



РАЗРАБОТКА УНИФИЦИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Константинова А.М., Балашов И.В., Кашницкий А.В., Лупян Е.А.

ИКИ РАН, Москва

Девятнадцатая международная конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»
15-19 ноября 2021 г., Москва

Актуальность

Благодаря постоянному росту числа спутниковых систем ДЗЗ и повышению качества, предоставляемых ими данных, с каждым днём открывается всё больше возможностей для исследований окружающей среды и создания систем мониторинга природных и антропогенных явлений и объектов. На сегодняшний день на орбите функционирует порядка **нескольких сотен спутников ДЗЗ**, и в дальнейшем ожидается их постоянный рост. Это ведет к резкому увеличению объема получаемой от них информации. Поэтому для ее эффективного использования требуется разработка **новых подходов организации работы с данными**.

Одним из таких новых подходов является **«объектный»** подход к организации работы с данными ДЗЗ. Он существенно отличается от традиционного попиксельного анализа данных тем, что спутниковая информация хранится, обрабатывается и анализируется не для каждого пикселя получаемых данных, а интегрируются на отдельные однородные области – объекты.

Преимущества подхода:

- сокращение объема обрабатываемых данных благодаря хранению только тех характеристик, которые могут быть полезны для изучения конкретного объекта и контроля его состояния;
- одномоментные наблюдения и долговременные наблюдения объектов;
- исторические и оперативные наблюдения объектов, организация постоянного слежения за объектом.

Цель

Создание унифицированной технологии обработки спутниковых данных, позволяющей организовывать мониторинг объектов в интересах различных информационных систем (ИС), разрабатываемых в Институте космических исследований РАН:

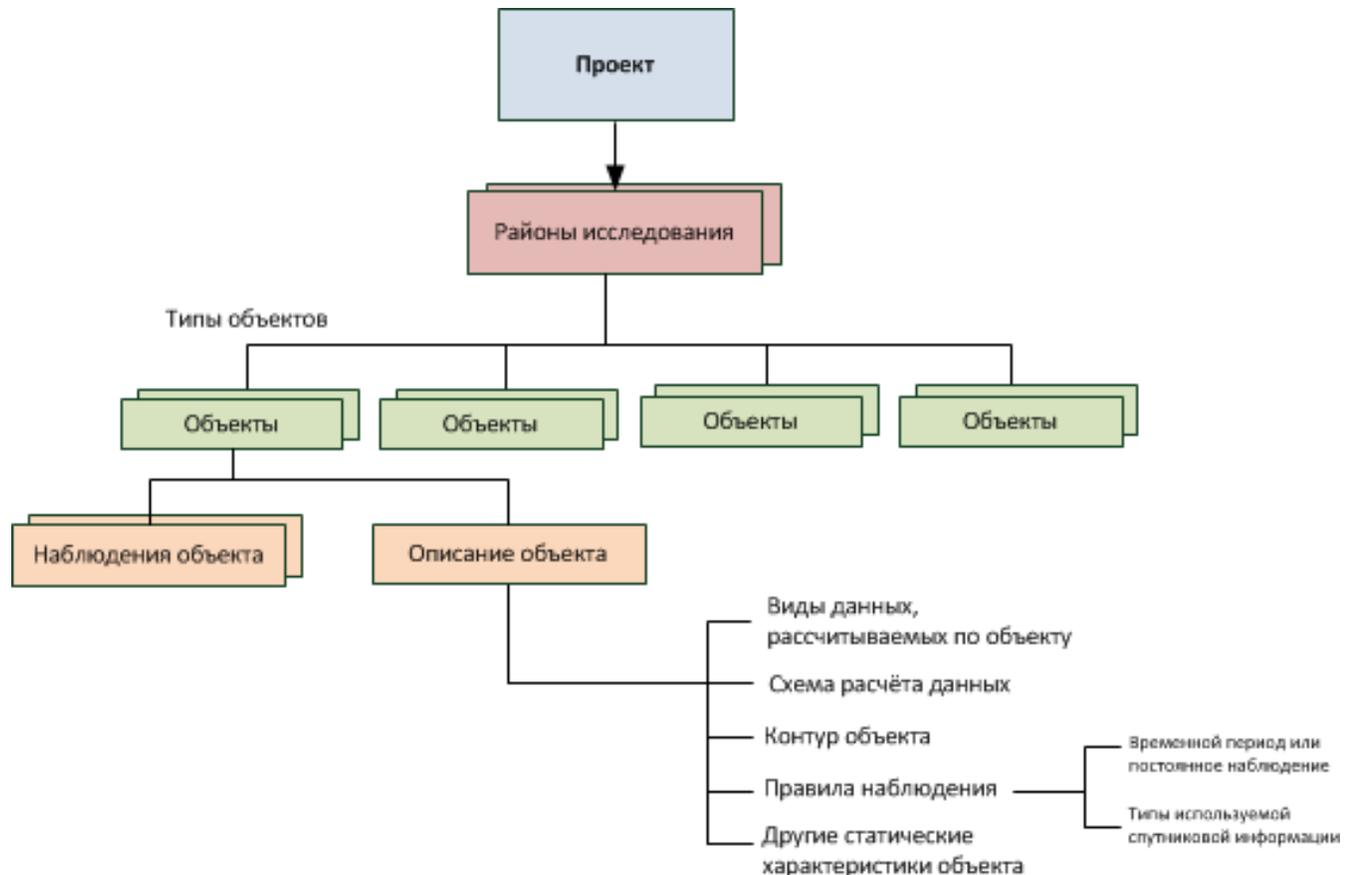
Vega-Science (<http://sci-vega.ru/>)

EcoSatMS (<http://suvo.geosmis.ru/>)

VolSatView (<http://volcano.es.smislab.ru/>)

Задача создания автоматизированной технологии наблюдения за объектами возникает, когда необходимо получать информацию не по отдельным точкам, а по объектам (выделенным участкам) в рамках какого-либо исследования. При этом такой мониторинг должен быть организован однотипным образом, независимо от задач конкретного проекта, типов исследуемых объектов, их числа и географического положения.

