

Использование данных спутниковой альтиметрии в системе мониторинга уровня воды внутренних водоемов России

Подготовил

Врублевский Михаил,

Инженер ИКИ РАН

Введение

- Уровень воды является важным гидрологическим параметром
 - запасы пресной воды,
 - режимы рек России,
 - опасные для населения гидрологические явления.
- Наземная сеть гидрологических постов не в полной мере обеспечивает покрытие интересующих водоемов.
- ДЗЗ, метод спутниковой альтиметрии.
- Возможность одновременного анализа данных об уровнях воды, полученных как in-situ, так и с помощью ДЗЗ, существенно упрощает работу специалистов.

Цель работы

Подготовить

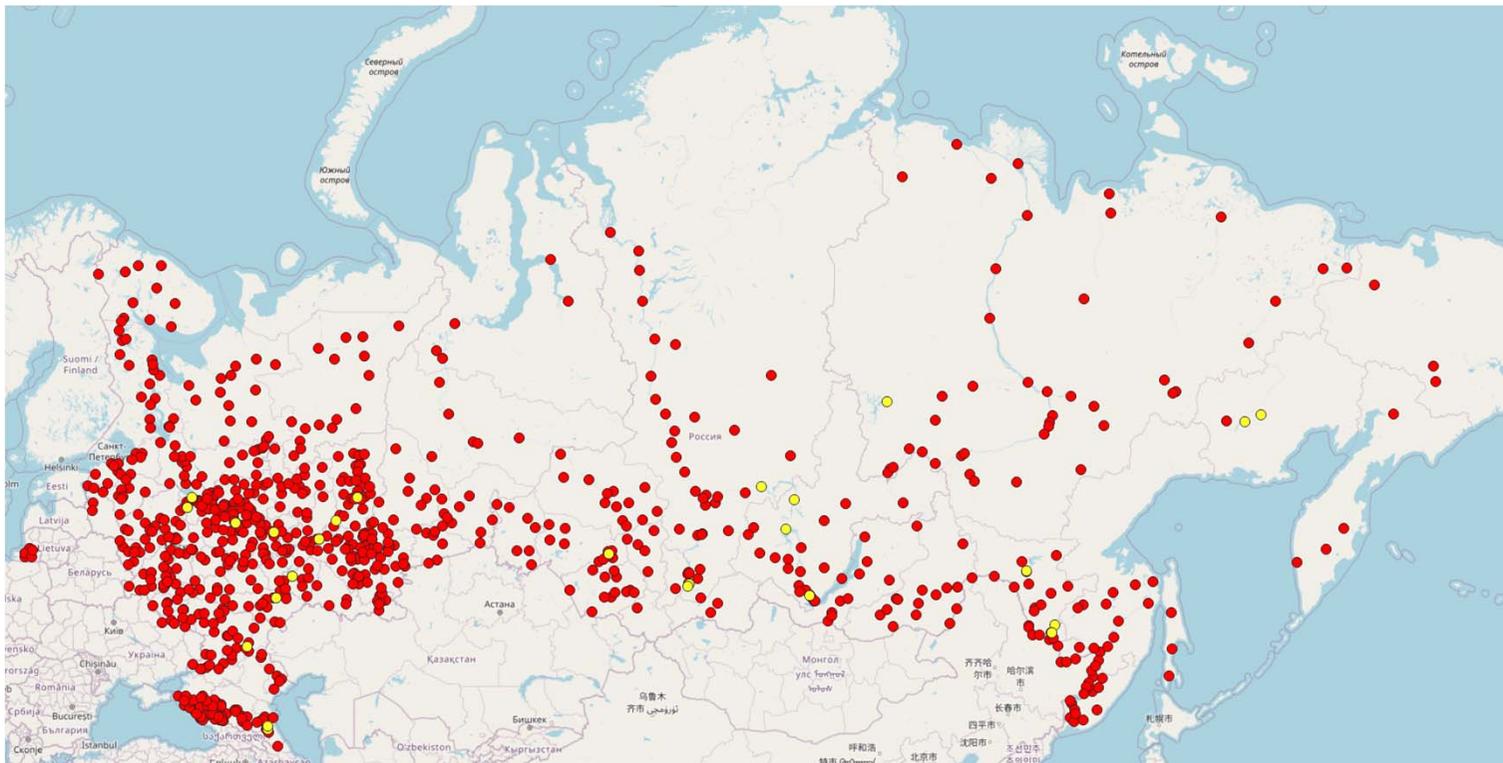
- систему мониторинга уровня воды водоемов РФ с помощью данных альтиметрии;
- Интерфейс и набор инструментов для работы с данными ДЗЗ, в частности - с данными альтиметрии, для мониторинга уровня воды внутренних водоемов России в системе «Вега-Science».

Задачи системы

Проектируемая система должна автоматически

- Загружать и архивировать файлы данных;
- Обрабатывать данные альтиметрии;
- Формировать БД измерений альтиметрии;
- Формировать БД наземных измерений;
- Создавать альтиметрические гидропосты (АГП) и объединять их в сети;
- Вычислять уровень воды на АГП;
- Формировать ряды наблюдений;
- Предоставлять данные пользователю
- Предоставлять инструментарий для анализа данных.

