



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Развитие цифровой платформы экологического контроля окружающей среды на основе применения современных технологий (IoT, онтология знаний, цифровой двойник)

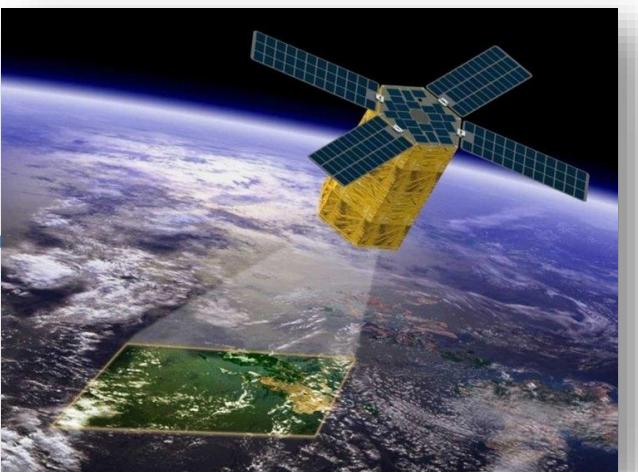
Докладчик :
Евстигнеев Владислав Павлович,
канд.физ.-мат.наук, ведущий научный сотрудник,
Лаборатория «Региональные климатические системы»
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»



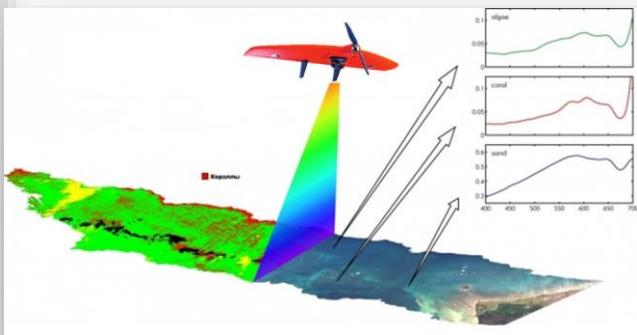
приоритет 2030[▲]
Лидерами становятся



Искусственный интеллект



Дистанционное зондирование Земли и применение БПЛА



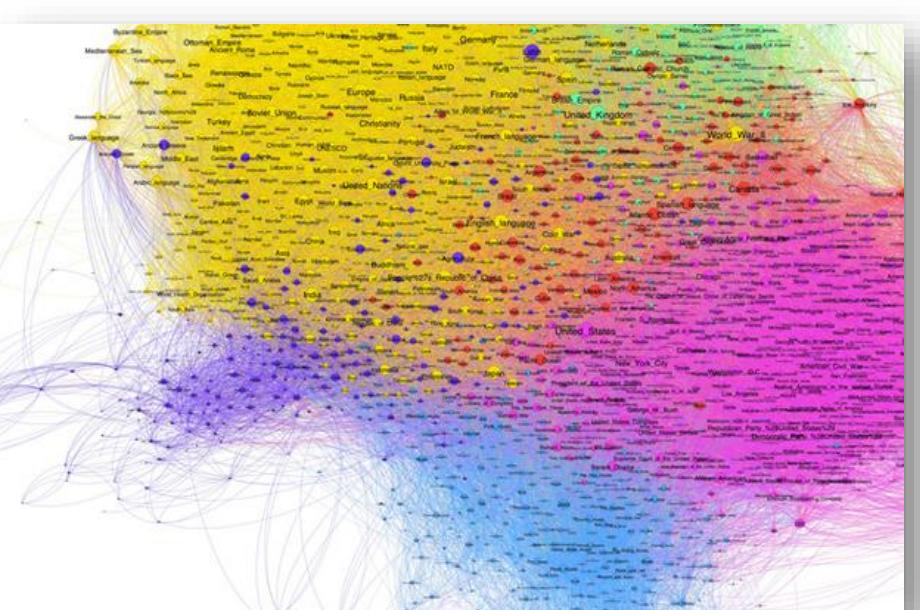
Цифровая трансформация



Интернет вещей (IoT)



Цифровой двойник



Большие данные (Big Data)

Определение (ГОСТ Р 57700.37–2021)

Система, состоящая из цифровой модели объекта и двусторонних информационных связей с объектом (при наличии объектом) и (или) его составными частями.

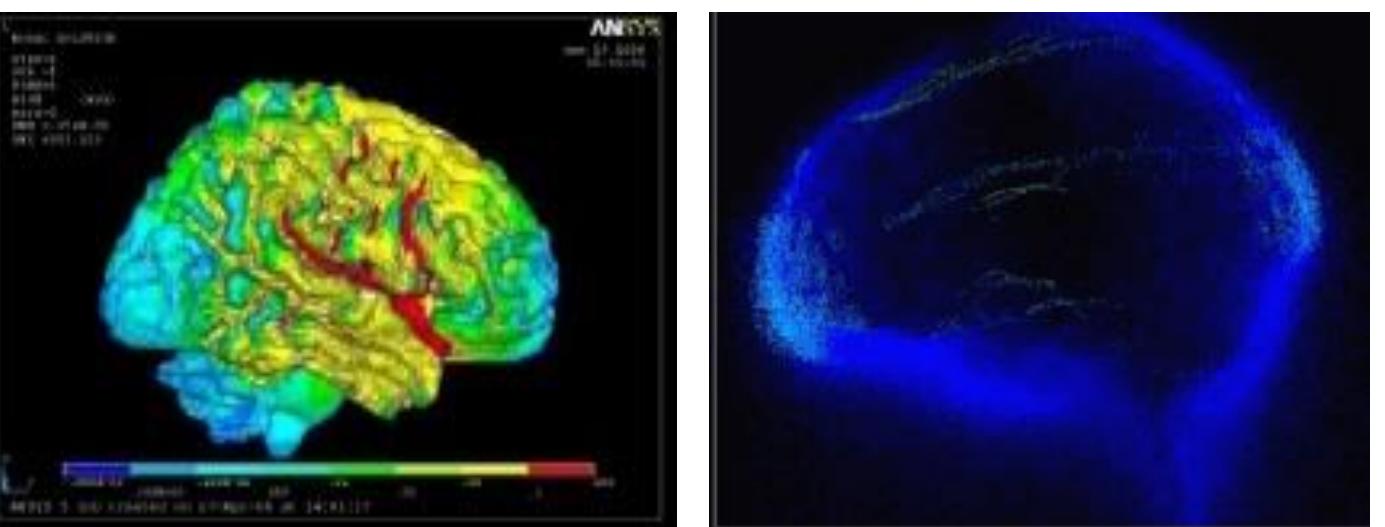
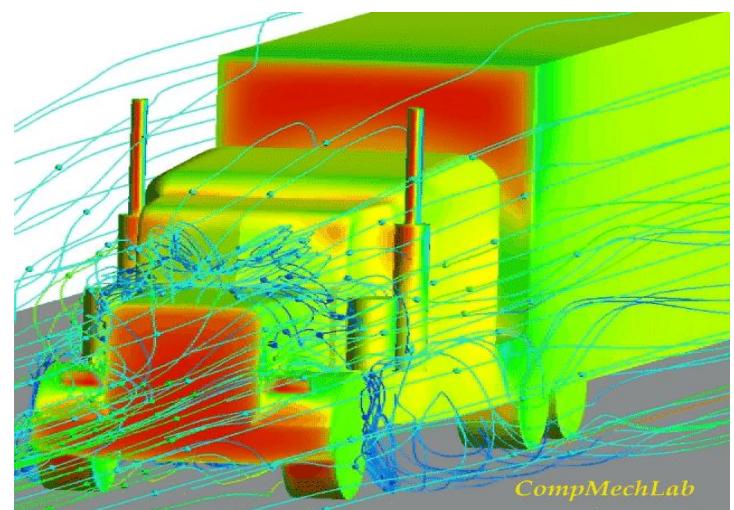
Чуть проще....

Цифровой двойник (ЦД) — это виртуальная копия физического объекта или системы, которая использует данные в реальном времени для мониторинга и симуляции поведения в разных условиях.

Зачем это всЁ?!

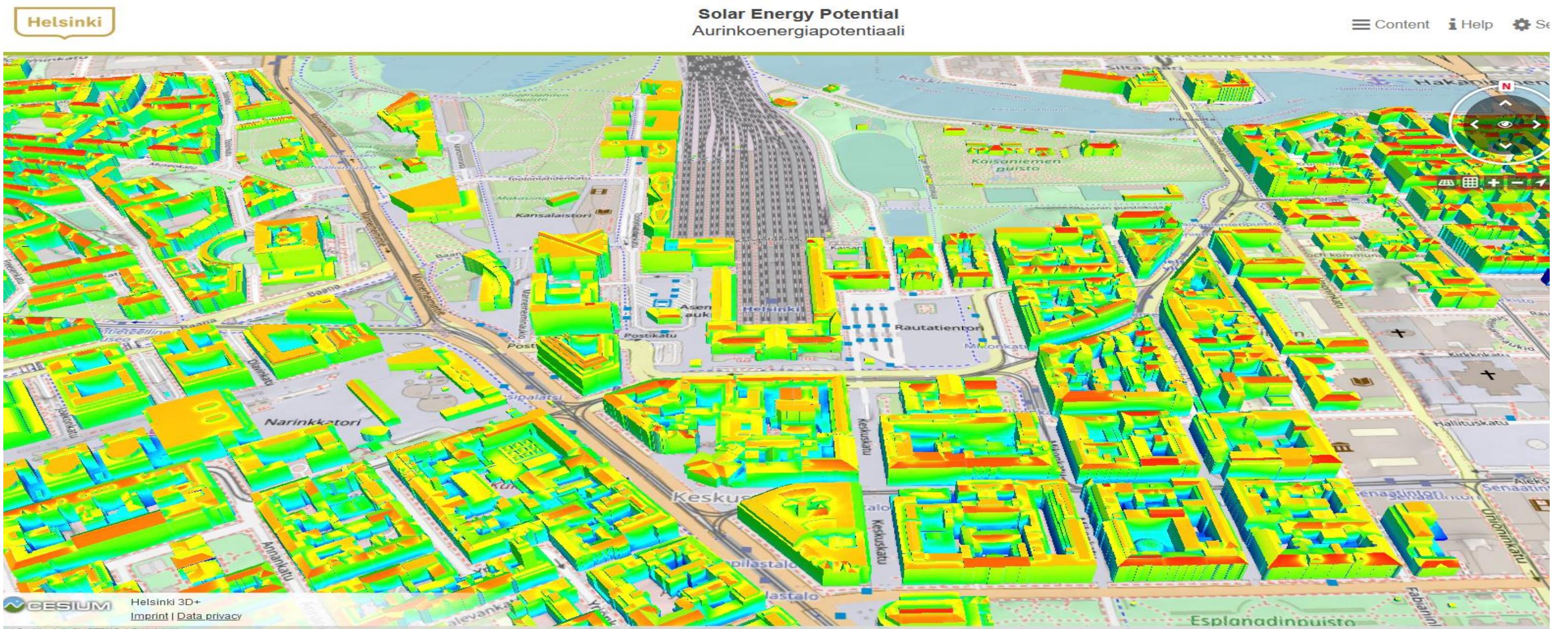
ЦД позволяют пользователям отвечать на вопросы "Что если?", основываясь на общих данных, моделях и знаниях. Это дает возможность профессионалам, ученым, политикам и широкой общественности получить новые знания об объекте в разных условиях эксплуатации. Выявляя и устраняя проблемы до их возникновения, ЦД могут улучшить общую производительность и оптимизировать процессы.

Использование ЦД имеет потенциал настоящей технической революции!



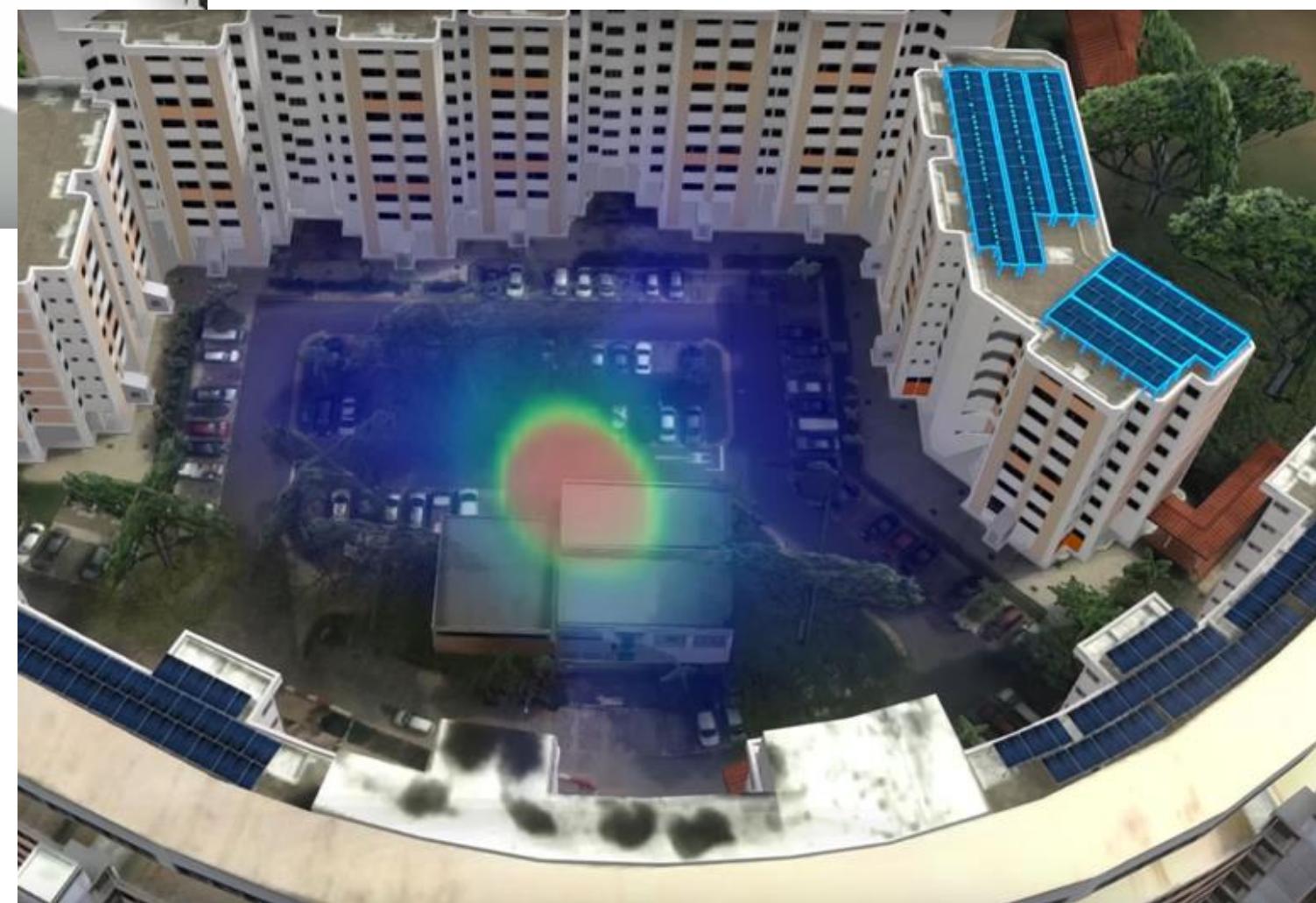
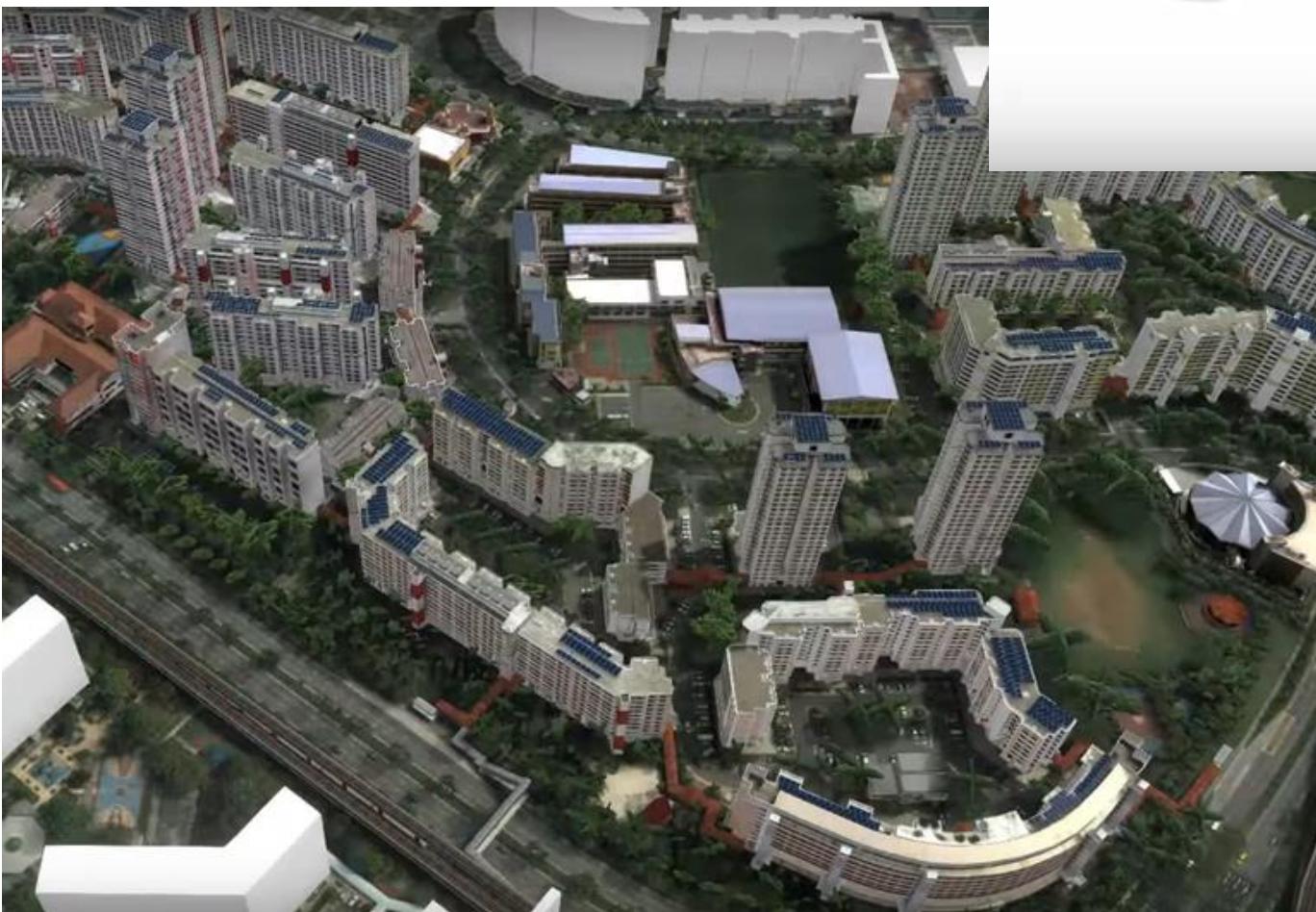
Настоящим вызовом является создание ЦД объектов окружающей среды







\$73 million



Shaping Europe's digital future

Home Policies Activities News Library Funding Calendar Consultations

Home > Policies > Destination Earth

Destination Earth

Destination Earth (DestinE) and its development of digital earth aims at predicting the effects and building resilience to climate-change.

