

# **Оценка влияния разработок полезных ископаемых на мутность воды рек Дальнего Востока по спутниковым данным**

---

**Assesment of the mining impact on the water turbidity of the Far East rivers using satellite data**

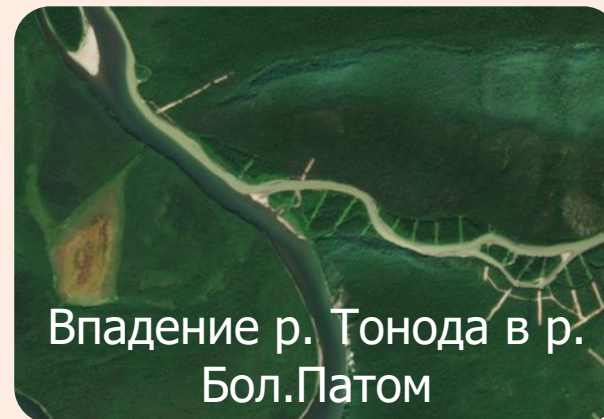
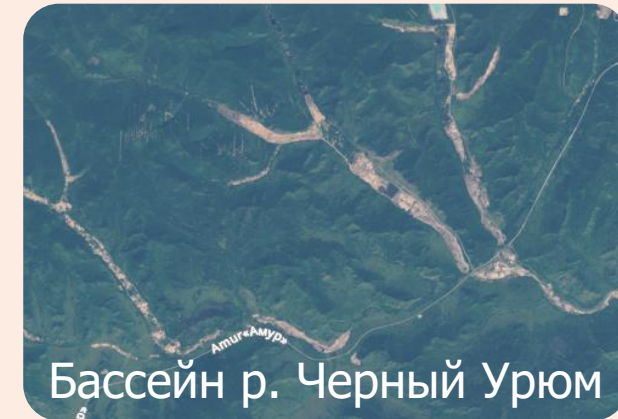
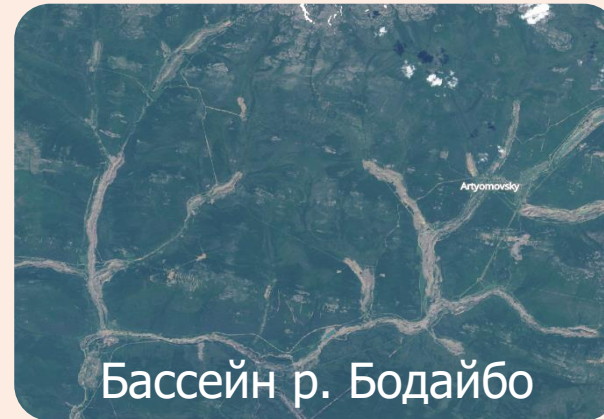
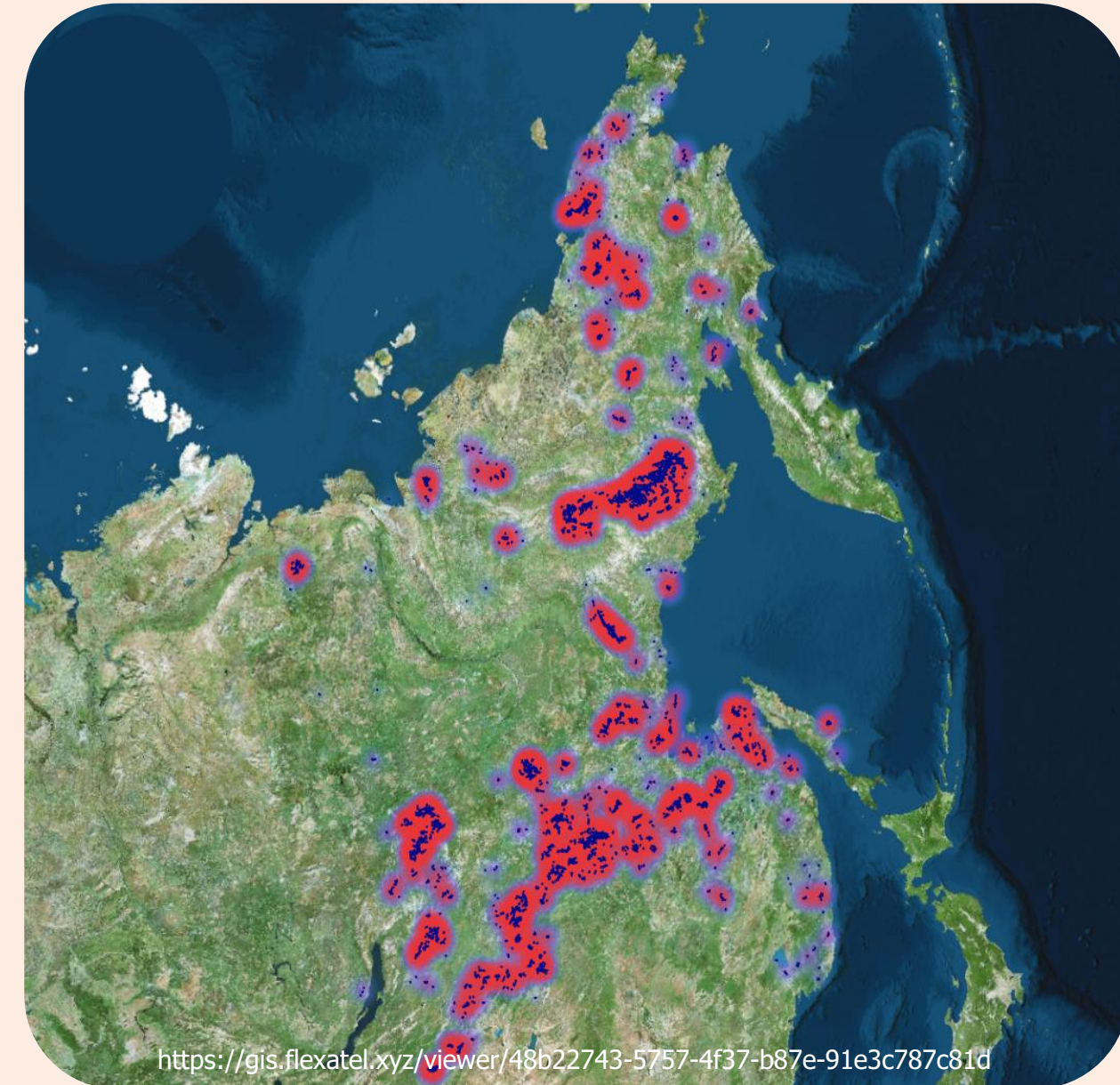
**Иннокентьев А.И.\*, Школьный Д.И.\*, Прокопьева К.Н.\***