Карта наземных гидрологических станций



Красным – станции ЕСИМО, данные с 2024-01-01 по настоящее время

Источник: Оперативные данные измеренных расходов воды на гидрологических постах. КН-15, Разделы 1,2. Период 7 дней (RU_RIHMI-WDC_1325_1)

URL: http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_RIHMI-WDC_1325_1&rawdata=true

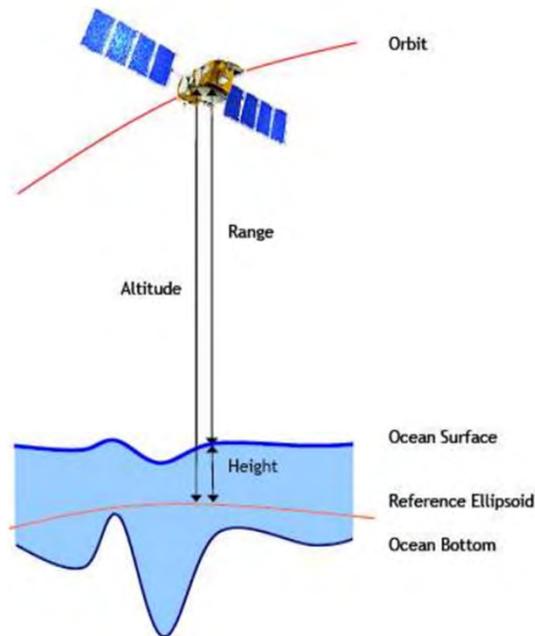
Желтым – ГЭС РусГидро

Источник: Уровни водохранилищ ГЭС, РусГидро

URL: <https://rushydro.ru/informer/>

Спутниковая альтиметрия. Принципы альтиметрии

Спутниковая альтиметрия – это способ определения высоты поверхности относительно земного эллипсоида с помощью измерений с ИСЗ



$$h = \text{Alt} - \left(\text{Range} + \sum_i \text{cor_range} \right)$$

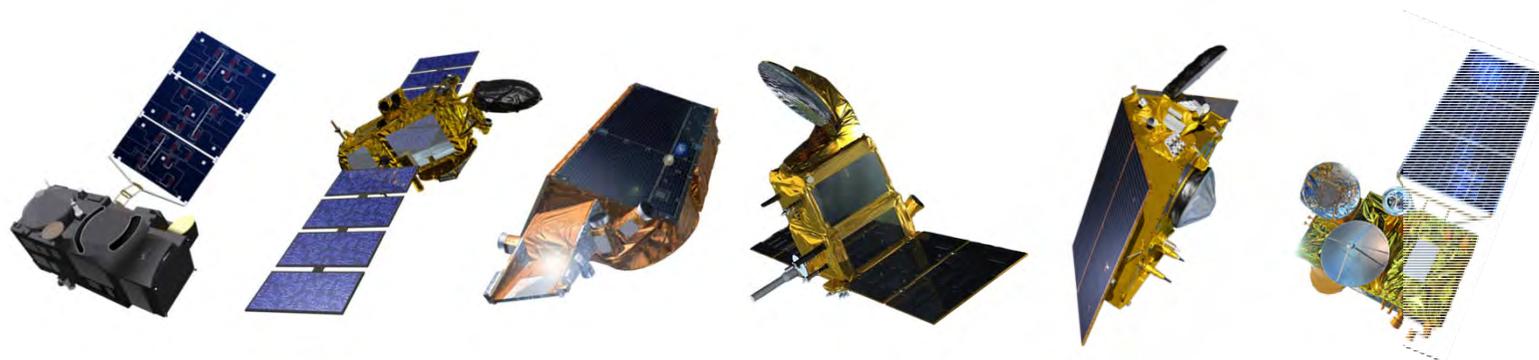
h – высота морской поверхности с учетом поправок **cor_range**;

cor_range – поправки, связанные с прохождением сигнала через атмосферу, инструментальными ошибками, состоянием подстилающей поверхности;

Alt – altitude – высота спутника над опорным эллипсоидом;

Range – расстояние от спутника до подстилающей поверхности.

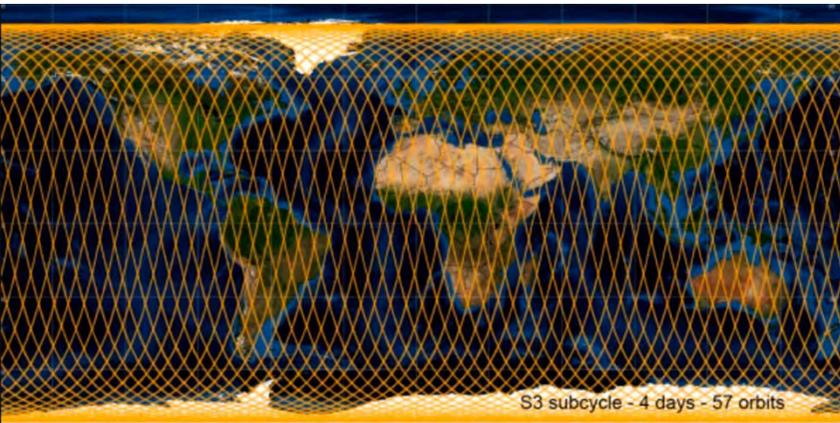
Текущие миссии альтиметрии



Спутник	Sentinel-3	Jason-3	CRYOSAT-2	SARAL	Sentinel-6	HY-2B,-2C,-2D
Дата старта	02.16.2016	01.17.2016	04.08.2010	25.02.2013	21.11.2020	2018,2020,2021
Средняя высота орбиты	814.5 км	1336 км	717 км	800 м	1336 км	973,957,971 км
Наклонение	98.65°	66°	92°	98.55°	66°	99.3°,66°,66°
Период	27 дней	10 дней	369 дней	35 дней	10 дней	14,10,10 дней
Разрешение	~ 300 м	~ 40-50 км	~ 250 м	~ 40-50 км	~ 300 м	~25 км

