



Федеральная служба по гидрометеорологии  
и мониторингу окружающей среды



**ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ  
ИМ. А. И. ВОЕЙКОВА**

*Год основания 1849*



Расширение системы климатического и экологического мониторинга и прогнозирования на территории Российской Федерации в целях обеспечения адаптационных решений в отраслевом и региональном разрезах, включая борьбу с опустыниванием

## КОНСОРЦИУМ-3: СУША: МОНИТОРИНГ И АДАПТАЦИЯ

В.М. Катцов



## СУЩЕСТВУЮЩИЕ ВЫЗОВЫ

**Уникальное разнообразие климатических условий** и климатических воздействий на огромной территории России – одновременно и вызов (объективные проблемы мониторинга и регионального моделирования), и адаптационное преимущество

**Отсутствие системы фоновго мониторинга многолетней мерзлоты** на территории России (2/3 территории России; критическое значение изменений ММ для инфраструктуры отраслей экономики; для развития моделей, для оценки потоков ПГ, др.)

**Потребность в развитии ряда компонентов мониторинга**, обеспечивающих адаптационные мероприятия (управление экологическими и климатическими рисками – УЭКР) в условиях меняющегося климата, в том числе в отношении национальных водных и с/х ресурсов, а также городских агломераций (вода, продовольствие, здоровье населения – ключевые факторы устойчивого развития и конкурентоспособности России)

**Потребность в выведении на мировой уровень национальной многоцелевой системы прогнозирования** регионального климата с высоким разрешением для информационно-аналитического обеспечения УЭКР на территории России и прилегающих территориях и акваториях («суверенность» (независимость) и прикладное значение сценарных прогнозов )

## КОМПЕТЕНЦИИ КОНСОРЦИУМА / СТАРТОВЫЕ УСЛОВИЯ

- **Опора на Государственную наблюдательную сеть Росгидромета**, функционирующую в соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации (ВМО), но нуждающуюся в дополнительных компонентах – *залог международного признания данных мониторинга.*
- **Многолетний международно-признанный опыт научных исследований и практической деятельности** в областях планируемых разработок – *важная составляющая ожидаемого успеха.*
- **Наличие отдельных апробированных инструментов** – «точек роста» (региональные климатические модели, автоматизированные системы сбора информации, др.) – *существенный задел для решения поставленных задач.*
- **Существующее технологическое отставание России** (вычислительные ресурсы и оборудование) в новых условиях – *обуславливает критическое значение планирования проекта на начальном этапе.*

## РЕШЕНИЕ

**1** Необходимо **получение новых детализированных данных о текущем и ожидаемом изменении климата в обеспечение процесса принятия адаптационных решений** в отраслевом и региональном разрезе,.

**2** Необходимо расширение **Государственной наблюдательной сети климатического и экологического мониторинга**

- Создание государственной системы (фоновго) мониторинга состояния многолетней мерзлоты на территории России.
- Разработка адаптивной системы гидрологического мониторинга.
- Создание системы интегрированного городского экологического/климатического обслуживания.
- Разработка системы мониторинга состояния земель в рамках создания второй очереди Генеральной схемы действий по борьбе с опустыниванием

**3** Необходимо создание **многоцелевой системы моделирования и прогнозирования** регионального климата



**Задача 1.** «МЕРЗЛОТА»: Создание государственной системы (фонового) мониторинга состояния многолетней мерзлоты (ГСМСММ) на территории России

**Задача 2.** «ВОДА»: Разработка адаптивной системы гидрологического мониторинга (АСГМ) и национальной гидрологической моделирующей системы (НГМС)

**Задача 3.** «ОПУСТЫНИВАНИЕ»: Разработка второй очереди Генеральной схемы действий по борьбе с опустыниванием (ДБО)

**Задача 4.** «ГОРОДА»: Создание системы интегрированного городского климатического обслуживания (СИГОКО)

**Задача 5.** «ПРОГНОЗ»: Создание высокоразрешающей многоцелевой системы моделирования и прогнозирования регионального климата (МСМПРК)



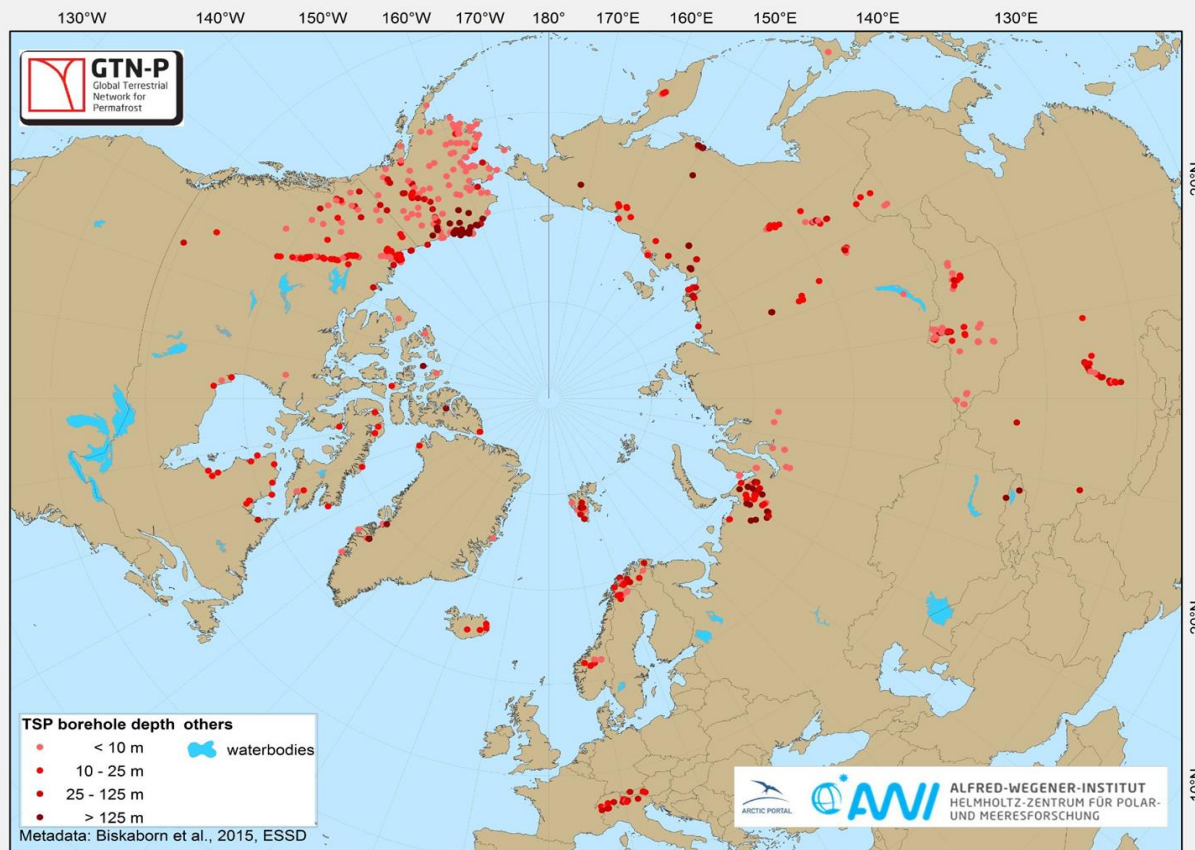


# МЕРЗЛОТА

- ✓ До 1700 (?) гигатонн углерода – в толще многолетней мерзлоты.
- ✓ 2/3 территории РФ – в зоне распространения мерзлоты.

