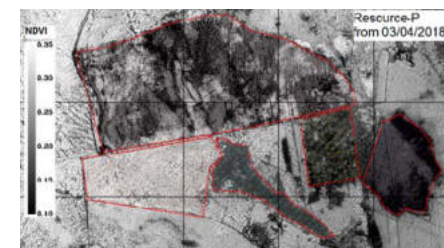
Среднемесячная температура поверхности (LST) для участка, выгоревшего в 2018 г.



Аномалии концентрации метана на выгоревших участках по данным прибора TROPOMI



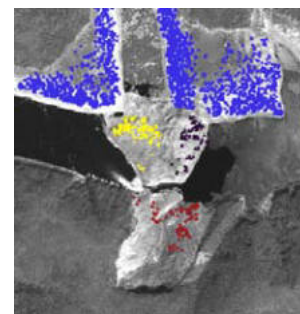
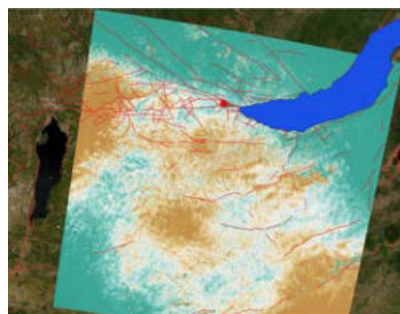
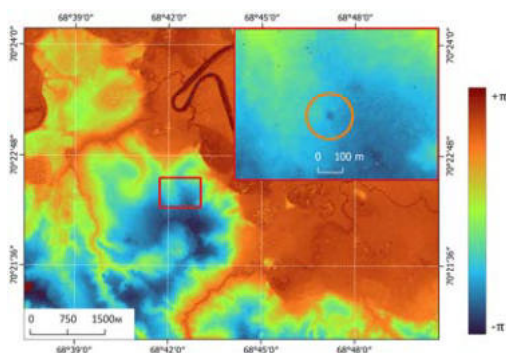
Поляриметрическое РЛИ с результатами классификации изменений



Индекс NDVI по данным КА Ресурс-п (разрешение 1.8 м)



ПРИМЕРЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗ КОСМОСА АНОМАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И ПОДВИЖЕК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ





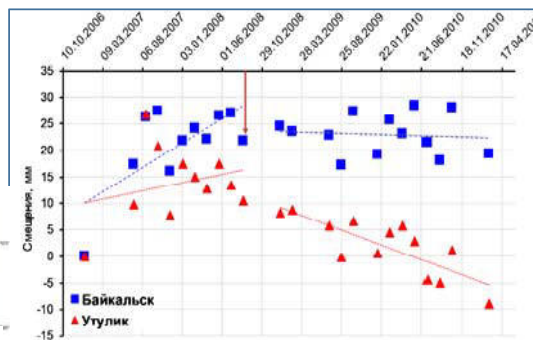
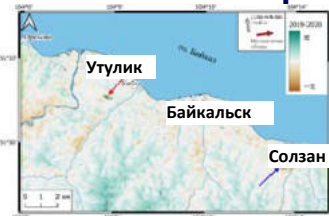
РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ АНОМАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И ПОДВИЖЕК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ



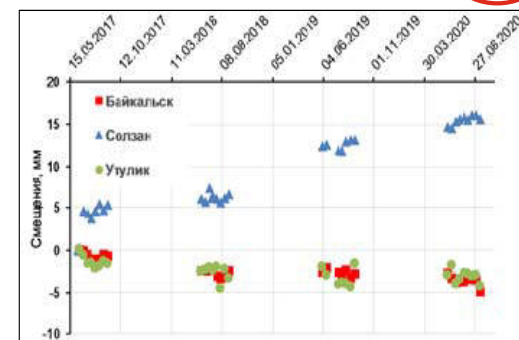
Разработан метод выделения границ геоблоков с деформациями земной поверхности и определения скоростей этих деформаций путем комплексирования спутниковых радиоинтерферометрических данных, полученных в различных диапазонах спектра электромагнитных волн (С и L)

Преимущество и уникальность:

позволяет выявлять рост напряженно деформированного состояния геоблоков с сантиметровой точностью и прогнозировать потенциальную сейсмоактивность



Динамика геоблоков «Байкальск» и «Утулик». в 2006-2011 гг.

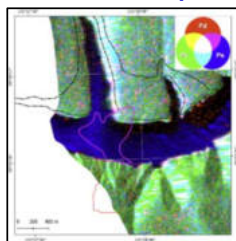


Усреднённые деформации геоблоков у озера Байкал в 2017-2020 гг.

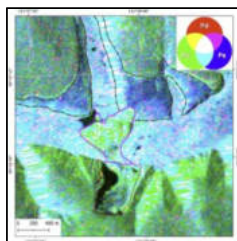
Установлено, что перед Култукским землетрясением (27.08.2008 г., $M=6.3$) различие величин деформаций геоблоков достигало 12 мм, а перед Быстринским (21.09. 2020 г., $M=5.5$) - 16-18 мм. После Култукского землетрясения выявлена стабильность геоблока «Байкальск» и опускание геоблока «Утулик». У оз. Байкал в районе п. Утулик и г. Байкальск с промышленной зоной после 2017г. выявлены подвижные блоки, представляющие опасность для карт-накопителей Байкальского ЦБК.

Предложен **новый многопараметрический подход к выявлению процессов реактивации оползней** путем комплексирования радиолокационных методов постоянных рассеивателей (PSI) и поляриметрической декомпозиции данных с двойной поляризацией (SBAS-InSAR) с использованием результатов облачных вычислений временных рядов радарных данных

Поляриметрическая декомпозиция с двойной поляризацией SBAS-InSAR

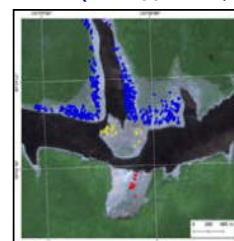


До схода оползня

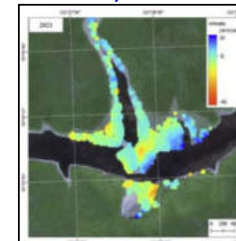


После схода оползня

Анализ рядов радарных данных (методы PSI, SBAS-InSAR)

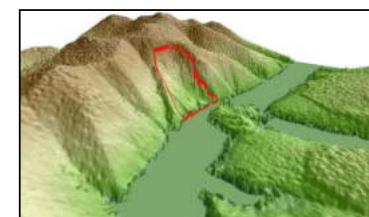


Результаты PSI



Результаты SBAS-InSAR

Анализ особенностей рельефа



Цифровая модель рельефа по радиолокационным данным

Преимущества и уникальность:

- повышает точность оценки оползневых процессов на 30%;
- исключает неопределенности при использовании одного метода;
- обеспечивает всепогодный мониторинг

Анализ реактивации оползня на реке Бурей в 2019-2021 гг.

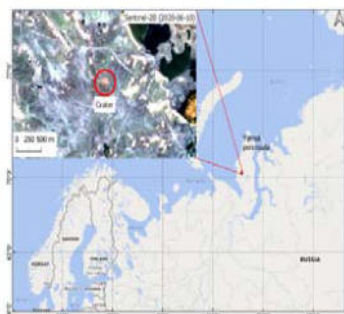
РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МЕТОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ БУГРОВ/КРАТЕРОВ В АРКТИКЕ



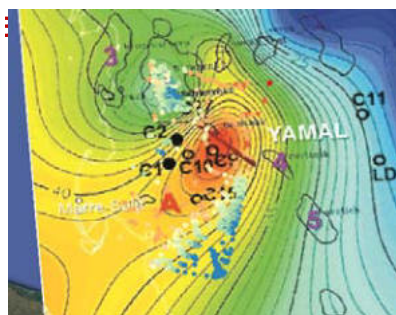
Разработан радиолокационный метод обнаружения аномальных бугров/кратеров на основе совместной обработки временных рядов сигналов обратного радарного рассеяния дециметрового диапазона и данных радарной интерферометрии в 3-х см и 24-х см диапазонах длин волн.

Преимущество:

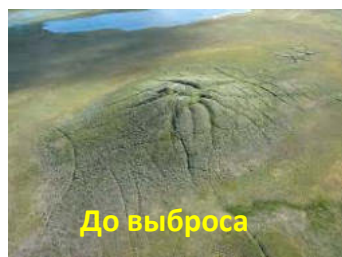
- обеспечивается сантиметровая точность интерферометрических измерений величин вспучиваний и понижений;
- обнаружение аномалий вспучиваний и понижений при любой погоде, в любое время суток, включая полярную ночь.



Карта района



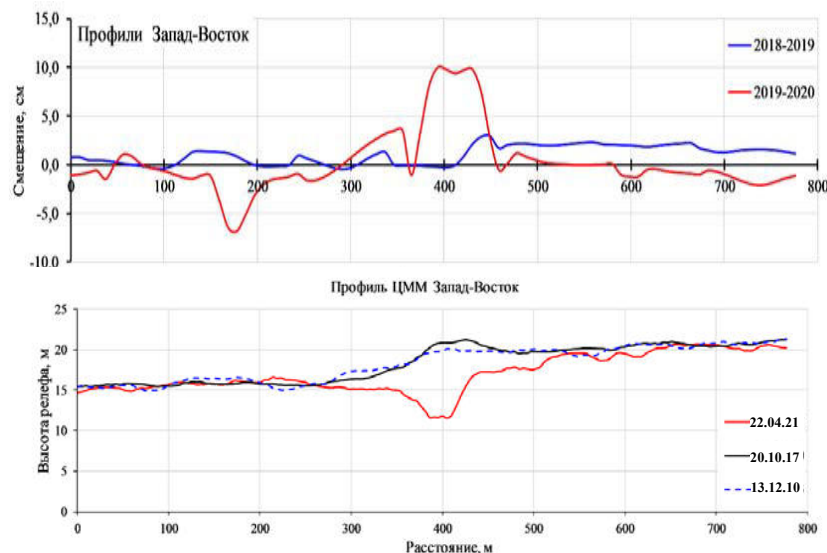
Температуры на глубине -1000 м (Богоявленский и др., 2021)



До выброса



После выброса

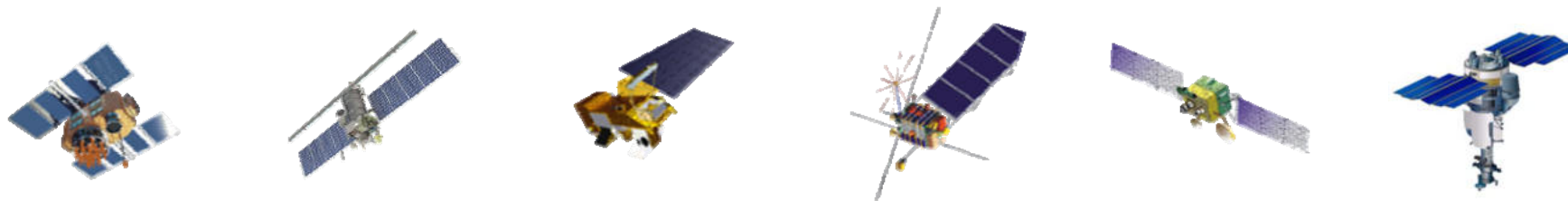


Обнаружение бугра пучения перед образованием кратера на полуострове Ямал в районе Бованенковского месторождения

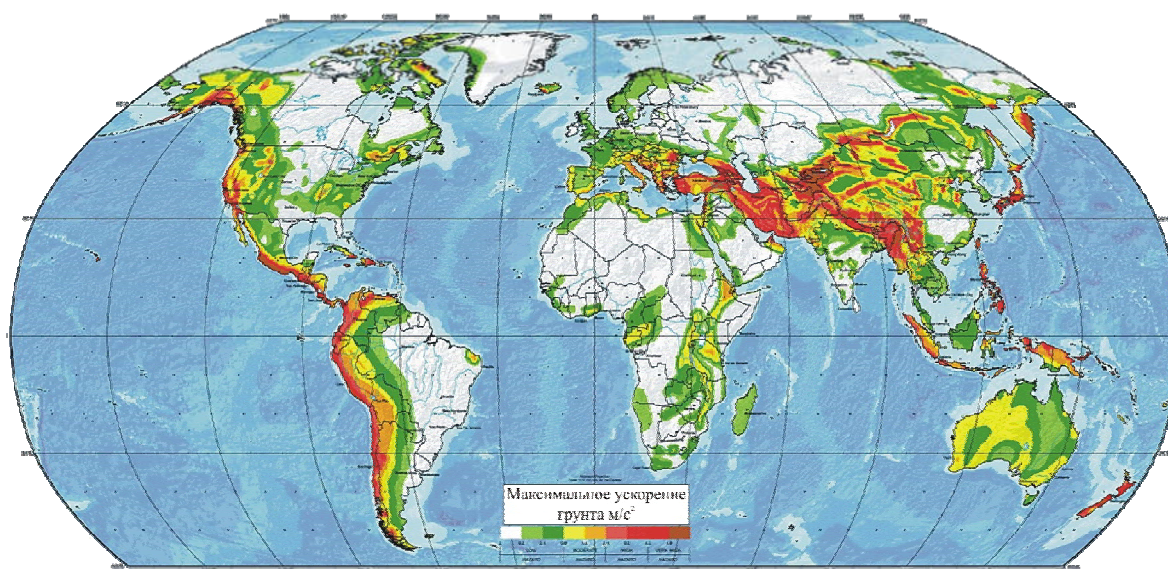
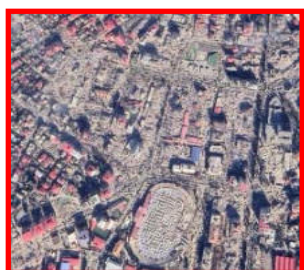