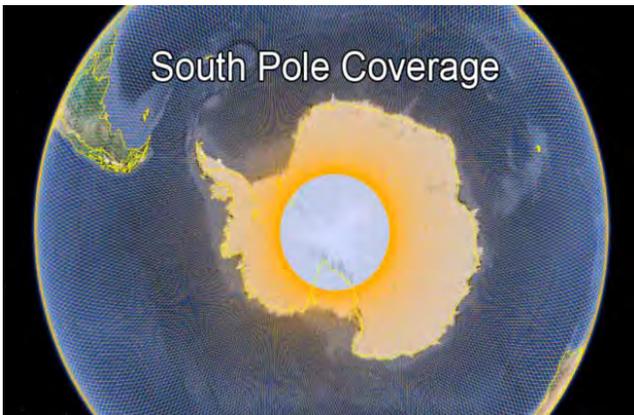
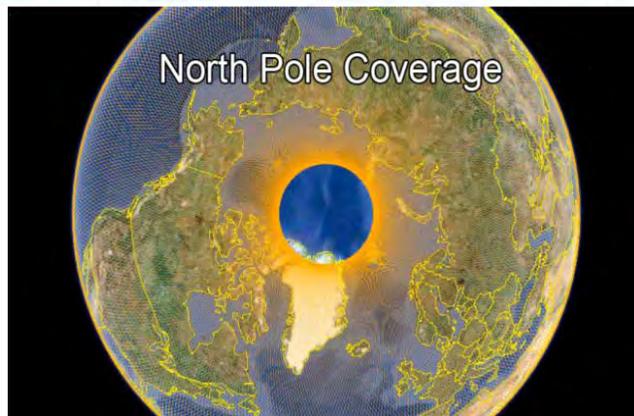
AVISO

Номер слайда: 6



Sentinel-3

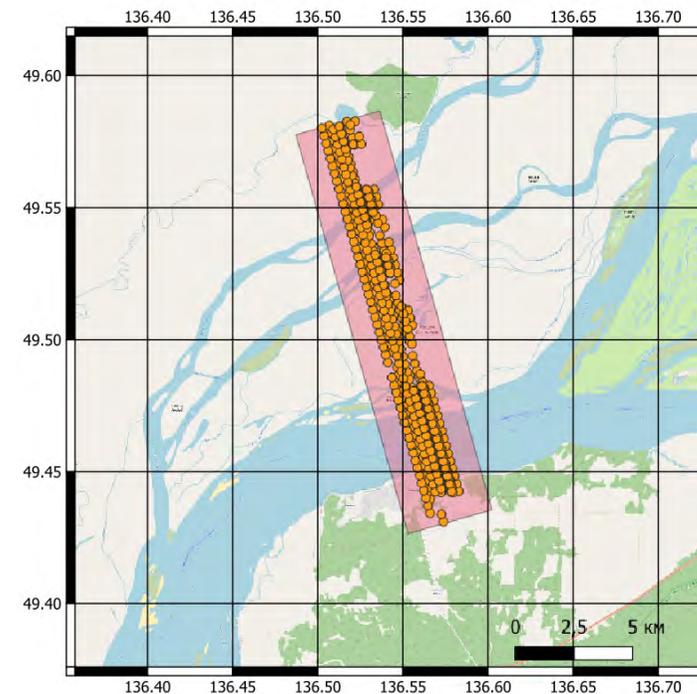
Параметр	Значение параметра
Тип	приполярная солнечно-синхронная орбита
Наклонение	98,65°
Среднее местное время в нисходящем узле	10:00 ч
Цикл	27 дней (14 + 7/27 витков в день)
Период	100.99 мин
Исходная высота	814.5 км
Длина цикла	385 витков
Расстояние между треками на экваторе	104 км с SENTINEL-3А и 52 км с SENTINEL-3А и SENTINEL-3В
Разность фаз спутников -3А и -3В	+/-140°



Альтиметрические гидропосты

Альтиметрические гидропосты (АГП) – это виртуальные объекты, представляющие собой образованные пересечением треков спутника с границами водоемов полигоны, в пределах которых на основе измерений методом спутниковой альтиметрии определяется уровень воды.

- АГП формируются на основе данных продукта «SR_2_LAN_HY» – продукта SRAL/MWR Sentinel-3 уровня 2 для гидрологии.
- Данные доступны с 2016 г по настоящее время.
- Период наблюдений уровня воды на АГП – 27 дней (цикл Sentinel-3).
- Уровень воды определяется на основе измерений высоты водной поверхности.
- Точность измерений меняется от см до десятков см в зависимости от условий наблюдения и размеров водоема



Точками показаны координаты измерений Sentinel-3А для участка р. Амур за 2023г вблизи о. Селимонхо полигон – полигон АГП №1218, в пределах которого проводятся вычисления на основе спутниковых измерений