Иерархическая структура организации данных «объектного» мониторинга



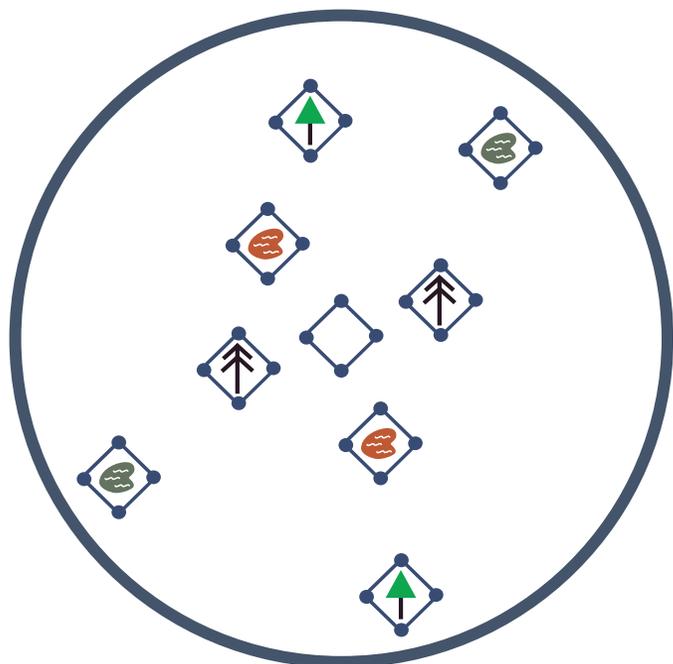
Базовым элементом в этой структуре является **исследовательский проект**, в котором решается конкретная научная задача. Проект делится территориально на различные **районы исследования**. Для каждого района наблюдения заводятся **объекты**. В зависимости от типа и свойств конкретного объекта (промышленный объект, участок занятой естественной растительностью, водоём и т.п.) рассчитываются те или иные **показатели по спутниковым данным**.

Показатели, которые необходимо получать для конкретного объекта, определяются его типом. В рамках одного проекта могут использоваться различные типы объектов. Каждый объект описывается контуром (границей), набором показателей и правилами наблюдений (в том числе, периодом наблюдений или постоянным наблюдением). Для каждого объекта необходимо использовать универсальную схему расчёта показателей, работа которой не зависит ни от показателя, ни от самого объекта.

Организация данных «объектного» мониторинга на примере мониторинга окружающей среды вокруг крупных промышленных объектов



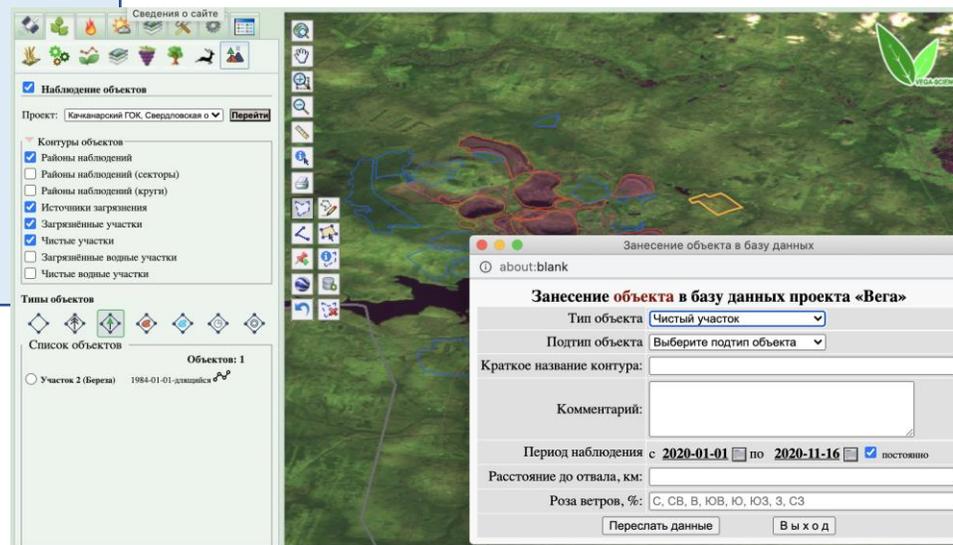
Заводится исследовательский проект (горнодобывающее предприятие) с районом наблюдения, в центре которого находится источник загрязнения (отвал, хвостохранилище и т.п.). Внутри района наблюдения заносятся потенциально «загрязнённые» и контрольные («чистые») участки различного типа. Для каждого участка рассчитывается в зависимости от типа объекта свой набор показателей (спектральных индексов) по всем сценам спутниковых данных, имеющимся в архивах.