PAGE
CONTENTS

€7.6 billion

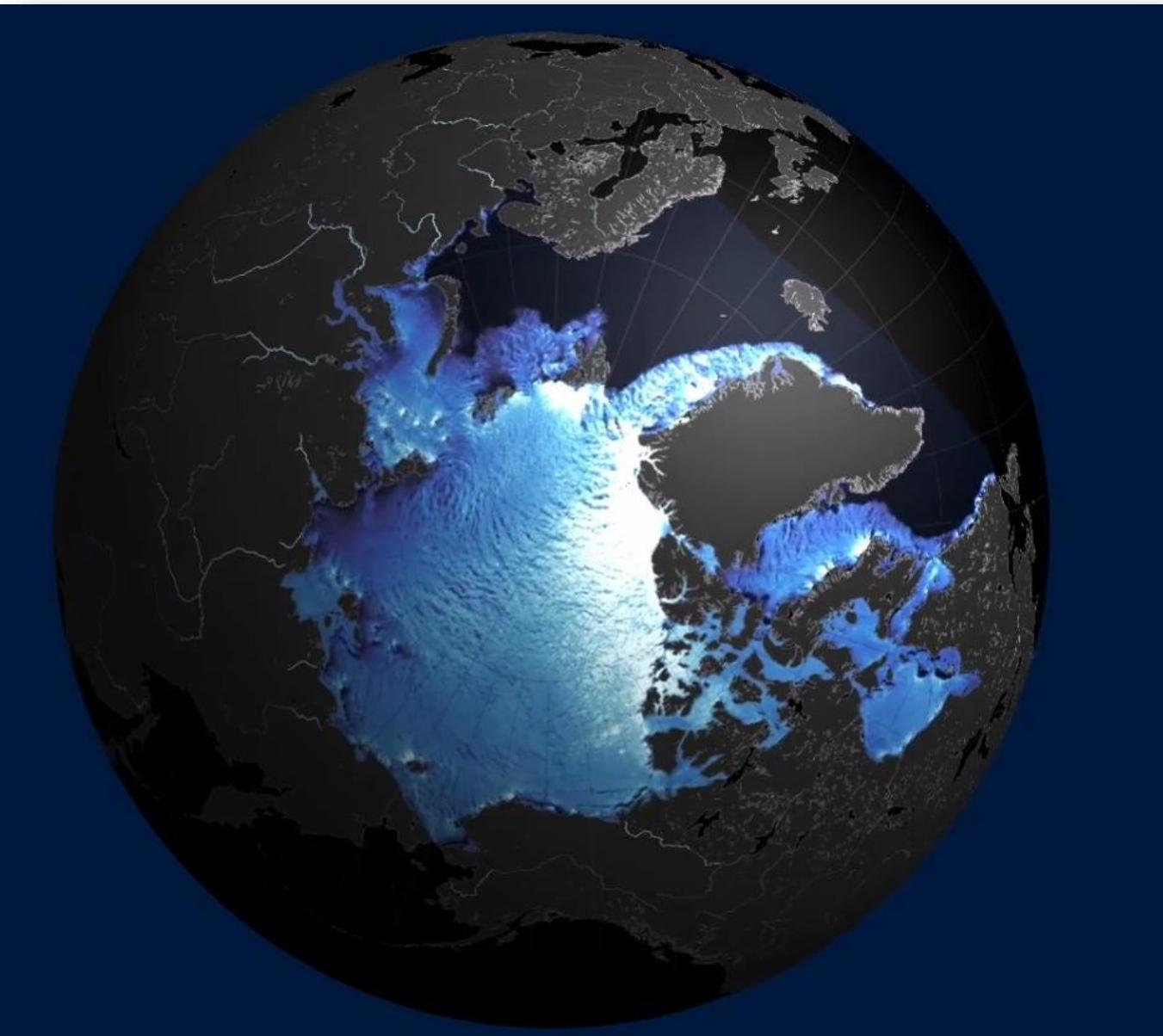
Destination Earth (DestinE) aims to develop – on a global scale – an accurate digital model of the Earth to monitor and predict the effects of climate-change.



<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth#ecl-inpage-l1d9gwlw>

Примеры. Цифровой двойник океанов (<https://ocean-twin.eu/>)

Цифровой двойник океана дает правительствам, исследователям, бизнесу, активистам и общественности возможность принимать обоснованные (управленческие) решения, основанные строго на научных фактах и данных, способствовать восстановлению морских и прибрежных экосистем, поддерживать устойчивое развитие экономики и смягчения последствий изменений климата.



Структура Цифрового двойника океанов

Observing system

Digital twins are data hungry and require an observing system around their physical twin to keep up-to-date. Such observing systems must be co-designed by both the users and developers of the digital twins, to ensure relevance and accuracy.

As the link between the digital twin and the observing system evolves, they can begin to guide each other's development and optimisation.

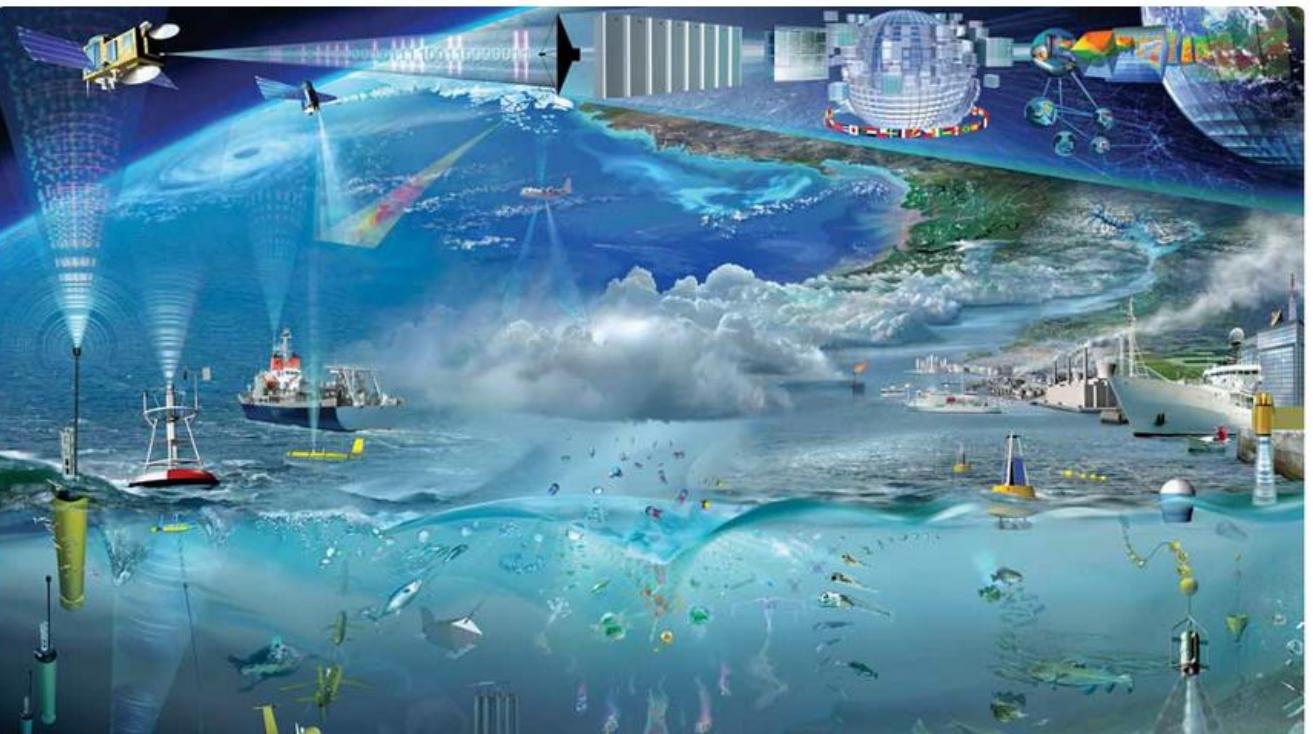


Figure by Glynn Gorick

A Data space

Complementing the data streams from observing systems, digital twins will draw from a dynamic, distributed, and diverse pool of data, software, models and other digital assets (including other twins). Thus, a robust and open digital exchange system must be in place to support efficient data and information transfer.

The more standardised and interoperable each class of assets are, the greater their discoverability and potential for re-use by multiple digital twins.



Image: Shutterstock, ID: 1488578957

Data analytics and prediction engine

A data analytics and prediction engine maximises the understanding and value from these observational data through predictive modelling, emulation, artificial intelligence (AI), and machine learning (ML).

Digital twins incorporate the additional capacity for the user to modify the prediction engine to explore options, "what if" scenarios, and consequences.



Image: Shutterstock, ID: 1987973402

An interactive provisioning layer

An interactive and provisioning layer allows users to visualise, interact with and tailor the data, scenarios and models to meet their needs. They are a powerful interface to the information and tools in the data engine that are easy to adapt and use, and represent one of the characteristic features of digital twinning. These provisioning layers are tailored towards human users and are often visually pleasing front-end interfaces with easy, intuitive access.

Machine-to-machine provisioning is also common, in which case the provisioning layer is tailored to enable federation with other twins or systems.

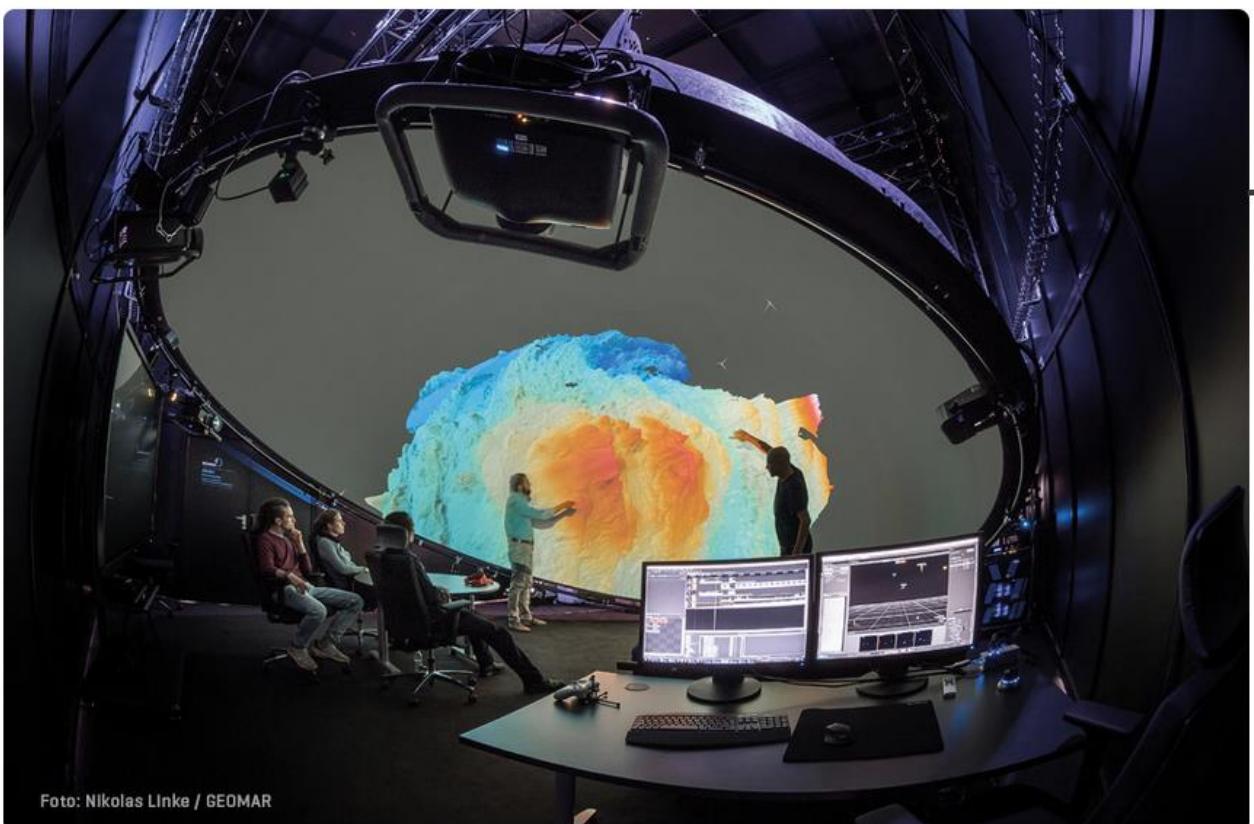
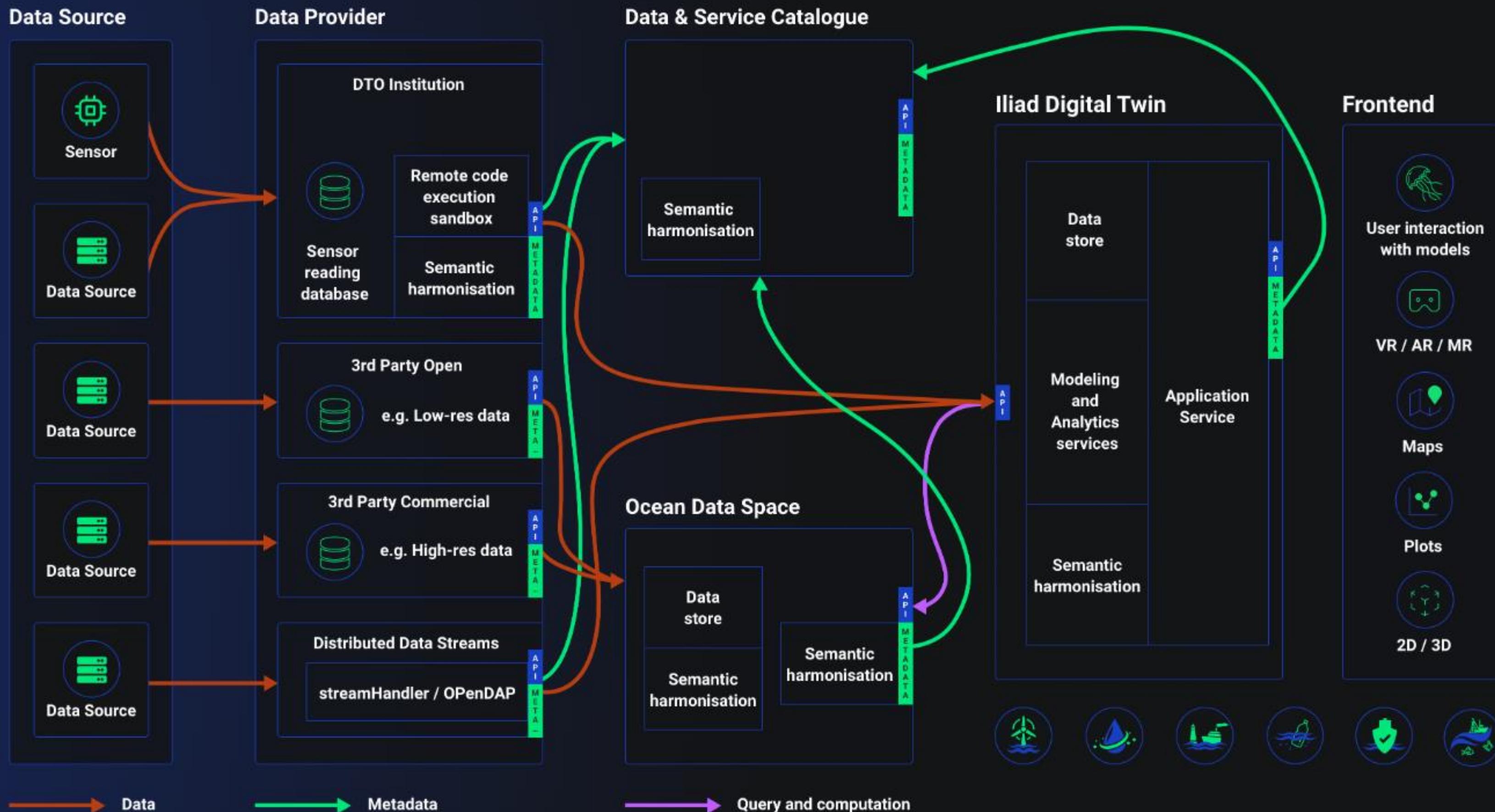


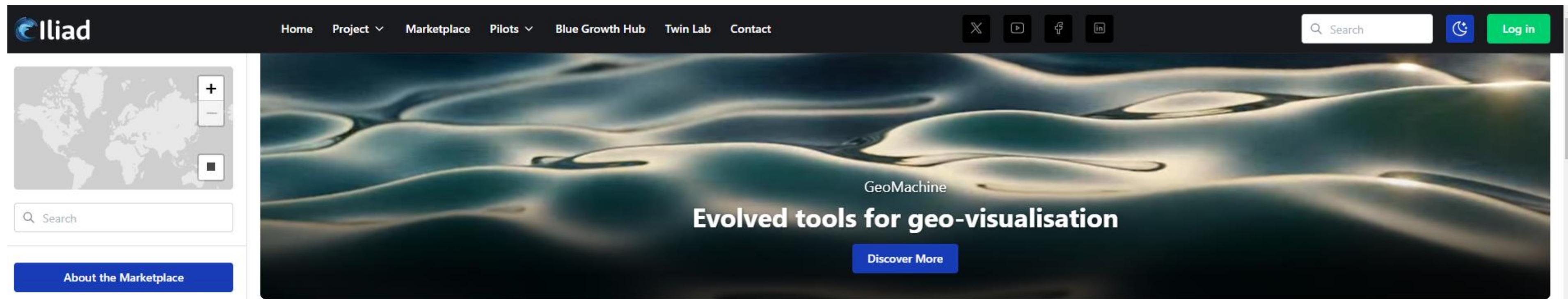
Foto: Nikolas Linke / GEOMAR

Credits: Nikolas Linke - GEOMAR

Designing Digital Twins of the Ocean

Designing an architecture to deliver digital twins of the ocean requires a multi-disciplinary approach that integrates data science, engineering, and computer science.