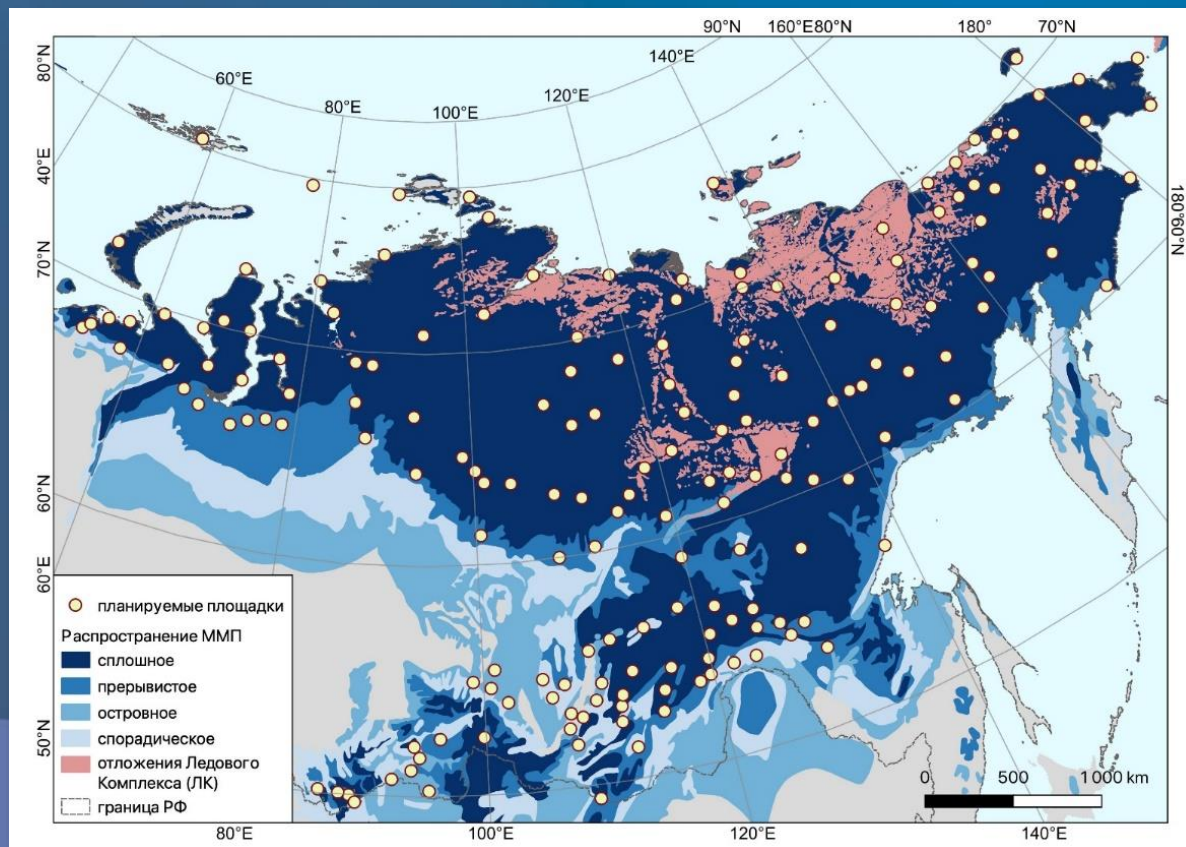


С 1990-х гг. проводится в рамках сети глобального мониторинга GTN-P по программам TSP (Thermal State of Permafrost) и CALM (Circumpolar Active-layer Monitoring).



Термометрические скважины на территории России созданы различными организациями, не имеют единого собственника и оператора данных, имеют разную глубину, используют различное оборудование, единый методический контроль отсутствует. Часть прекратила работу.

# Создание Государственной системы (фонового) мониторинга состояния многолетней мерзлоты на базе Государственной наблюдательной сети Росгидромета (ГСМ СММ) (ААНИИ)



Местоположение 180 станций Росгидромета, перспективных для размещения сопряженных пунктов наблюдения за состоянием многолетней мерзлоты на территории криолитозоны России

# Ожидаемый практический результат по направлению к концу 2024 г.



Создана Государственная система (фонового) мониторинга состояния многолетней мерзлоты на базе Государственной наблюдательной сети Росгидромета (ГСМ СММ): первая очередь – 20 станций, вторая очередь – 58 станций.

Данные мониторинга начали поступать в Центр мониторинга многолетней мерзлоты в АНИИ.





Третья очередь ГСМСММ – 60 станций

Количественная оценка фонового состояния и эволюции ММ на территории РФ

Создание нескольких десятков полигонов (в дополнение к пунктам наблюдений)

Взаимодействие ГСМ(Ф)СММ с системами геотехнического мониторинга

Количественная оценка положительной обратной связи между глобальным потеплением и источником углерода в деградирующей мерзлоте