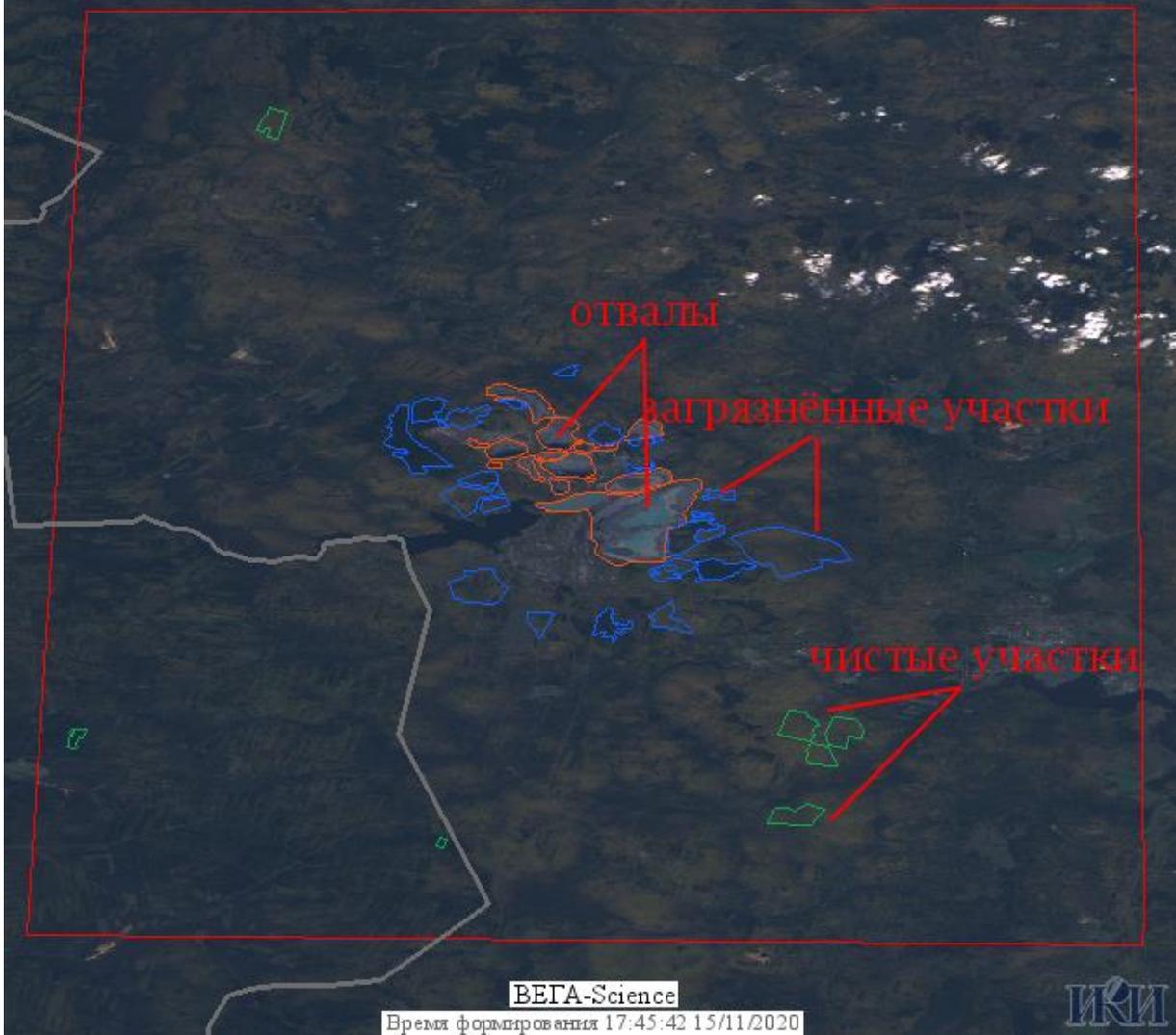
Типы объектов

- источник загрязнения
- загрязнённый участок растительности
- Чистый участок растительности
- загрязнённый водный объект
- Чистый водный объект

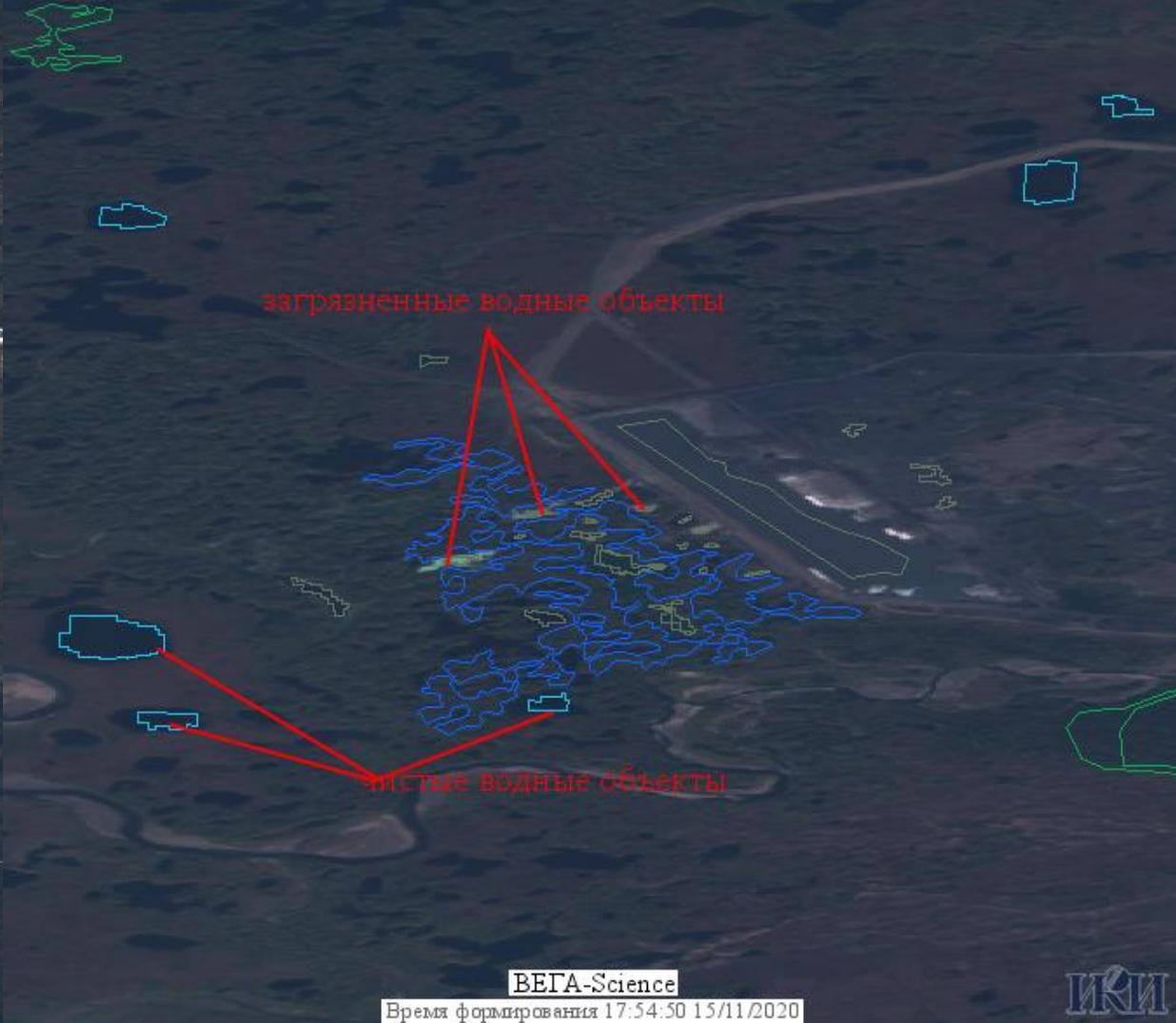
Занесение объекта контроля в картографическом интерфейсе системы Vega-Science