\*МГУ им. М.В. Ломоносова, НИЛ Эрозии почв и русловых процессов

# Россыпные месторождения и их распространение на Дальнем Востоке

## Почему не обойтись без спутниковых данных?

Россыпные месторождения (россыпи) — группа осадочных месторождений полезных ископаемых, представляющая собой скопление обломочных горных пород, содержащих ценные минералы



# Материалы и методы

## Используемые спутниковые системы

### Landsat – 8

- Программа USGS и NASA
- Оснащен OLI и TIRS
- Разрешение 30 метров (видимый, NIR, SWIR), 100 метров (термальный) и 15 метров (панхроматический).

### Sentinel – 2

- Программа Европейского космического агентства
- Пространственный охват – полоса 290 км
- Разрешение 10 метров (видимый, NIR), 20 метров (SWIR)

## Применение облачных технологий Google Earth Engine (GEE)

### Преимущества GEE:

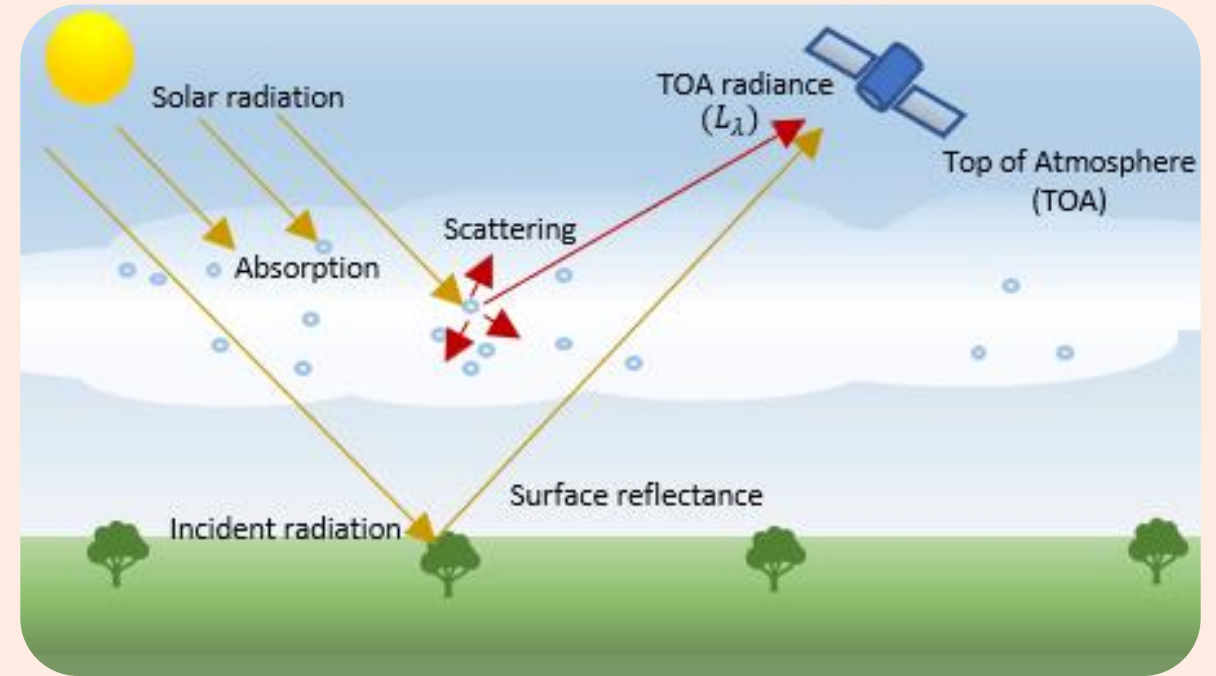
- Упрощает доступ к данным, устраняя необходимость в самостоятельном сборе и обработке информации.
- Облачные вычисления позволяют проводить анализ больших объемов данных с высокой скоростью и эффективностью.
- Адаптируется к различным исследовательским задачам и объемам данных, обеспечивая гибкость и масштабируемость.

# Материалы и методы

## Выявленные проблемы

### Атмосферная коррекция

- Встроенные алгоритмы атмосферной коррекции (CFMask и Sen2cor) работают по принципу «черного ящика», поэтому была коррекция была проведена по алгоритму SIAC



### Проблемы фильтрации облаков

- Встроенные полосы качества QA\_PIXEL (Landsat) и SCL (Sentinel) способны маскировать только крупные массивные облака, оставляя без внимания более высокие перистые облака, дымку и туманы