The screenshot shows the homepage of the Iliad Marketplace. The top navigation bar includes links for Home, Project, Marketplace, Pilots, Blue Growth Hub, Twin Lab, and Contact, along with social media icons for X, YouTube, Facebook, and LinkedIn. A search bar and a 'Log in' button are also present. The main banner features a background image of ocean waves and the text 'GeoMachine' and 'Evolved tools for geo-visualisation' with a 'Discover More' button. The left sidebar contains filters for Theme (Blue Economy, Citizen Science, Environment, Fisheries, Maps, Meteorology, Oceanography, Physics, Renewables, Research), Region, and Type. The main content area displays sections for Themes, Maps, Environment, and Research, each with a representative image and a brief description.

Themes
Explore the full range of products offered by the Iliad digital twins of the ocean marketplace.

Maps
Explore advanced GIS, navigation and seabed mapping tools for oceanic exploration.

Environment
Access eco-monitoring applications for assessing and preserving marine biodiversity and health.

Research
Discover cutting-edge oceanographic research tools for data analysis and experimental simulations.



Marketplace / Jellyfish Forecast

 Overview  Terms  Pricing

AMBER lab at UoH has been studying jellyfish swarming patterns since 2008. In 2011, we launched the Meduzot project - a website and app dedicated to collecting Citizen Science jellyfish observations along the Israeli Mediterranean coast. Our novel forecasting service, developed with Hidromod as part of the EU Iliad project, features a jellyfish dashboard with three main components: 1. a real-time map of expert-validated observations (publicly available), 2. A novel forecasting tool, based on the mapped geolocation of jellyfish from the Meduzot web app for initiating swarm trajectory. A Copernicus (Cmems) ocean current model enables us to produce a three-day forecast of swarm arrival to track swarm trajectory to a given beach, or power and desalination plant intake locations. 3. A historical swarming trend analysis, exploring impacts of metocean parameters such as sea temperatures and Chlorophyll a concentrations on jellyfish swarms and past intake clogging events. We present this data as a Jellyfish Swarm Index (JSI), an established standard allowing a long-term analysis of jellyfish blooms.

We also built and collaborated with a vibrant network of 13 jellyfish observation initiatives across Southern European Seas including initiatives from Portugal, Spain, France, Tunisia, Malta, Italy, Croatia, Turkey, and Israel. Together we seek to improve data standardization and increase our scientific understanding of swarming patterns in time and space.

Additional Details

Type: Data Sets, Web Applications

Theme: Citizen Science, Environment, Oceanography, Research

Dataset sources: www.meduzot.co.il (Citizen Science), EMODnet/Cmems/Copernicus (Ocean currents, Chl.a, SST)

Language(s): Hebrew, English

Contact Information:

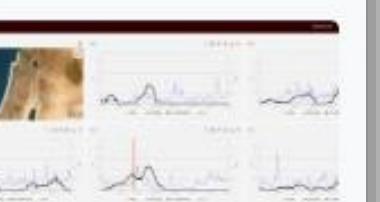
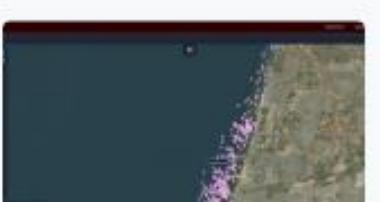
Dori Edelist

Dr.

University of Haifa

blackreefs@gmail.com

Screenshots





Море
АгроБиоТех

Объекты

Помощь



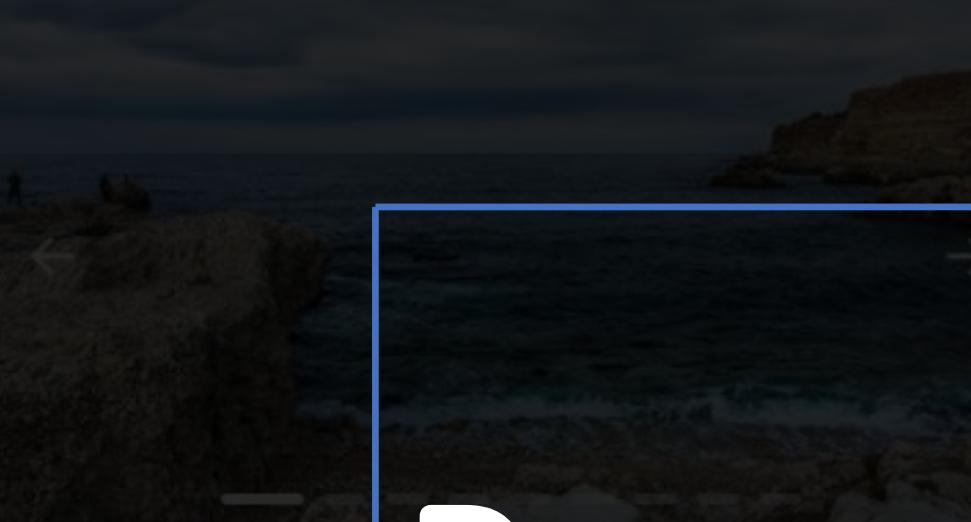
Пляжи

Линии

Объекты

29 минут назад

Голубая бухта



РАЗДЕВАЛКИ

ПАРКИНА

12.7°

15.5°

1.9 м/с

Подробнее о пляже

29 минут назад

Яшмовый



Среда, 03

Четверг, 04

7.9

Развитие направления в СевГУ

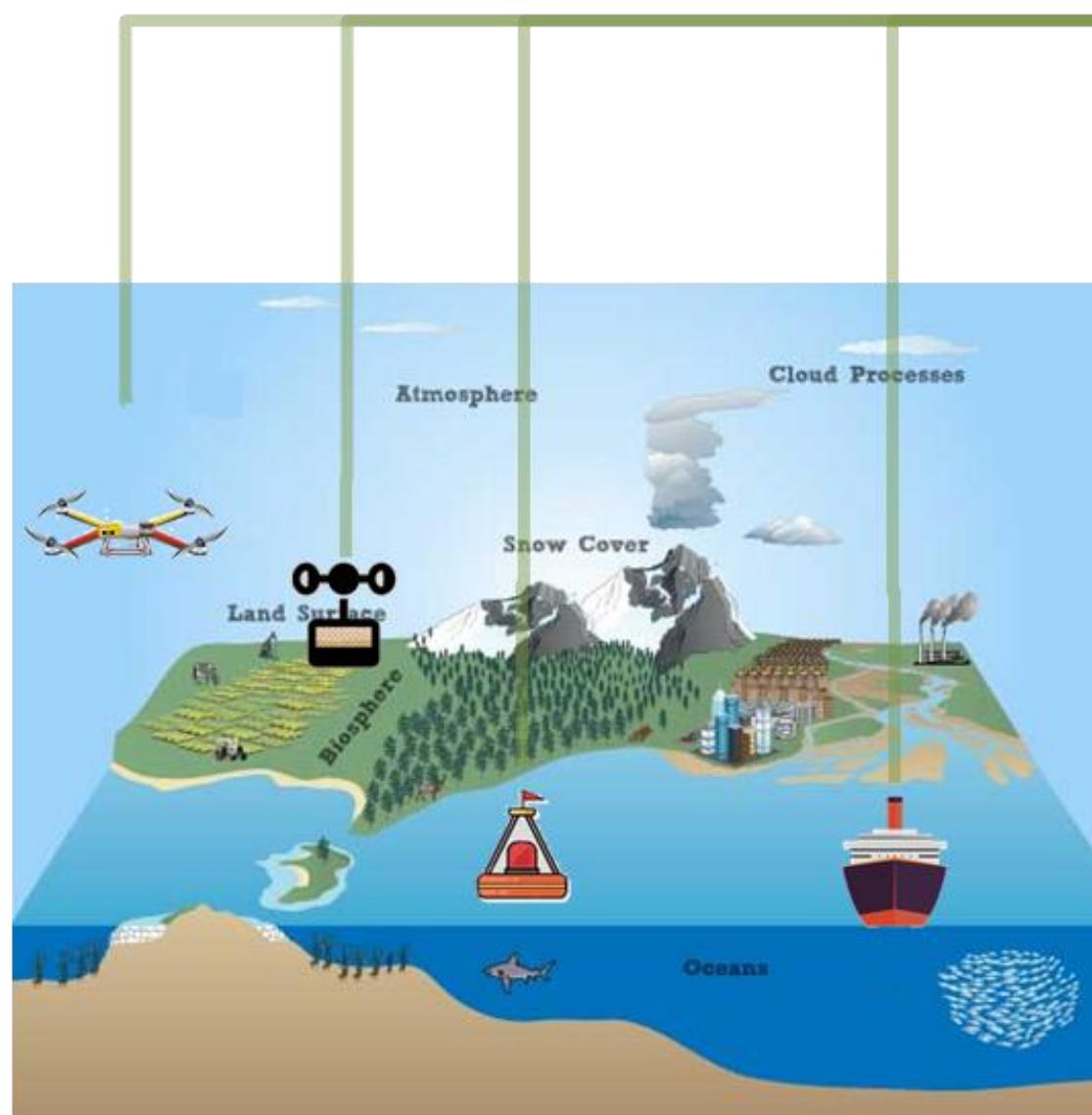
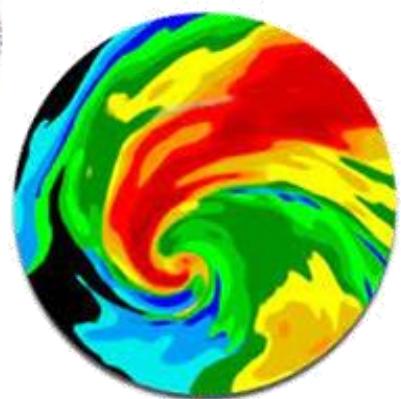
Проблема: Полнота данных мониторинга для приморской территории



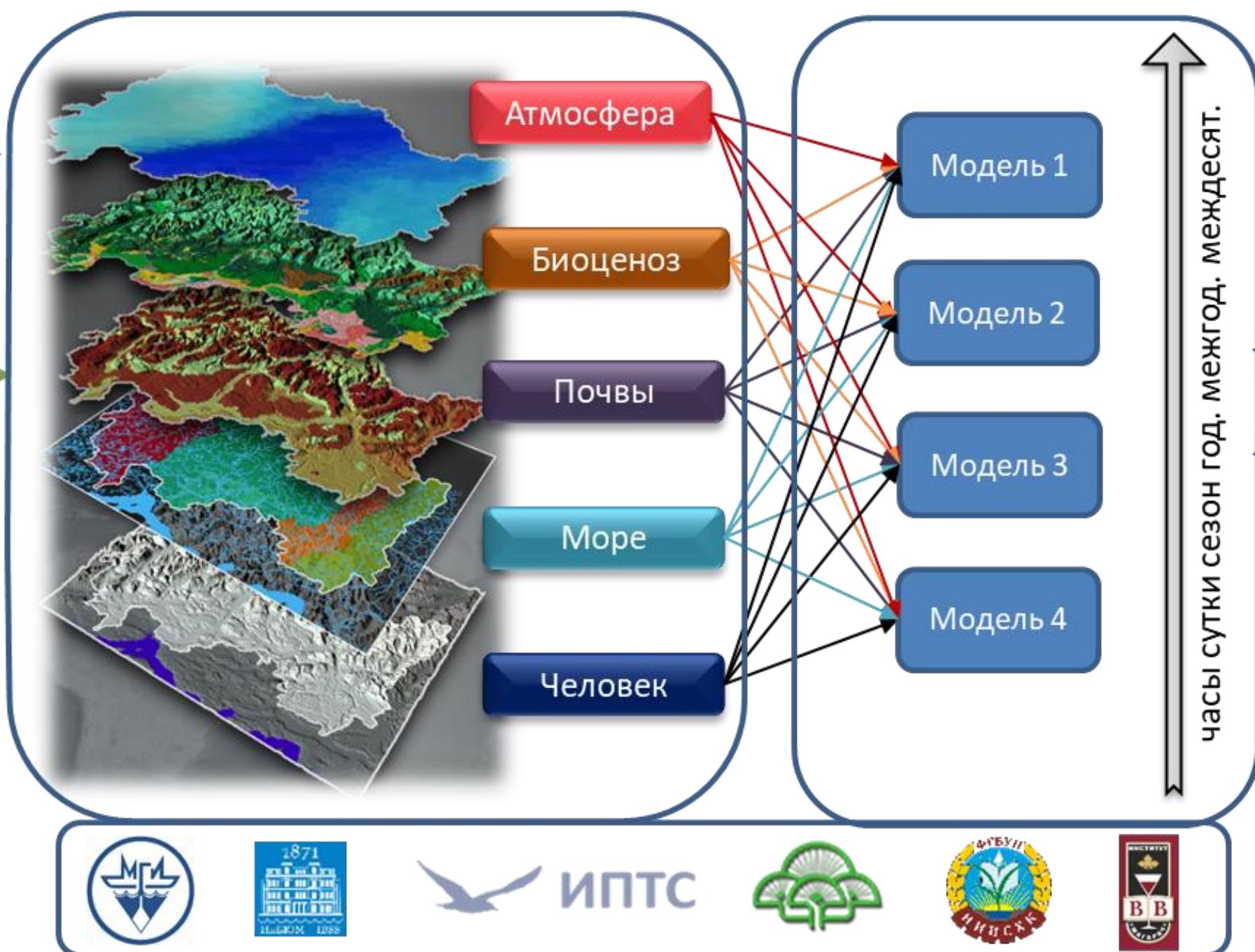
Фоновый квазирегулярный экомониторинг морских прибрежных акваторий?

ECMWF

еesa



Цифровая тень



Проактивное управление и трансформация

Системы поддержки принятия решений

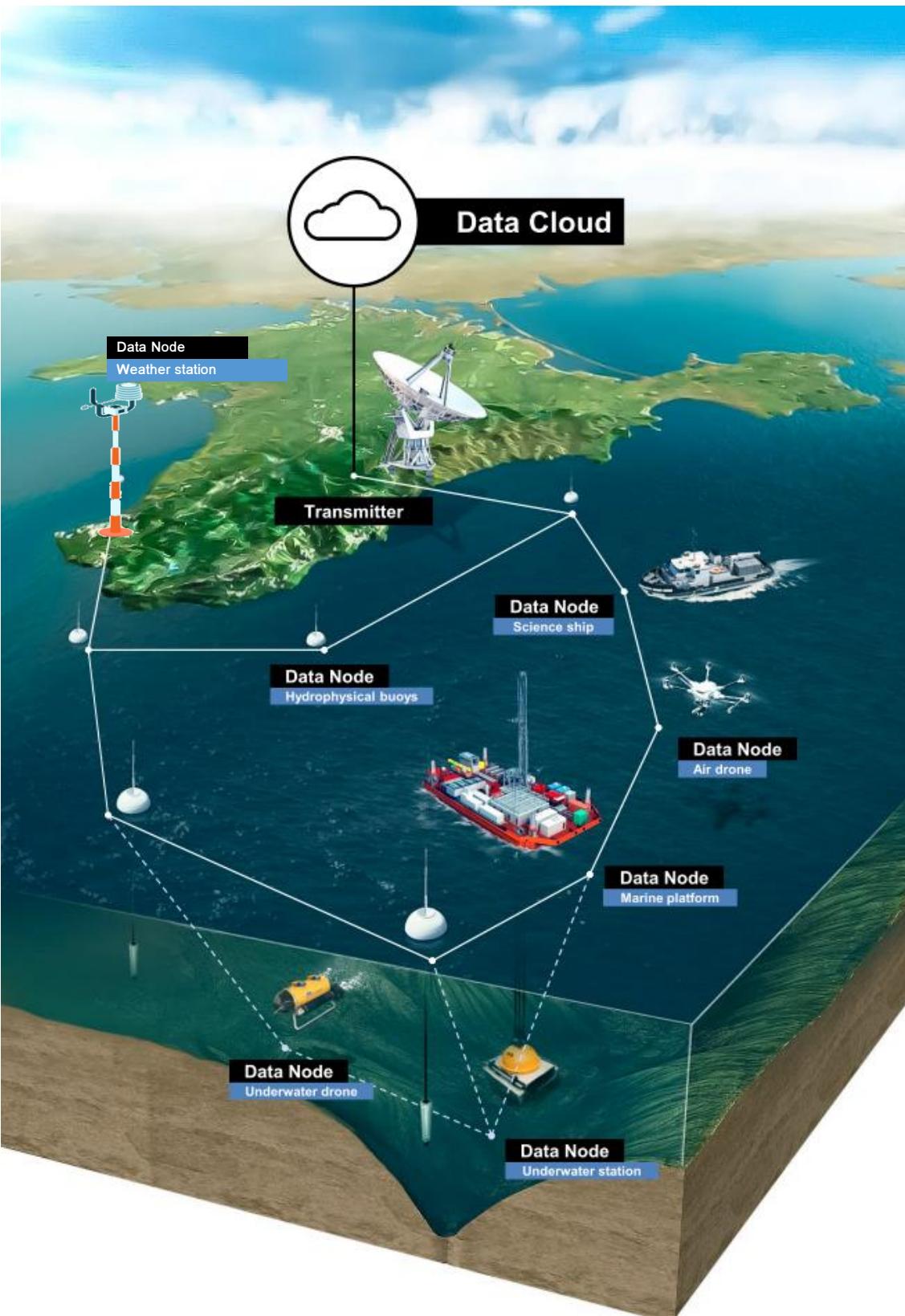
- Система оценки состояния и развития неблагоприятных явлений естественного и техногенного происхождения
- Система стратегического планирования развития отдельных секторов экономики ПМТ с учетом сценариев трансформации окружающей среды
 - Информационный портал с цифровой погодной картой
 - Региональный стандарт устойчивого развития приморской территории
 - Проект цифрового паспорта безопасности объектов культурного и исторического наследия

Эффекты:

- Замещение доли импорта инструментальных и информационных средств и технологий в области экологического мониторинга и контроля окружающей среды
- Реализация стратегического направления цифровой трансформации отрасли экологии и природопользования (расп. Прав-ва РФ от 08.12.2021 г. № 3496-р).