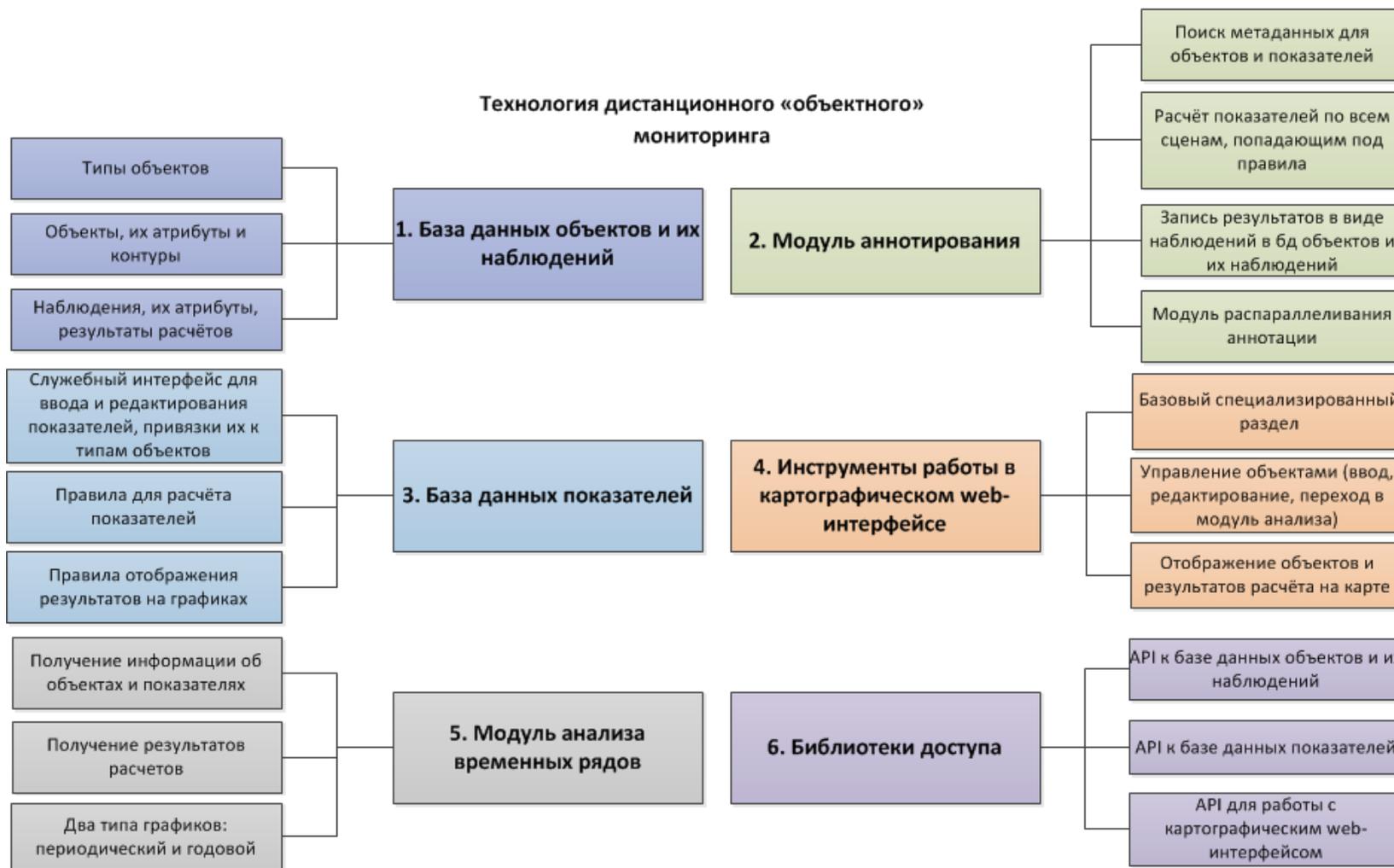
MSI (SENTINEL-2A) 2020-09-27 07:33:28 GMT