Кратер образовался в 2.4 км от магистрального газопровода





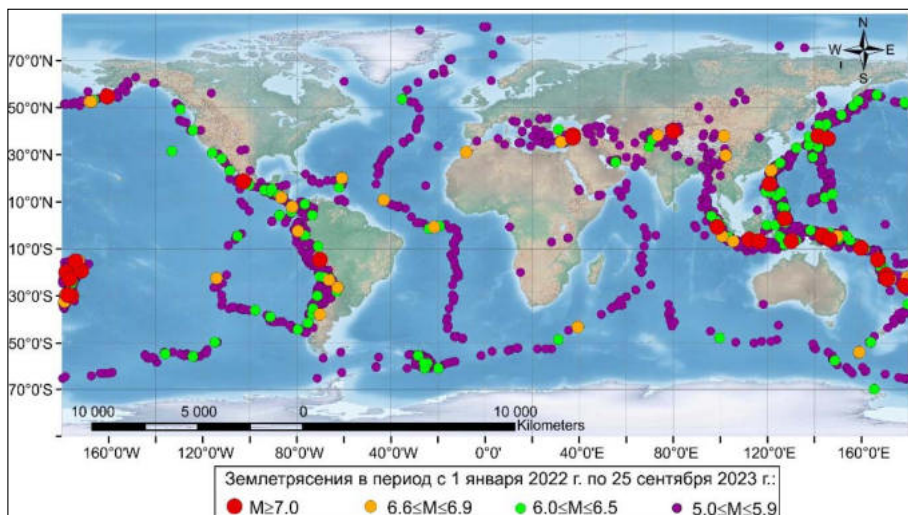
КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СЕЙСМООПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ



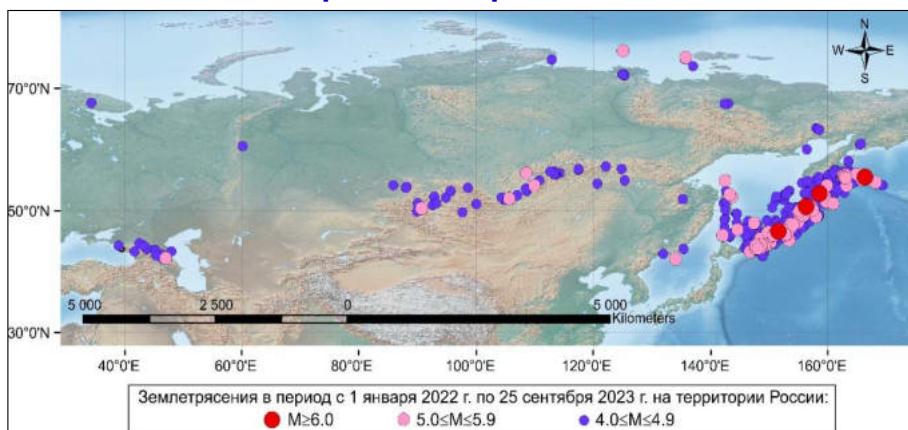
Карта сейсмической опасности



СТАТИСТИКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, ПРОИЗОШЕДШИХ В ПЕРИОД С 1 ЯНВАРЯ 2022 Г. ПО 25 ЯНВАРЯ 2024 Г.



Эпицентры землетрясений с $M \geq 4.0$



Эпицентры землетрясений на территории России с $M \geq 4.0$

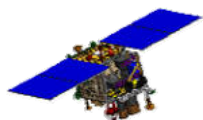
Магнитуда	Количество землетрясений	
	Весь мир	Россия
M=4-4.9	31929	846
M=5-5.9	3343	86
M=6-6.9	254	4
M=7-7.8	32	-

В период с 1 января 2022 по 25 января 2024 г. в мире произошло 31929 землетрясений, из них 286 с $M \geq 6.0$.

В 2023 г. произошло два катастрофических землетрясения в Турции и Марокко, в результате которых было множество погибших и пострадавших и был нанесен большой экономический ущерб.

Ущерб от землетрясения в Турции составил 103.6 млрд. долларов.

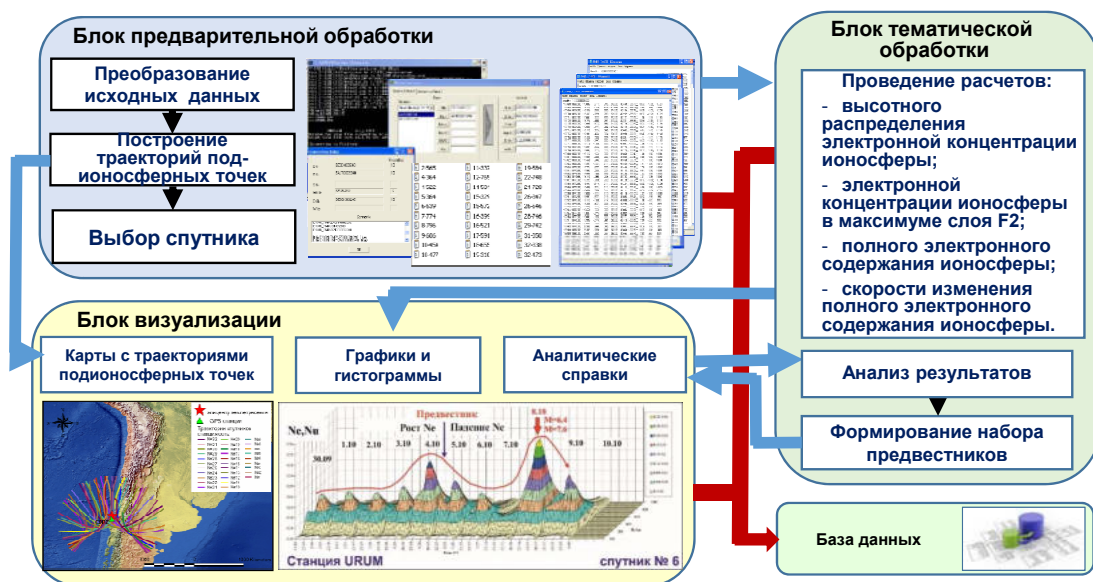
Государство	Погибшие	Пострадавшие
Турция и Сирия	Более 59000 человек	Более 36000 человек
Марокко	2946 человек	5530 человек



МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРЕДВЕСТНИКОВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ($M \geq 6$)

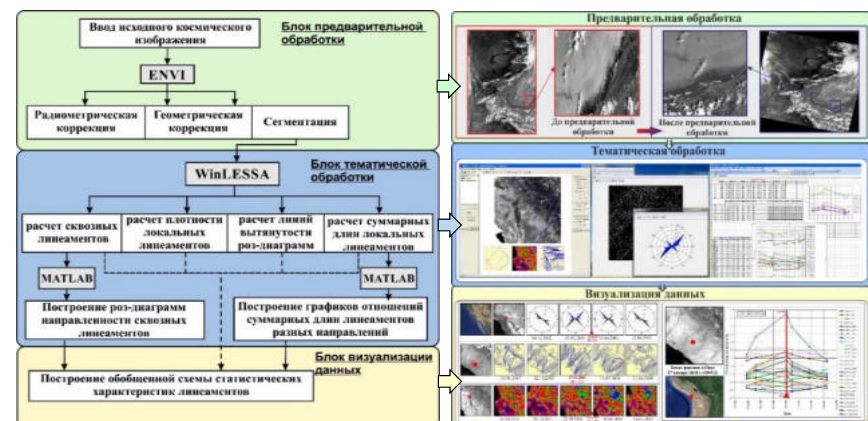


Разработаны методы регистрации из космоса предвестников сильных землетрясений ($M \geq 6$), проявляющихся в аномалиях различных геофизических полей (изменениях параметров ионосферы, геодинамических особенностей и вариаций тепловых полей) при подготовке и протекании сейсмических событий



Обработка спутниковых данных для регистрации аномалий параметров ионосферы

Обеспечивают регистрацию аномалий: линейментных систем; электронной концентрации в максимуме слоя F2; полного электронного содержания ионосферы (TEC) и скорости его изменений; высотных распределений электронной концентрации; температур приповерхностного слоя и земной поверхности; мощности уходящего длинноволнового излучения.



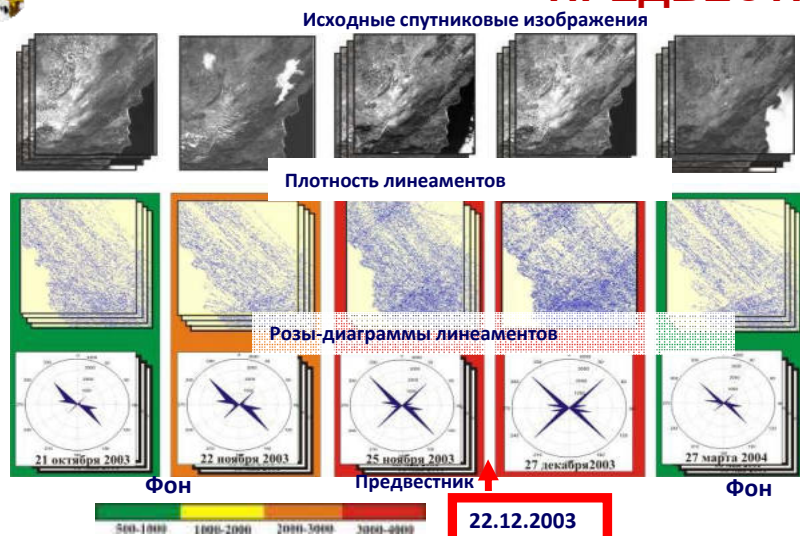
Обработка космических изображений для регистрации изменений систем линейментов



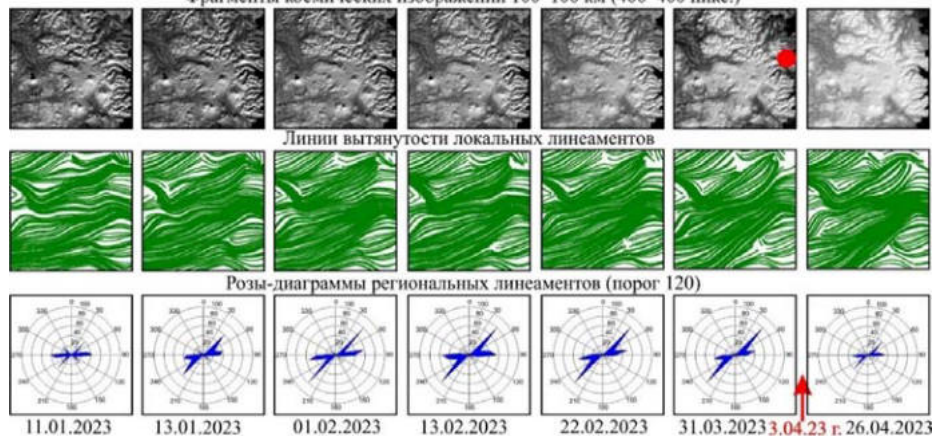
Обработка космических данных для регистрации аномалий тепловых полей



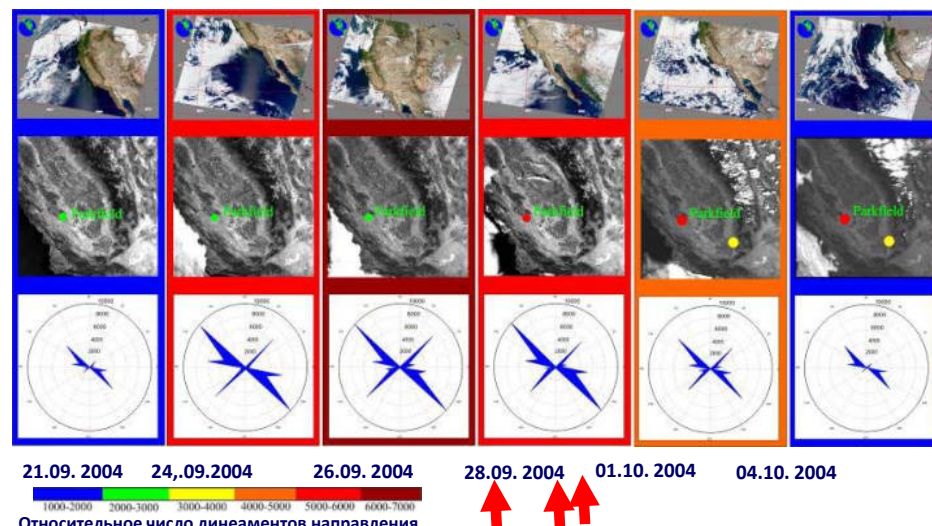
ПРИМЕРЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗ КОСМОСА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ



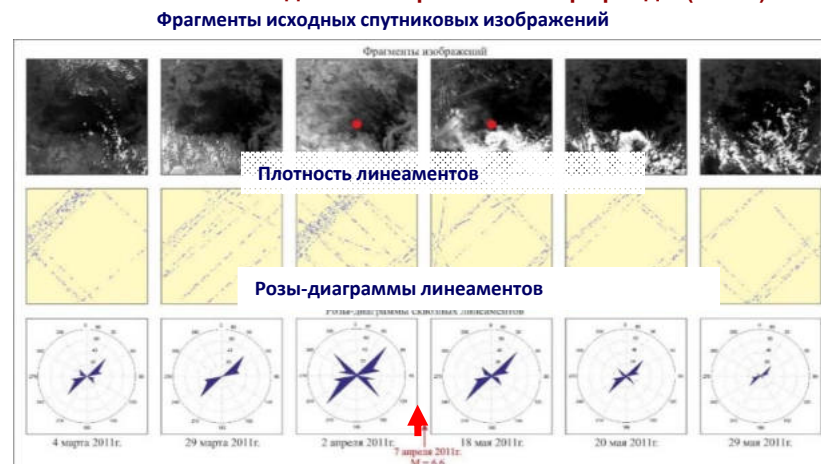
Схемы и розы-диаграммы сквозных линеаментов для
Фрагменты космических изображений 100*100 км (400*400 пикс.)