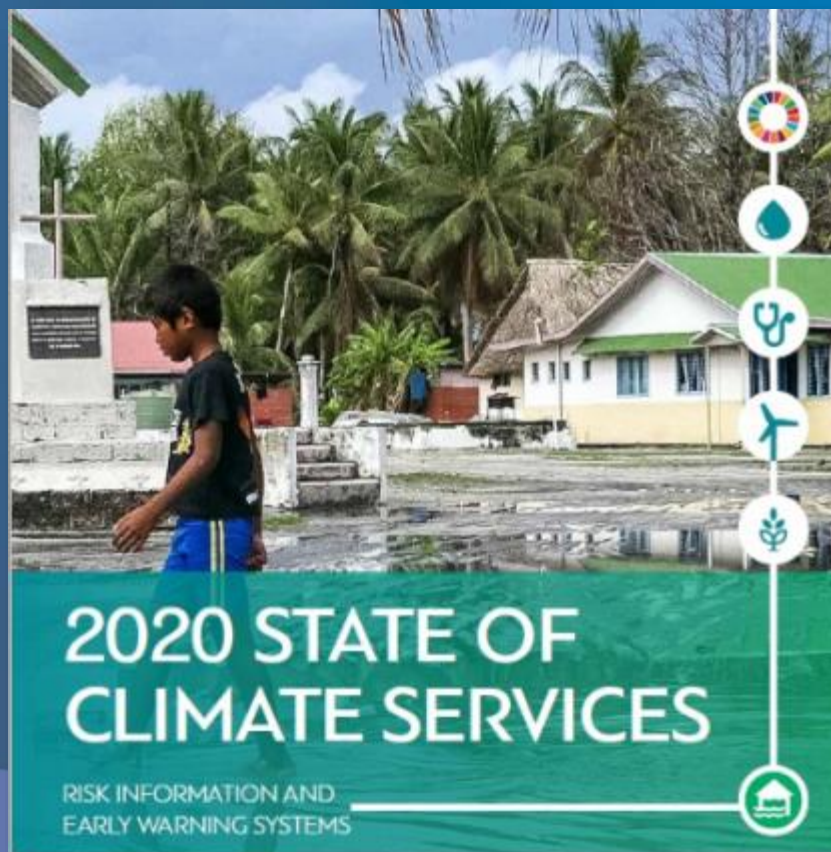


## ВОДА

- ✓ Большая часть всех мероприятий по адаптации экономики и населения к изменению климата в мире связаны с опасными гидрологическими явлениями (наводнениями, засухами).
- ✓ ~400 тыс. км<sup>2</sup> – площадь паводкоопасных территорий РФ: 746 городов, тысячи поселков и деревень, более 7 млн га сельскохозяйственных угодий подвержены затоплению.



## Инструменты адаптации

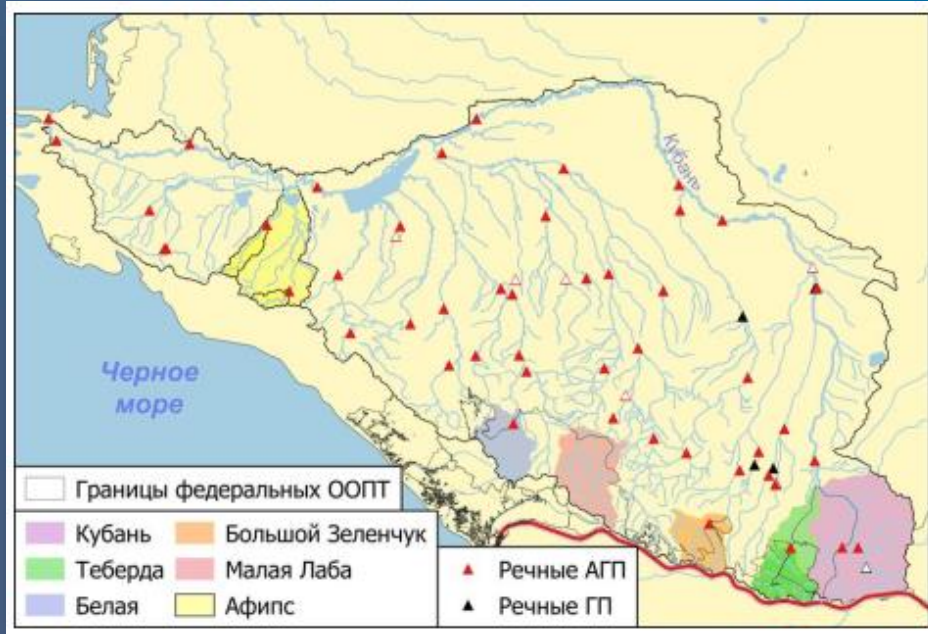


Информация о рисках и системы раннего предупреждения

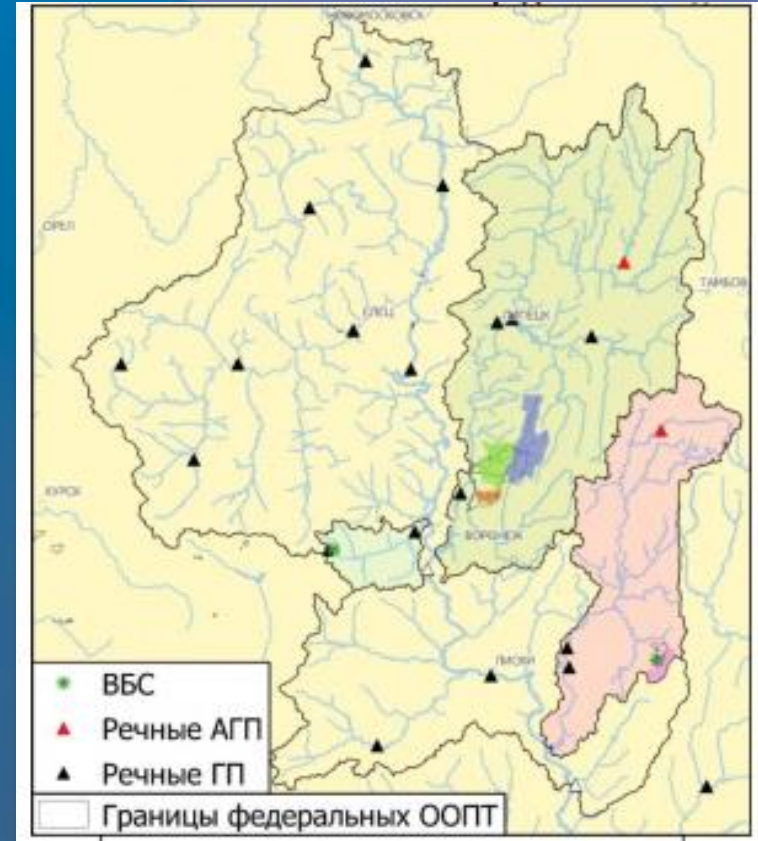
# Главное: засухи (маловодья) и наводнения в связи с меняющимся климатом



# Создание адаптивной системы гидрологического мониторинга (АСГМ) (ГГИ)



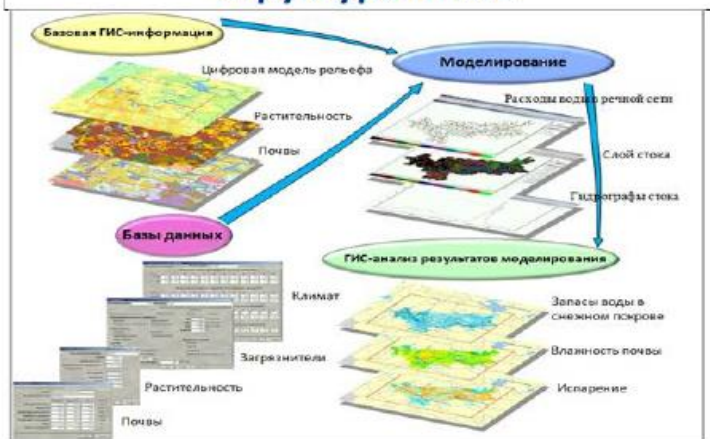
Бассейн Кубани:  
исследования  
максимального стока