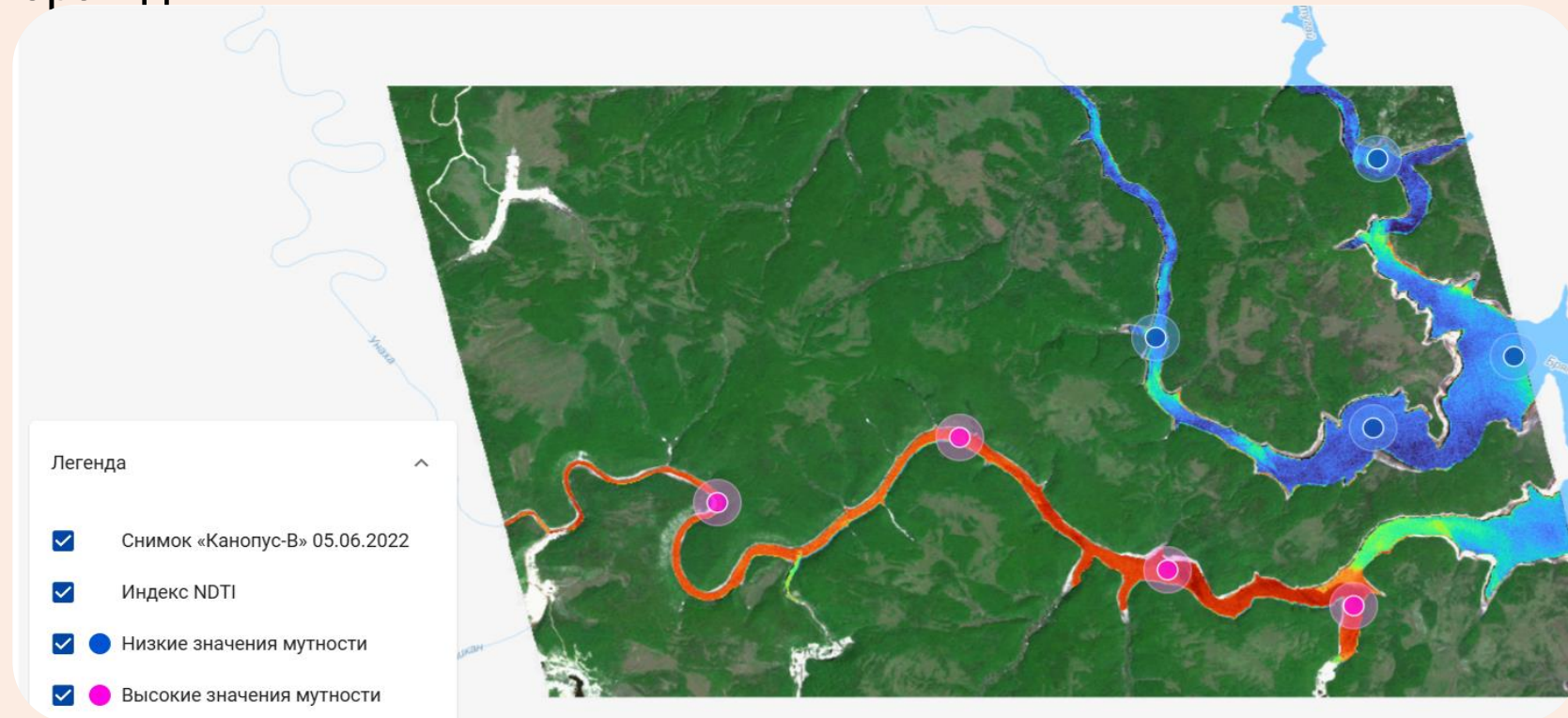
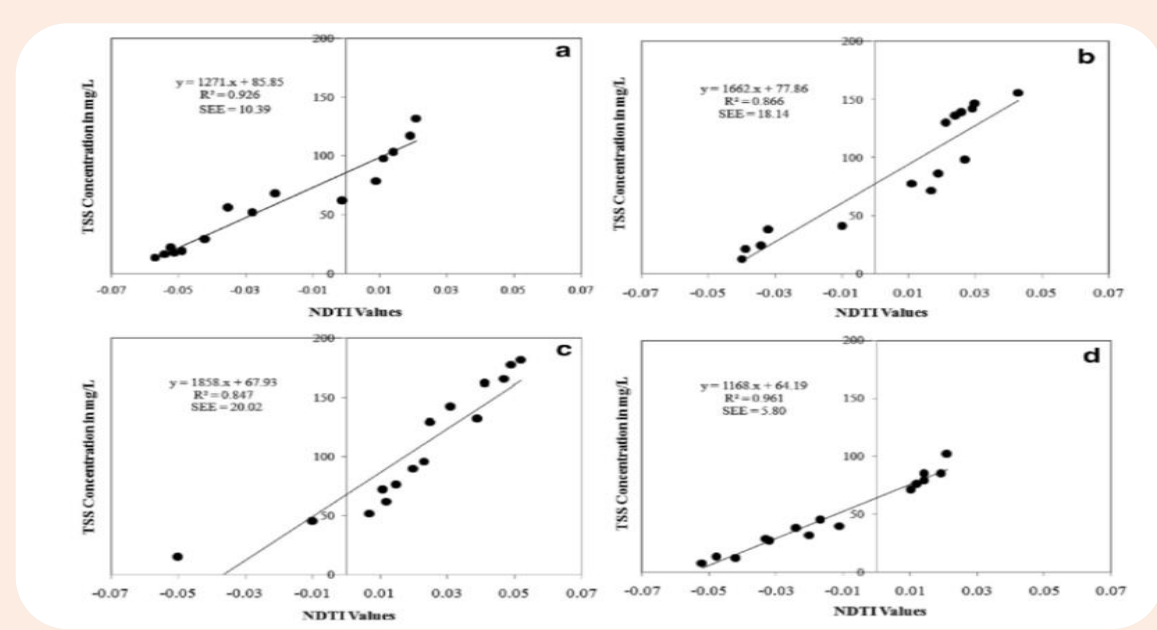