Линии вытянутости локальных и розы-диаграммы региональных
линеаментов. Землетрясение на Камчатке 03.04.2023 ($M=6.5$)



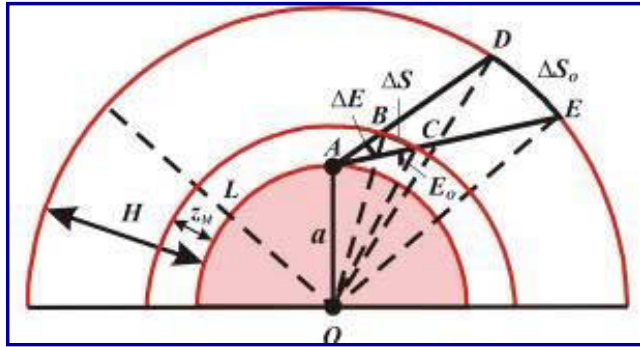
Динамика систем линеаментов для землетрясения в Паркфилде ($M=6.0$)



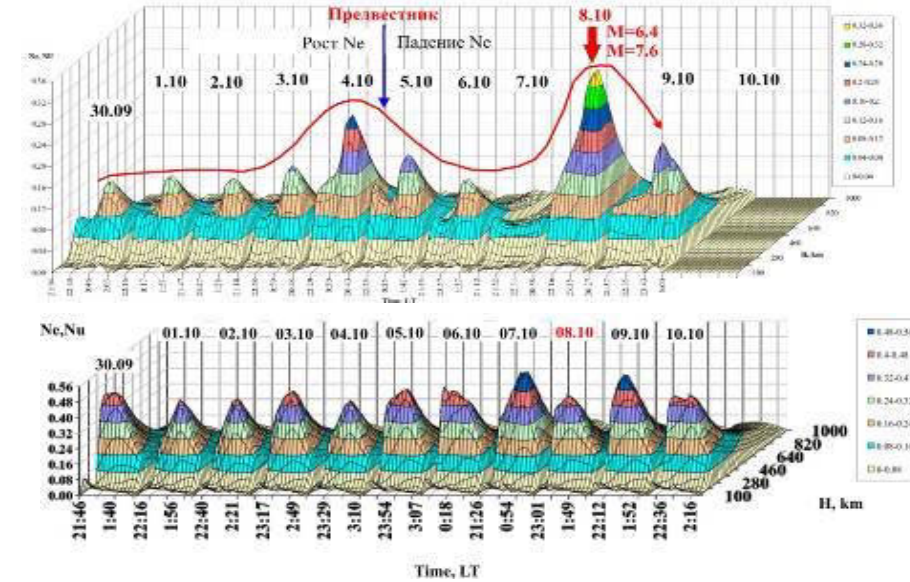
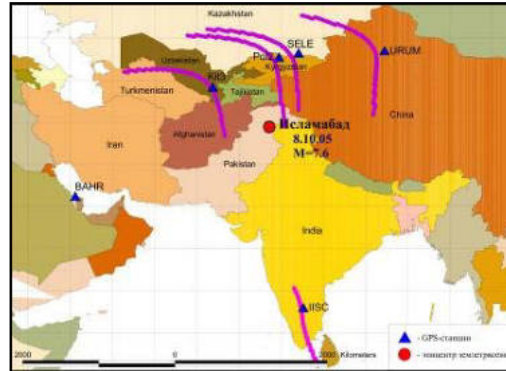
Схемы и розы-диаграммы сквозных линеаментов для
землетрясения в Мексике ($M= 6.6$)



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ



Геометрия измерений



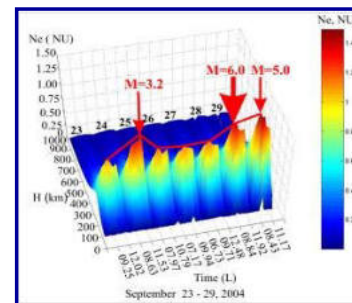
СУТЬ МЕТОДА: измерение двухчастотных радиосигналов

$$\left. \begin{array}{l} L_1 = 1575.4 \\ L_2 = 1227.6 \end{array} \right\} \text{GPS} \quad \left. \begin{array}{l} L1 = (1.602 + 0.5625 \cdot k) \\ L2 = (1.246 + 0.4375 \cdot k) \end{array} \right\} \text{ГЛОНАСС}$$

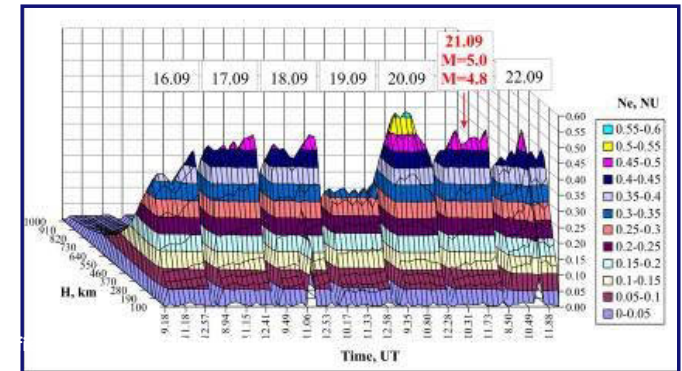
$$\int_{z_1}^{z_2} N(z) \frac{(a+z)dz}{[(a+z)^2 - a^2 \sin^2 \vartheta]^{1/2}} = 2.475 \times 10^{-8} \frac{L_1^2}{k} [\Delta R(L_1, L_2) - \delta]$$

Определение: TEC; $N = N(z)$

где z_1 и z_2 – нижняя и верхняя границы ионосферы;
 ϑ – зенитный угол; a – радиус Земли; z – высота



Землетрясение в Пакистане (M=7.6)



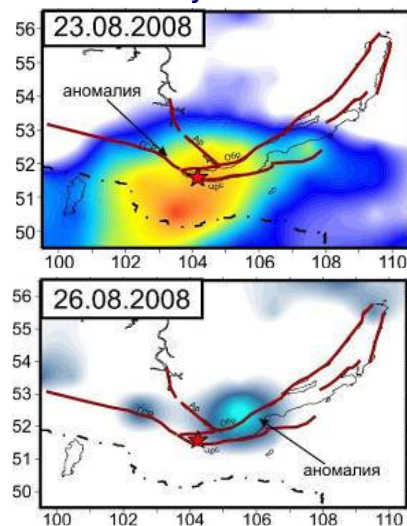
Землетрясение в Калининграде (M=5.0)



РЕГИСТРАЦИЯ ИЗ КОСМОСА ТЕПЛОВЫХ АНОМАЛИЙ В ПЕРИОДЫ ПОДГОТОВКИ И ПРОТЕКАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

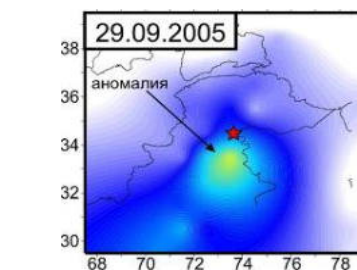
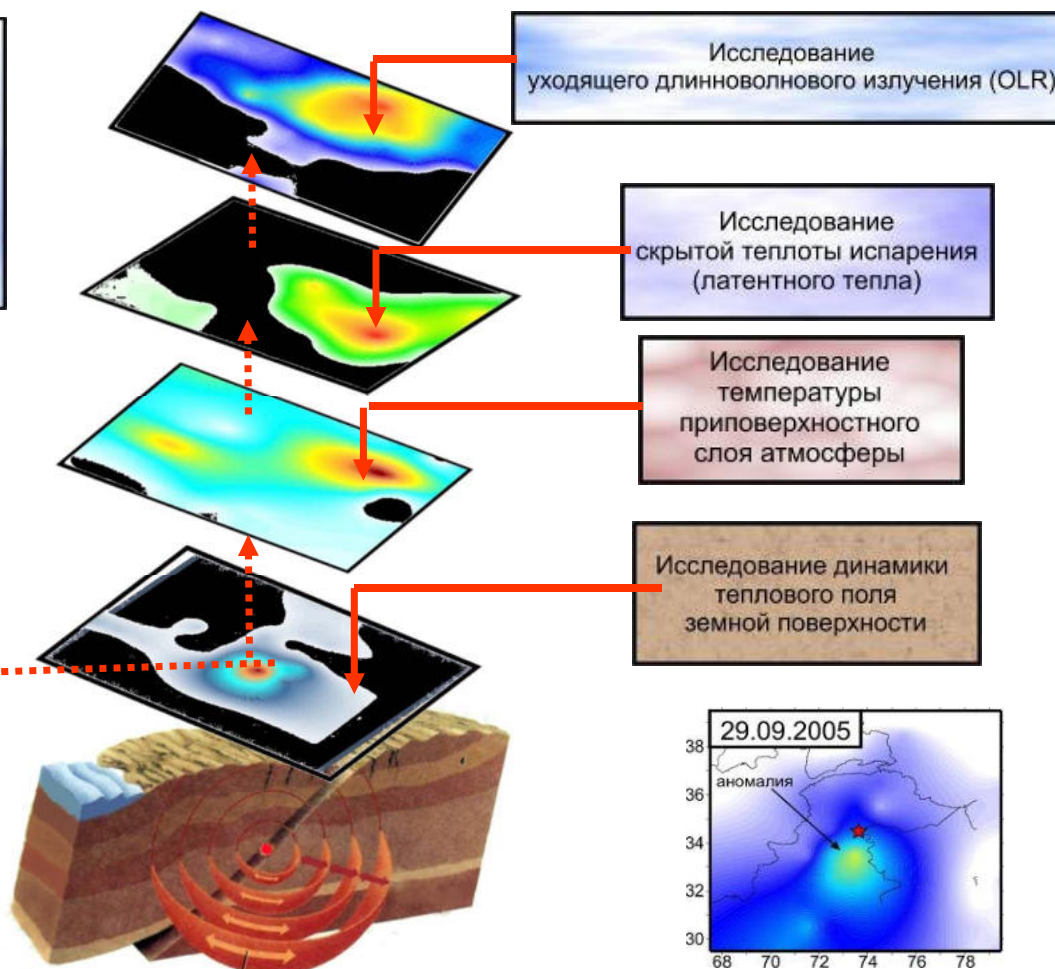


Аномалии уходящего длинноволнового излучения



Аномалии температуры

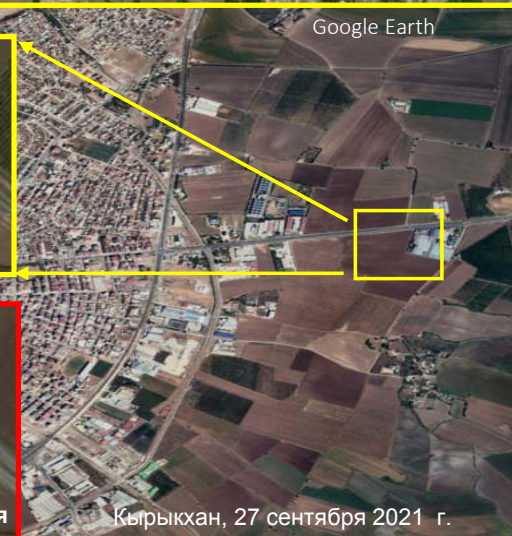
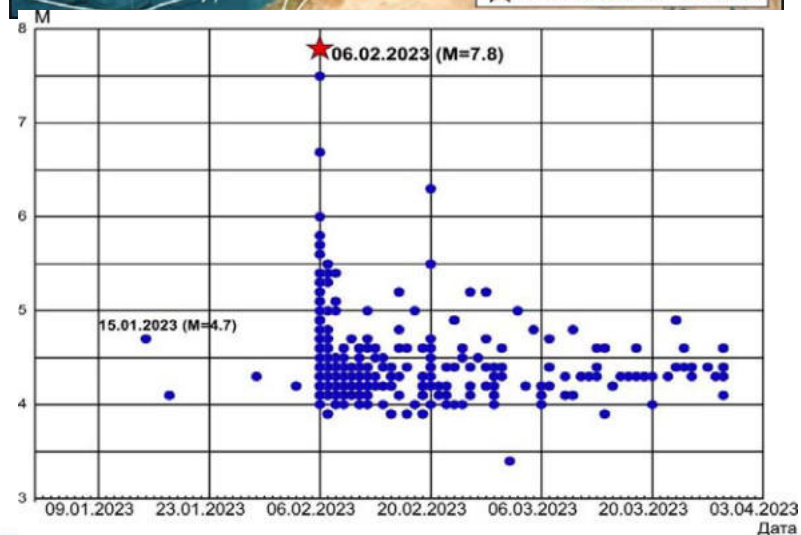
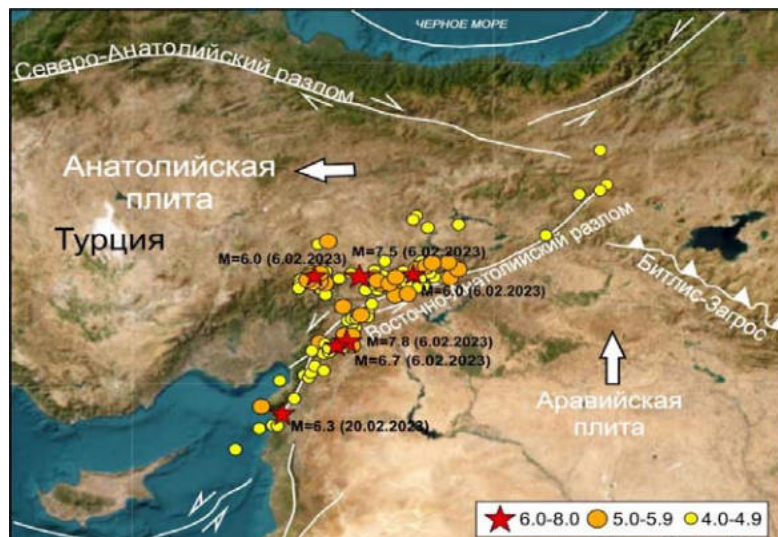
Култукское землетрясение в районе оз. Байкал 27.08.2008 г. M=6.3