MSI (SENTINEL-2A) 2020-09-06 06:19:41 GMT



Общая структура технологии дистанционного «объектного» мониторинга

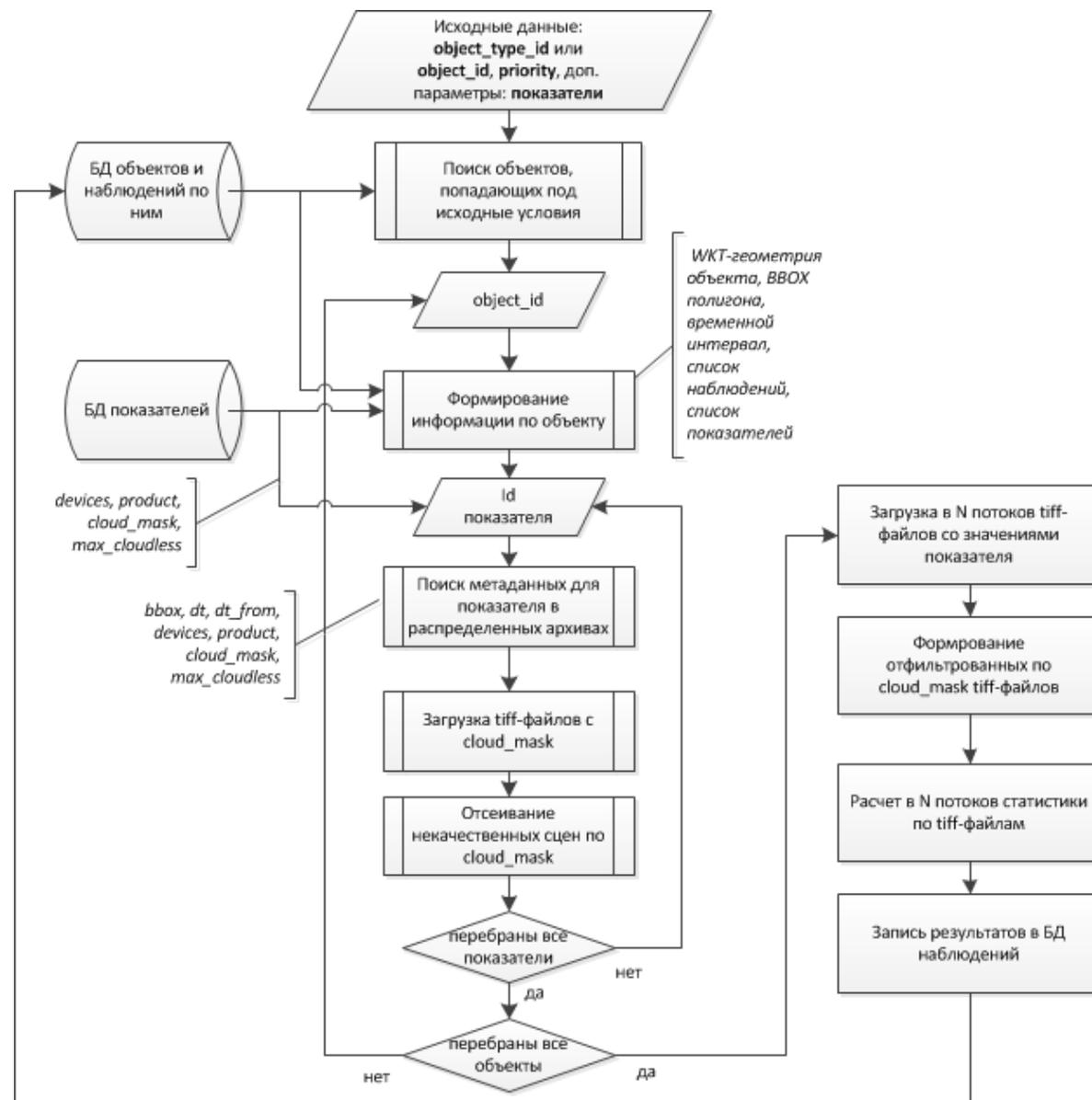


Модуль аннотирования

Модуль работает в двух режимах: расчёт по историческим сценам спутниковых данных для новых объектов и расчёт по оперативным данным, появляющимся в архивах для уже заведённых объектов.

На вход процесса аннотирования поступает информация о типе объектов и режиме запуска, далее происходит поиск объектов, попадающих под заданные условия.

Расчёт показателей и запись результатов в БД для одного нового объекта по всем сценам спутниковых данных, доступных в распределенных архивах, в зависимости от количества рассчитываемых показателей занимает от нескольких минут до часа.



Блок-схема аннотации

Описание показателей

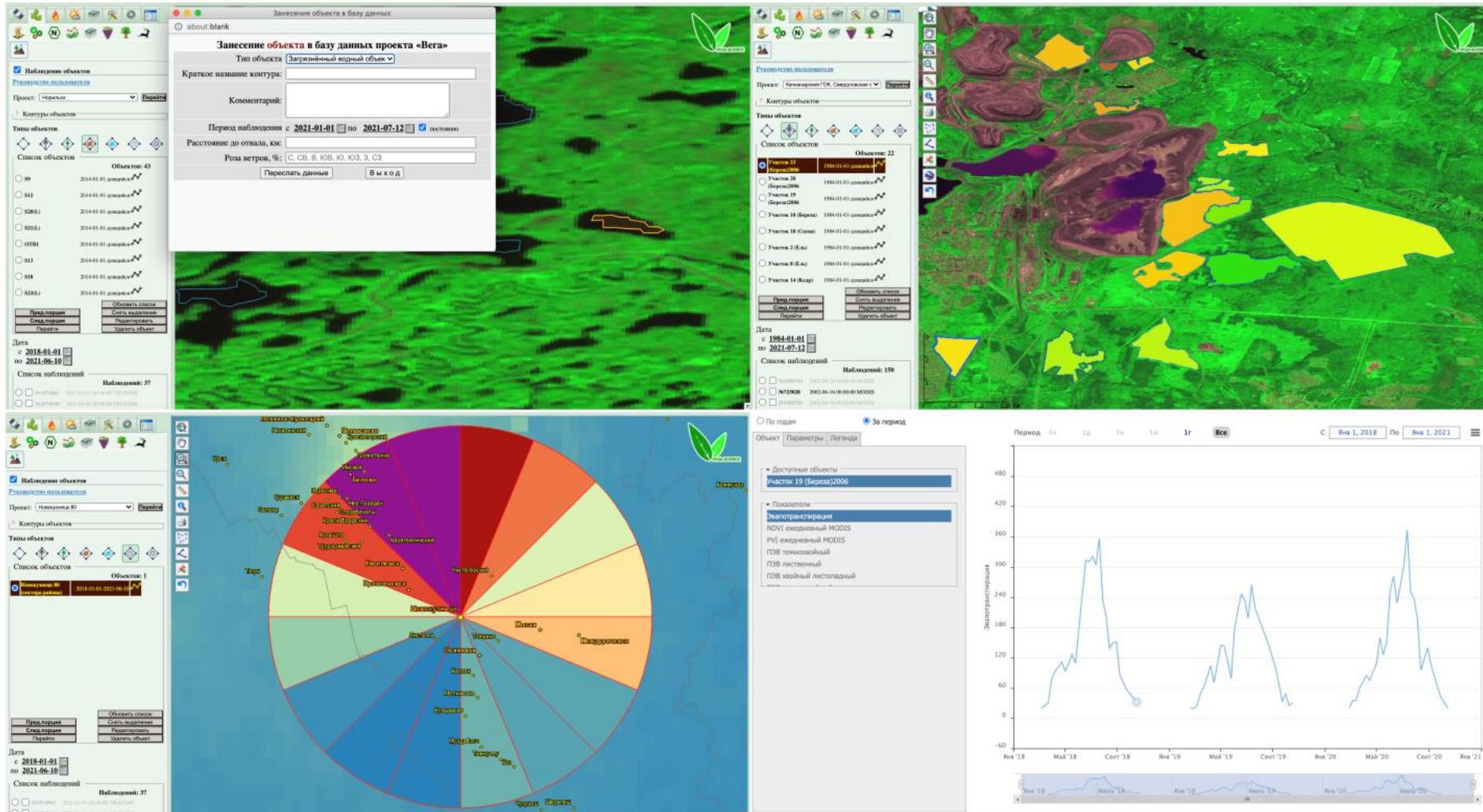
У показателя должно быть описано в БД два типа правил:

- **statistic** – правила, по которым происходит расчёт показателя в модуле аннотации;
- **chart** – правила отображения расчётов на графиках.