Бассейн Дона (выше  
Цимлянского вдхр):  
исследования минимального  
стока



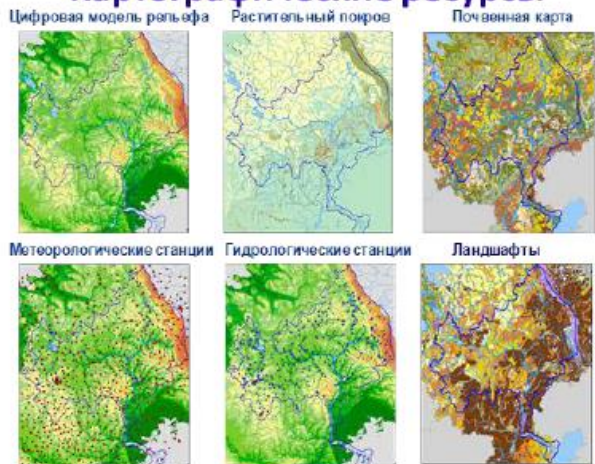
## Структура НГМС



## Информационные ресурсы



## Картографические ресурсы



## Базы данных

А. Селевский

Физические свойства | Химические свойства

Почва: Черново-глинистая

Мощностный состав: Лессовидность

	Горизонт А	Горизонт В	СГВ	Единицы
Объемная плотность	1.32	1.50	1.50	т/м <sup>3</sup>
Пористость	0.40	0.42	0.42	см <sup>3</sup> /см <sup>3</sup>
Нижний предел олеогенности	0.30	0.28	0.28	см <sup>3</sup> /см <sup>3</sup>
Вязкость звадения	0.05	0.09	0.09	см <sup>3</sup> /см <sup>3</sup>
Коэффициент инфильтрации	3.00	3.00	3.00	см/день
Гумус	3.0	1.0	0.1	%
Мощность горизонта	0.50	1.00	3.00	м

OK Отмена

## Схематизация по ЦМР



Структура и информационные ресурсы Национальной гидрологической моделирующей системы

# Ожидаемый практический результат по направлению к концу 2024 г.



Создана адаптированная к рискам климатических изменений АСГМ для речных бассейнов южных регионов ЕТР.

Готов к реализации проект развития АСГМ в бассейнах рек центральных регионов ЕТР с целью адаптации к изменениям климата.

Создана пилотная версия Национальной гидрологической моделирующей системы (НГМС).

Созданы базы сеточных данных (реанализа) гидрологических характеристик (водного режима рек, снежного покрова, влажности и глубины промерзания почвы и др.) на основе гибридизации данных наблюдений с данными расчетов НГМС для бассейнов рек с ожидаемым повышением климатообусловленных гидрологических рисков.

**АСГМ, оснащенная НГМС, является инструментом адаптации для ряда отраслей экономики и регионов к происходящим и ожидаемым изменениям климата, в том числе – в качестве системы раннего предупреждения.**



Расширение АСГМ на бассейны рек в других регионах РФ

Взаимодействие направления «ВОДА» с направлением «ОПУСТЫНИВАНИЕ»

Включение системы мониторинга городских водных объектов в СИГОКО  
(направление «ГОРОДА»)

Использование НГМС в качестве компонента МСМПРК, в том числе в сценарных прогнозах (направление «ПРОГНОЗ»)





# ОПУСТЫНИВАНИЕ

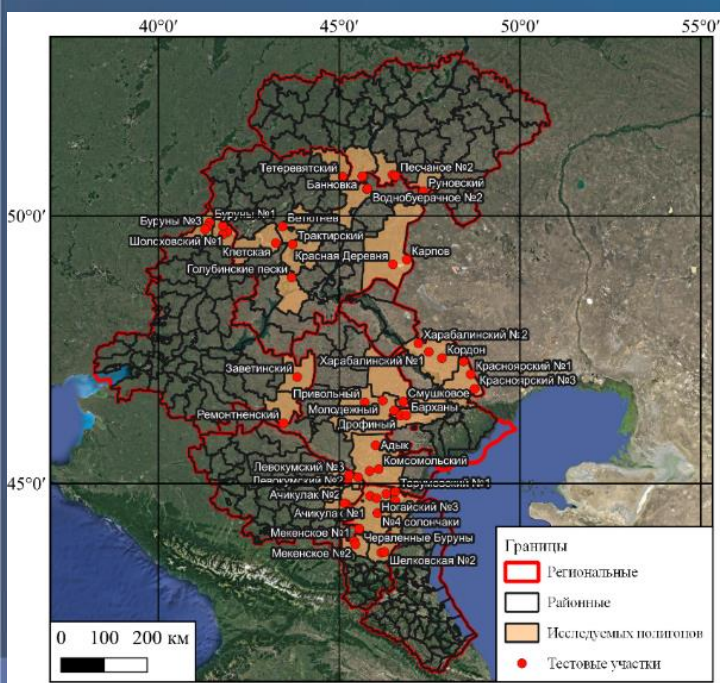
- ✓ 26 млн га сельхозугодий РФ, подверженных эрозии и дефляции
- ✓ 14 субъектов РФ требуют действий по борьбе с опустыниванием.