Архитектура системы

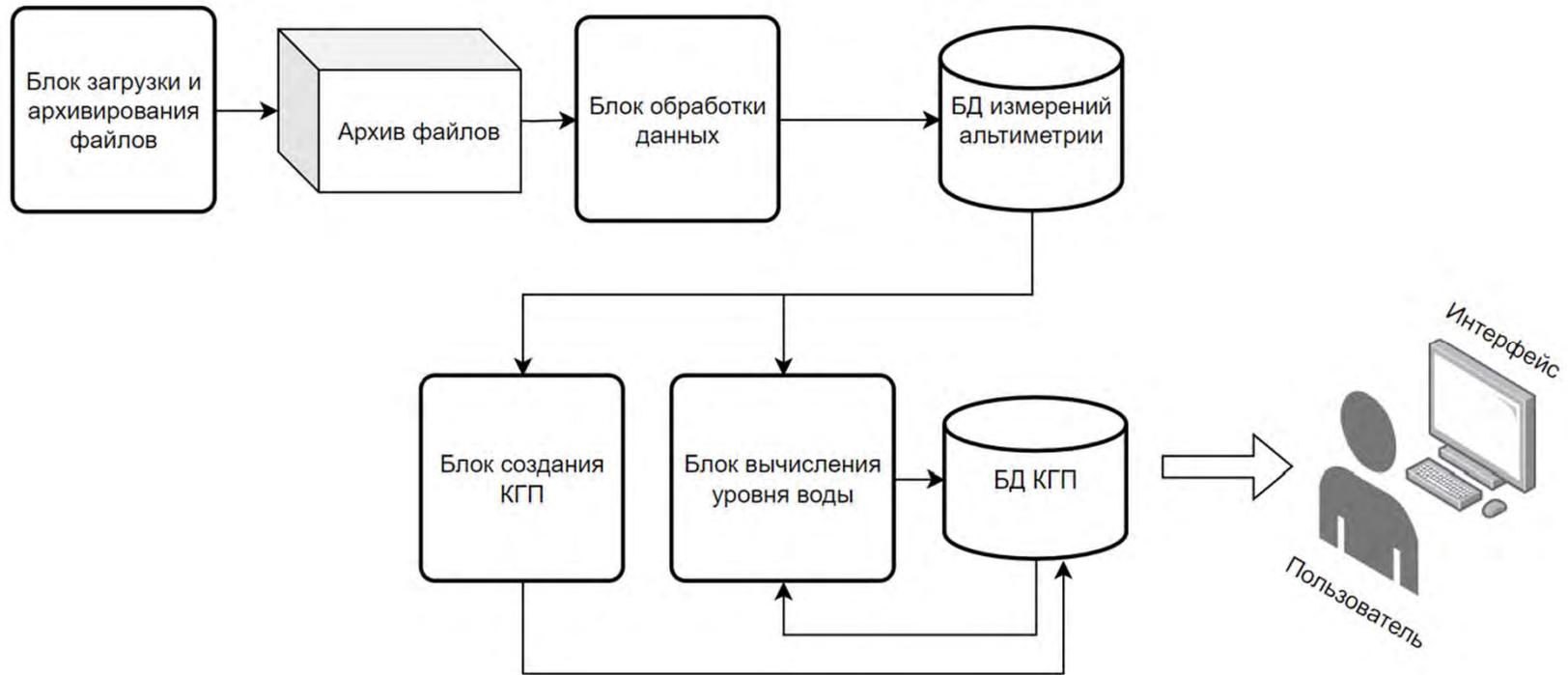


Схема системы

Обновление данных

Существуют различные типы информационных продуктов в зависимости от оперативности:

- **Near Real-Time (NRT)**: доставляется менее чем через 3 часа после сбора данных;
- **Slow-Time Critical (STC)**: доставляется в течение 48 часов после сбора данных, в основном из-за консолидации некоторых данных (например, предварительных данных об орбите);
- **Non-Time Critical (NTC)**: обычно доставляется в течение 1 месяца после сбора данных. Эта дополнительная задержка позволяет консолидировать некоторые данные (например, точные данные об орбите).

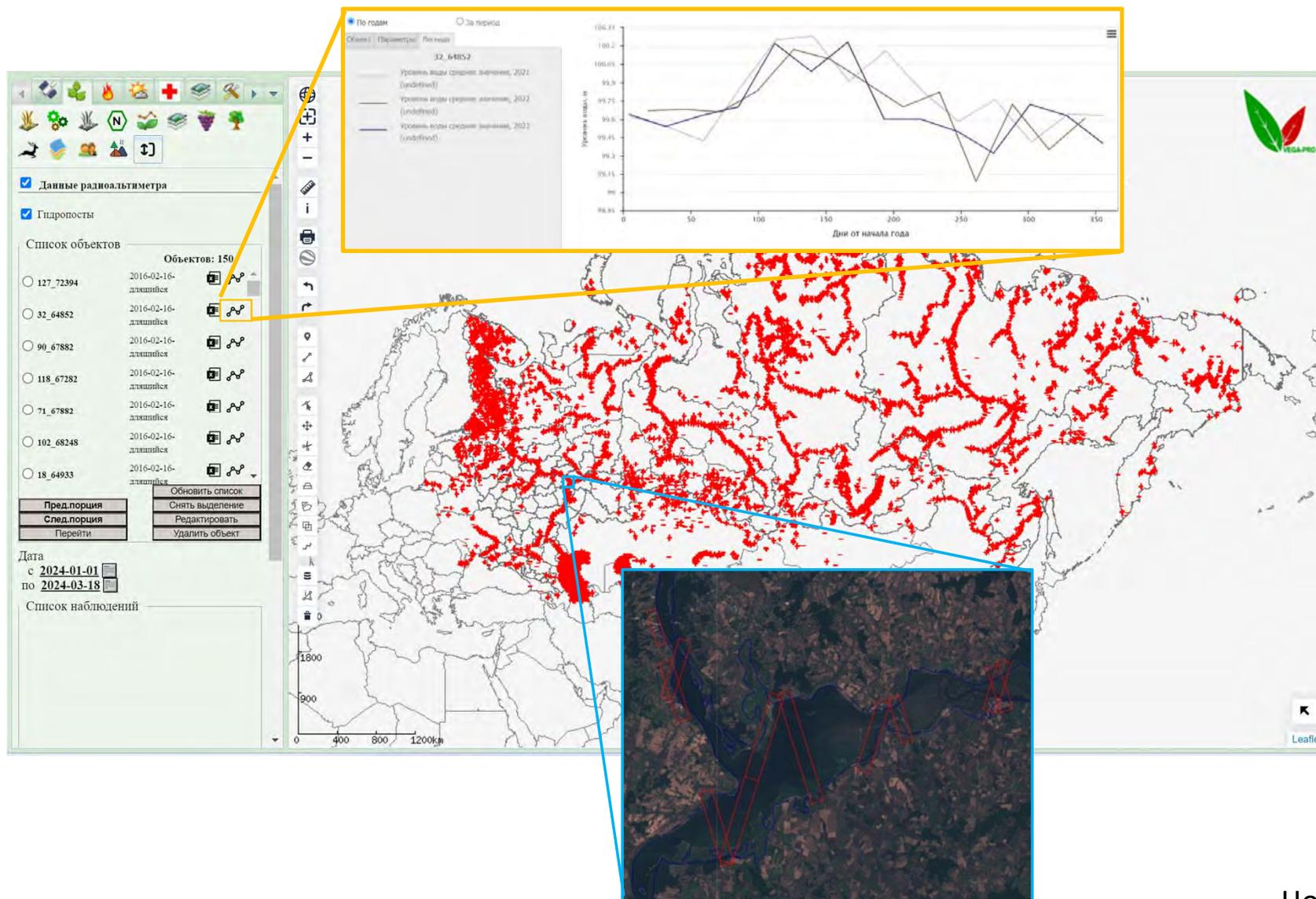
Выбор типа продукта с точки зрения оперативности (NRT, STC и NTC) — это компромисс между потребностями в реальном времени и необходимой конечной точностью.