Statistic включает в себя:

- Источник данных для расчёта:
 - Информация о спутниковой системе (прибор, спутник).
 - Ссылка на справочную информацию о спектральном индексе либо о тематическом продукте, хранящуюся в архивах ЦКП «ИКИ-Мониторинг».
 - Тип показателя: реальный (с предварительным расчётом) или виртуальный (вычисляемый «на лету» из канальных данных). В случае использования виртуального показателя в БД объектов наблюдений хранятся только рассчитанные канальные значения, а значение самого показателя вычисляется при необходимости. Такой подход позволяет сократить объёмы хранимой информации и сократить ресурсы для расчётов, если разные показатели строятся с использованием одних и тех же канальных данных.
- Процент облачности для поиска сцен в архиве.
- Название тематического продукта, предоставляющего информацию по маске облачности.
- Характеристики для расчёта: среднее значение, СКО, площадь целевых пикселей и т.п.
- Диапазон значений для фильтрации некачественных наблюдений.

Работа с объектами в картографическом web-интерфейсе

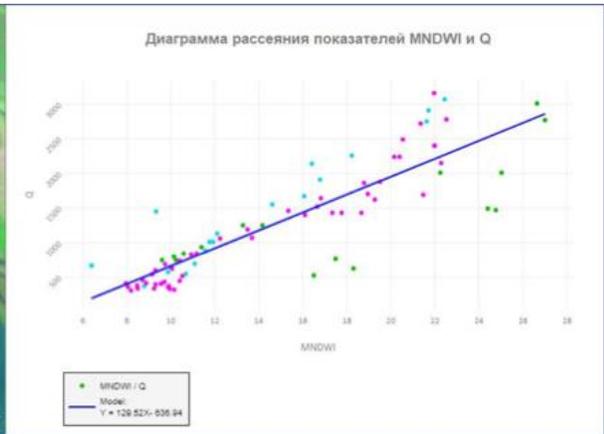
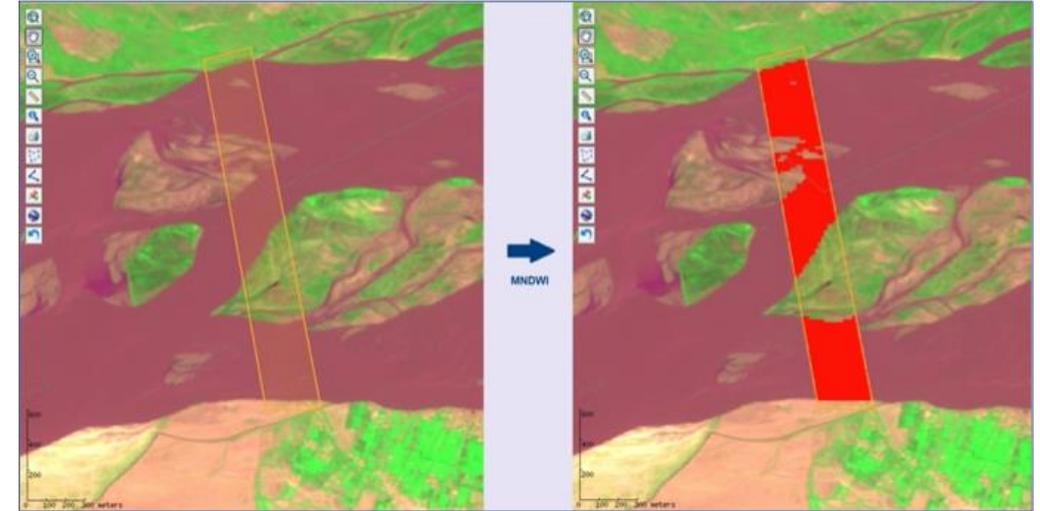
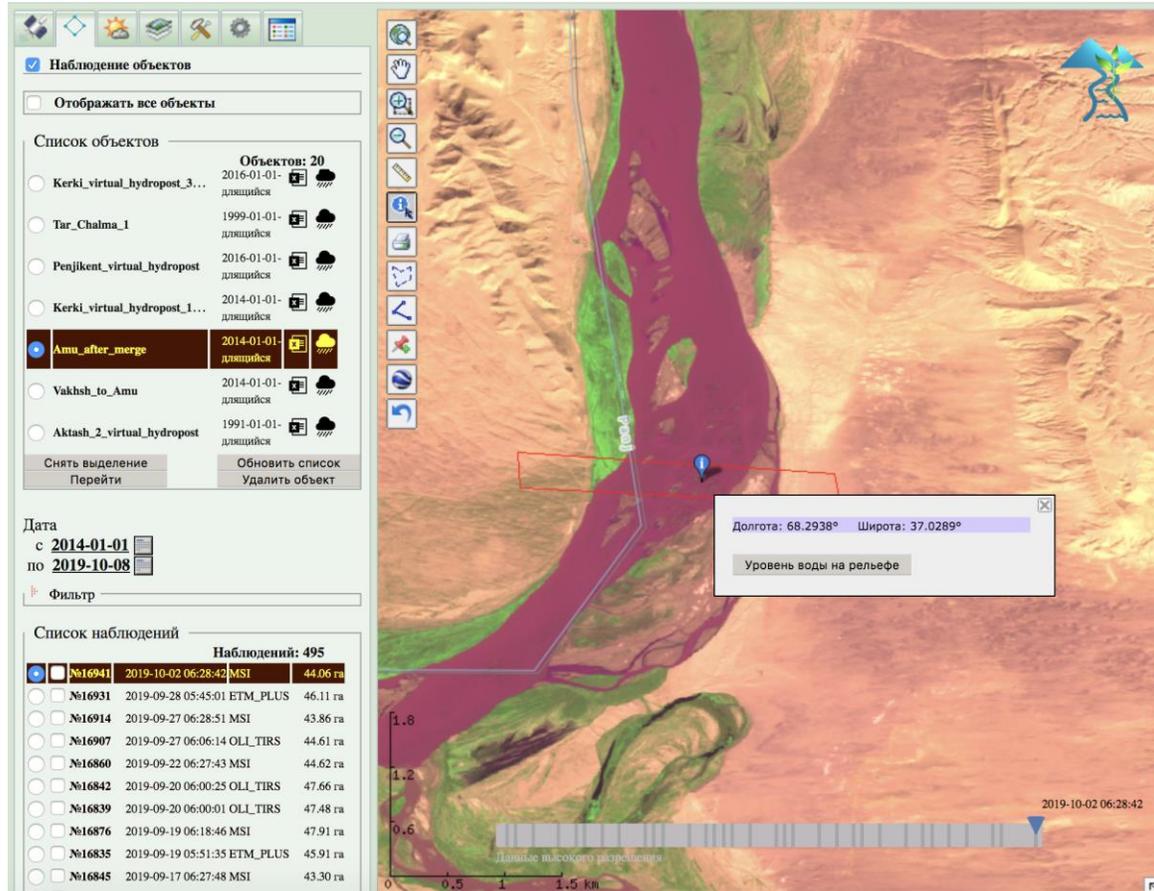