Землетрясение в Пакистане M=7.6



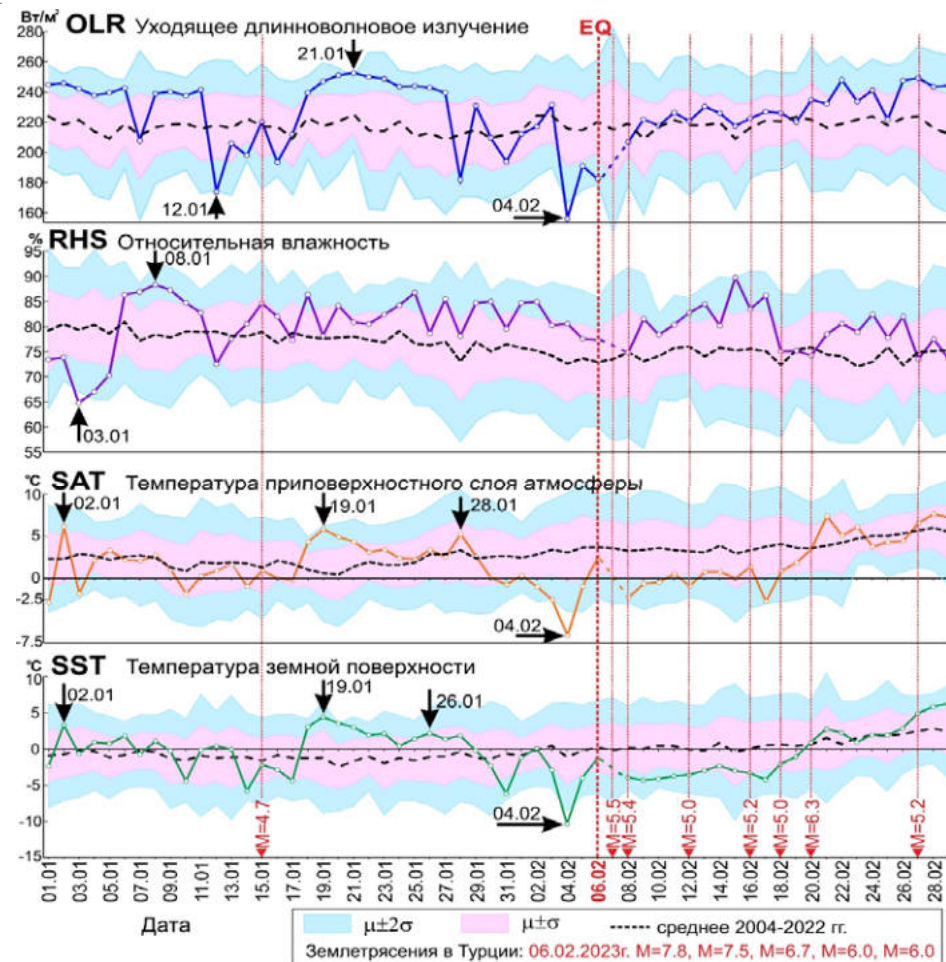
РЕГИСТРАЦИЯ ИЗ КОСМОСА ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ТУРЦИИ (M=5.0- 7.8), ФЕВРАЛЬ 2023 г.



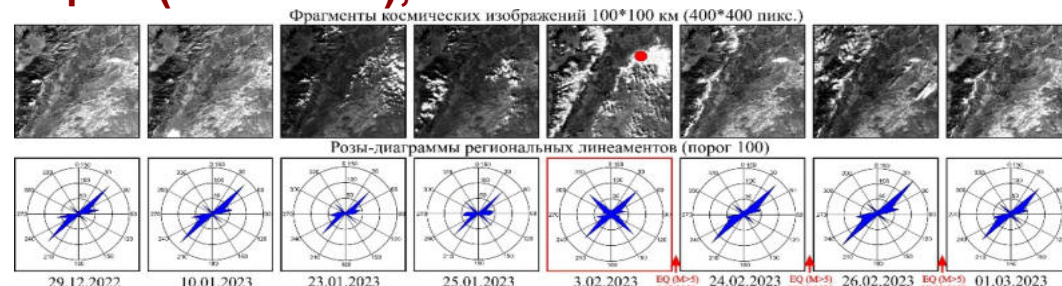
Зернохранилище, 9 февраля 2023 г.



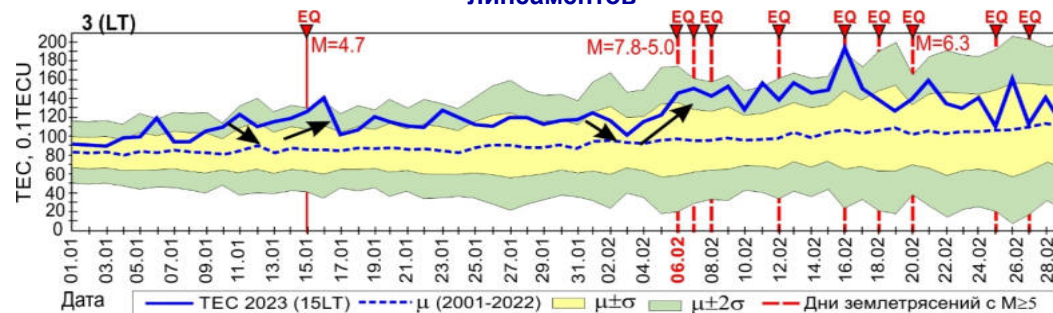
РЕГИСТРАЦИЯ ИЗ КОСМОСА АНОМАЛИЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В ТУРЦИИ (M=5.0-7.8), ФЕВРАЛЬ 2023 г.



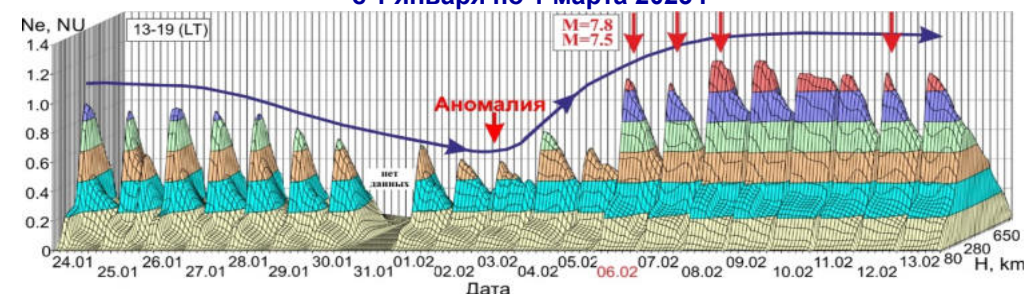
Вариации значений температур земной поверхности (SST) и приповерхностного слоя атмосферы (SAT), относительной влажности (RHS) и уходящего длинноволнового излучения (OLR)



Фрагменты космических изображений 100*100 км (400*400 пикс.)
Розы-диаграммы региональных линейментов (порог 100)



Полное электронное содержание (ТЕС) ионосферы
с 1 января по 1 марта 2023 г



Высотное распределение электронной концентрации ионосферы (80-1000 км) в период с 24 января по 13 февраля 2023 г. (станция HRMN)



РЕГИСТРАЦИЯ ИЗ КОСМОСА АНОМАЛИЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В ТУРЦИИ (ФЕВРАЛЬ 2023 г.)

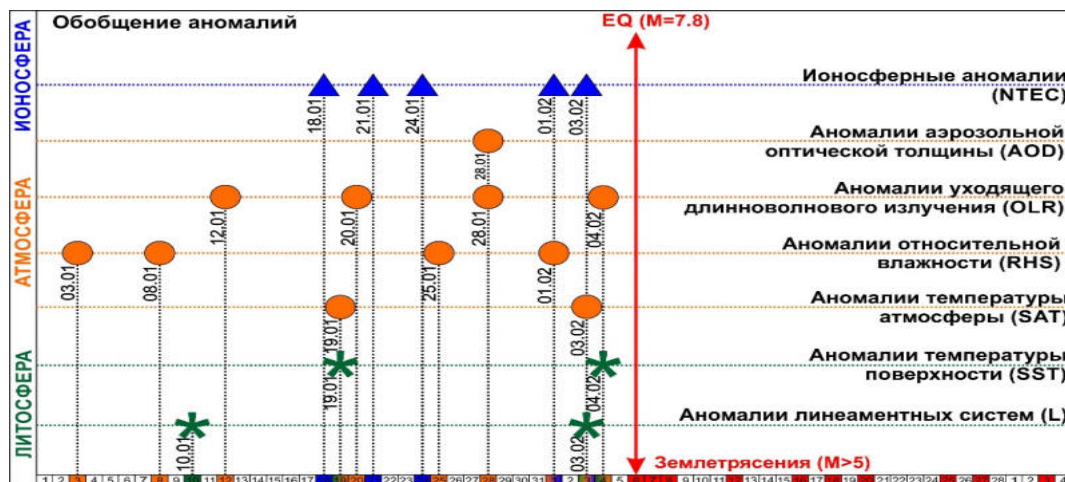


Выявлены три основных временных промежутка появления аномалий до землетрясений:

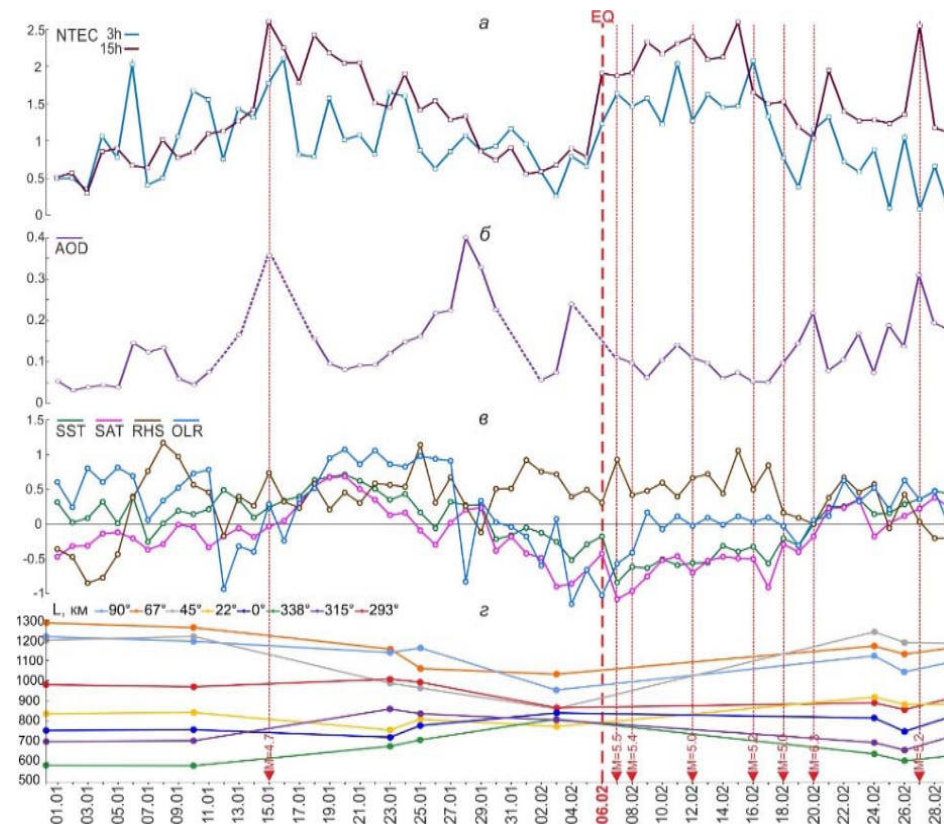
1) за 34-25 дней (для линеаментов, уходящего длинноволнового излучения и относительной влажности);

2) за 19-9 дней (для температур земной поверхности и приповерхностного слоя, относительной влажности, уходящего длинноволнового излучения, аэрозольной оптической толщины, полного электронного содержания ионосферы);

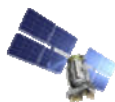
3) период от 5 до 2 дней (для линеаментов, температуры земной поверхности и приповерхностного слоя, уходящего длинноволнового излучения, относительной влажности, полного электронного содержания ионосферы)



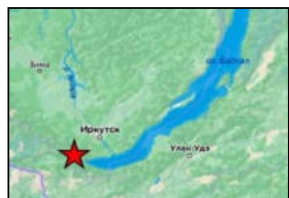
Обобщенная диаграмма появления аномалий параметров анализируемых геофизических полей



Нормализованные индексы: а) –полного электронного содержания ионосферы (NTEC), в) –температуры земной поверхности (SST), приповерхностного слоя атмосферы (SAT), уходящего длинноволнового излучения (OLR), влажности (RHS). б) – аэрозольная оптическая толщина (AOD); г) – суммарные длины линеаментов разных направлений

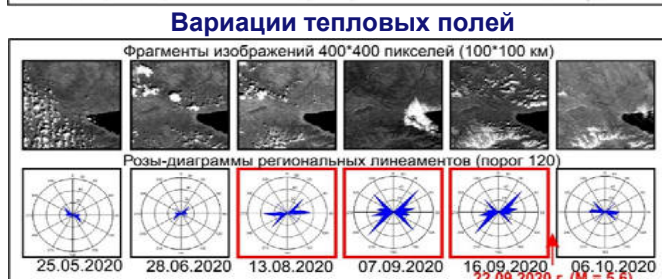
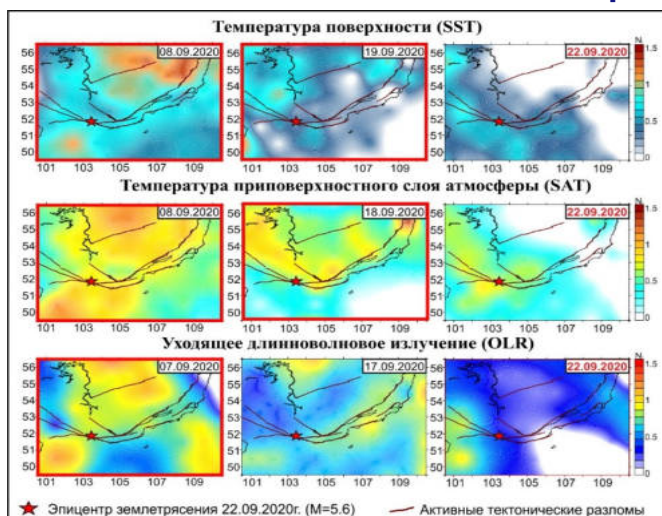


СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА БАЙКАЛЕ (22.09.2020г., M=5.6)