Схема системы

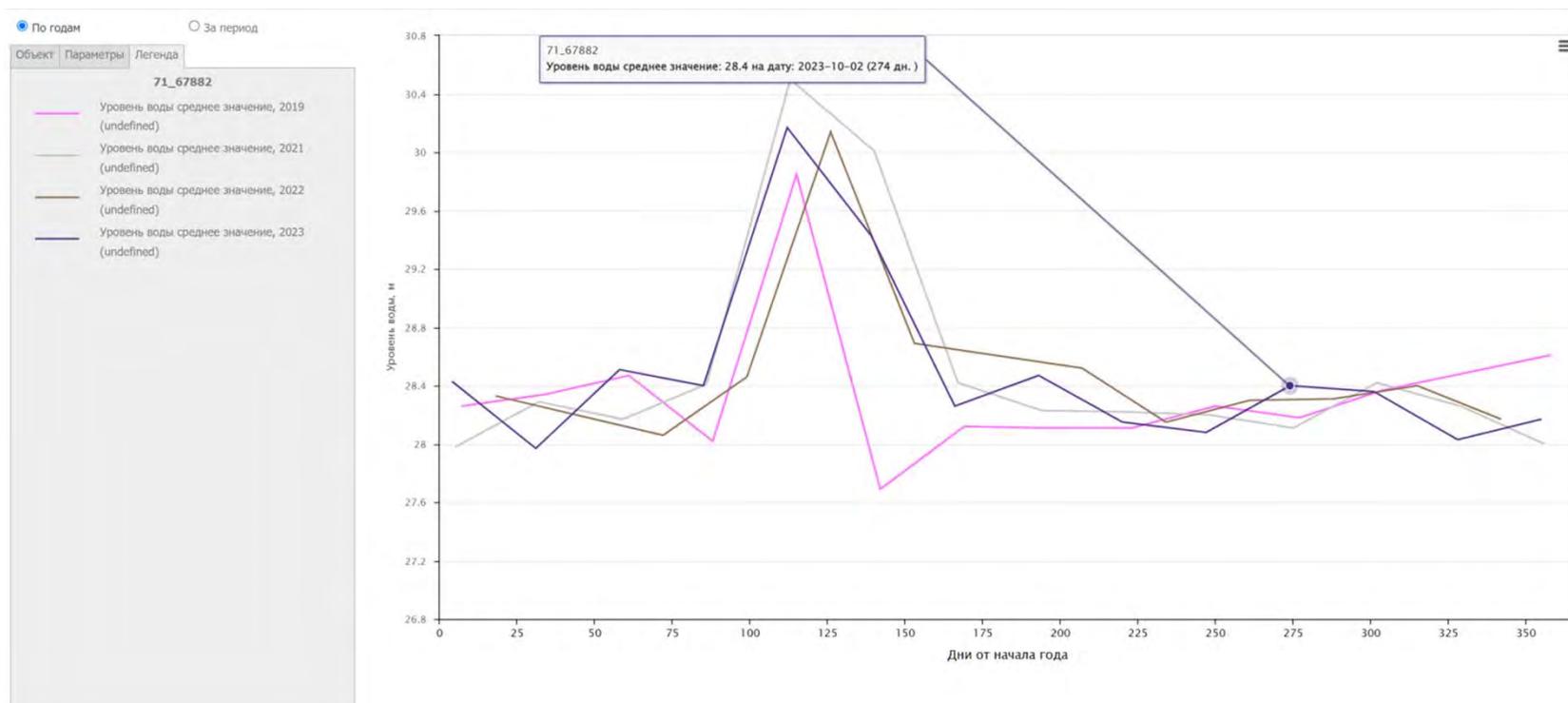
Карта АГП



Карта АГП в интерфейсе «ВЕГА-Science»



Временные ряды наблюдений уровня воды на АГП в интерфейсе «ВЕГА-Science»



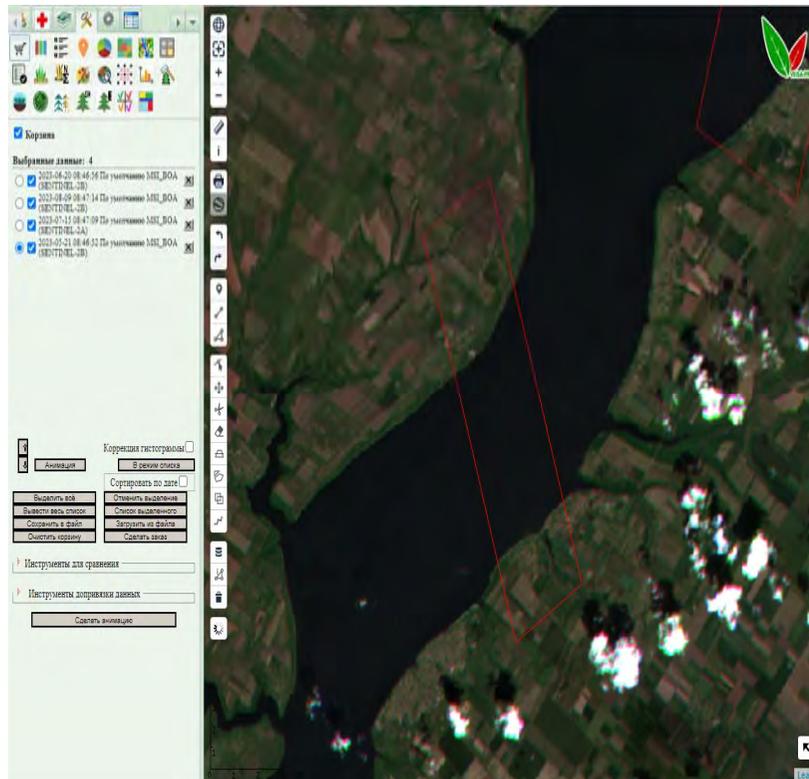
Временной ряд наблюдений на АГП №71 на р. Волга вблизи г. Самара