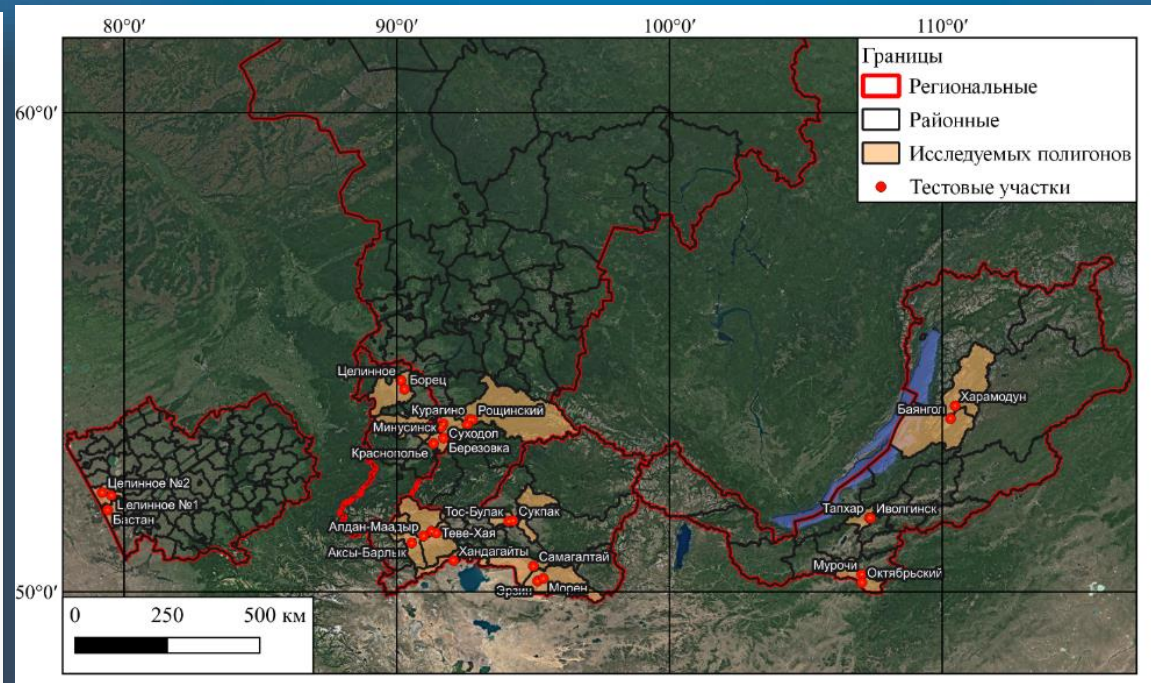
**United Nations**

Convention to Combat  
Desertification

## Тестовые полигоны опустынивания на территории России



Полигоны опустынивания ЕЧР



Полигоны опустынивания АЧР



Опустыненные территории Р. Дагестан, Ногайский район, 2022 г.



Мелиоративные насаждения полукустарников на опустыненных территориях закрепляют пески и создают условия для восстановления пастбищ



# Ожидаемый практический результат по направлению к концу 2024 г.



Разработаны программы действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО) для 14 субъектов: Р. Калмыкия, Р. Дагестан, Р. Татарстан, Саратовской обл., Волгоградской обл., Астраханской обл., Ростовской обл., Р. Тыва, Ставропольского края, Алтайского края, Р. Хакасия, Красноярского края (юг), Р. Бурятия, Чеченской Р.



Взаимодействие направления «ОПУСТЫНИВАНИЕ» с направлением «ВОДА».

Использование результатов мониторинга для развития МСМПК (направление «ПРОГНОЗ»).

Мониторинг территорий после проведения субъектами адаптации предупредительных и восстановительных мероприятий.

Разработка концепции **второй очереди Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием.**



# ГОРОДА

- ✓ 70% глобальных выбросов CO<sub>2</sub> происходит в городах мира.
- ✓ 90% природных бедствий для городов мира – гидрометеорологического происхождения.
- ✓ 3/4 населения РФ проживает в городах.



90% природных бедствий для урбанизированных территорий – гидрометеорологического происхождения (вероятно, усугубляются с изменением климата):

- ✓ Экстремальные жара и холод
- ✓ Экстремальный ветер
- ✓ Низкое качество воздуха и эпизоды пикового загрязнения
- ✓ Лесные пожары, песчаные и пылевые бури
- ✓ Городские наводнения

Интегрированное городское обслуживание: приоритет и кросс-тематический элемент стратегии ВМО:

- ✓ Системы раннего предупреждения о разных бедствиях
- ✓ Интегрированная городская система информации о ПГ
- ✓ Климатические услуги
- ✓ Прогноз воздействия и предупреждение о риске

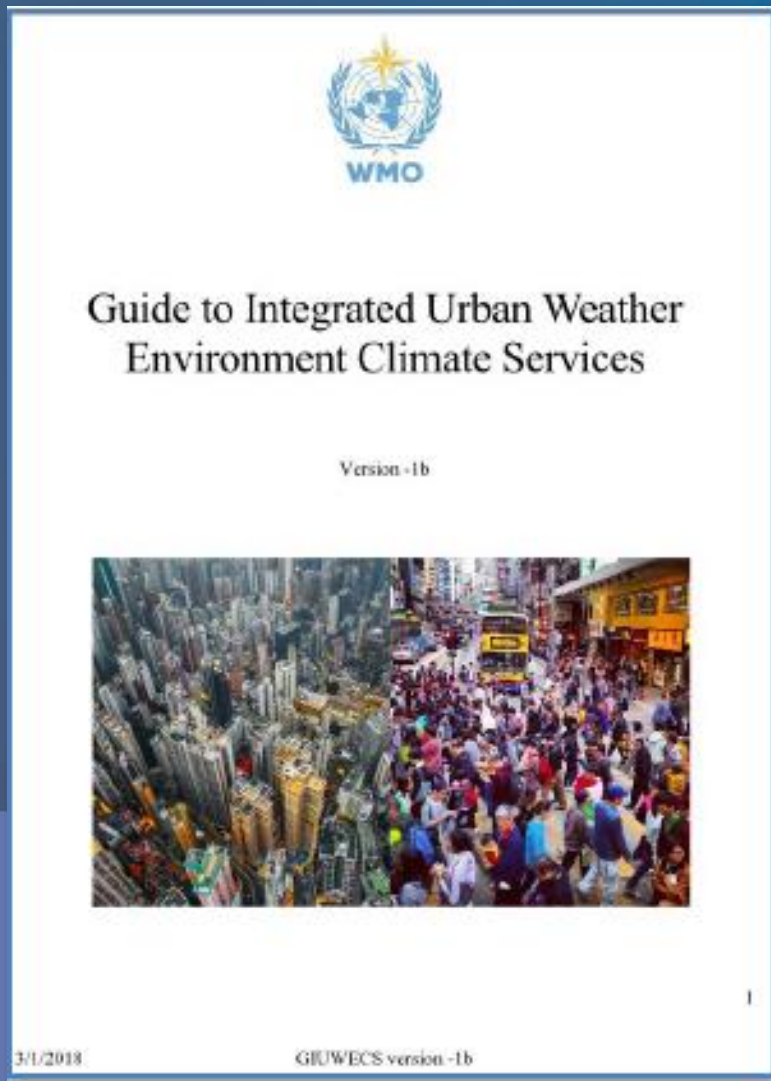
Цель ВМО: научно-обоснованное интегрированное городское обслуживание в области погоды, воды, окружающей среды и климата