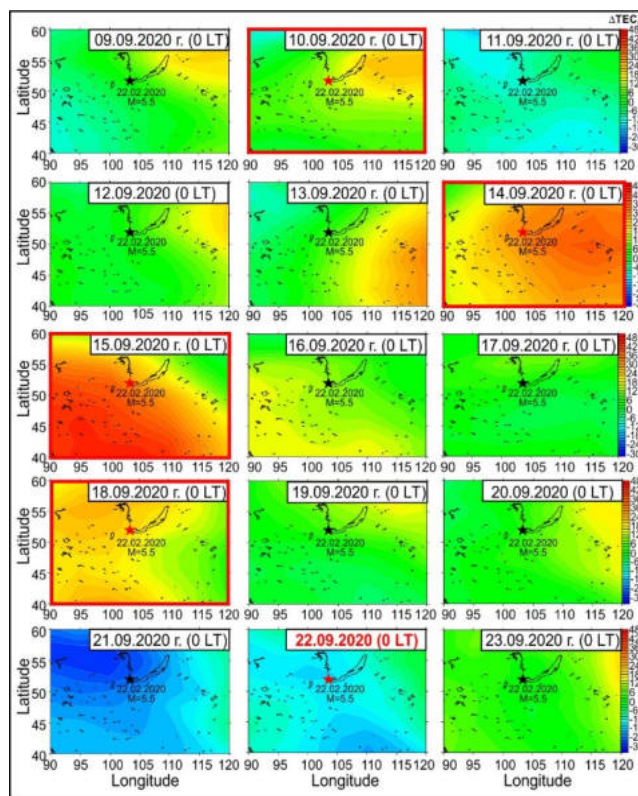


22.09.2020 (M=5.6)

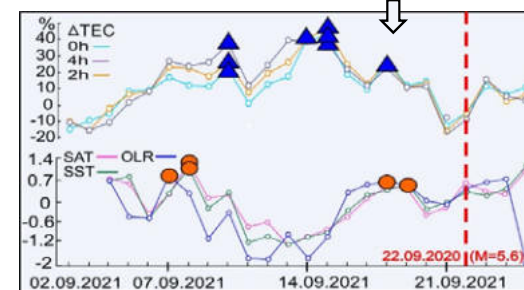
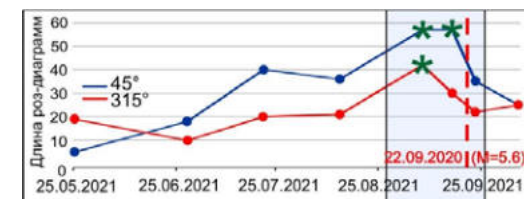
Зарегистрированы аномальные вариации: систем линеаментов за 15 и 6 дней, тепловых полей, проявлявшиеся за 15 и 14 дней, а также параметров ионосферы, проявлявшиеся за 8, 7 и 6 дней до землетрясения. Выявлены совпадения в появлении максимальных значений систем линеаментов и тепловых полей за 15 и 6 дней до землетрясения и тепловых полей за 9-10 дней и за 4 дня до землетрясения.



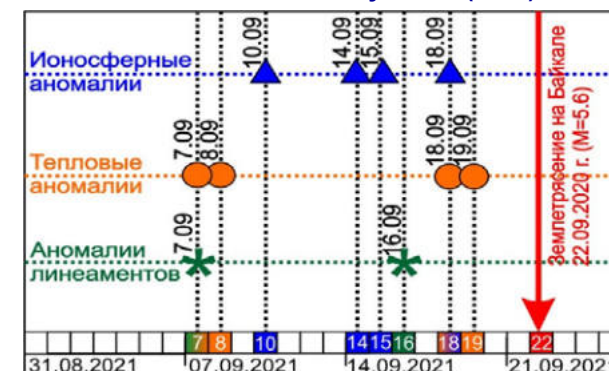
Вариации систем линеаментов



Вариации ΔTEC



Изменения: а) длин роз-диаграмм линеаментов; б) относительного полного электронного содержания ионосферы (TEC); в) температур поверхности (SST), приповерхностного слоя атмосферы (SAT), уходящего длинноволнового излучения (OLR)



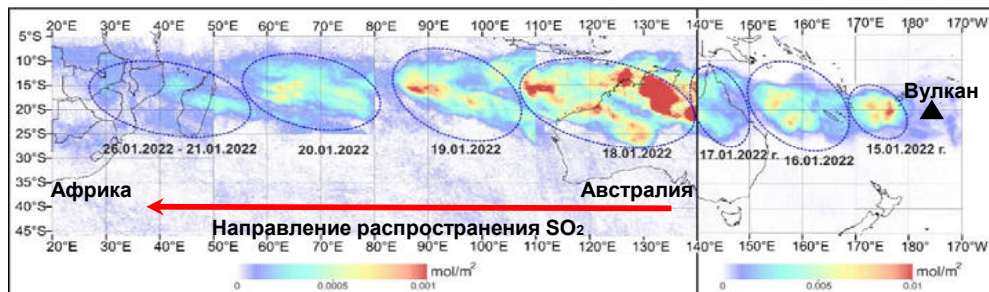


КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ИЗВЕРЖЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ВУЛКАНОВ В 2022-2023 гг.





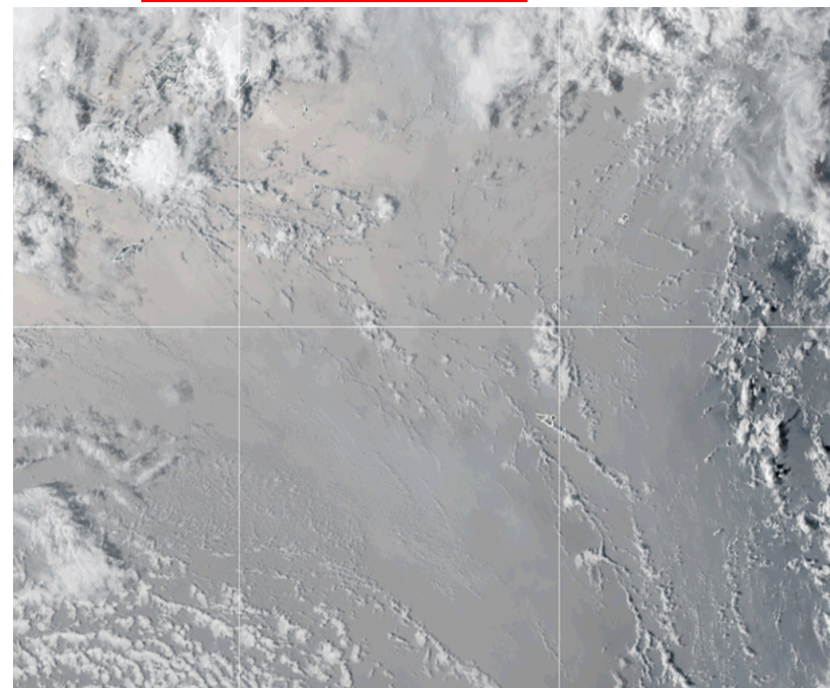
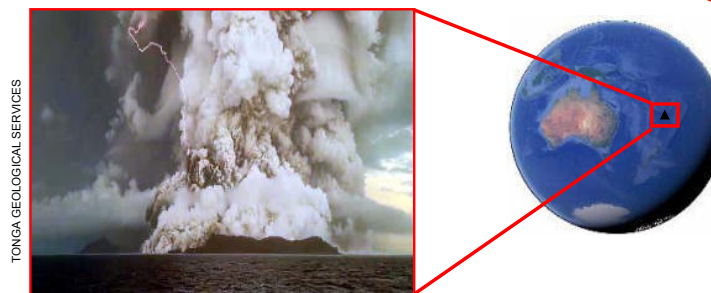
ПРИМЕРЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АКТИВНОСТИ ВУЛКАНА ХУНГА ТОНГА-ХУНГА ХААПАЙ (ТИХИЙ ОКЕАН) В 2022 Г.



Распространение вулканического облака диоксида серы (SO_2) на расстояние более 12 тыс. км при извержении вулкана Хунга Тонга-Хунга Хаапай, по данным спутника Sentinel-5P.



Космические изображения изменения островов Хунга-Тонга и Хунга-Хаапай
© ESA – Planet, Wired/Maxar
В результате извержения вулкана остров был разделен на две части

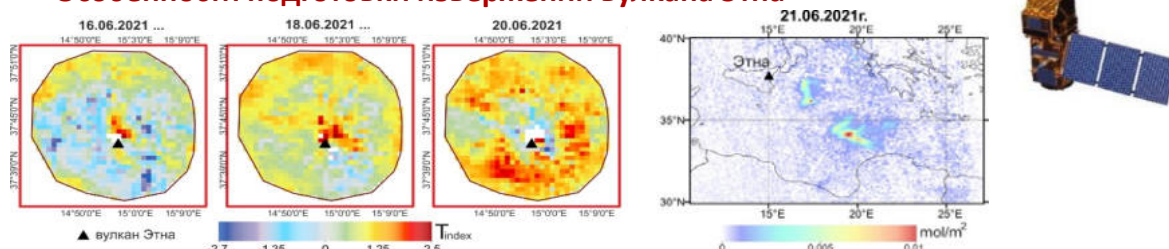


Изображения со спутника GOES, предоставленных NOAA и NESDIS
© Earth Observatory image by Joshua Stevens

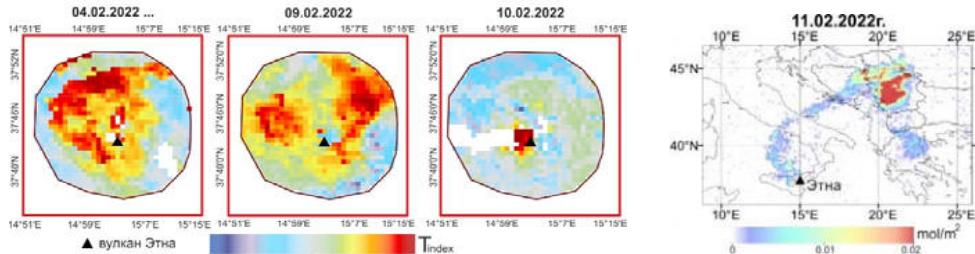
КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Разработан метод выявления особенностей подготовки извержений вулканов по спутниковым данным, основанный на анализе многолетних значений параметров тепловых полей, указывающих на активизацию вулканической деятельности.

Особенности подготовки извержений вулкана Этна



Выявлены тепловые аномалии за 5 дней до начала извержения 21.06.2021г.



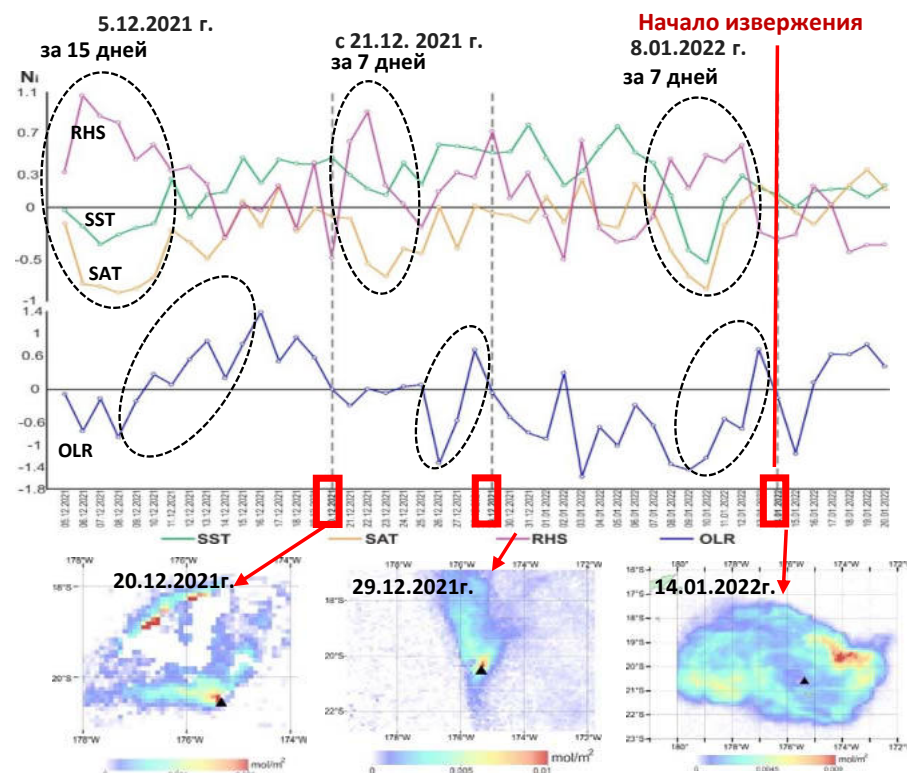
Выявлены тепловые аномалии за 7 дней до начала извержения 11.02.2022г.

Преимущество:

- возможность выявления предвестниковых тепловых аномалий за 1-2 недели до начала вулканической активности;
- возможность регистрации аномальных процессов при подготовке и протекания извержений вулканов на больших площадях.

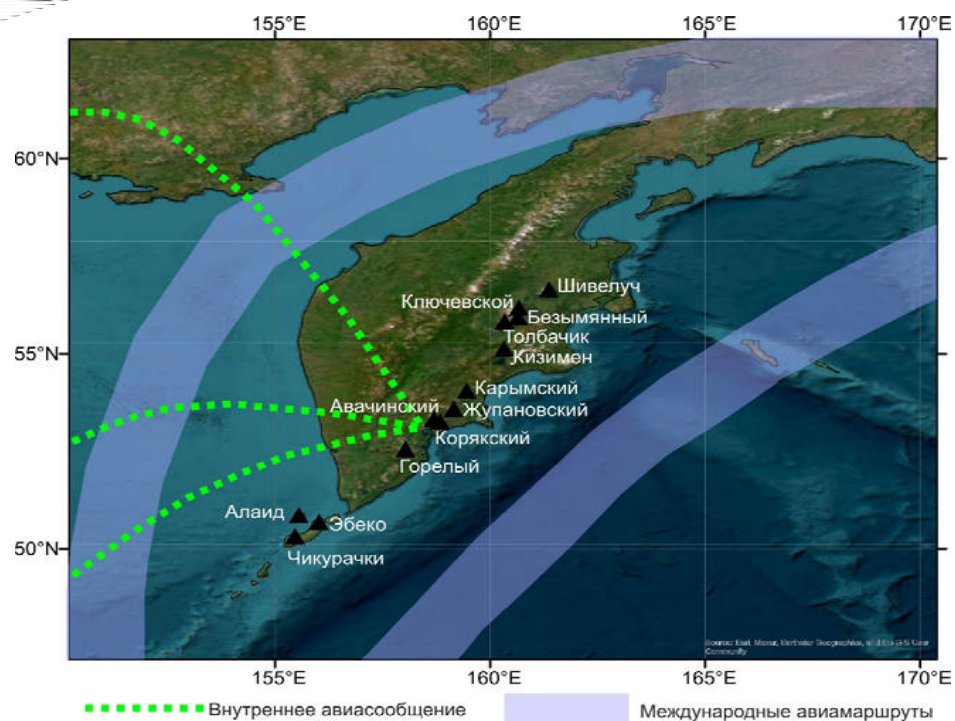
Особенности подготовки извержений вулкана Хунга Тонга-Хунга Хапай (Тихий океан)

За 7-15 дней до парогазовых выбросов и за 7 дней до извержения выявлены аномалии тепловых полей, проявившиеся в понижении температур морской поверхности и приповерхностного слоя (SST, SAT), повышении относительной влажности (RHS), а также росте интенсивности уходящего длинноволнового излучения (OLR),





АКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ В 2023 г.