Цифровая платформа комплексного мониторинга и контроля окружающей среды

образована совокупностью отечественных программно-аппаратных комплексов и информационных систем контроля состояния природной среды, интегрированных в региональную комплексную систему поддержки принятия решений при управлении погодно-климатическими, экологическими и техногенными рисками



Ключевые элементы Платформы:

- Сеть измерительных комплексов для мониторинга морских прибрежных акваторий и пресноводных водоемов для прикладных задач
 - базовый мониторинг прибрежных акваторий; контроль уровня и качества воды в водоемах и пр.
- Сеть автономных измерительных комплексов мониторинга состояния воздуха
 - базовый метеорологический мониторинг; мониторинга качества воздуха по 5-ти принятым параметрам: NO₂, SO₂, O₃, CO, H₂S, + взвеш. частицы PM_{2.5,10}
- Веб-приложение для агрегирования данных мониторинга и предиктивной аналитики на их основе
 - сбор и агрегирование оперативной информации с сети мониторинга с индикацией неблагоприятных и опасных явлений;
 - оценка текущих и прогнозируемых условий окружающей среды для отдельных интересуемых объектов, районов, предприятий на основе численного моделирования;

Область применения:

- Экологический морских прибрежных акваторий и пресноводных водоемов
- Прогнозирование опасных гидрометеорологических явлений
- Обеспечение комфортной и безопасной среды



Эффекты:

- развитие территории системы экологического мониторинга;
- оперативное реагирование экстренных служб и надзорных органов, связанных с природными рисками;
- цифровизация отрасли экологии и природопользования (расп. Прав-ва РФ от 08.12.2021 г. № 3496-р)

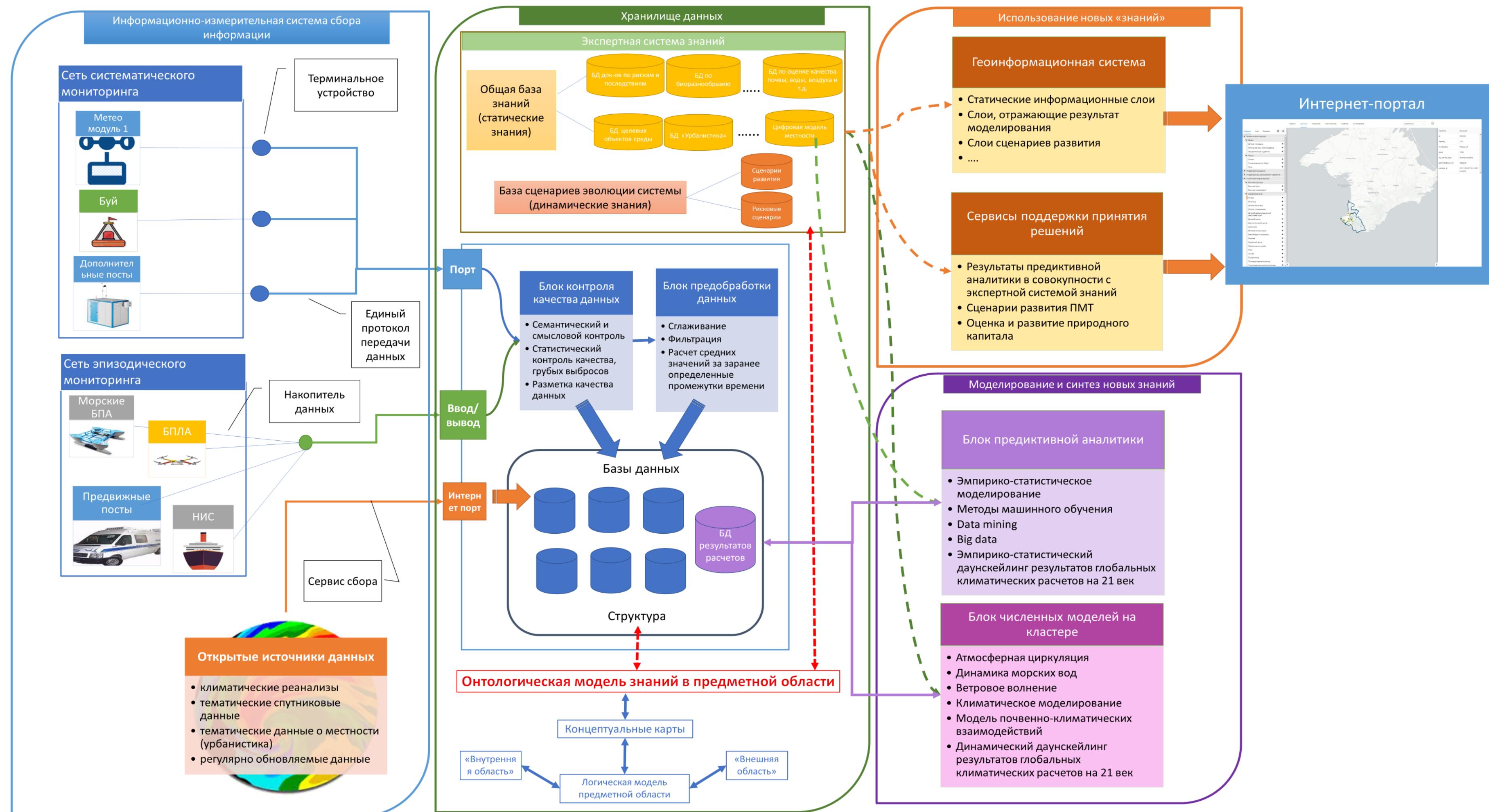
Преимущество:

- распространение технологического продукта в форме «коробочного» решения по организации территориальных и локальных систем комплексного мониторинга - от аппаратной части до серверного ПО
- новое качество данных - **полнота, комплексность, высокая дискретность и оперативность** поступления



Что сделано?

Структурная схема двойника



Линейка средств мониторинга

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ БУЙ (БИП-М1)

для оперативного экологического контроля
состояния морских прибрежных вод.

Измерение параметров водной среды:

- - температура;
- - электропроводимость;
- - pH;
- - окислительно-восстановительный потенциал;
- - концентрация растворенного кислорода;
- - мутность.

Передача данных: по сетям GSM на сервер сбора данных

 Эксплуатация в морской воде: предусмотрена

 Автономность работы: 12 мес.

 Дооснащение спутник.связью: есть

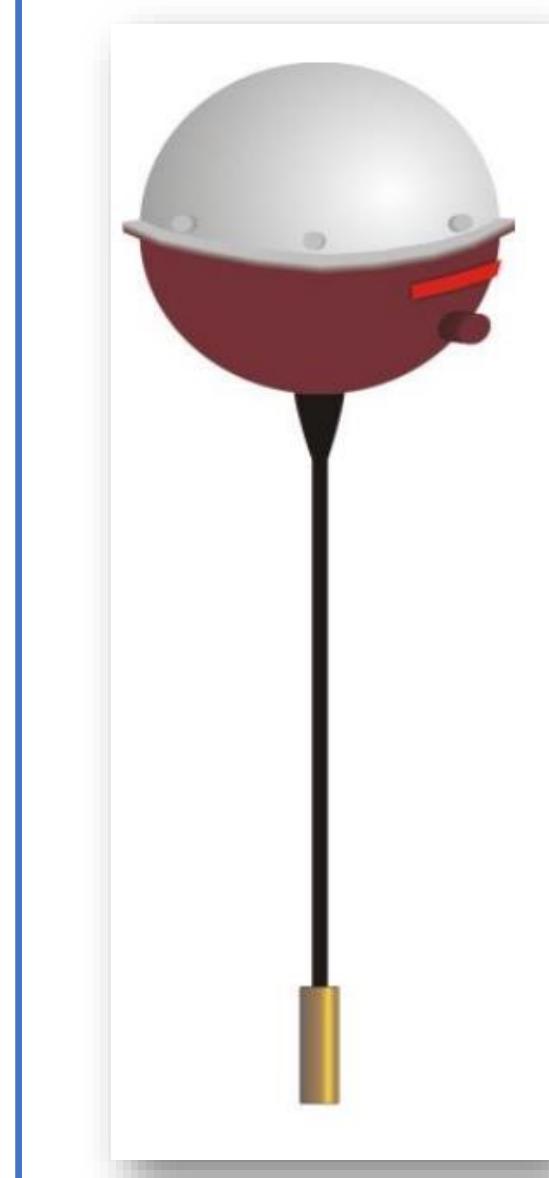
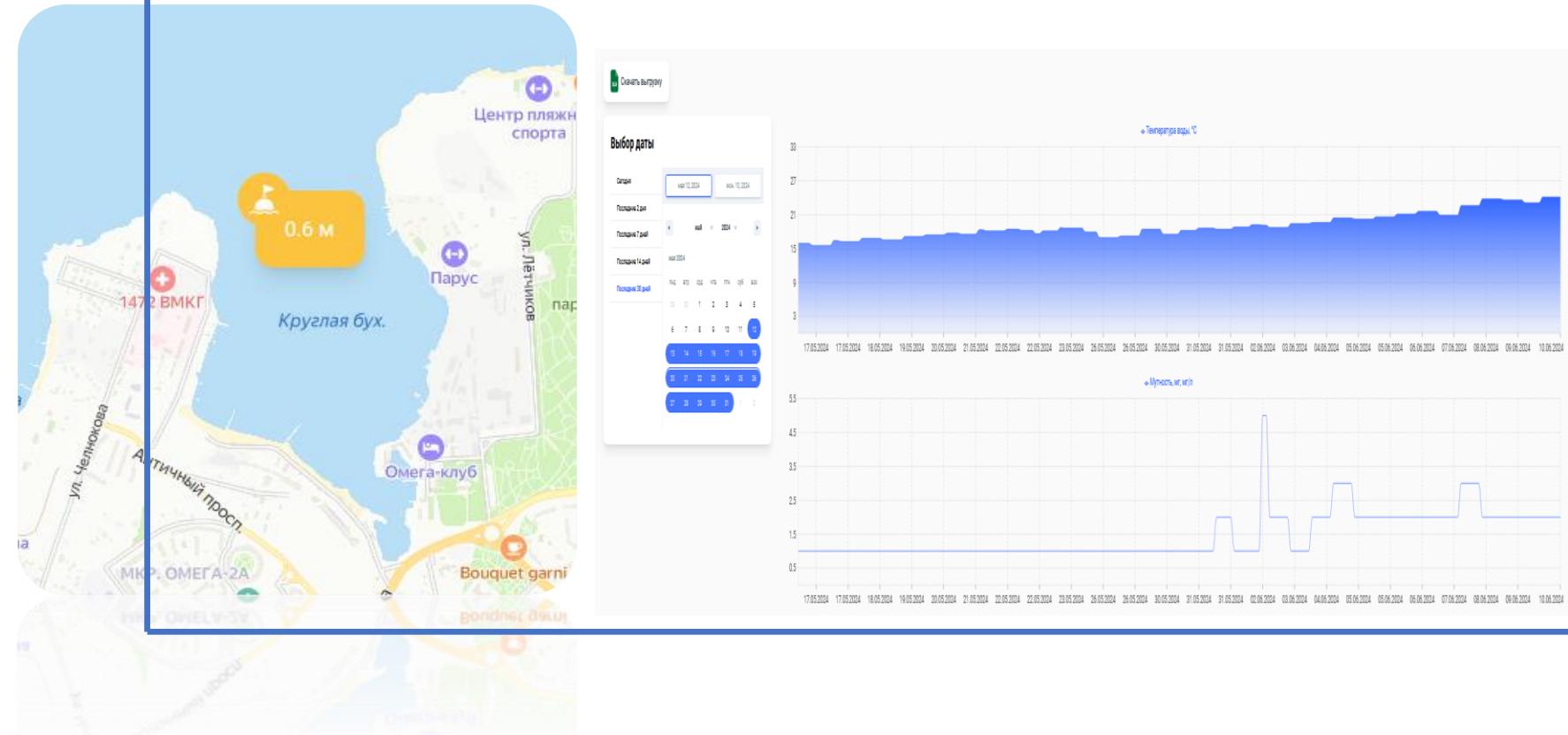
 Дооснащение доп.датчиками: есть

 Доля импортозамещ.технологий: 70%



Не имеет отечественных
аналогов для морской среды

СДЕЛАНО
В РОССИИ



Прибрежный измерительный буй (БИП-1)

для мониторинга морских вод в пляжных зонах.

Измерение параметров водной среды:

- - температура воды;
- - волнение
- - мутность.

Передача данных: Информация с буя в режиме реального времени поступает по сетям GSM на сервер сбора данных, также размещен приемник GPS/ГЛОНАСС

 Автономность работы: 6 мес.

 Дооснащение спутник.связью: есть

 Эксплуатация в морской воде: предусмотрена

 Доля импортозамещ.технологий: 80%

СДЕЛАНО
В РОССИИ



Не имеет отечественных аналогов для морской среды

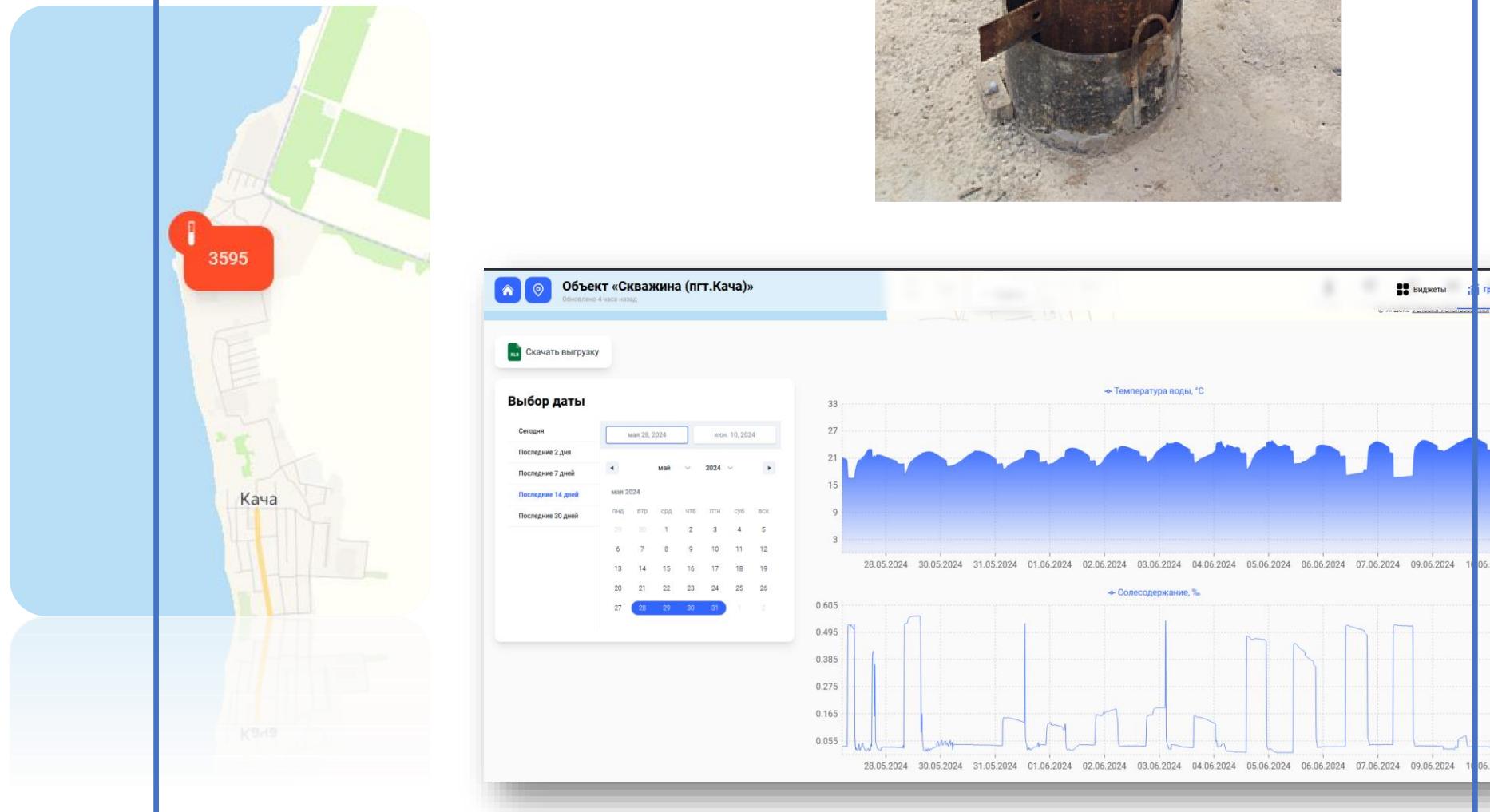
СКВАЖИННЫЙ СОЛЕМЕР

Для оперативного контроля степени солесодержания в природных водах, предназначенных для потребителей.

Измерение параметров водной среды:

- - температура воды;
- - солесодержание в воде.
- - мутность
- - жесткость

Передача данных: Информация с устройства передается в режиме реального времени поступает по сетям GSM на сервер сбора данных.

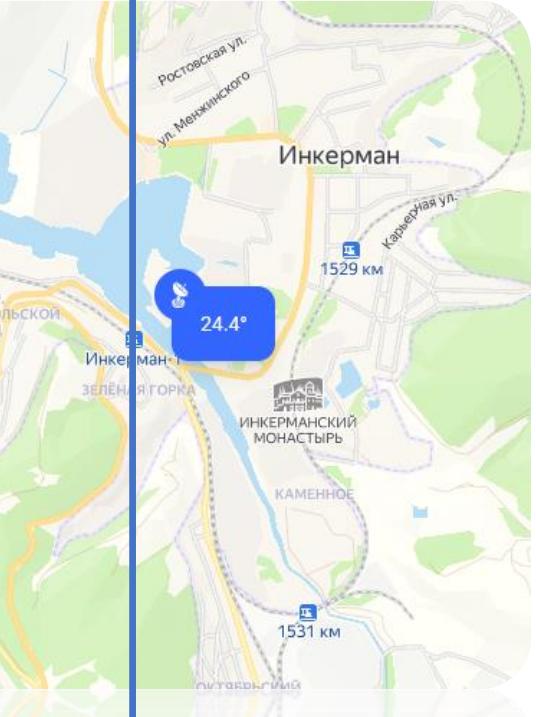


 Автономность работы: 6 мес.