## Интегрированное городское обслуживание: Руководство ВМО (лучшие доступные практики) и наука



### Компоненты:

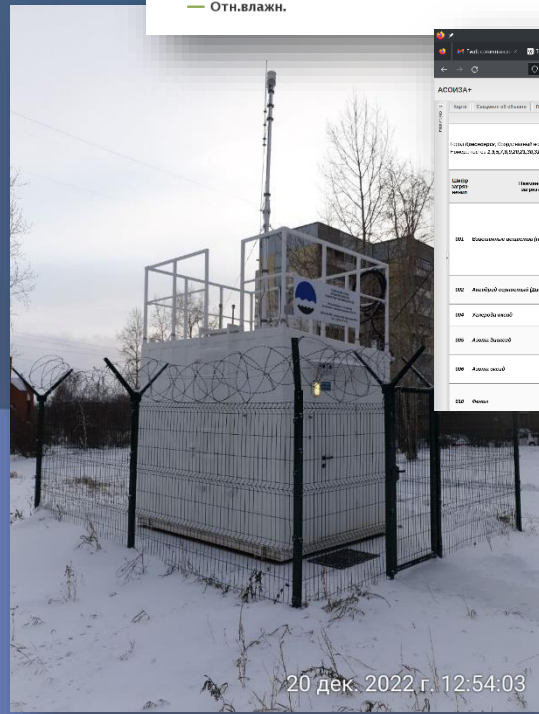
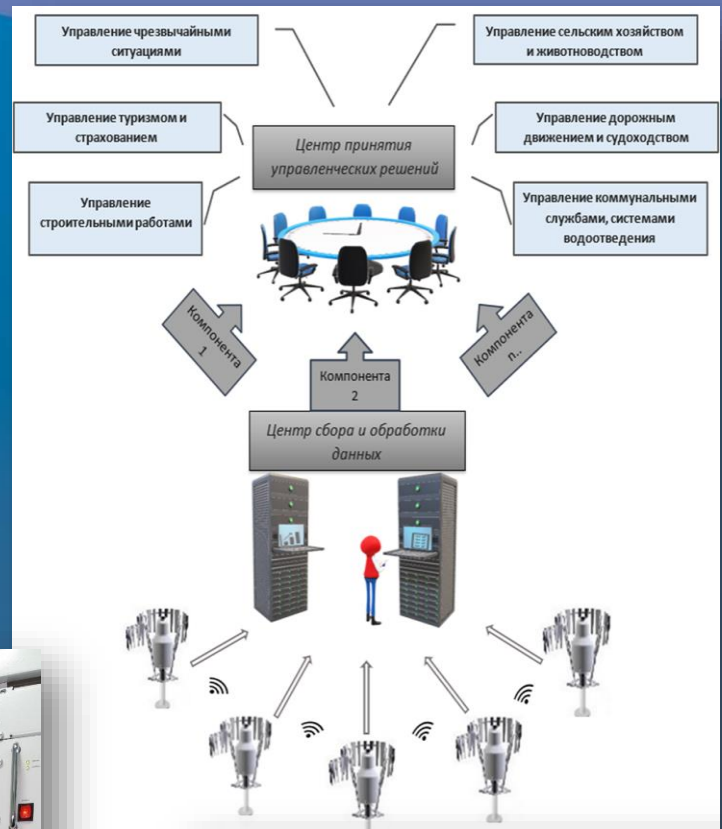
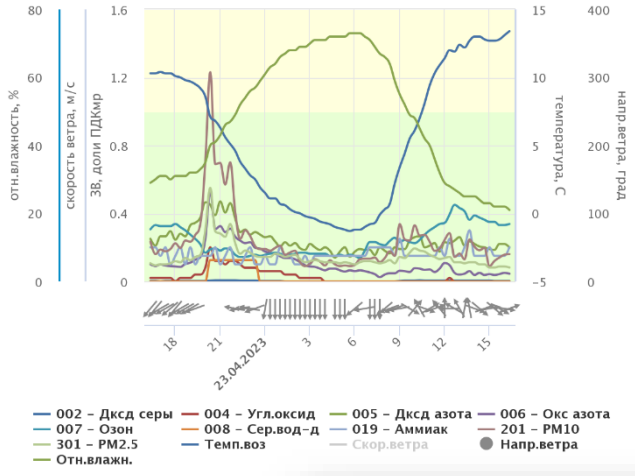
- ✓ Организация наблюдения, собственно наблюдение и анализ
- ✓ Моделирование, прогноз/сценарный прогноз и оценка риска
- ✓ Интерпретация и коммуникация
- ✓ Оценка и рекомендации по совершенствованию



# Как это делается



Данные по посту 3 города Красноярск с 2023-04-22 16:20:00 по 2023-04-23 16:20:00



Сектор	Наименование параметра	Единица	Параметр	Среднее арифметическое	Среднее квадратическое	Максимальное значение	Минимальное значение	Гарантированность, %	Число отклонений от норматива	Число отклонений от регламента	Число отклонений от норматива в регламент	Число отклонений от норматива в регламент	MSA
001	Водохарактеристики (температура)	°C	Темп.воз	3.750	3.750	3.750	3.750	100	0	0	0	0	
			Скор.ветра	2.100	2.100	2.100	2.100	100	0	0	0	0	
002	Атмосферная влажность (относительная)	%	Отн.влажн.	1.100	1.100	1.100	1.100	100	0	0	0	0	
			Дксд серы	0.100	0.100	0.100	0.100	100	0	0	0	0	
003	Атмосферная влажность (абсолютная)	г/м³	Темп.воз	3.750	3.750	3.750	3.750	100	0	0	0	0	
			Скор.ветра	2.100	2.100	2.100	2.100	100	0	0	0	0	
004	Атмосферная влажность (абсолютная)	г/м³	Отн.влажн.	1.100	1.100	1.100	1.100	100	0	0	0	0	
			Дксд серы	0.100	0.100	0.100	0.100	100	0	0	0	0	
005	Атмосферная влажность (абсолютная)	г/м³	Темп.воз	3.750	3.750	3.750	3.750	100	0	0	0	0	
			Скор.ветра	2.100	2.100	2.100	2.100	100	0	0	0	0	
006	Атмосферная влажность (абсолютная)	г/м³	Отн.влажн.	1.100	1.100	1.100	1.100	100	0	0	0	0	
			Дксд серы	0.100	0.100	0.100	0.100	100	0	0	0	0	
007	Атмосферная влажность (абсолютная)	г/м³	Темп.воз	3.750	3.750	3.750	3.750	100	0	0	0	0	
			Скор.ветра	2.100	2.100	2.100	2.100	100	0	0	0	0	
008	Атмосферная влажность (абсолютная)	г/м³	Отн.влажн.	1.100	1.100	1.100	1.100	100	0	0	0	0	
			Дксд серы	0.100	0.100	0.100	0.100	100	0	0	0	0	
009	Атмосферная влажность (абсолютная)	г/м³	Темп.воз	3.750	3.750	3.750	3.750	100	0	0	0	0	
			Скор.ветра	2.100	2.100	2.100	2.100	100	0	0	0	0	
010	Атмосферная влажность (абсолютная)	г/м³	Отн.влажн.	1.100	1.100	1.100	1.100	100	0	0	0	0	
			Дксд серы	0.100	0.100	0.100	0.100	100	0	0	0	0	



# Ожидаемый практический результат по направлению к концу 2024 г.



Первая очередь СИГОКО в части мониторинга химического состава атмосферы (в т.ч. загрязнения атмосферного воздуха) и сценарных прогнозов изменения климата.