Применение подсистемы «объектного» мониторинга

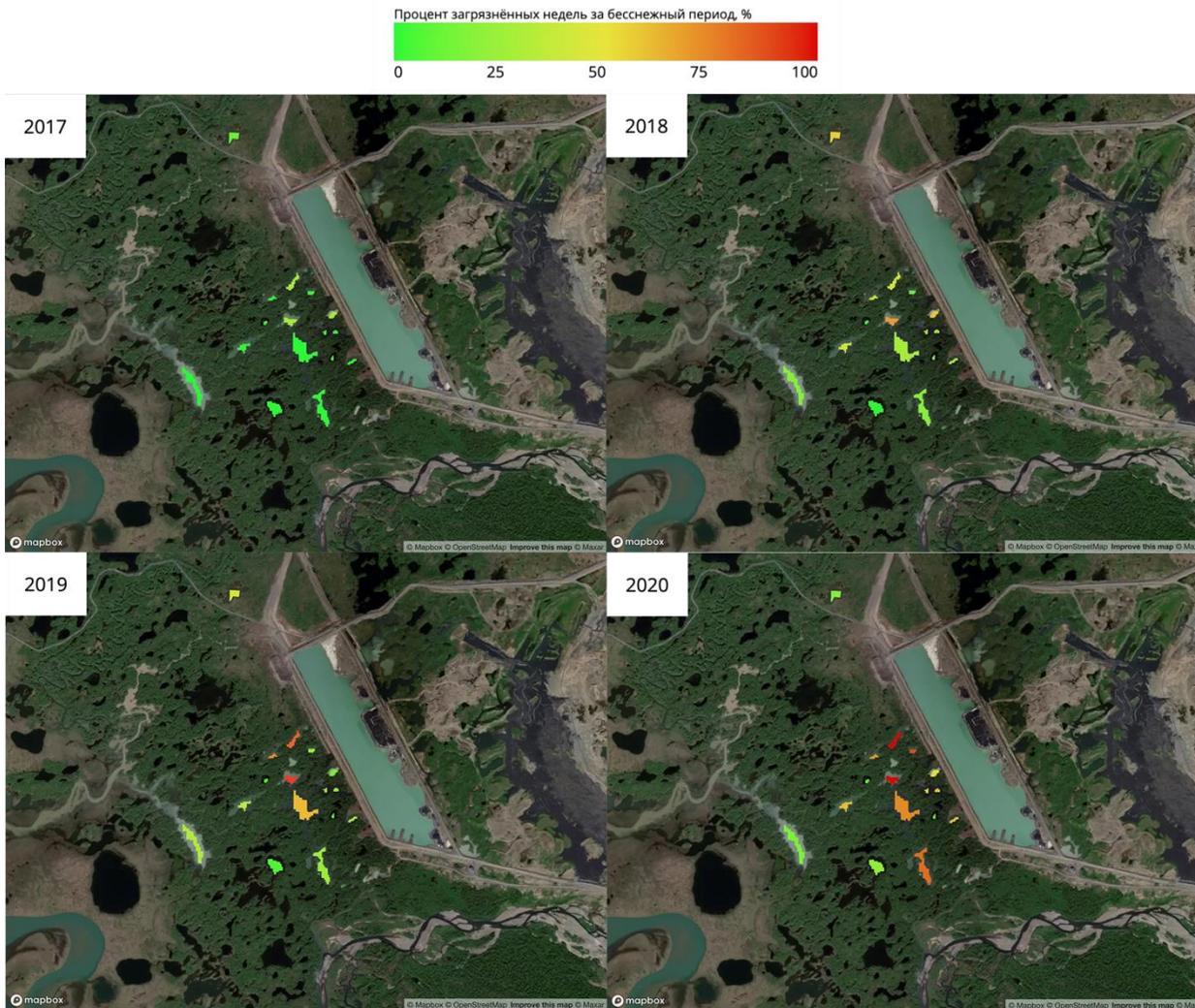
На сегодняшний день созданная подсистема «объектного» мониторинга успешно применяется и в других проектах, среди них:

- Мониторинг водных объектов Узбекистана и Центральной Азии в рамках ИС EcoSatMS (<http://suvo.geosmis.ru>) с использованием «космических гидропостов» (КГП). В качестве показателя для расчета наблюдений по КГП используется площадь водных пикселей, определяемая на основе модифицированного разностного водного индекса MNDWI. Данная площадь отражает водность реки в месте расположения конкретного полигона. Анализ поведения КГП позволяет проводить мониторинг и оценку состояния рек в регионе исследования.
- Анализ состояния окружающей среды в зонах расположения крупных промышленных объектов, техногенных отходов и отвалов в рамках ИС Vega-Science (<http://sci-vega.ru/>). Анализ долговременных значений вегетационных индексов для объектов с однородным лесом на потенциально загрязнённых и незагрязнённых территориях позволяет выявить деградацию растительности в этих зонах. Оценка значений водных индексов позволяет выявить аномальные состояния некоторых озёр вблизи хвостохранилищ и других источников загрязнений.
- Изучение концентрации газовых составляющих в составе атмосферы над территориями крупных городов в рамках ИС Vega-Science (<http://sci-vega.ru/>). Исследования динамики концентрации диоксида азота на основе данных TROPOMI Sentinel 5P над территориями крупных городов России, а также в зоне их влияния. Оцениваются сезонные и межгодовые тренды концентраций, выявляются наиболее загрязнённые диоксидом азота города.
- Мониторинг вулканической активности Камчатки и Курил с использованием ИС VolSatView (<http://volcanoes.smislab.ru/>). В рамках данного проекта созданная технология используется для ведения наблюдения за участками потенциальных извержений в районах действующих вулканов с целью мониторинга и изучения температурных аномалий, возникающих на этих участках. При этом разработанные подходы позволяют обеспечить сбор и анализ информации, получаемой от различных спутниковых систем наблюдений (как низкоорбитальных, так и геостационарных).