 Доля импортозамещ.технологий: 80%
СДЕЛАНО
В РОССИИ



Не имеет отечественных
аналогов



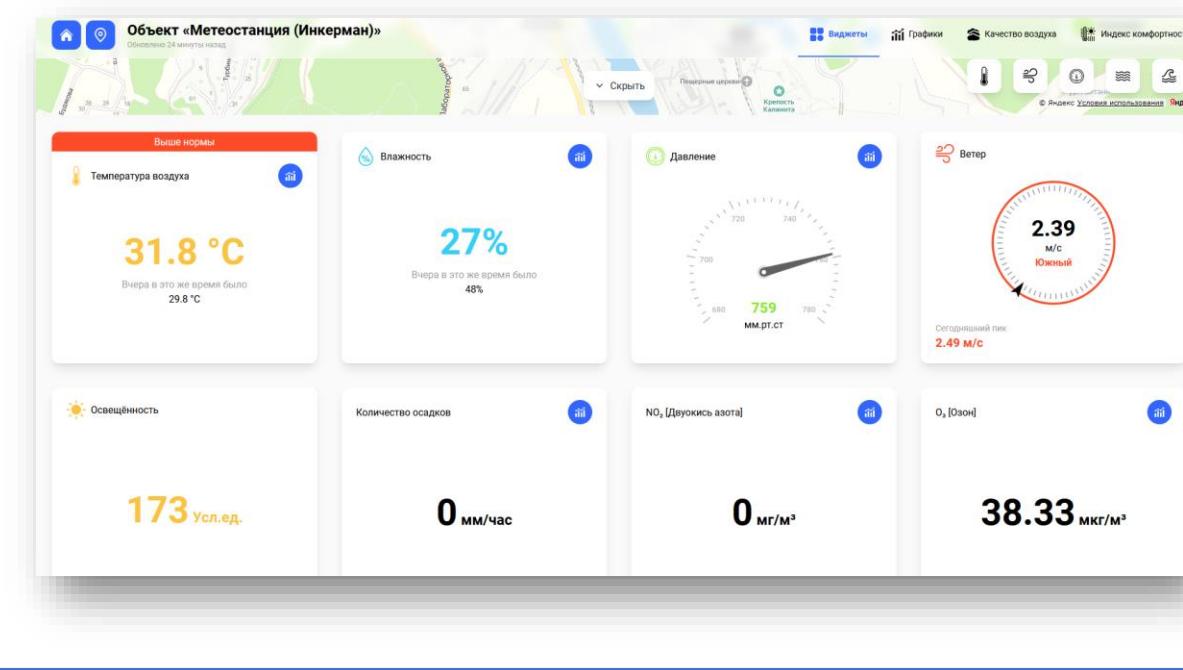
КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУХА «МЕТЕОДОЗОР»

устройство для автоматизированного мониторинга и контроля состояния атмосферного воздуха.

Измерение параметров атмосферы:

- содержание пыли РМ 1/2.5/10 мкм,
- углекислый газ (CO₂), формальдегид (CH₂O), озон (O₃), окиси углерода (CO), диоксида азота (NO₂);
- летучие органические соединения;
- температура и влажность воздуха, атмосферное давление, характеристики ветра, количество осадков.

Передача данных: Информация в режиме реального времени поступает по сетям GSM на сервер сбора данных.



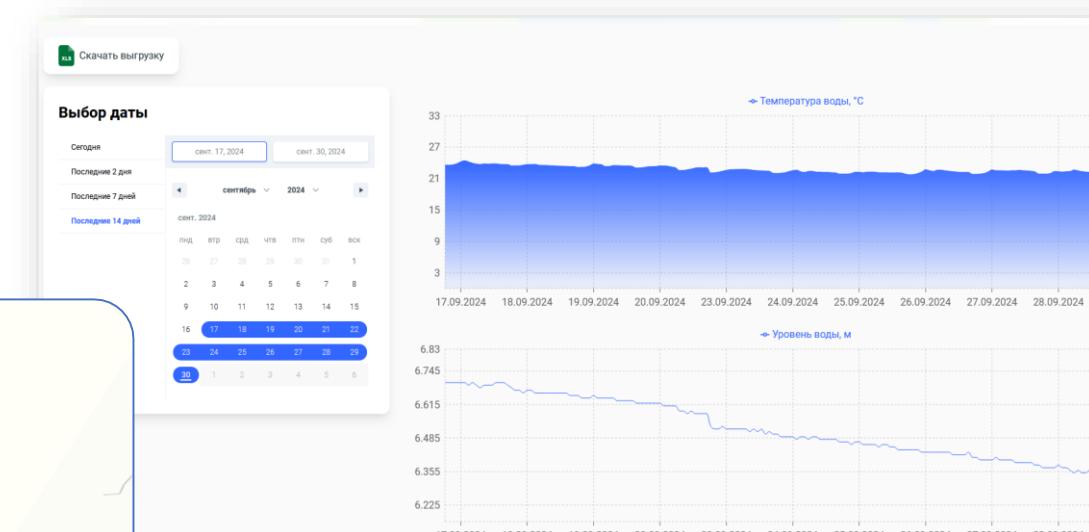
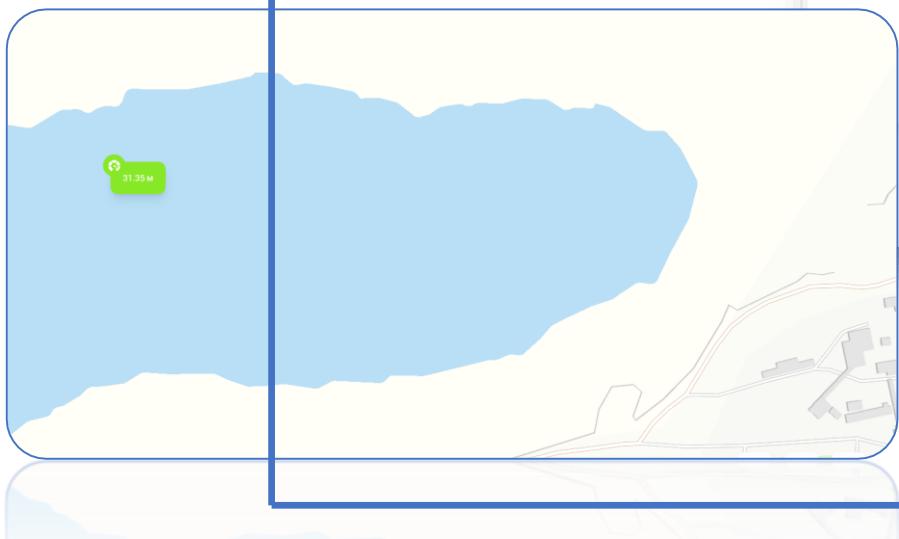
Автономность работы: 12 мес.

Дооснащение доп. датчиками: есть

Доля импортозамещ. технологий: 75%



имеет ряд конкурентных преимуществ перед аналогами



ИЗМЕРИТЕЛЬ УРОВНЯ ВОДЫ (УРОВНЕМЕР)

устройство для дистанционного мониторинга уровня воды в естественных и искусственных водоемах с передачей результатов измерений через спутниковую систему.

Измерение параметров водной среды:

- гидростатическое давление / уровень;
- атмосферное давление;
- температура воды.

Передача данных: Информация с буя в режиме реального времени поступает по спутниковой сети на сервер сбора данных.

Автономность работы: 6 мес.

Дооснащение доп. датчиками: есть

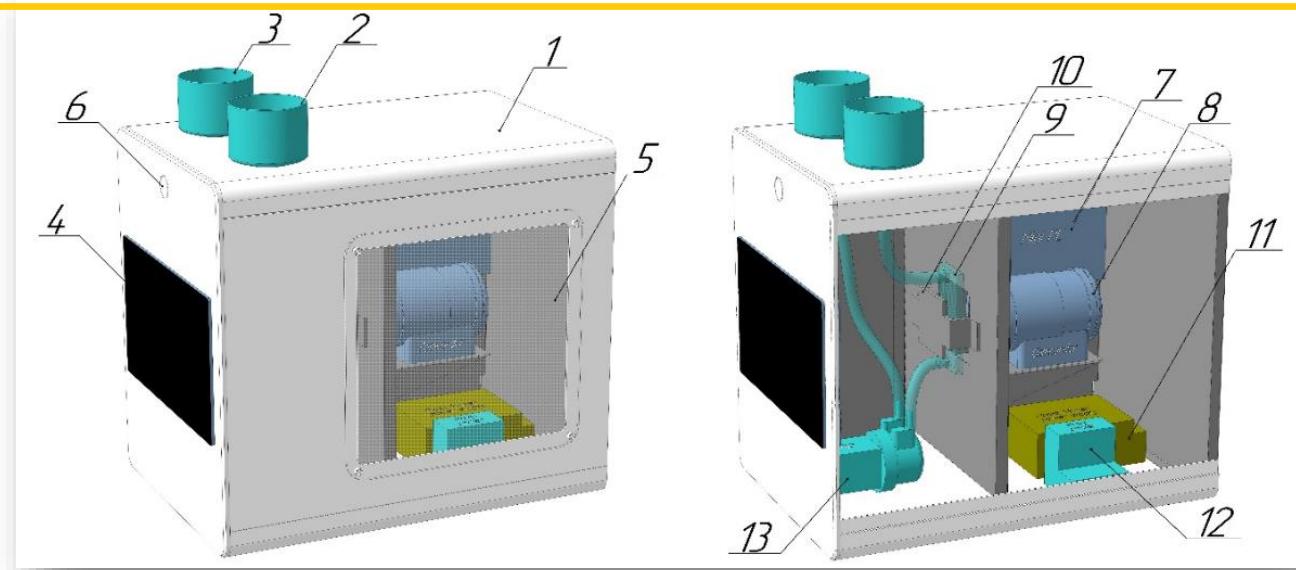
Эксплуатация в морской воде: предусмотрена

Доля импортозамещ. технологий: 70%

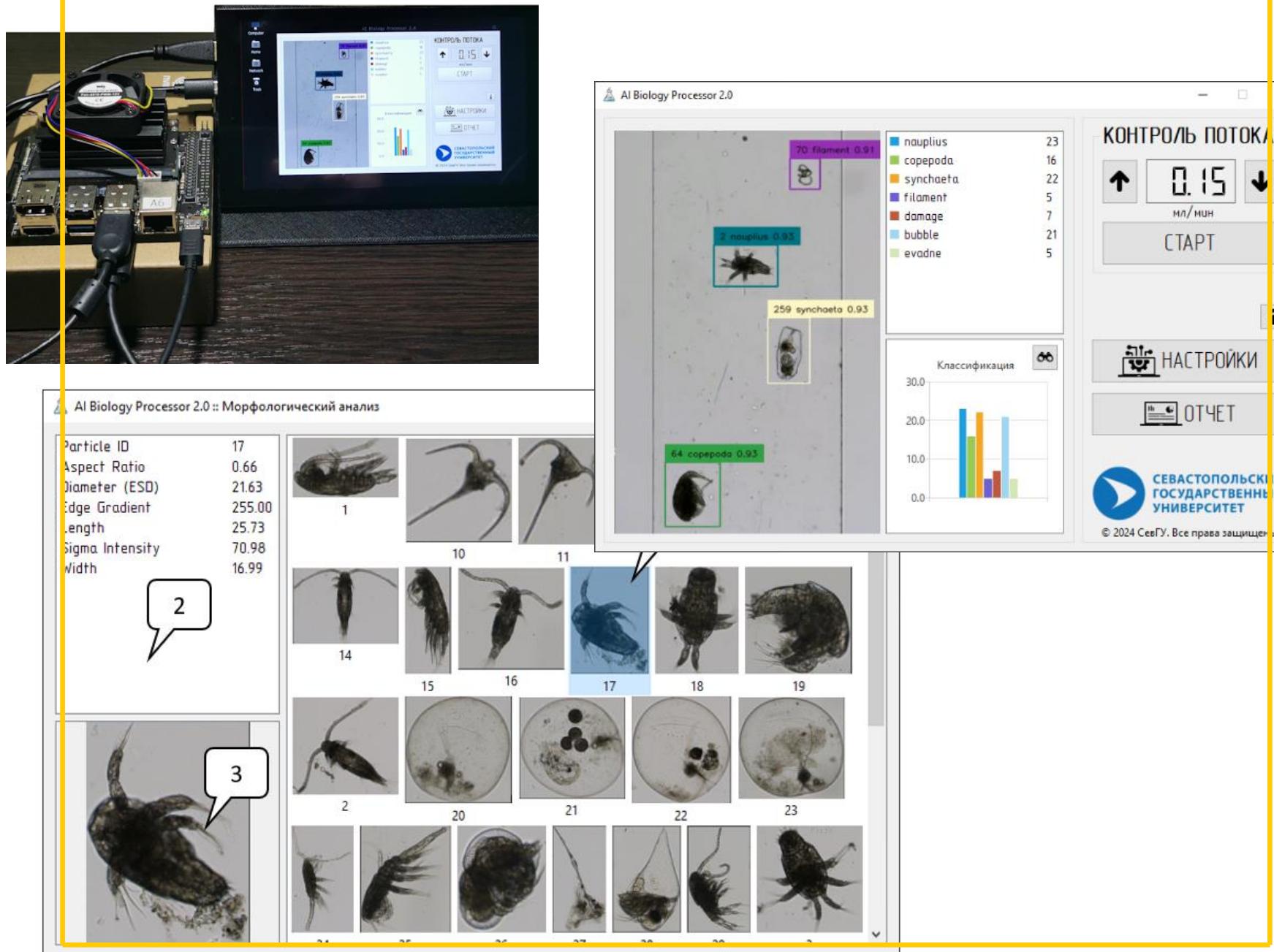


имеет ряд конкурентных
преимуществ перед
аналогами

СДЕЛАНО
В РОССИИ



Общий вид прибора «Планктометр»



Близкий аналог:

Зарубежный комплекс (США) FlowCAM

FlowCam®

₽30 млн. руб. / ед.

Комплекс проточной планктометрии «Планктометр»

устройство с системой визуализации и
нейросетевого детектирования частиц в потоке
жидкости.

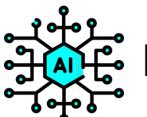
Измерение параметров частиц:

- Видеофиксация частиц фито- и зоопланктона;
- Частиц антропогенного происхождения в потоке жидкости - микропластик;
- Оценка морфометрических параметров выявляемых частиц;

Экспертиза: Комплекс вошел в шорт-лист заявок (топ-40 из 390 заявок) на участие в ФП «Развитие отечественного приборостроения гражданского назначения для научных исследований» 2023 г.

Генеральный партнер/дистрибутер: ООО «Новый стиль»

Потенциальный круг заказчиков: более 150 организаций, включая ФГБУ «Главрыбвод», ФГБНУ «ВНИРО»

 Внедрение AI технологии: есть

 Потенциал международного внедрения: есть

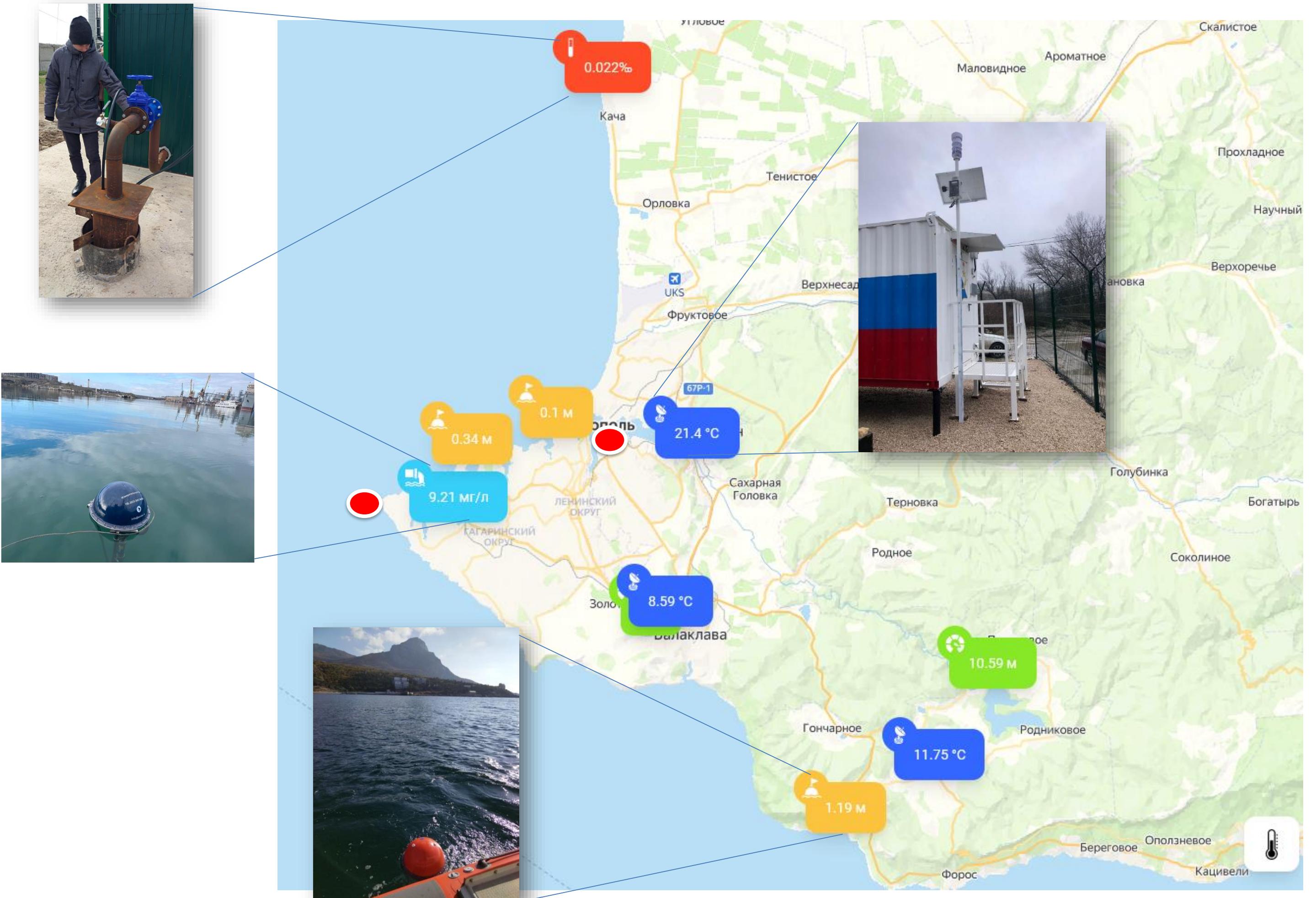
 Класс оборудования: лабораторное

 Доля импортозамещ. технологий: 65%



- имеет конкурентные преимущества перед зарубежным аналогом.
- имеет рыночную нишу на рынке исследовательского оборудования