## ПРОГНОЗ

К середине 21-го века\*:

- ✓ +3.3°C – среднегодовое потепление для территории РФ.
- ✓ +9 суток – увеличение продолжительности максимальной за год волны тепла для АЗРФ в период май-сентябрь.
- ✓ +12% – увеличение максимальной суточной суммы осадков за один день для территории РФ.

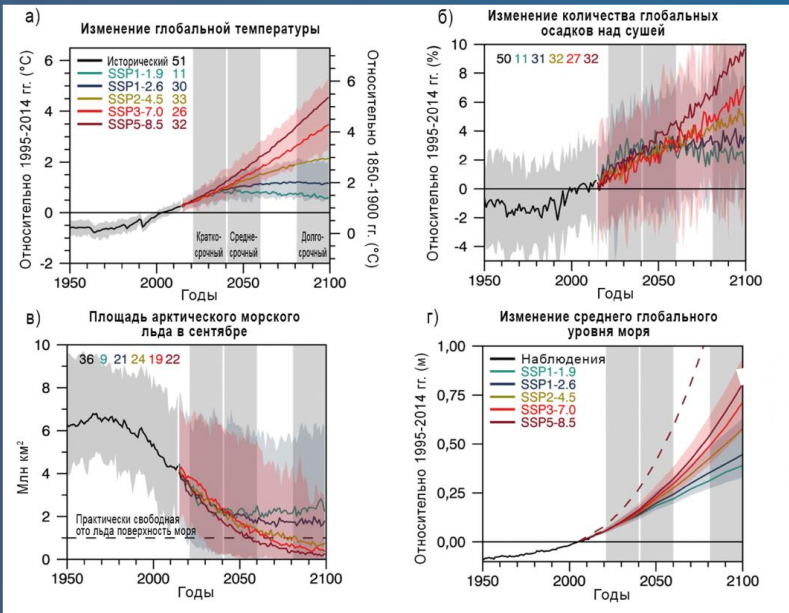
\* средние показатели по ансамблю глобальных моделей для «жесткого» сценария SSP5-8.5



# WCRP CORDEx

Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment

# Сценарные прогнозы: от глобальных изменений климата к региональным климатическим воздействиям (включая экстремальные явления)



**Требуется высокое разрешение  
в физическом и вероятностном  
пространствах**



## Региональные климатические модели ГГО



Арктика (301×301)

Северная Евразия  
(381×183)

Средняя Азия (157×215)

# Ожидаемый практический результат по направлению к концу 2024 г.

ГЛАВНАЯ  
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ  
им. А.И.ВОЕЙКОВА



Создана объединенная региональная модель атмосферы и океана для Арктического макрорегиона – для ансамблевого сценарного прогнозирования с высоким разрешением в физическом и вероятностном пространствах.

Эта новая модель – один из ключевых компонентов многоцелевой системы моделирования и прогнозирования регионального климата (МСМПРК), применяемого, в числе прочего, для научного обеспечения адаптационных решений в отраслях и регионах.





## Улучшение пространственного разрешения МСМПК

Включение новых компонентов в МСМПК, в т.ч. углеродного цикла в экосистемах (на основе разработок К-1 и с использованием результатов К-2 и К-4)

Расширение списка анализируемых климатических индексов, включая таковые для гидросферы и криосферы, возможно, педосферы и биосферы

Взаимодействие со всеми остальными направлениями Консорциума 3, а также с Консорциумами 1, 2, 4, 5.

# Заключительные замечания: важные обстоятельства



- ✓ Вычислительные ресурсы
- ✓ Оборудование для мониторинга
- ✓ Международное признание результатов
- ✓ Особенности диалога с лицами, принимающими решения

# Открытая научная конференции ВПИК: Кигали, Руанда, 23-27 октября 2023 г.



## TOWARDS A NEW LEVEL OF QUANTIFYING CLIMATE CHANGE AND VARIABILITY IN RUSSIA

Vladimir Kattsov (Voeikov Main Geophysical Observatory, Roshydromet)  
Sergey Gulev (P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS)  
Andrey Gritsun (Marchuk Institute of Numerical Mathematics, RAS)  
Irina Lantsov (Center of Forest Ecology and Productivity, RAS)  
Ilya Petrov (Institute of Economic Forecasting, RAS)  
Anna Romanova (Acad. Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Roshydromet)  
Alexander Shirev (Institute of Economic Forecasting, RAS)

The success in the mitigation of the anthropogenic impact on climate and the environment as well as in the adaptation of natural systems, the population and economic sectors to climate changes depends on how accurately the pace and intensity of such changes are measured, i.e. on the quality of scientific and analytical information that supports management decisions.

In 2022 the Government of Russian Federation initiated the Federal Science and Technology Programme of Russian Federation in the areas of environmental improvement and climate change for 2021-2030 (hereafter FSTP) and Innovation Project of State Importance "Unified national system for monitoring climatically active substances" (IPSI).

The mission of FSTP-IPSI is to implement multipatform observational and modelling systems providing assimilation and consolidation of internationally recognized environmental and climate observations including derived products. Further, this will underpin science-driven solutions for using this data for the benefits of sustainable development, including accurate estimation of the emission and absorption of greenhouse gases and environmental pollution, as well as physical and mathematical modelling of the Earth system.

FSTP-IPSI focus areas includes: (1) Monitoring and predicting the state of the environment and climate; (2) Mitigation of the anthropogenic impact on the environment and climate; (3) Adaptation of natural systems, the population and economic sectors to climate change.

FNSP-IPSI is being implemented by the six consortia of Russian research institutions: (I) Earth System: Modelling and Prediction; (II) Ocean: Monitoring and Adaptation; (III) Land: Monitoring and Adaptation; (IV) Carbon in Ecosystems: Monitoring; (V) Climate Economy; (VI) Anthropogenic Emissions: Cadastre.



### EARTH SYSTEM: MODELLING AND PREDICTION

Mission: To develop a world-class global model of the Earth system for research purposes and projections.  
Target 1. To quantify the Earth system sensitivity to external forcing.  
Target 2. To quantify the current state and future (scenario) changes of atmospheric carbon natural sources and sinks.

#### Modular Earth System model



### LAND: MONITORING AND ADAPTATION

Mission: To extend the national system of climate and environment monitoring, predicting, and projecting for the territories of the Russian Federation and neighboring countries aimed at supporting sectoral and regional adaptation to climate change including combating desertification.