Извержение вулкана Безымянный 8 апреля 2023 г.

© IVS FEB RAS Geoportal



Извержение вулкана Шивелуч 15 апреля 2023 г.

© IVS FEB RAS Geoportal



Вулкан Карымский 20 августа 2023 г.

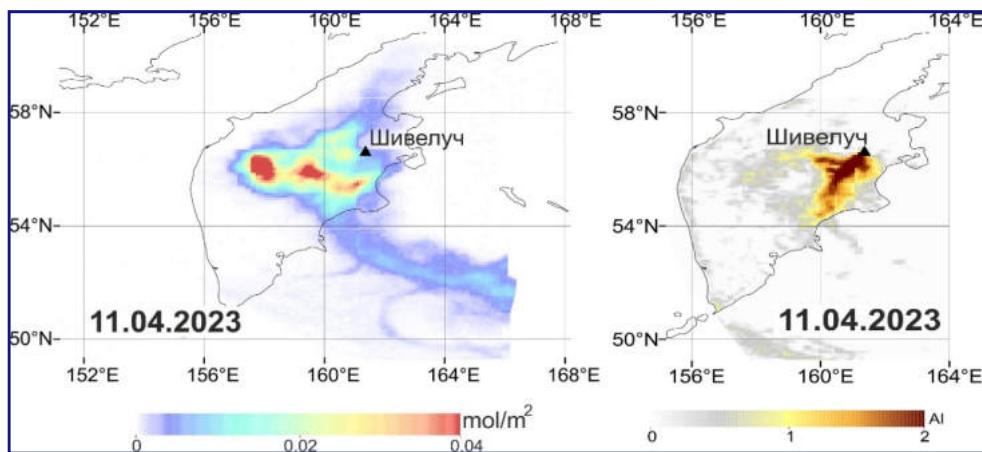
© IVS FEB RAS Geoportal



Извержение вулкана Эбеко 23 июля 2023 г.

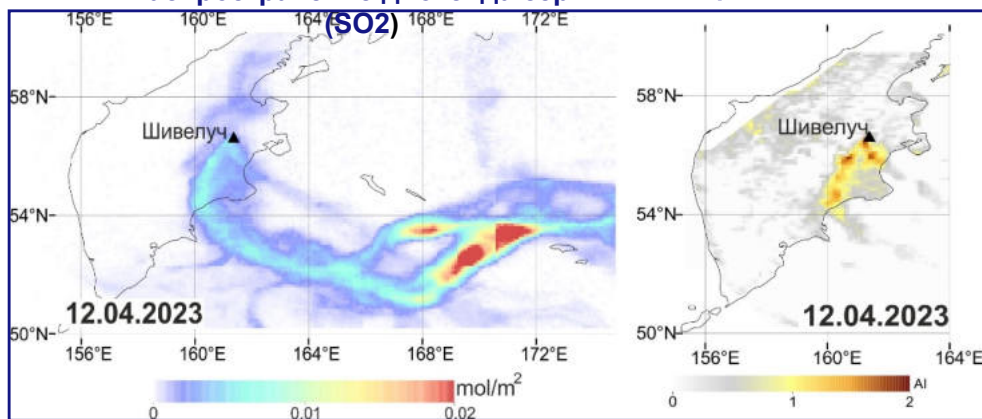
© IVS FEB RAS Geoportal

КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АКТИВНОСТИ ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ (П-ОВ. КАМЧАТКА) В 2023 Г. ПО ДАННЫМ СПУТНИКА Sentinel-5P (TROPOMI)



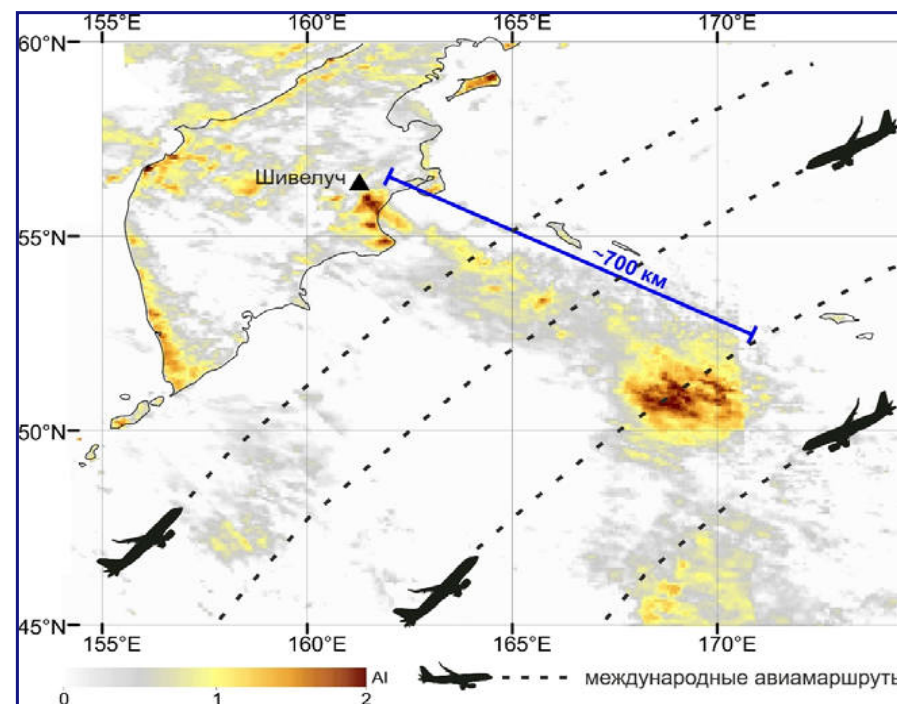
Распространение диоксида серы (SO₂)

Аэрозольный индекс



Распространение диоксида серы (SO₂)

Аэрозольный индекс

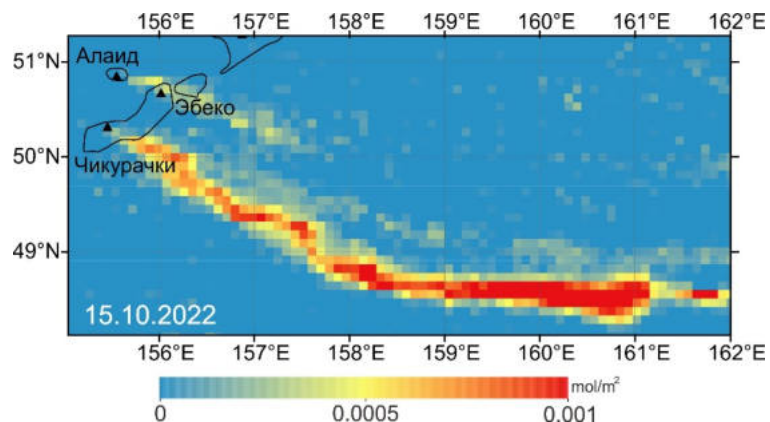


Пример регистрации аэрозольного индекса (AI), 13 апреля 2023 г.

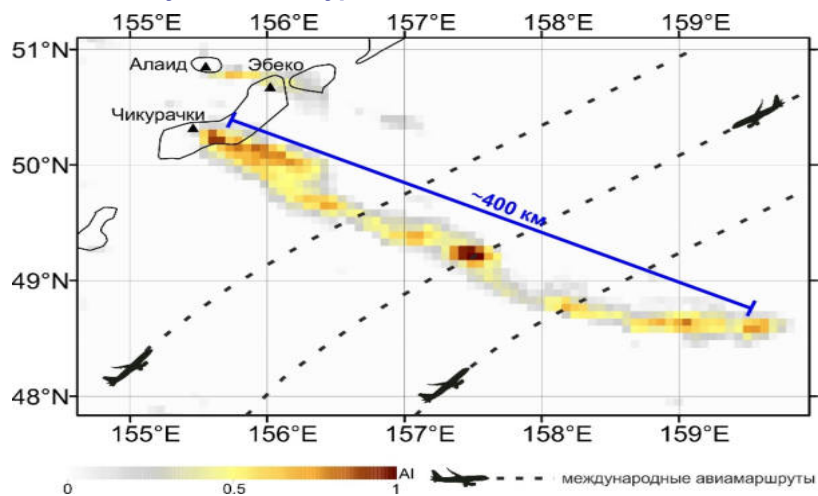
При регистрации аэрозольного индекса выявляется наличие твердых частиц пепла в атмосфере. Это позволит осуществлять непрерывный мониторинг пепловых облаков действующих вулканов с целью снижения рисков для авиационного транспорта



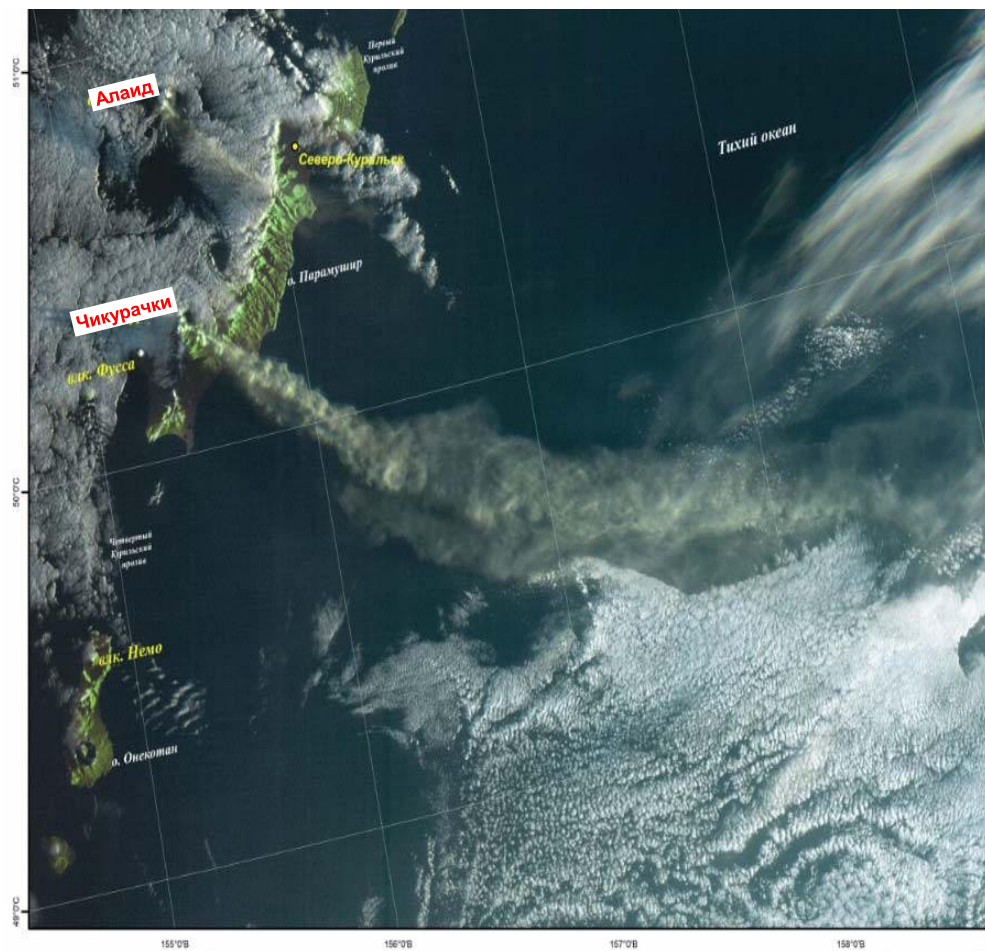
КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АКТИВНОСТИ ВУЛКАНОВ НА ОСТРОВЕ ПАРАМУШИР В 2022 Г.



Распространение диоксида серы (SO₂) от
вулканов Чикурачки и Алаид. КА Sentinel -5P



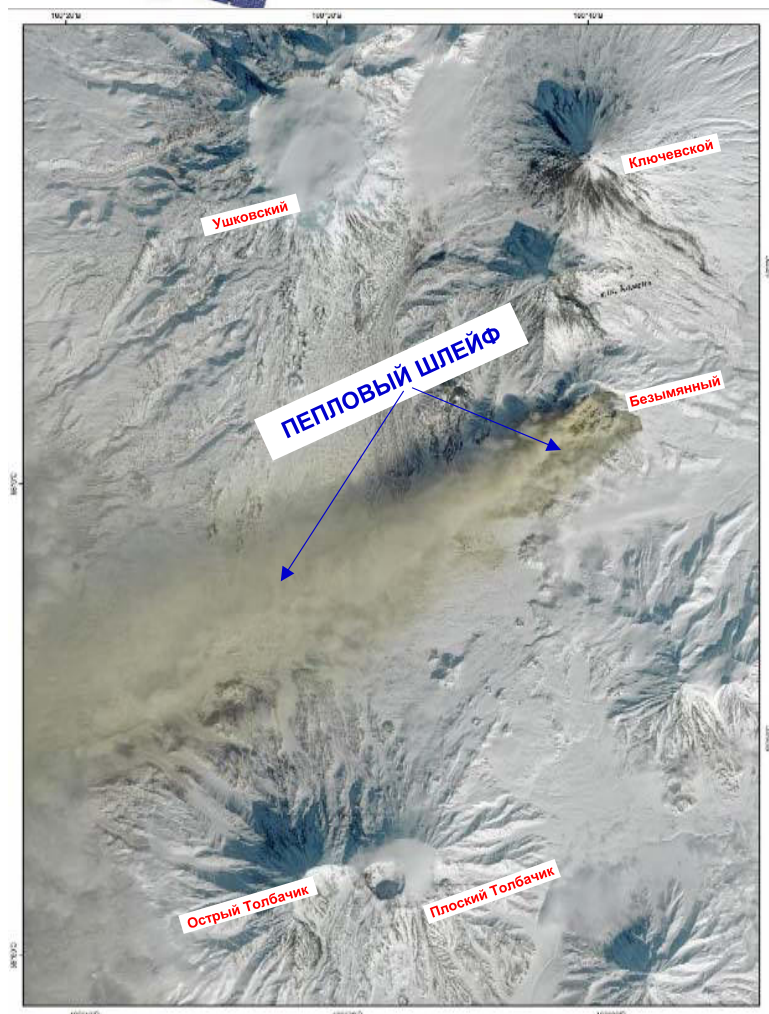
Аэрозольный индекс при извержении вулканов
Чикурачки и Алаид 16 октября 2022 г., КА Sentinel -5P .