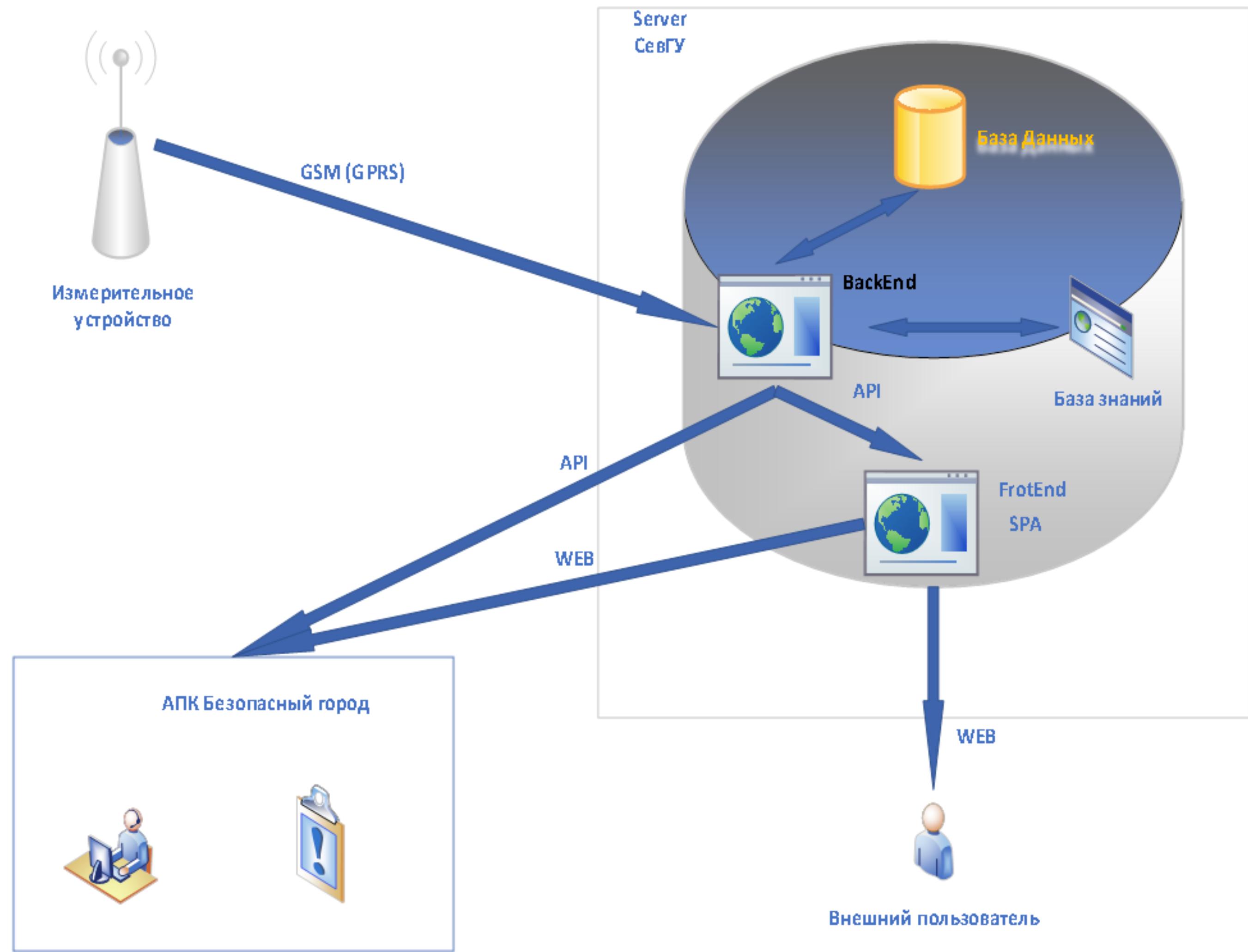
СДЕЛАНО
В РОССИИ



-  - Метеостанции
-  - Солемер на скважине
-  - Буи водохранилища
-  - Экобуй
-  - «Пляжный» буй
-  Станция Росгидромет

В 2024 году реализована первая в России интегрированная система регулярного мульти-инструментального мониторинга окружающей среды приморской территории.

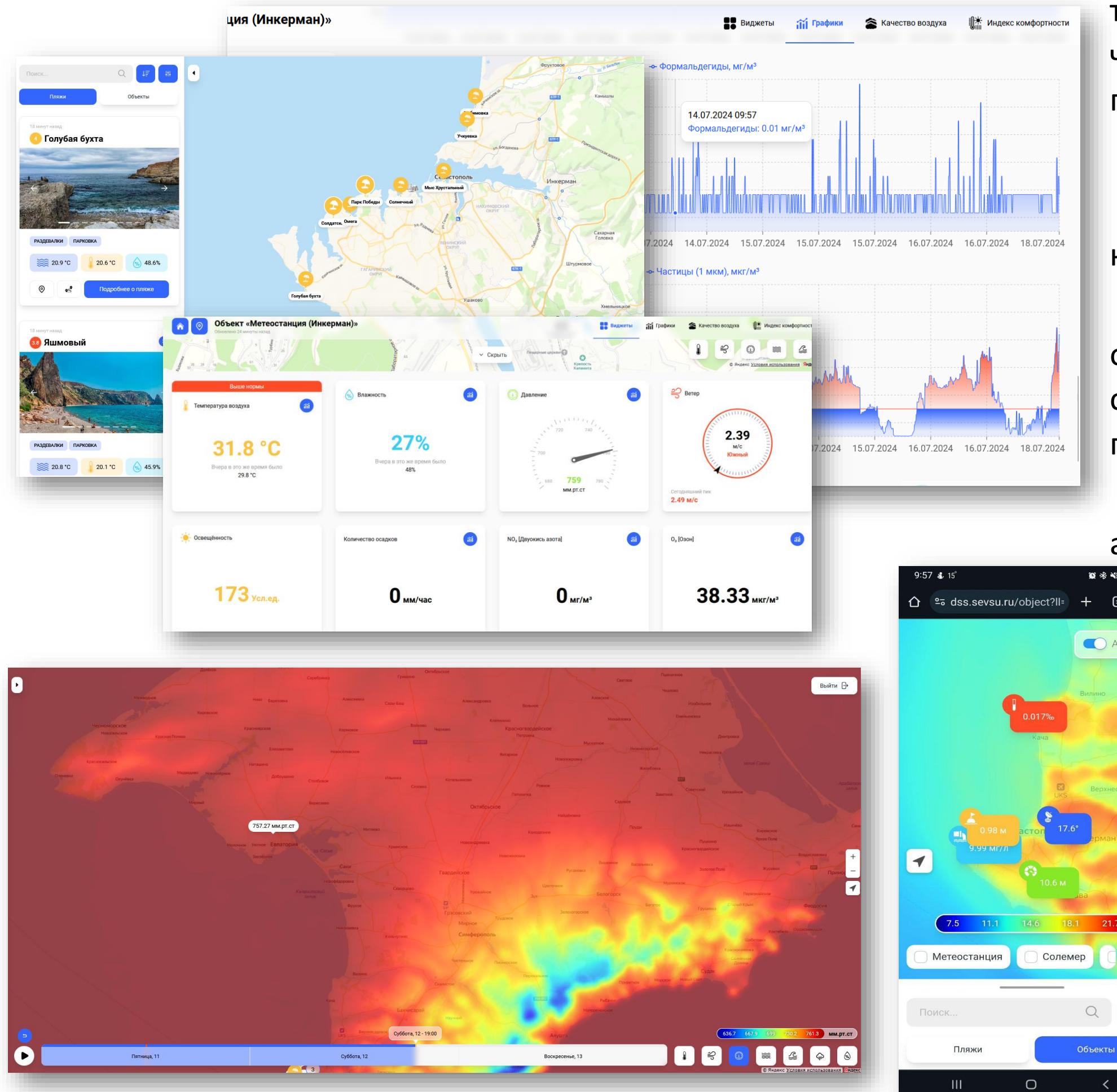
Схема процесса передачи данных с окончательных устройств



Планшет «Городской экомонитор»

Веб-приложение для агрегирования данных мониторинга

Информация об объектах мониторинга и специализированные данные



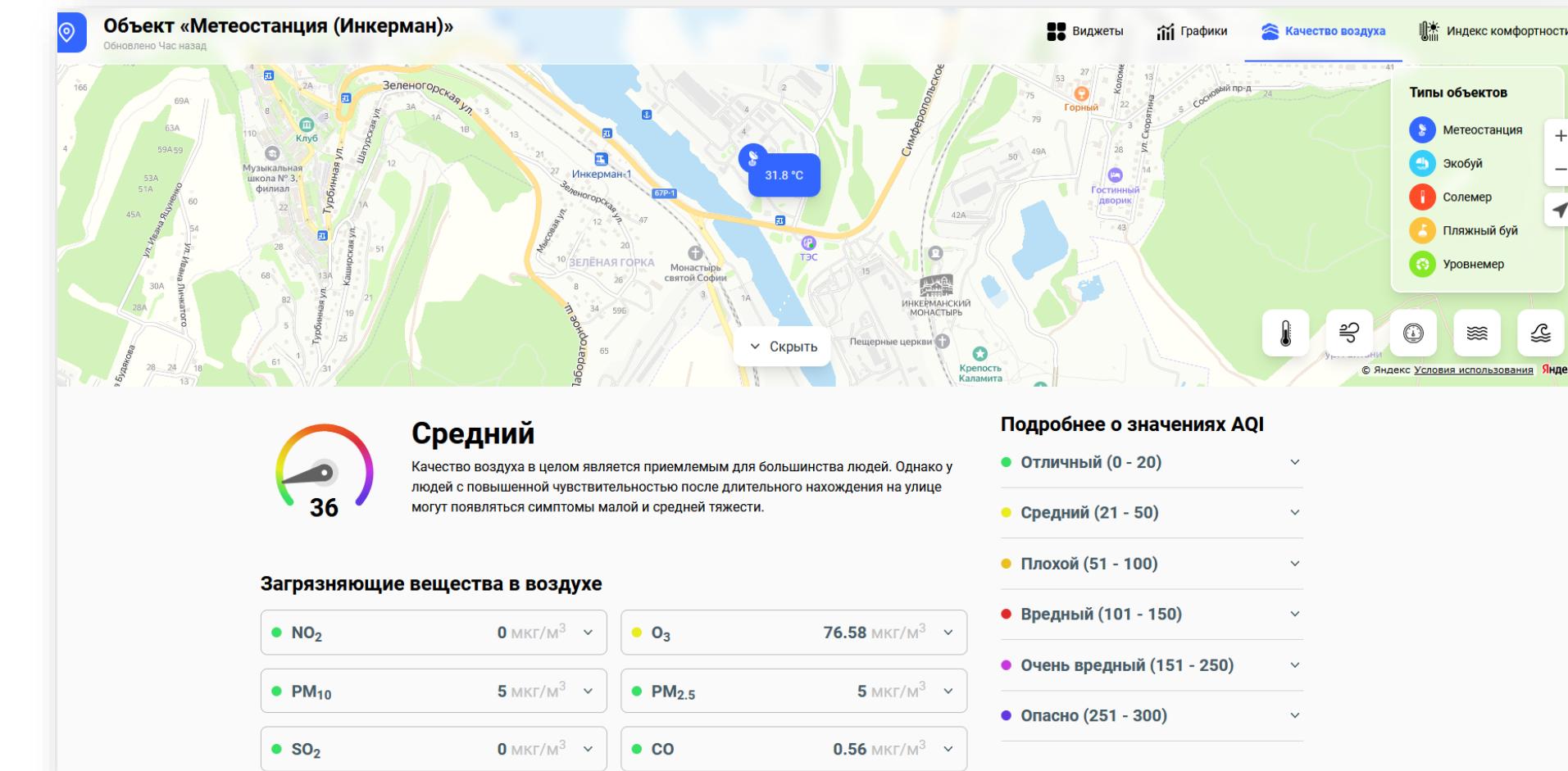
Численный прогноз на 3 суток – метеорологические поля и поле волнения

Версия для мобильных телефонов и планшетов

Веб-приложение (адаптированное для мобильных телефонов и планшетов) с тематическим контентом на основе данных экомониторинга. Имеет закрытую часть с максимальной информацией от сети мониторинга и открытую – для публичного пользования и общественного информирования.

Позволяет:

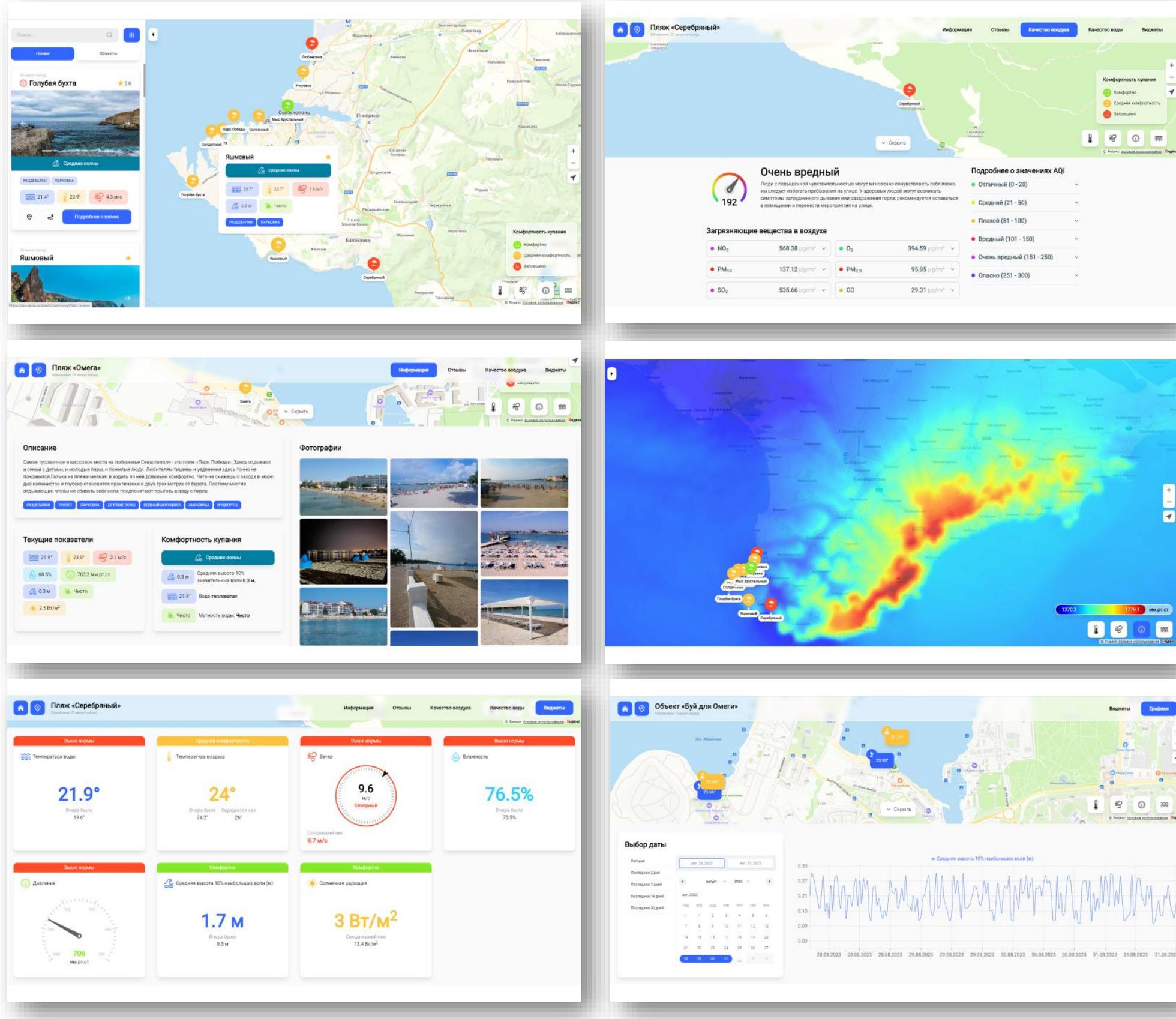
- получать оперативную информацию с сети экомониторинга с индикацией неблагоприятных и опасных явлений;
- получать текущие и прогнозируемые (WRF-ARW, SWAN) условия окружающей среды для отдельных объектов городского пространства или субъектов хозяйственных предприятий и промышленный предприятий для планирования своей деятельности.
- формировать тематические слои на основе результатов предиктивной аналитики с использованием глубокого машинного обучения



Расчет специфических показателей

Разработан **действующий** образец адаптивного одностраничного приложения (в том числе для мобильных телефонов) с тематическим контентом, формирующимся на основе данных экологического мониторинга в городе.

Сценарий использования №1. Тематические слои, в том числе привязанные к объектам городской среды

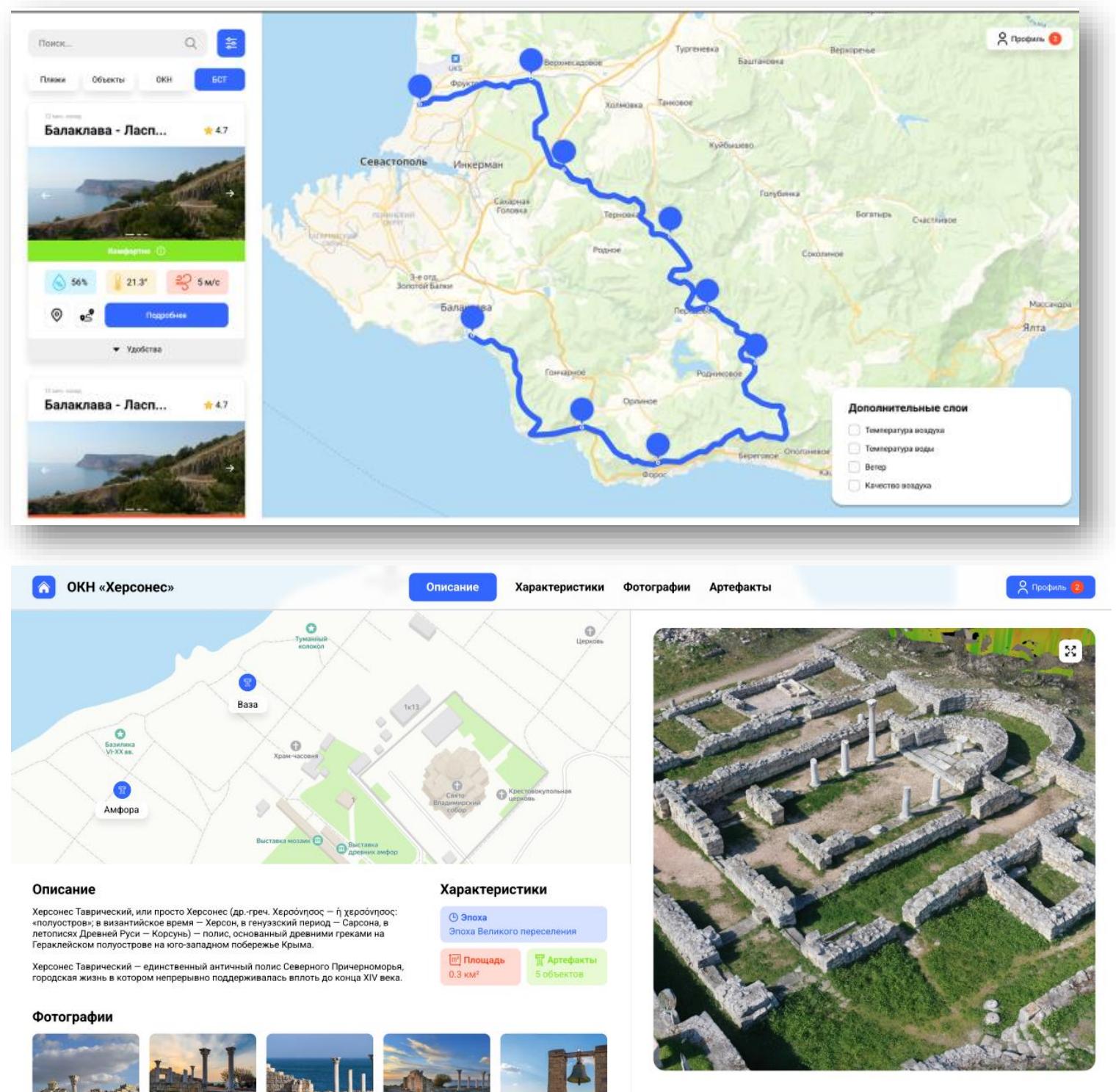


The screenshots illustrate the mobile application's interface, featuring a grid of cards for different locations. Each card contains a small image, a location name, and a rating. Below the cards are detailed monitoring dashboards for each location, showing real-time data and charts for various environmental parameters.