Target 1. To develop the national system for monitoring permafrost over the territory of Russia.  
Target 2. To develop an adaptive system for hydrological monitoring.  
Target 3. To develop the second phase of the national General scheme for combating desertification.  
Target 4. To develop the national system of integrated urban climate services.  
Target 5. To develop a multi-purpose system for high-resolution modelling and projecting regional climates in support of environmental and climate risk management over Russian and adjacent territories and seas.

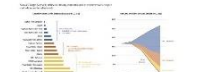


### CLIMATE ECONOMY

Mission: To evaluate socio-economic effects of the climate agendas implementation including climate change mitigation and adaptation policies internationally and for the Russian Federation.

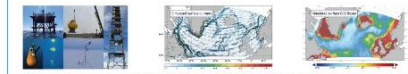
Target 1. To develop a set of methods and models for comprehensive assessment of feasibility and effectiveness of existing and substantiation of perspective policy measures (scenarios) providing for both climatic risk reduction and sustainable socioeconomic development.

Target 2. To contribute to the organization of a science-driven and socioeconomically effective system for monitoring and assessment of climate risks in Russia critical for development and implementation of the policy measures above.



### OCEAN: MONITORING AND ADAPTATION

Mission: To develop a national system for monitoring Russian seas and parts of the World Ocean.  
Target 1. To develop monitoring systems of climate variability and greenhouse gas fluxes in the North Atlantic and North Pacific by means and research results.  
Target 2. To develop regional multi-platform (moorings, floats, coastal stations and towers, ships of opportunity) monitoring systems for Russian seas for tracking regional variability.  
Target 3. To develop regional analyses of the North Atlantic and North Pacific as well as of the Russian Seas employing ocean circulation models (including wave models) forced with high-resolution atmospheric forcing fields and incorporating advanced data assimilation system.



### CARBON IN ECOSYSTEMS: MONITORING

Mission: To develop land based and remote system for monitoring carbon pools and GHG fluxes in terrestrial ecosystems over the territory of Russian Federation.

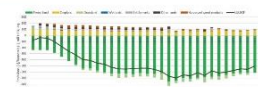
Target 1. To quantify GHG sinks in ecosystems.  
Target 2. To evaluate GHG absorption potential of managed forests accounting for the national forestry development.  
Target 3. To evaluate climate change mitigation measures in agriculture accounting for sectoral development.



### ANTHROPOGENIC EMISSIONS: CADASTRE

Mission: To technically re-organize, digitalize, and actualize the National GHG cadastre and to improve collecting initial data.

Target 1. To implement new and updated coefficients and parameters for GHG emission evaluation for updating the National cadastre.  
Target 2. To digitalize the National cadastre with regard to computation automatization.  
Target 3. To develop a system of computational monitoring and emission evaluation for particular climatically active species, including black carbon.





Спасибо!



ВСЕ НАПРАВЛЕНИЯ: ФОИВ и органы исполнительной власти субъектов федерации (отраслевые и региональные планы адаптации); российские научные, изыскательские, проектные организации.

**1. МЕРЗЛОТА:** промышленные, строительные, транспортные, горнодобывающие предприятия и компании, действующие на территории криолитозоны РФ, международные центры и мониторинговые программы в рамках участия в них Российской Федерации, в т.ч. исследовательские программы и программы мониторинга ВМО (ВПИК).

**2. ВОДА:** НГМС – МПР (Росводресурсы, Росгидромет), генерирующие компании (например, РусГидро, Сибэнерго) для информационной поддержки принятия решений по адаптации водохозяйственного и энергетического комплексов РФ к изменению климата. Научные и образовательные учреждения для исследовательских и образовательных целей.

АСГМ – Росводресурсы и подведомственные организации (РосНИИВХ, Центррегионводхоз).

Росгидромет и подведомственные учреждения, осуществляющие гидрологический мониторинг в пределах ЦФО, ЮФО. Региональные органы власти (Краснодарский Край, республика Адыгея, Воронежская область). Ряд ФГБУ в регионах.

Исследовательские программы и программы мониторинга ВМО (ВПИК).

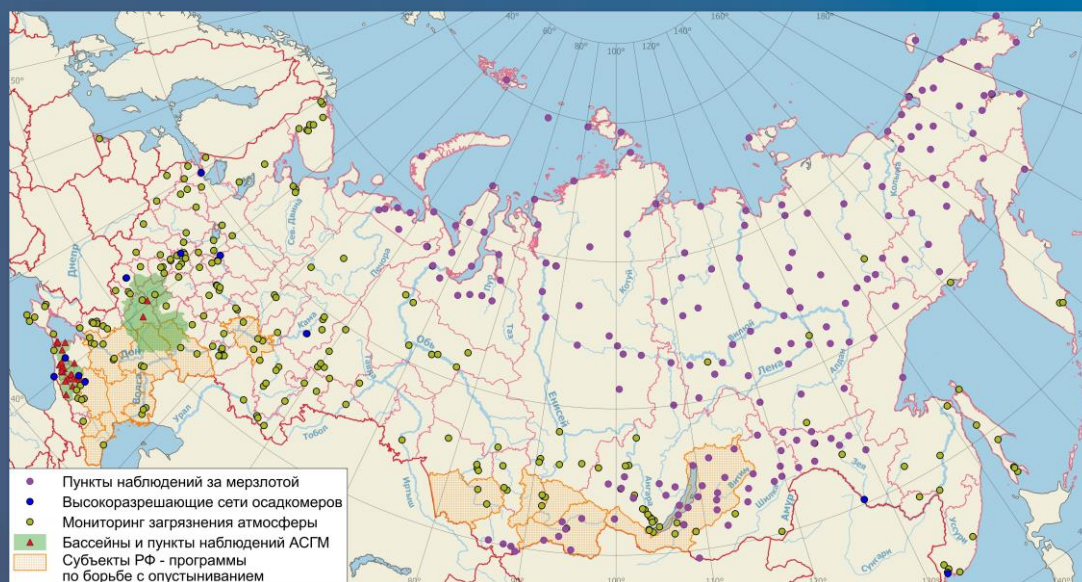
**3. ОПУСТЫНИВАНИЕ:** программы действий по борьбе с опустыниванием в 14 субъектах РФ в рамках региональных планов адаптации; Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием.

**4. ГОРОДА:** органы исполнительной власти муниципальных образований (городские системы раннего предупреждения, планы адаптации городов); организации, отвечающие за содержание и развитие инфраструктуры, обеспечение безопасности и охрану здоровья населения городов; исследовательские программы и программы мониторинга ВМО, ВОЗ.

**5. ПРОГНОЗ:** учреждения ООПТ; российские промышленные, строительные, транспортные, горнодобывающие предприятия и компании; организации здравоохранения; научно-исследовательские программы – отечественные и ВМО (ВПИК), а также другие международные программы исследований Арктики, Северной Евразии, Центральной Азии.



## МОНИТОРИНГ



## МОДЕЛИРОВАНИЕ