Временные ряды наблюдений уровня воды на АГП в интерфейсе «ВЕГА-Science»

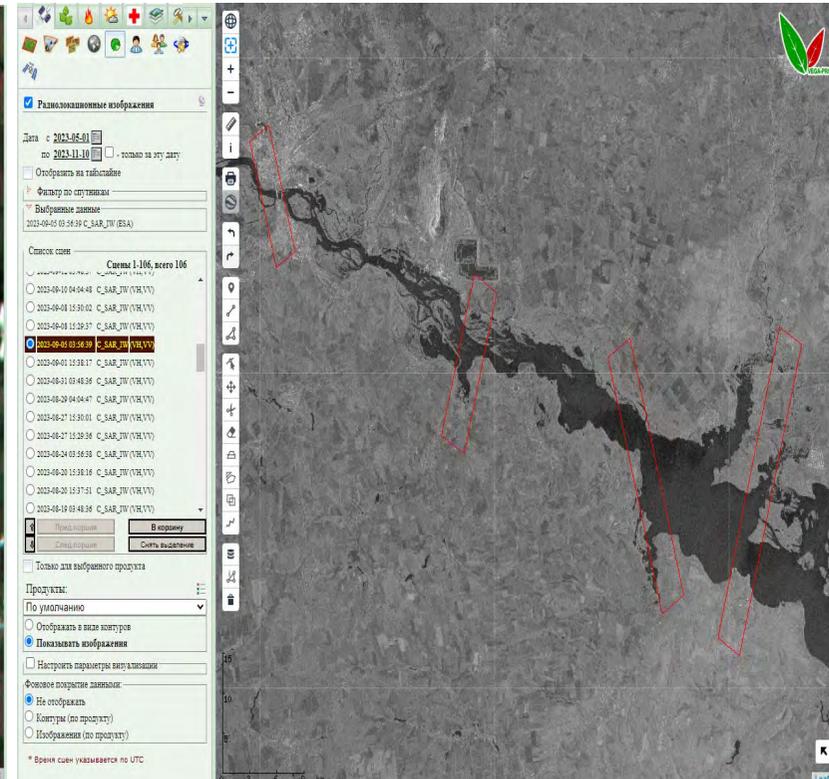


Временной ряд наблюдений на АГП №156 на р. Днепр (выше по течению от Каховской ГЭС) 2021-2023гг

Интерфейс: возможности совместного анализа данных альтиметрии и других источников информации



2023-05-21 Sentinel-2B RGB

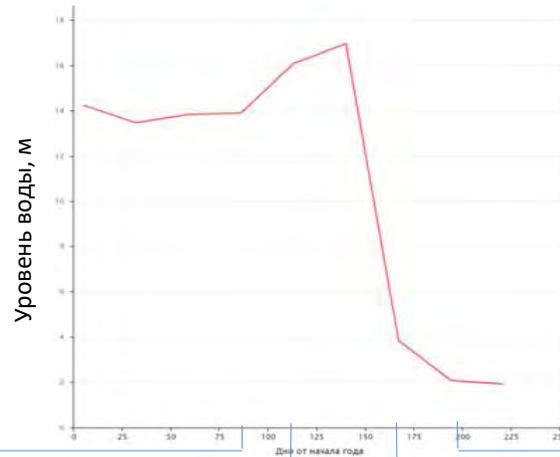


2023-09-05 Sentinel-1A (VV)

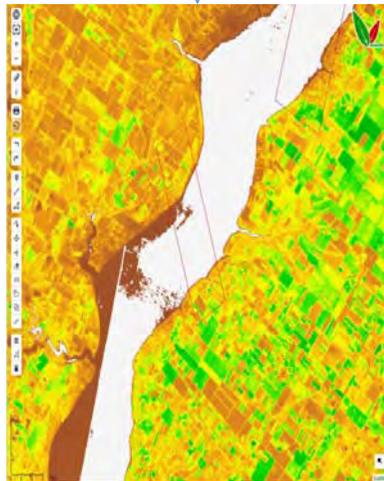
Спутниковые изображения и АГП реки Днепр

Интерфейс: возможности совместного анализа данных альтиметрии и других источников информации

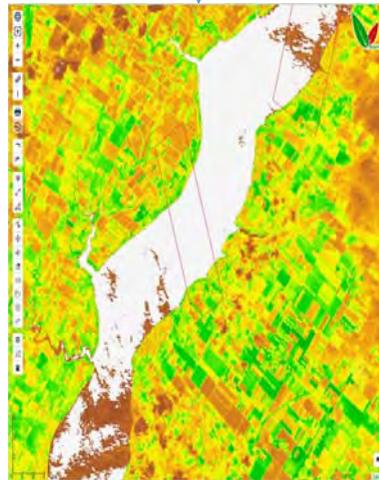
Временной ряд наблюдений



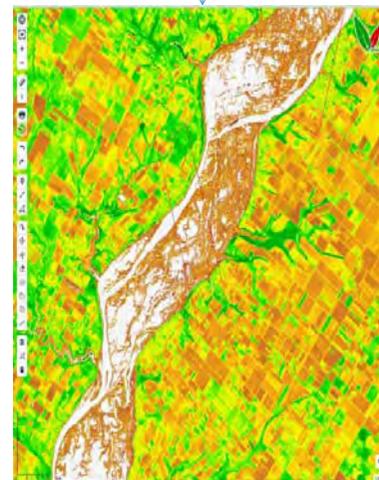
Сопоставление изменения уровня воды со спутниковыми изображениями (NDVI) русла реки Днепр