- Голубая бухта:** Shows current water temperature (23.9°C), air temperature (21.9°C), wind speed (4.3 m/s), and wave height (0.2 m).
- Пляж «Серебряный»:** Shows current water temperature (23.9°C), air temperature (21.9°C), wind speed (2.1 m/s), wave height (0.3 m), and visibility (2.5 km²).
- Пляж «Омега»:** Shows current water temperature (23.9°C), air temperature (21.9°C), wind speed (2.1 m/s), wave height (0.3 m), and visibility (2.5 km²).
- Пляж «Серебряный» (Detailed View):** Shows a map of the beach area with comfort levels for swimming (green: comfortable, yellow: slightly uncomfortable, red: very uncomfortable), current water temperature (21.9°C), air temperature (24°C), wind speed (9.6 m/s), and humidity (76.5%).
- Объект «Буй для Омеги»:** Shows a map of the area with current water temperature (21.9°C), air temperature (24°C), wind speed (9.6 m/s), and solar radiation (3 Vt/m²).

Сценарий использования №2. Комплексное сопровождение городских проектов

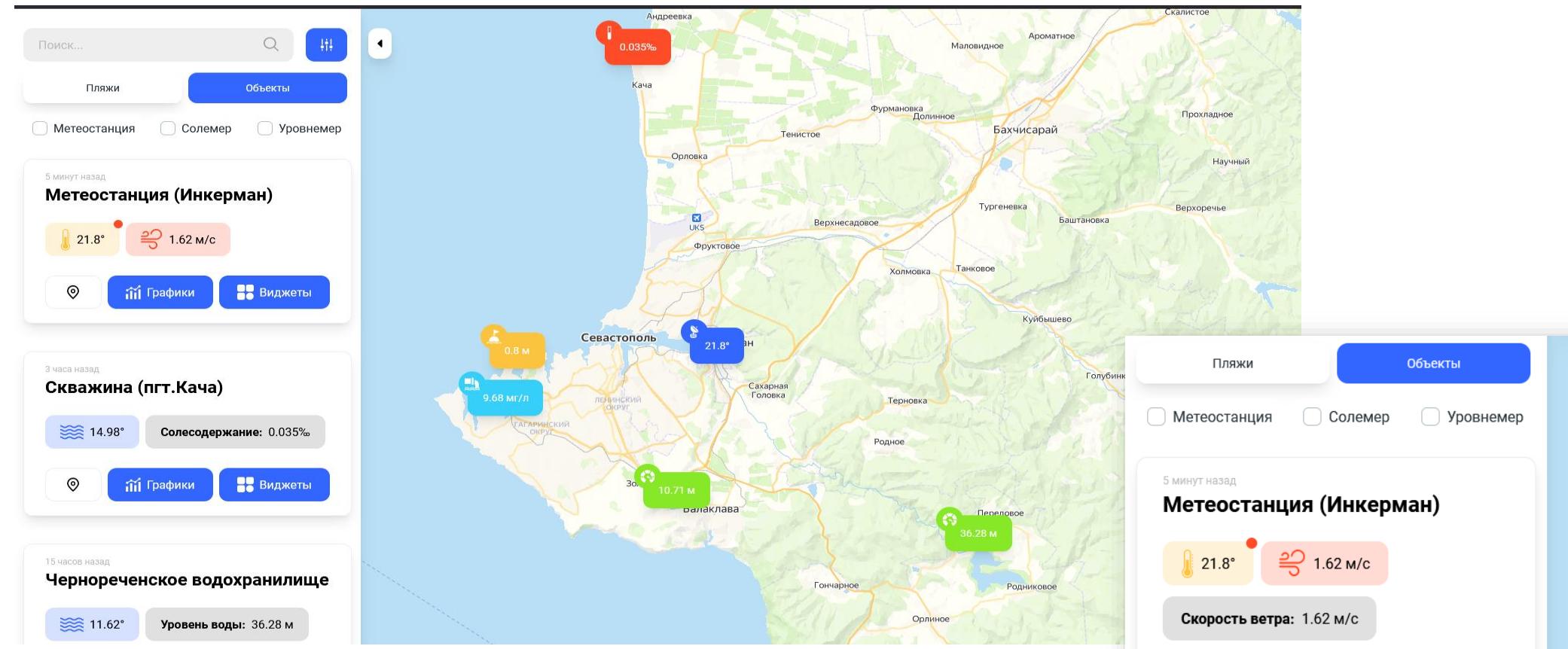
Мониторинг окружающей среды и прогноз пожароопасной обстановки по маршруту БСТ
(заявка на проект РГО)



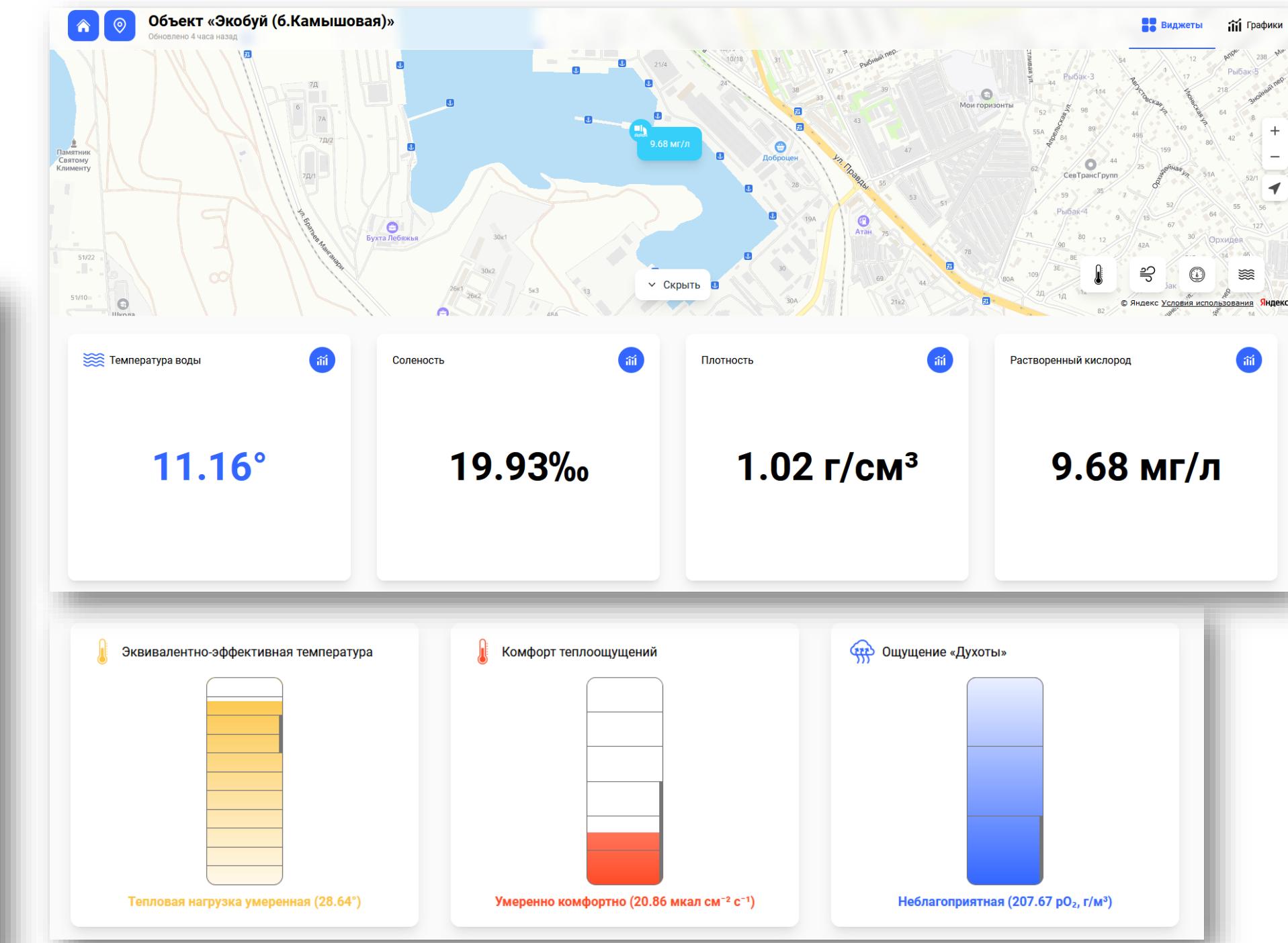
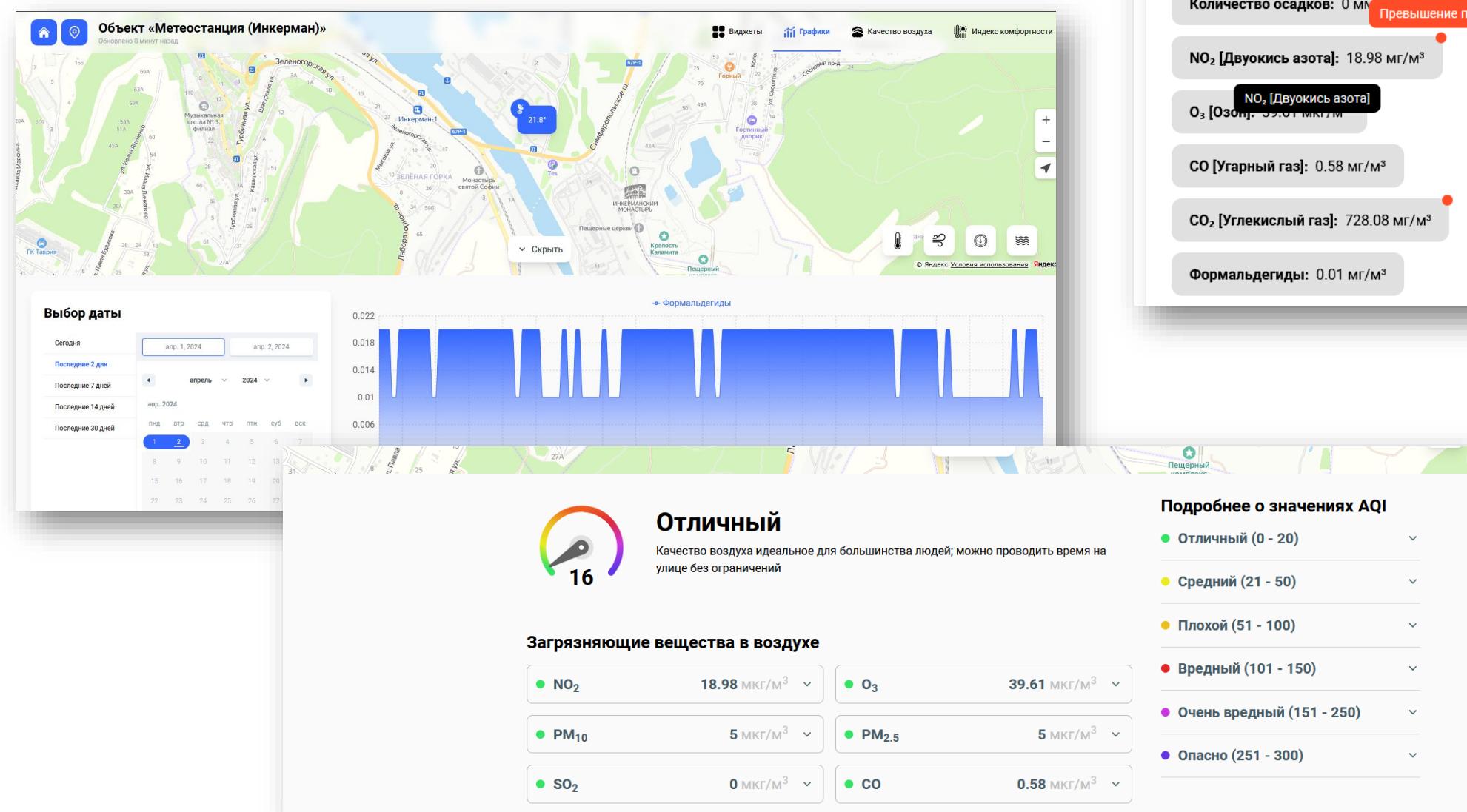
The screenshots show the mobile application's interface for monitoring environmental conditions and fire safety along a route. It includes a map of the route with monitoring points, detailed monitoring cards for each location, and a detailed view of the archaeological site of Chersones.

- Балаклava - Ласп...**: Shows current water temperature (21.3°C), air temperature (20°C), wind speed (5 m/s), and visibility (500 m).
- ОКН «Херсонес»:** Shows a map of the archaeological site with various structures labeled: Ваза, Амфора, Храм-часовня, Кресто-купольная церковь, Выставка древних амфор, and Туманный колодец.

Система может способствовать реализации проекта АПК «Безопасный город» в части функционального блока «Экологическая безопасность»



Информация об объектах наблюдений и специализированные данные



Тематический слой Администратора. Закрытая специфическая информация необходимая для принятия управленческих решений

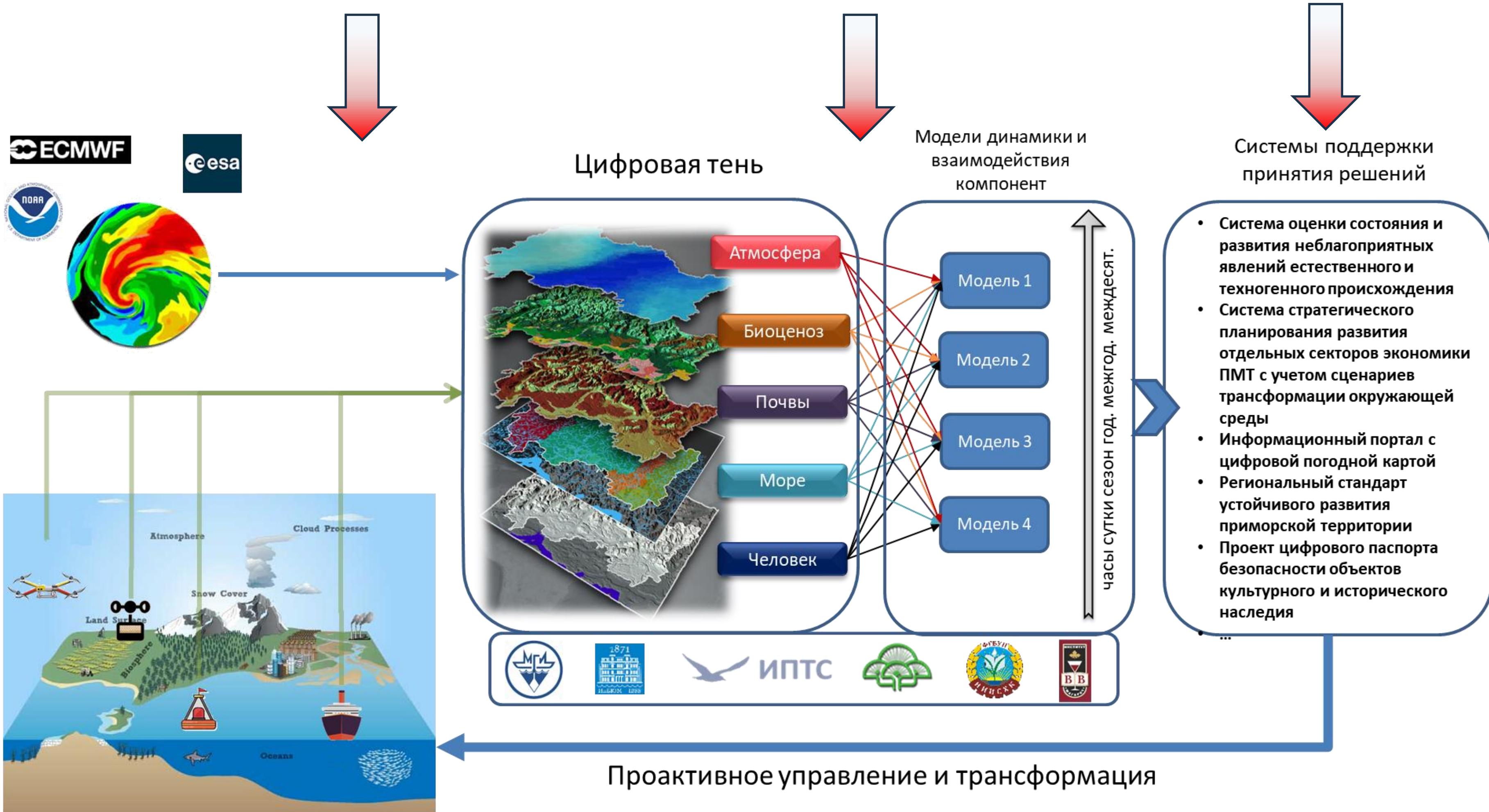
Позволяет получать оперативную информацию со станций сети мониторинга с индикацией превышения пороговых значений (ПДК и пр.).