Извержение вулкана Чикурачки 15.10.2022г., КА Метеор-М №2.
ФГБУ «НИЦ Планета»



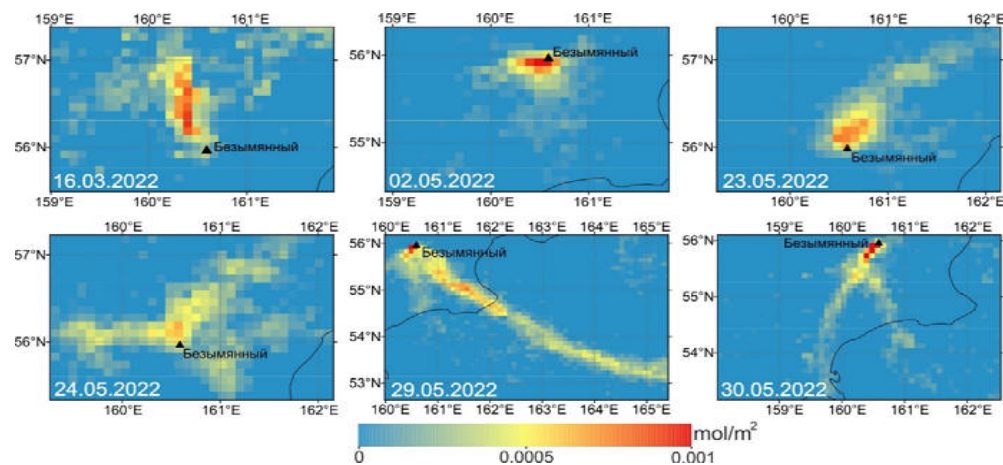
ПРИМЕРЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АКТИВНОСТИ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ (П-ОВ.КАМЧАТКА) В 2022 Г.



Извержение вулкана Безымянный 15.03.2022г., КА Sentinel-2A

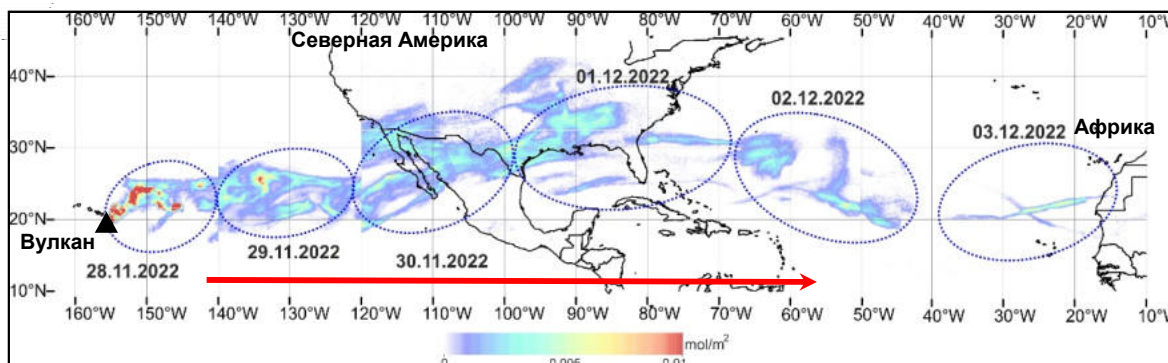


Фумарольная активность вулкана Безымянный 7 июня 2022 г.
© Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Р.Марков



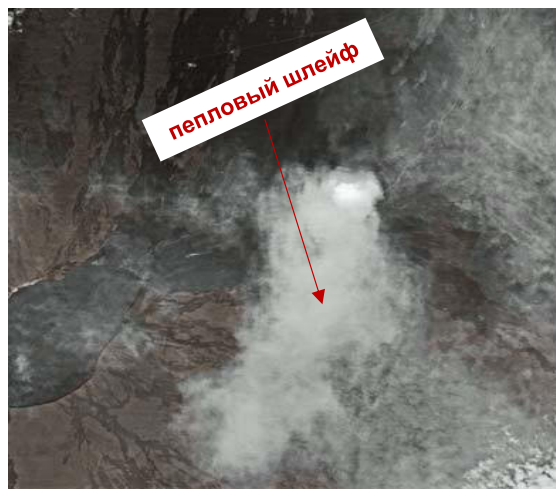
Распространение диоксида серы (SO_2) от вулкана Безымянный
16.03.2022г.-30.05.2022г., Sentinel-5P (TROPOMI)

ПРИМЕРЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АКТИВНОСТИ ВУЛКАНА МАУНА ЛОА (О.ГАВАЙИ) В 2022 Г.



По спутниковым данным при извержении вулкана Мауна Лоа (о.Гавайи) зафиксировано распространение газопеплового облака SO_2 в восточном направлении на расстояние более 13 000 км.

Распространение вулканического облака диоксида серы (SO_2) при извержении вулкана Мауна Лоа, по данным спутника Sentinel-5P (TROPOMI).

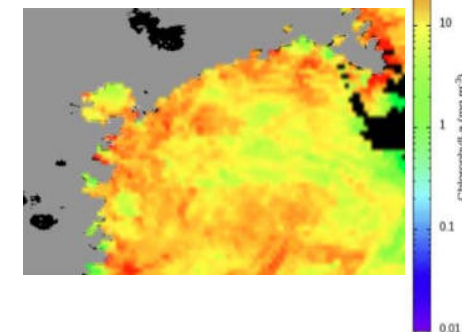
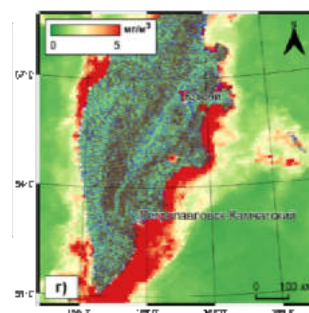
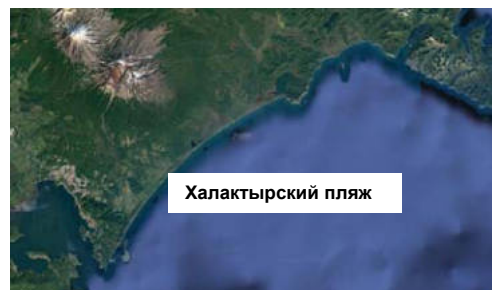
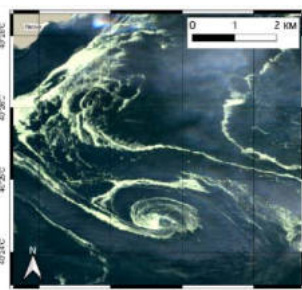


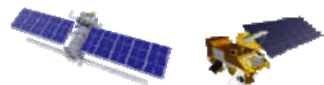
Изображение пеплового шлейфа со спутника Канопус- В. 05.12.2022г.





КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АНОМАЛЬНЫХ БИОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ





МЕТОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АНОМАЛЬНЫХ БИОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ



Разработан метод дистанционного обнаружения аномальных биогенных загрязнений морских акваторий, основанный на комплексном анализе температуры (SST), фотосинтетически активной радиации (PAR), концентрации хлорофилла-а, уровня морской поверхности, поля ветра, регистрируемых по спутниковым данным

Преимущества :

- возможность выявления причин и прогнозирования рисков возникновения аномальных биогенных загрязнений акваторий;
- оперативность, большой пространственный охват исследуемых территорий.

Метод апробирован на примере экологических происшествий, произошедших: у п-ова Камчатка осенью 2020 г.; у о. Хоккайдо (Япония) осенью 2021 г.; в Мраморном море (у побережья Турции) весной-летом 2021 г.; у о. Чилоэ (Чили) летом 2016 г.



Bondur, V.; Chvertkova, O.; Zamshin, V. // Remote Sens. 2023, 15, 5308. <https://doi.org/10.3390/rs15225308>.

Бондур, Замшин, Чверткова // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. Т. 507, № 1, 2021. DOI: 10.31857/S2686739722601508.

Бондур, Замшин, Чверткова // Исследование Земли из космоса. № 3. 2021. DOI: 10.31857/S020596142103009X.

Bondur V., Chvertkova, O., Zamshin, V. // J. Mar. Sci. Eng. 2021, 9, 1092. <https://doi.org/10.3390/jmse9101092>

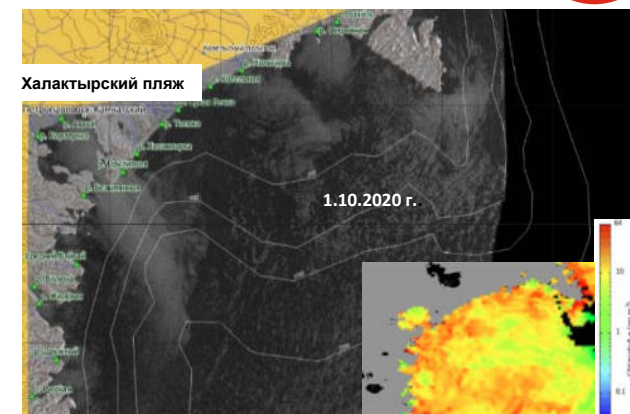


ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗ КОСМОСА ЧРЕЗВЫЧАЙНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСШЕСТВИЯ НА ПОЛУОСТРОВЕ КАМЧАТКА ОСЕНЬЮ 2020 г.



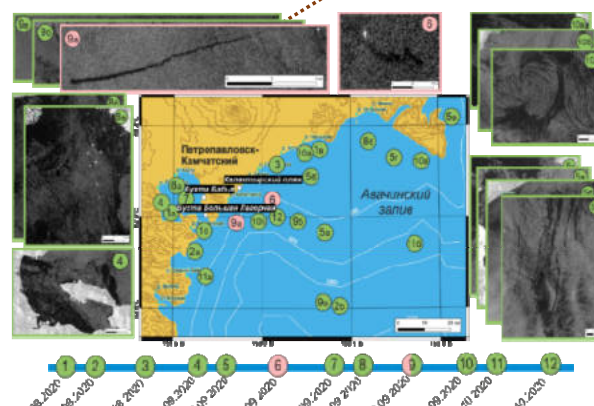
Последствия:

1. На Халактырском пляже в Авачинском заливе обнаружены погибшие гидробионты.
2. Пострадали спортсмены-серферы (сухость глаз, першение в горле, тошнота, рвота, слабость, повышенная температура).
3. Анализы проб воды выявили небольшие превышения по фенолу, аммиаку и фтору.

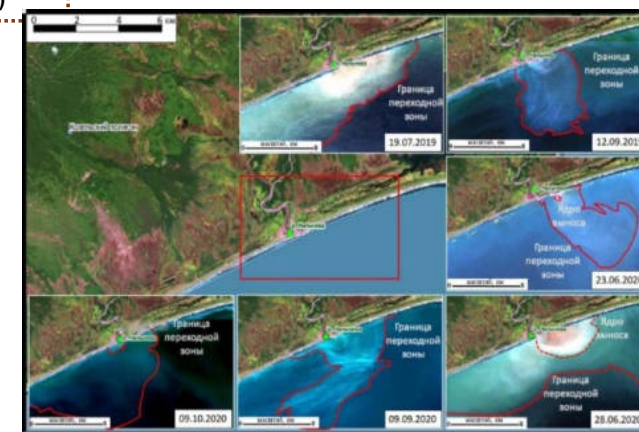


Выявление биогенных slickов по радиолокационным и оптическим многоспектральным изображениям

Места негативных последствий (Авачинский залив)