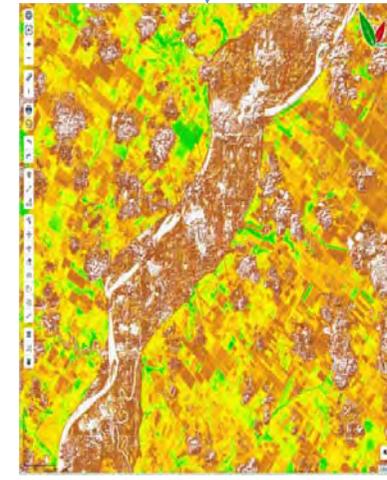
2023-03-27 Sentinel-2B NDVI



2023-04-24 Sentinel-2B NDVI

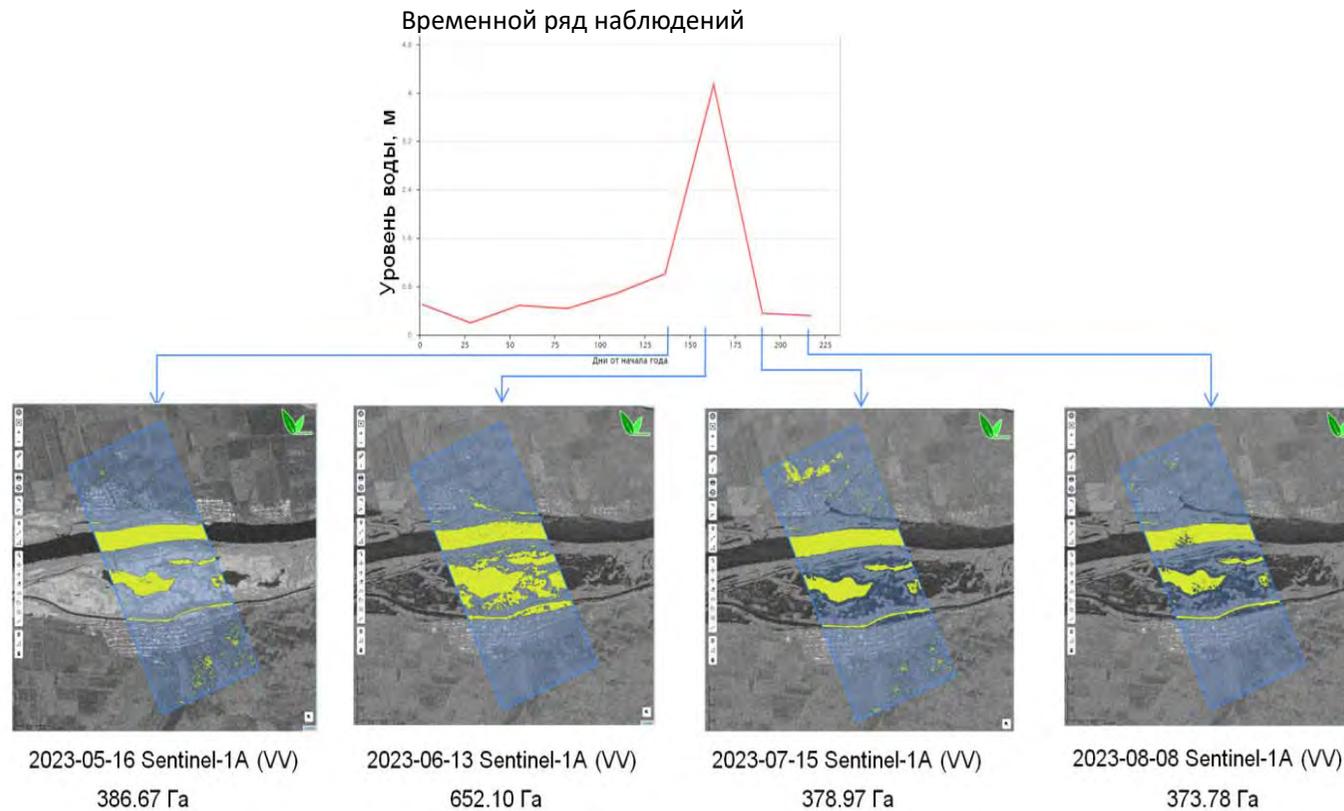


2023-06-20 Sentinel-2B NDVI



2023-07-15 Sentinel-2A NDVI

Интерфейс: возможности совместного анализа данных альтиметрии и других источников информации



Сопоставление изменения уровня воды со спутниковыми изображениями (VV)
русла реки Днепр

Планы

- Переотслеживать данные Sentinel-3 для уточнения измерений другими ретрекерами, не входящими в стандартный продукт.
- Дифференцировать высоту поверхности и уровень воды в зимний период, т.е. определять толщину льда.
- Дополнить систему данными Sentinel-6.

Выводы

Разработанная система

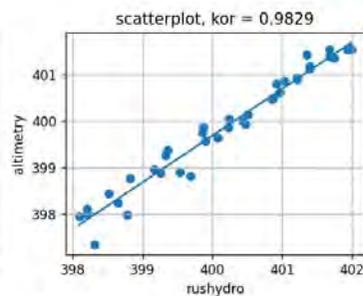
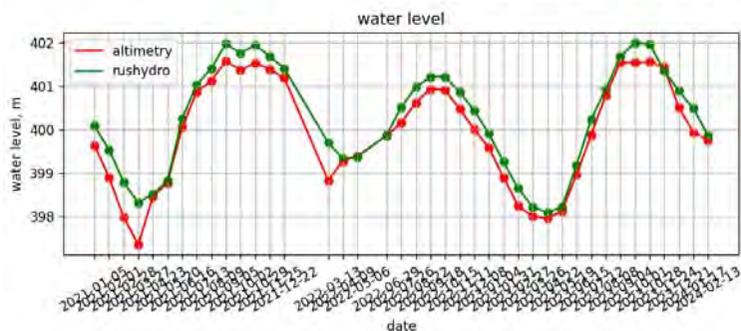
- позволяет удовлетворить запрос научного сообщества на получение регулярных данных об уровне воды как с наземных станций, так и со спутников ДЗЗ;
- предоставляет инструментарий для работы с данными уровня воды:
 - Осуществлять поиск данных;
 - Отображать полигоны АГП;
 - Строить временные ряды наблюдений уровня воды;
- А также позволяет анализировать эти данные совместно с другими (картографическими, метеорологическими или спутниковыми);
- Подготовлена для расширения данными Sentinel-6.