Прототип системы содержит пример – слой с пляжами города как целевыми объектами городской среды

Перспективные разработки

Цифровая модель системы мониторинга окружающей среды

Пул специализированных СППР

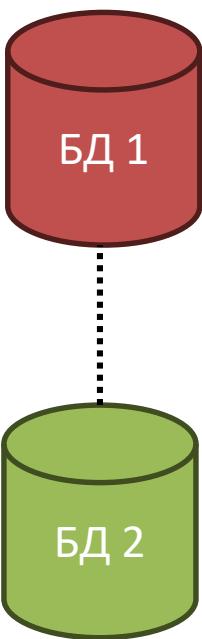
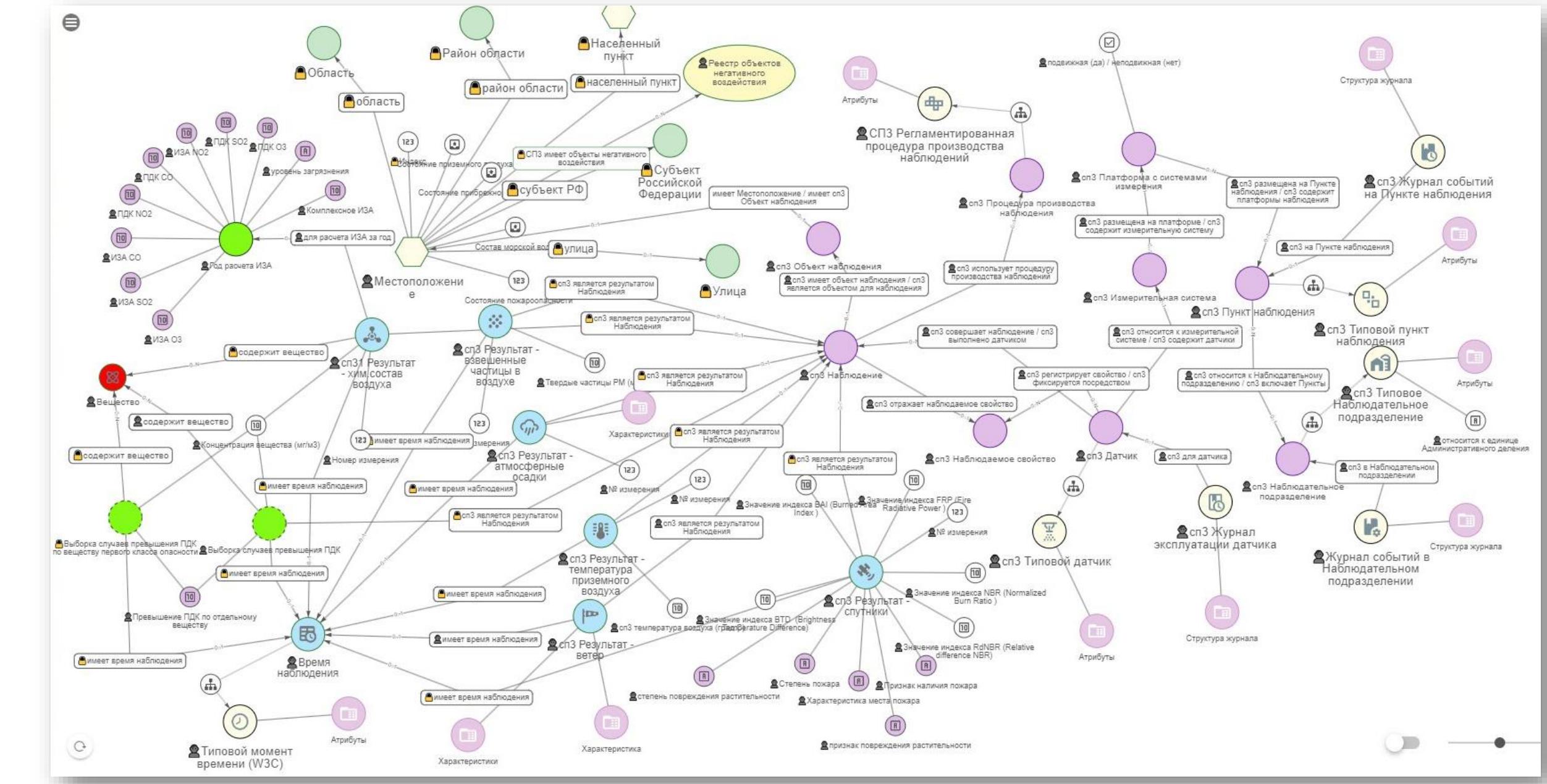


Цифровая онтологическая модель Системы мониторинга окружающей среды

- Онтологии коллег
- Вычисляемые классы
- Онтологии на основе SOSA
- Результаты наблюдений
- Классы с типовой информацией

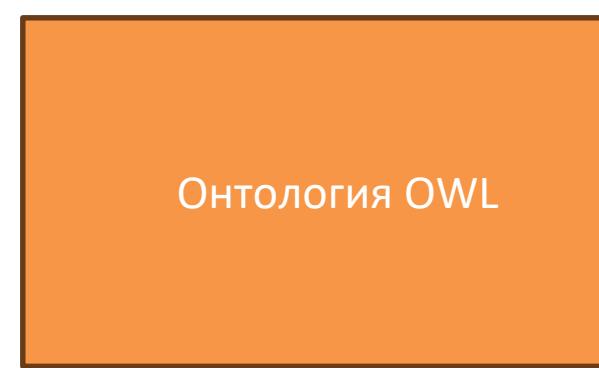
Онтология – способ не только сообщить «машине» данные, но и рассказать о том, какую метаинформацию они содержат, и какую пользу несут для человека

Онтология – способ сделать «знания» машиночитаемыми



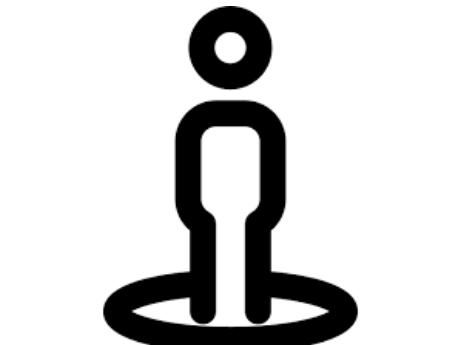
Картирование БД

Ontology-Based Data Access (OBDA)

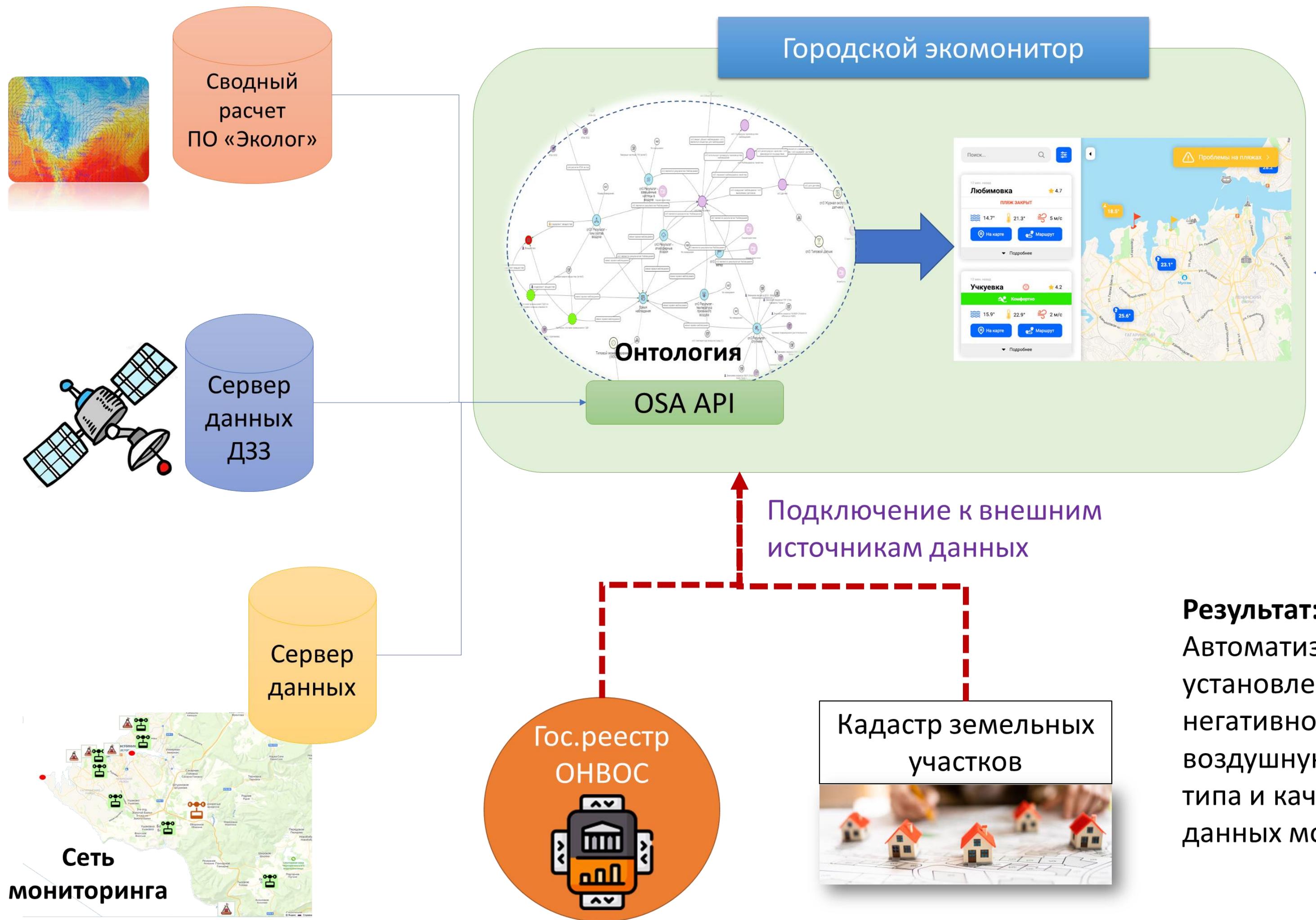


Язык
запросов
SPARQL

Интеллектуаль
ные СППР
Осторожно
AI

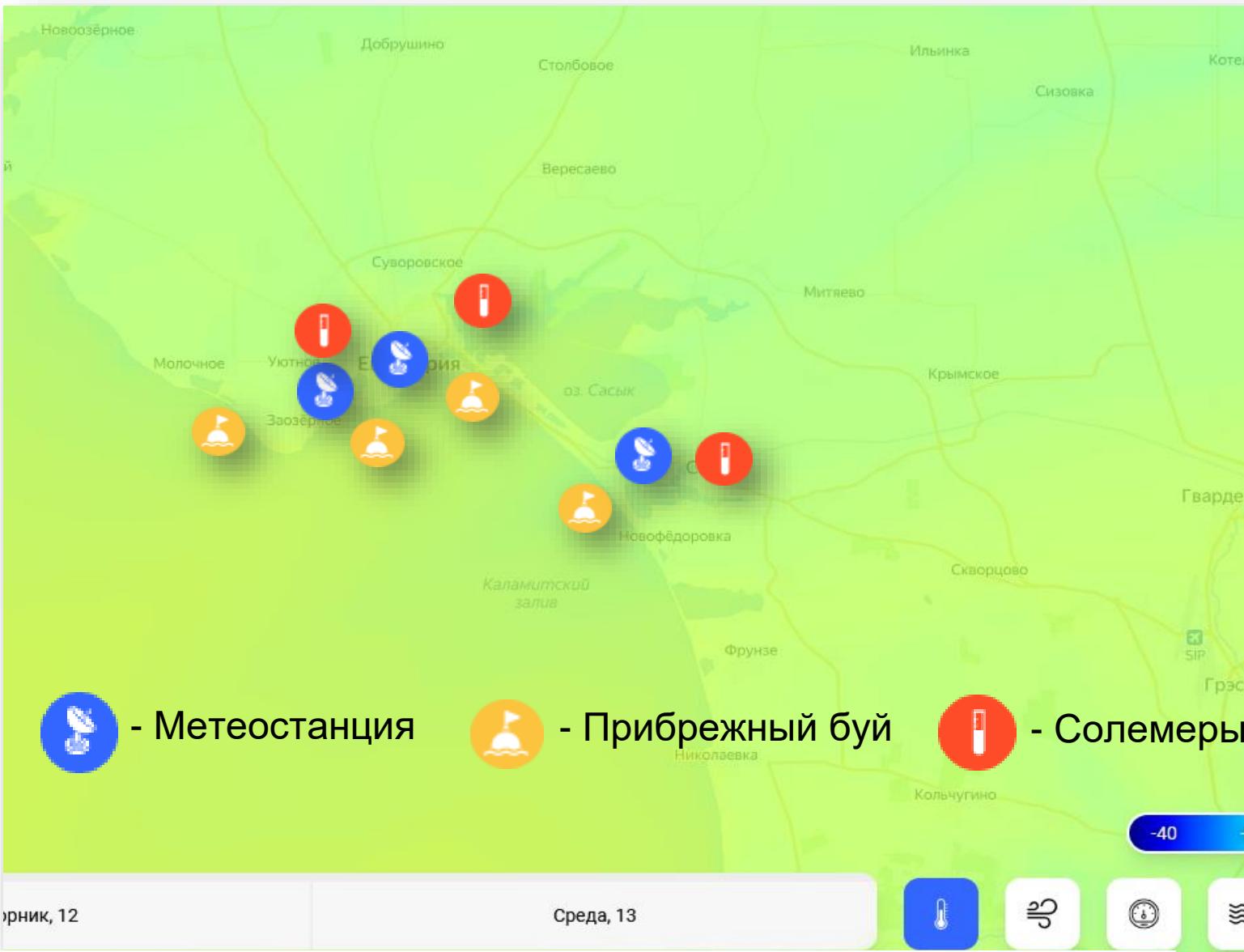


ЛПР / пользователь



Результат:
Автоматизированное
установление объектов
негативного воздействия на
воздушную среду с учетом
типа и качества источника
данных мониторинга

Возможные направления сотрудничества



Доработка и внедрение цифровой платформы:

- 1) ввод в опытную эксплуатацию **территориальной системы комплексного мониторинга окружающей среды** в регионе.
- 2) Адаптация и ввод в опытную эксплуатацию **региональной информационной системы «Городской экомонитор»**;
- 3) Совместно с НИИ детской курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации, а также ФИЦ ИУ РАН (г. Москва) разработка и интеграция в систему модуля мониторинга и прогноза гидрометеорологических условий и биометеорологических показателей в целях контроля **рекреационной привлекательности региона** и повышение эффективности **санаторно-курортных комплексов** (например, Федеральный детский реабилитационный центр Минздрава России).
- 4) Интеграция системы комплексного мониторинга с АПК «Безопасный город» в части блока «Экологическая безопасность».



Что нам нужно?

- Партнеры по развитию Цифровой модели
екомониторинга

- Партнеры по развитию пула СППР

- Индустриальные партнеры по тиражированию
разработок в других приморских регионах:

Балтика

Каспийское море

Дальний Восток

- Партнеры по ИТ-разработке есоVI

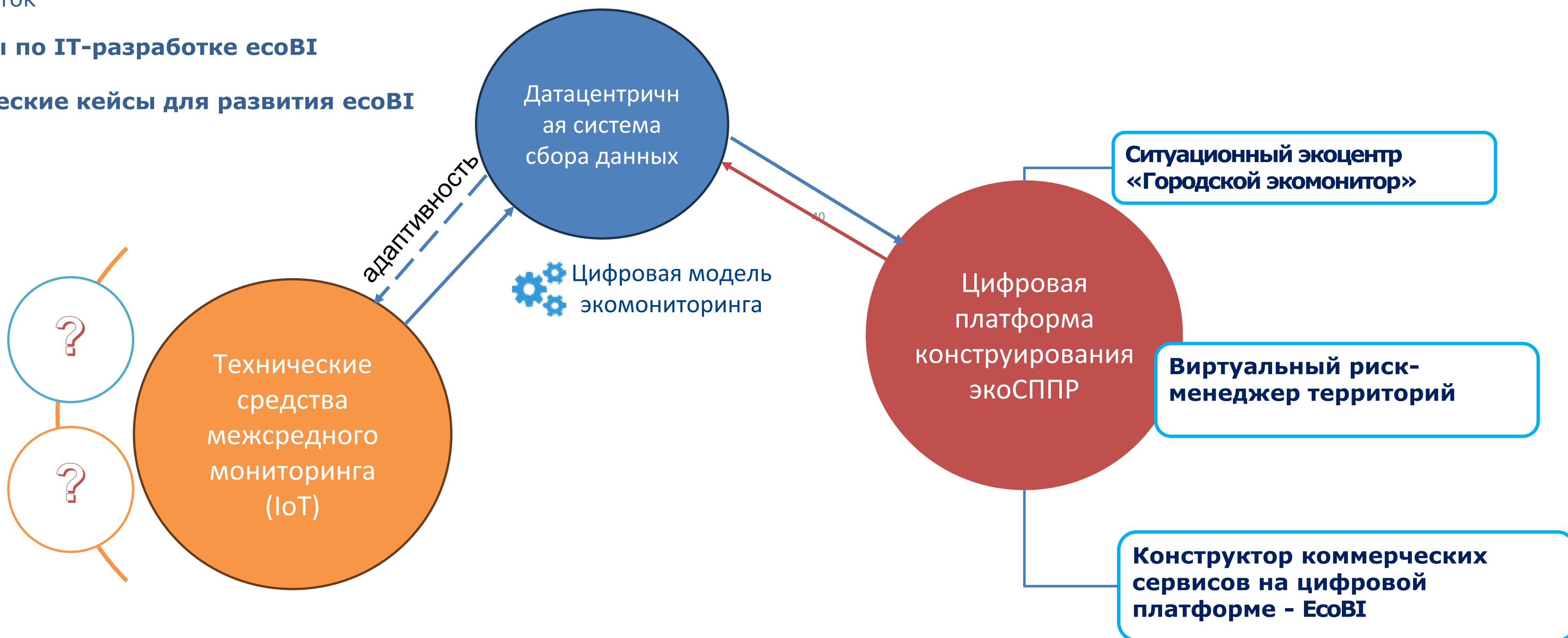
- Коммерческие кейсы для развития есоVI



- Апробация и масштабирование элементов цифровой платформы экоСППР в другие регионы

- Внедрение цифровой платформы экоСППР в АПК
«Безопасный город»

- Центр компетенций по технологиям цифрового
экологического контроля



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Проект Цифровой двойник океанов:

- 1) <https://ocean-twin.eu/>
- 2) <https://ocean-twin.eu/publications> список публикаций
- 3) <https://ditto-oceandecade.org/digital-twins/> еще список публикаций
- 4) <https://ocean-twin.eu/marketplace/lab/semantic-analysis>
- 5) https://ceur-ws.org/Vol-3443/ESWC_2023_DMKG_paper_2861.pdf