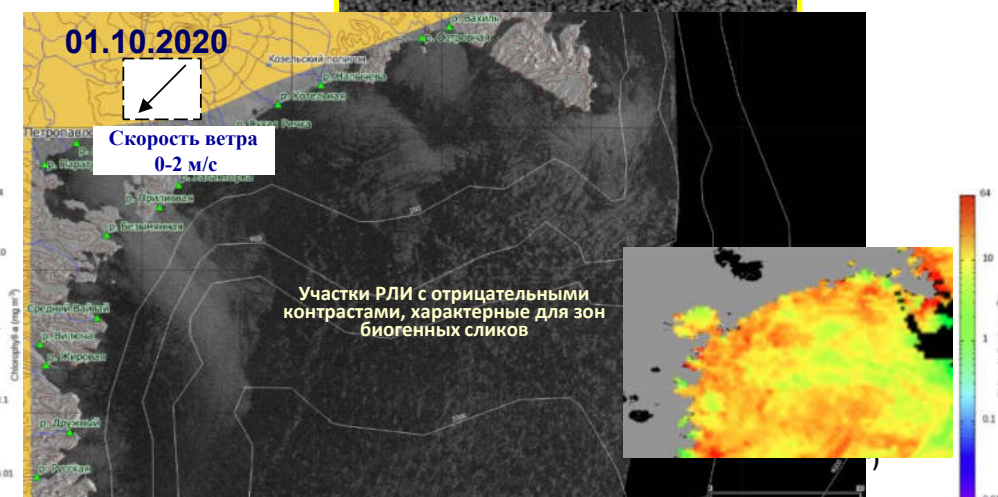
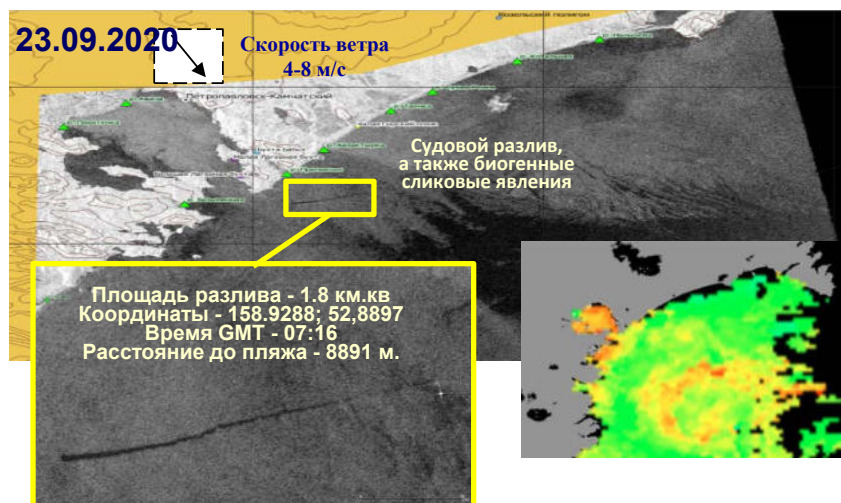
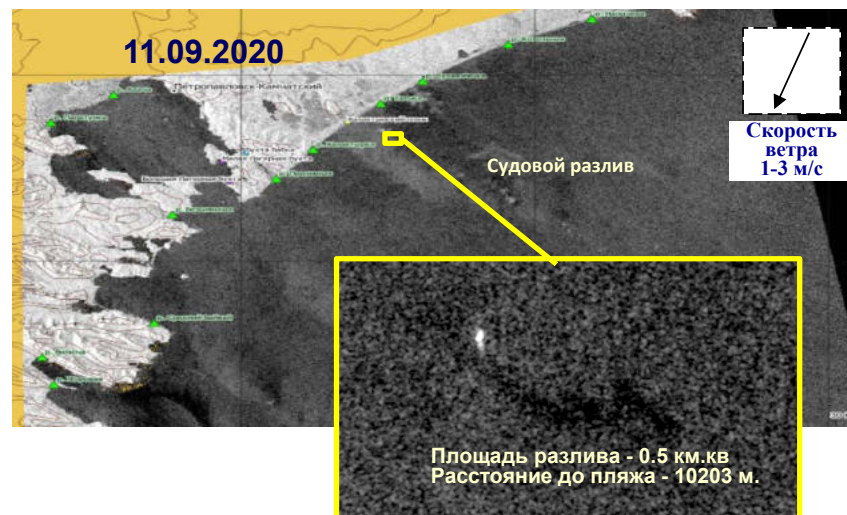
Обнаружение плёнок ПАВ и судовых разливов по радиолокационным изображениям

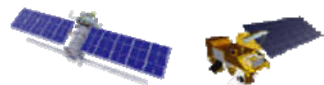


Исследование стока реки Налычева по спутниковым многоспектральным изображениям



ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗ КОСМОСА РАЙОНА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСШЕСТВИЯ НА ПОЛУОСТРОВЕ КАМЧАТКА ОСЕНЬЮ 2020 г.





МЕТОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АНОМАЛЬНЫХ БИОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ



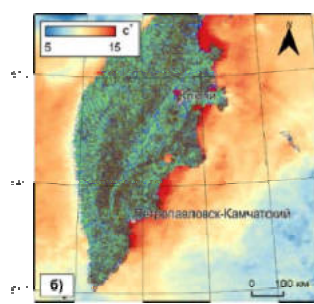
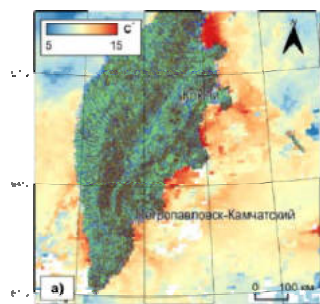
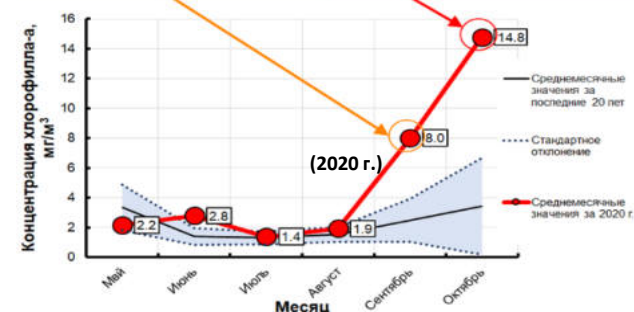
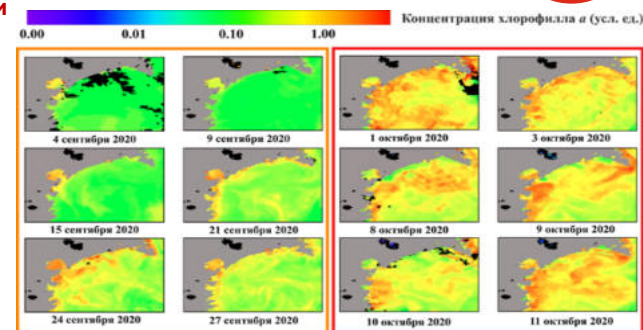
Обнаружен аномальный рост концентрации хлорофилла-а (в 5-8 раз выше фона)

Систематизировано и обработано свыше 37 тыс. спутниковых оптических и радиолокационных изображений (за 40 лет) для акваторий у п-ва Камчатка, позволившие выявить причины массовой гибели гидробионтов осенью 2020 г.

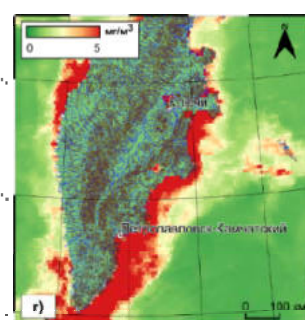
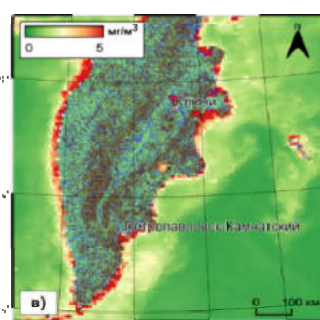
Установлено, что в июле-сентябре 2020 г. в акваториях у п-ва Камчатка температура моря превышала норму на величину до 6°C.

Такое повышение температуры и специфические условия циркуляции вод привели к аномальному росту концентрации хлорофилла-а (в 5-8 раз выше фона) и существенному изменению биогенного режима.

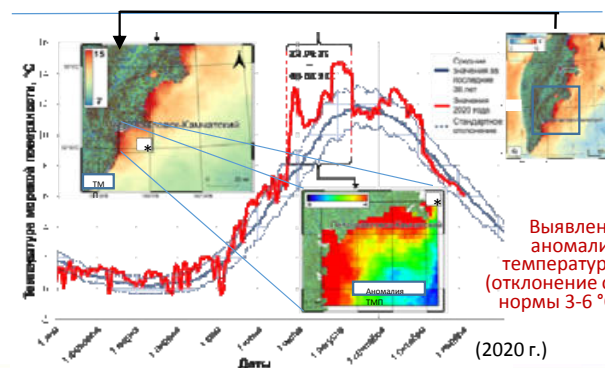
Это вызвало вредоносное цветение микроводорослей рода *Karenia* («красный прилив»), что привело к гибели гидробионтов в Авачинском заливе и в других акваториях у п-ва Камчатка.



Осредненные значения температуры морской поверхности в июле 2019 и 2020 г.



Осредненные значения концентрации хлорофилла-а в сентябре 2019 и 2020 г.



Выявлены аномалии температуры (отклонение от нормы 3-6 °C)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗ КОСМОСА АНОМАЛЬНЫХ ВЦВ В РАЗЛИЧНЫХ АКВАТОРИЯХ



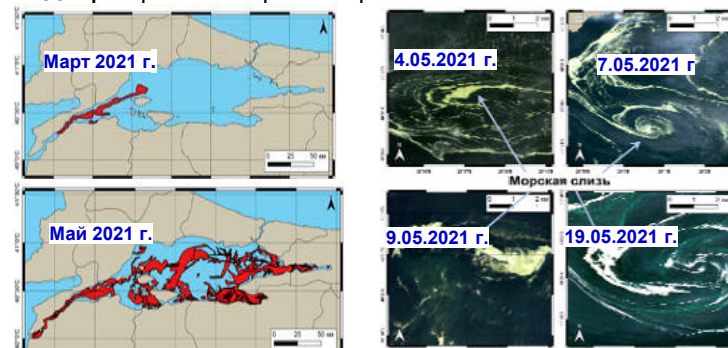
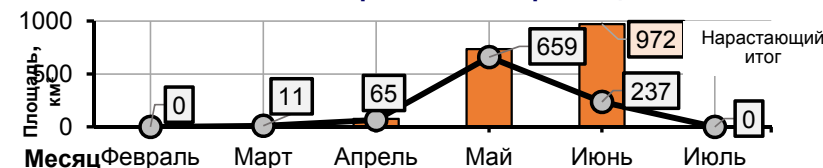
Особенности:

- аномалия, связанная с ВЦВ;
- исторический максимум температуры (10.34 °C);
- восходящий тренд температуры

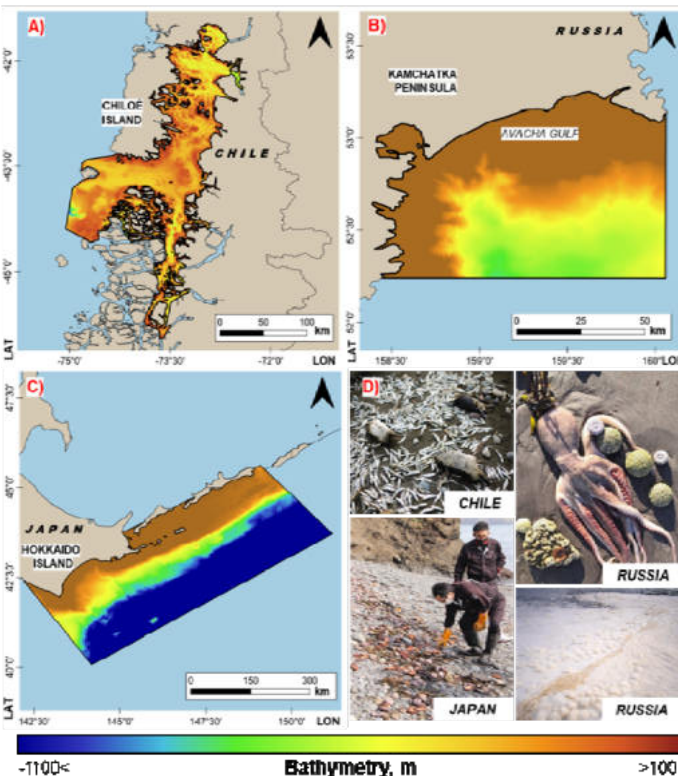


— Фактические средние значения февраля каждого года (1982-2021 гг.)
— Ожидаемые с учётом многолетнего тренда значения февраля каждого года (1982-2021 гг.)
- - Среднеквадратическое отклонение

Оценка аномального роста ТМП перед ВЦВ в Чили



Динамика площади морской слизи в Мраморном море.



Батиметрия исследуемых районов:
А) у острова Чилоэ (Чили);
В) Авачинский залив (Камчатка, Россия);
С) у о.Хоккайдо (Япония), D) последствия ВЦВ.

Пространственные распределения отклонений
среднемесячных абсолютных значений параметров
окружающей среды: а) SST, б) PAR, в) WV:
(1) у о. Чилоэ (Чили);
(2) в Авачинском заливе на Камчатке;
(3) у о. Хоккайдо



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение космических методов и технологий для мониторинга опасных природных явлений и катастроф приведет к улучшению их прогноза и предупреждения.

Это снизит гибель людей, уменьшит экономический ущерб от них на миллиарды рублей ежегодно, будет способствовать улучшению среды обитания, а также условий функционирования объектов социально-экономической сферы.

2. Необходимо кардинально увеличить отечественную группировку КА ДЗЗ.

3. В качестве основного критерия для оценки эффективности деятельности в этом направлении целесообразно использовать **предотвращенный ущерб** от различных чрезвычайных ситуаций.

4. Для развития новых методов и технологий мониторинга, прогнозирования и предупреждения ЧС, **целесообразно сформировать специальную Федеральную целевую программу**, подобную ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций», «Пожарная безопасность», которые были инициированы и успешно реализованы при активном участии вице-президента РАН, академика РАН Н.П. Лаверова.





Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга "АЭРОКОСМОС"



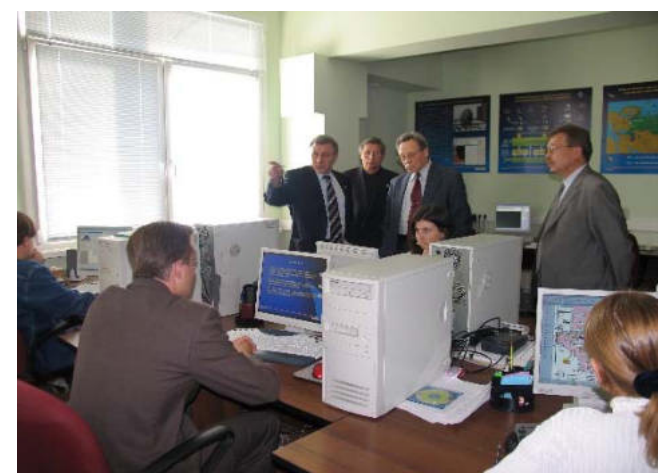
Вице-президент РАН Н.П. Лавров
и академик РАН В.Г. Бондур



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !



Вице-президент РАН Н.П. Лавров и академик РАН В.Г. Бондур



Вице-президент РАН Н.П. Лавров в НИИ «АЭРОКОСМОС»

Академик Бондур В.Г.

© АЭРОКОСМОС