Спасибо за Внимание!

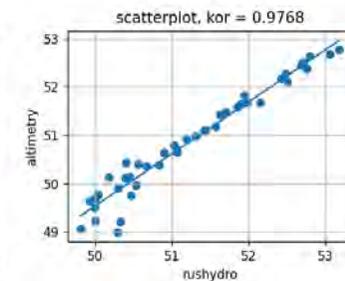
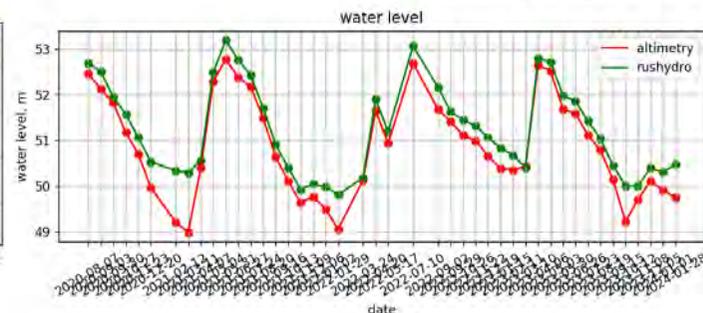
Работа выполнена при поддержке Минобрнауки в рамках темы
«Мониторинг» (гос. регистрация № 122042500031-8).

Уровень воды по данным альтиметрии и РусГидро

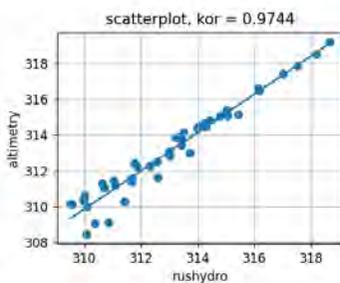
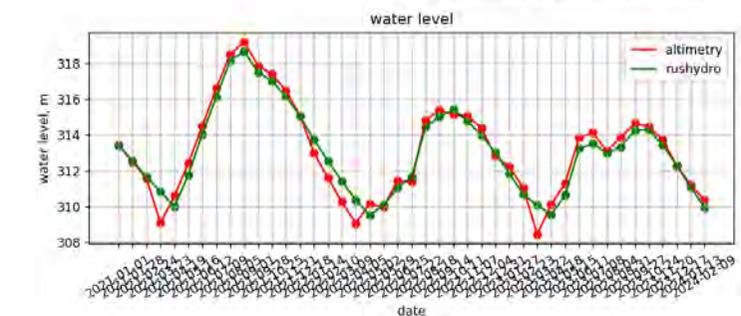
{'Братская': 1}: altimetry and insitu



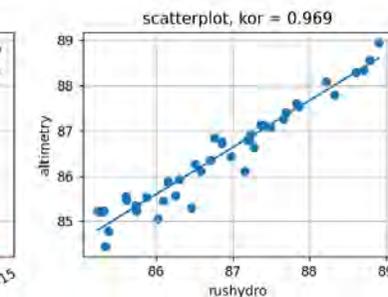
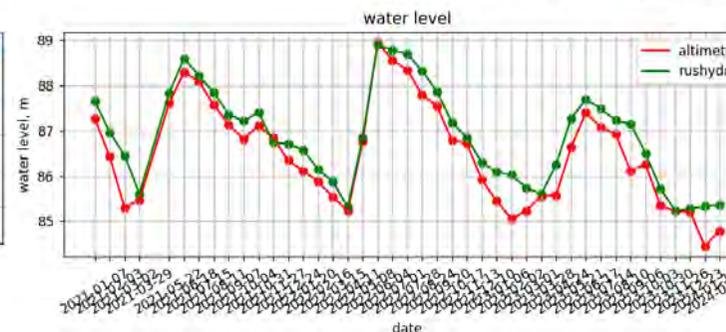
{'Жигулевская': 6}: altimetry and insitu



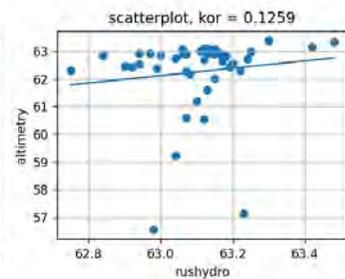
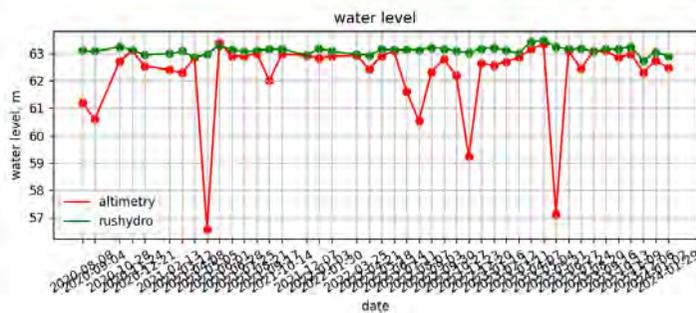
{'Зейская': 7}: altimetry and insitu



{'Воткинская': 5}: altimetry and insitu



hps:{'Чебоксарская': 23}, pol_id:51: altimetry and insitu



hps:{'Иркутская': 9}, pol_id:346: altimetry and insitu