Мониторинг «космических гидропостов» в Центральной Азии



Мониторинг водных объектов вокруг крупных промышленных объектов



Загрязнение объекта определялось с помощью автоматизированного индекса выделения воды (**Automated Water Extraction Index AWEI1**):
 $4 \times (\text{GREEN} - \text{SWIR1}) - (0,25 \times \text{NIR} + 2,75 \times \text{SWIR2})$, рассчитанным по данным Sentinel 2 (MSI). Экспериментальным путём было установлено, что пики в значениях индекса соответствуют неестественному цвету объекта

Хвостохранилище «Новое» было построено в рамках модернизации Талнахской обогатительной фабрики в 2015-2017 годах, т.е. начало заполняться в 2017 году. При этом мощность Талнахской обогатительной фабрики возросла более чем на 30%. Представленные рисунке данные о загрязненности окружающих водохранилище озёр указывают на нарастающий уровень их загрязнения в период с 2017 по 2020 годы.

На изображениях представлено цветовым кодом количество недель, когда объекты были загрязнены, нормированное на общее количество недель наблюдений объектов за бесснежный период в каждом году с 2016 по 2020.

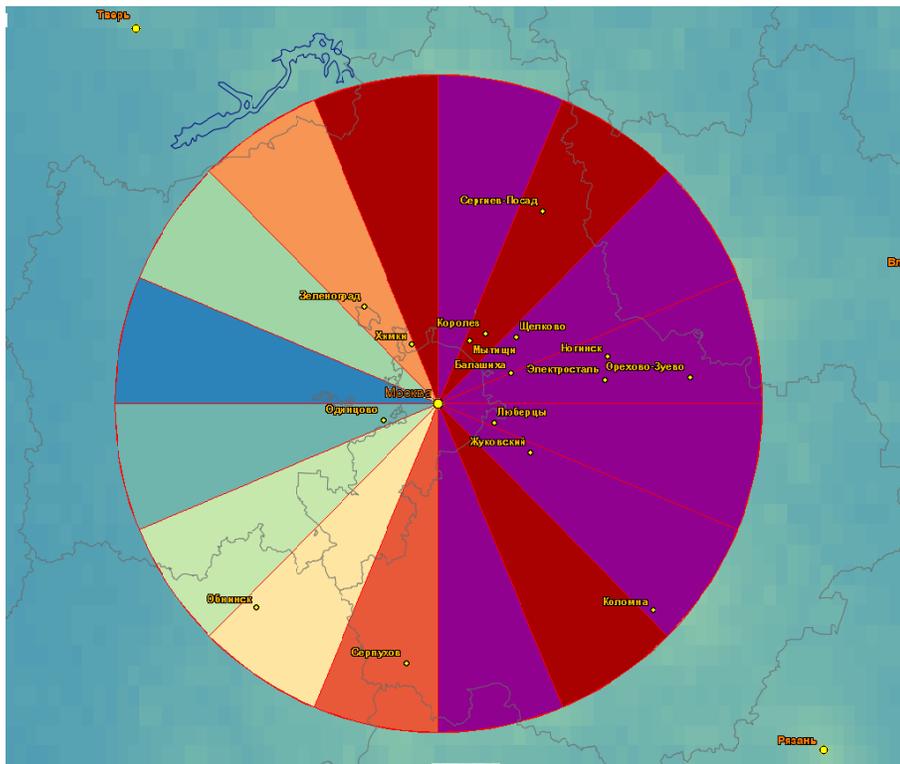
Существует также вероятность того, что при проектировании или строительстве нового хвостохранилища допустили нарушения или ошибки, о чем свидетельствует монотонность возрастания степени загрязнений в районе «водосбросов» этого хвостохранилища.



На снимке видны озёра неестественного цвета вокруг хвостохранилищ

Сброс вод на прилегающую территорию в июне 2020

Анализ концентрации диоксида азота над территорией крупных городов



Распределение многолетней средней концентрации диоксида азота внутри секторов (после «перенормировки») вокруг Москвы(100 км) за 2018-2021 гг.

Место в рейтинге		2018	2019	2020
		1	Москва	139,31
2	Новокузнецк	87,29	103,52	100,47
3	Санкт-Петербург	95,04	92,57	70,47
4	Иркутск	72,33	81,83	82,83
5	Красноярск	65,29	66,82	72,23
6	Кемерово	59,37	72,25	68,50
7	Челябинск	60,20	68,40	67,59
8	Новосибирск	57,84	64,84	70,69
9	Нижний Новгород	58,92	52,15	48,00
10	Екатеринбург	52,66	54,22	61,77
11	Казань	45,29	46,23	42,00
12	Самара	51,60	47,90	45,00
13	Ростов-на-Дону	48,00	57,45	50,90
14	Воронеж	46,53	45,33	48,66
15	Омск	39,04	41,65	45,39

Средняя годовая концентрация NO2 по TROPOMI

Результаты

Созданная технология «объектного» дистанционного мониторинга:

- позволяет решать разнообразные задачи и организовывать постоянный дистанционный мониторинг различных природных и природно-антропогенных объектов, исследовать их в ретроспективе
- создание специализированных систем в интересах конкретных проектов не требует значительных трудовых и временных затрат, поскольку создан инструментарий, позволяющий легко формировать схемы работы с информацией в интересах конкретной системы или проекта

Благодарности

Спасибо за внимание!

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 19-37-90114 с использованием возможностей ЦКП «ИКИ-Мониторинг», поддерживаемого в рамках темы «Мониторинг» Минобрнауки (госрегистрация № 01.20.0.2.00164)

konstantinova.anouk@gmail.com