# Проблема использования индекса NDTI

Индекс дает визуально сравнимые результаты для одного объекта, но на основании наших работ показал неприменимость для широкомасштабных оценок (в пространственном плане)

По принципу своей работы индекс скорее отражает прозрачность воды, которая для спутника не соответствует определяемой *in situ* из-за ветрового перемешивания (особенно в реках)

При этом, существует большое количество работ, показывающих хорошую связь между значениями индекса и оценкой мутности по полевому пробоотбору



# Проблема использования индекса NDTI

## Почему индекс кажется нам неприменимым?

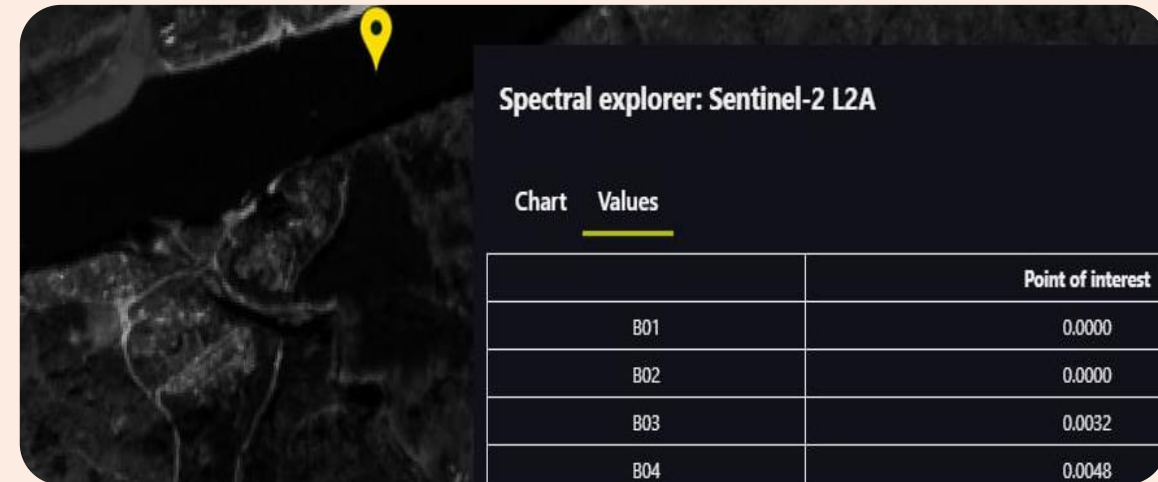
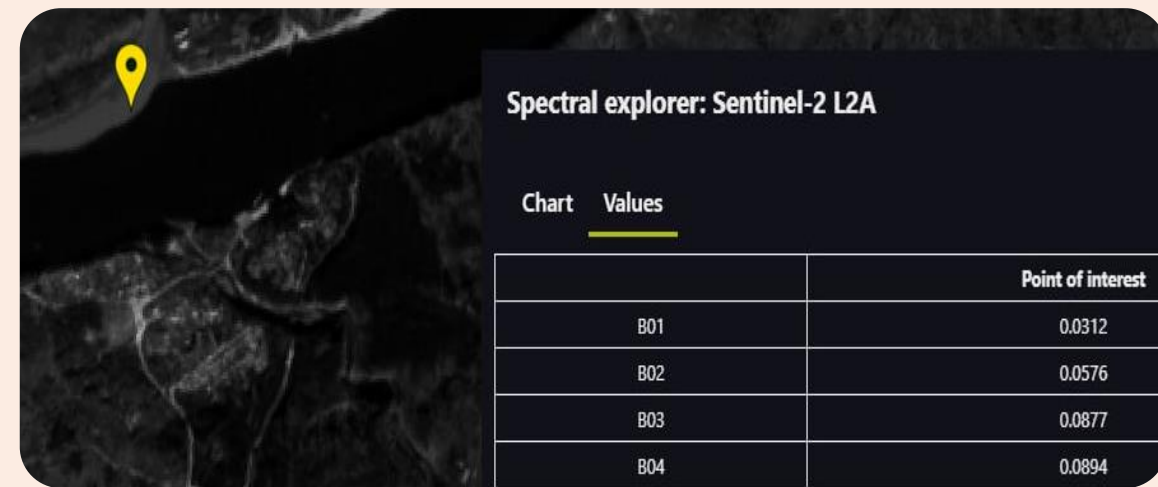
Принято, что отрицательные значения соответствуют градациям чистой воды. На практике нулевое значение не имеет количественной характеристики и изменяется в зависимости от типа, состава и количества взвеси

### Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal

J.P. Lacaux <sup>a</sup> ✉, Y.M. Tourre <sup>a1</sup>, C. Vignolles <sup>a</sup> ✉, J.A. Ndione <sup>b</sup>, M. Lafaye <sup>c</sup>

Normalised Difference Turbidity Index (Lacaux et al., 2007)  $NDTI = \frac{Red - Green}{Red + Green}$

Исходя из примера, особенностью использования индекса является возможность его использования только для изображений без атмосферной коррекции, так как в механизм коррекции заложено «обнуление» значений отражения каналов для эталона чистой воды. Таким образом, мы можем получать корректные значения для одного снимка, но сравнивать разные даты и тем более – разные территории - невозможно



На данном примере индекс на шлейфе мутности ближе к нулю, чем на чистой воде, за счет того, что разность значений каналов одинаковая, а сумма у мутной воды – несравнимо больше

# Проблема использования индекса NDTI

## Почему индекс кажется нам неприменимым?

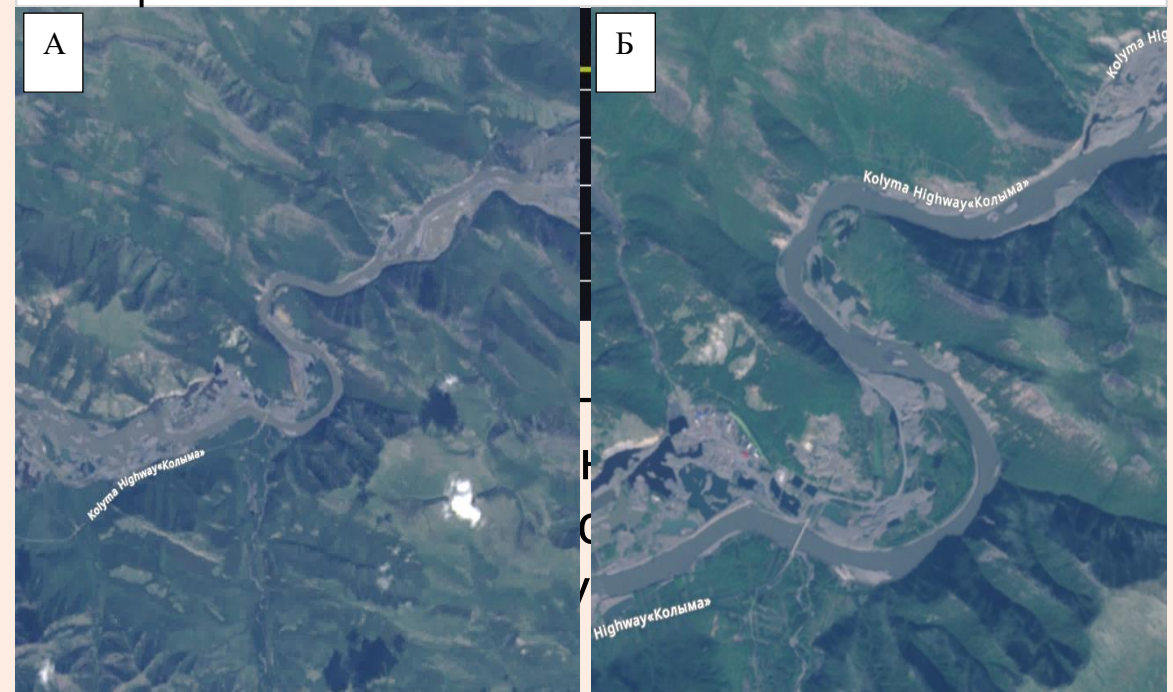
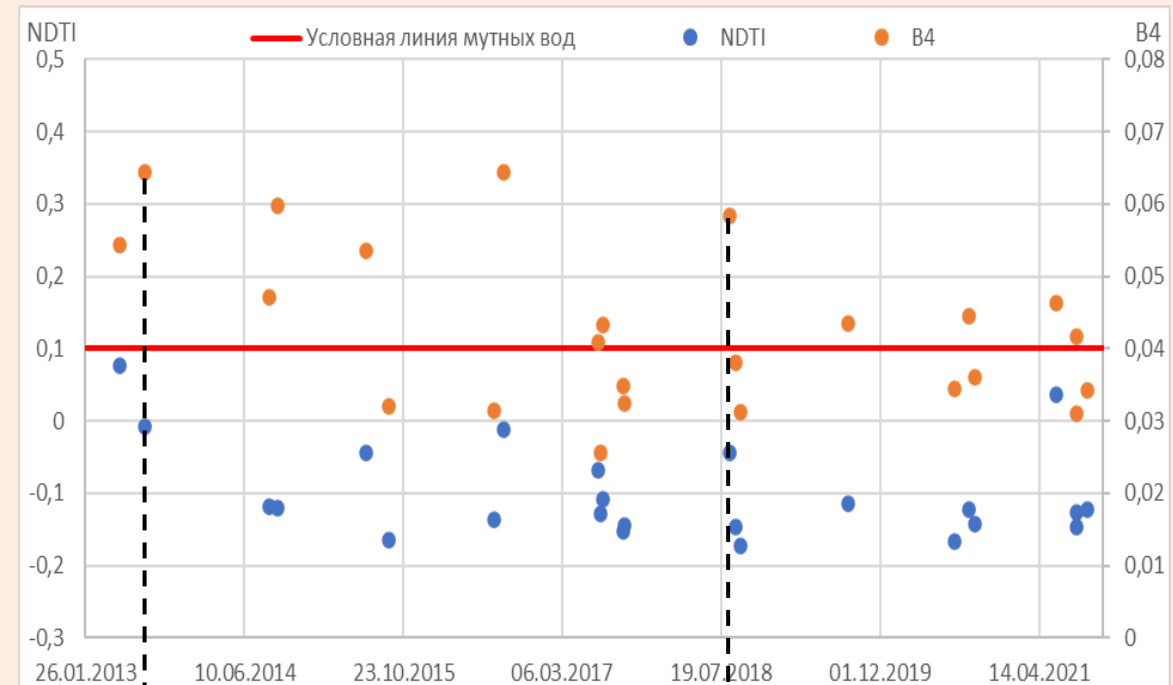
Принято, что отрицательные значения соответствуют градациям чистой воды. На практике нулевое значение не имеет количественной характеристики и изменяется в зависимости от типа, состава и количества взвеси

### Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal

J.P. Lacaux <sup>a</sup>✉, Y.M. Tourre <sup>a1</sup>, C. Vignolles <sup>a</sup>✉, J.A. Ndione <sup>b</sup>, M. Lafaye <sup>c</sup>

Normalised Difference Turbidity Index (Lacaux et al., 2007)  $NDTI = \frac{Red - Green}{Red + Green}$

Исходя из примера, особенностью использования индекса является возможность его использования только для изображений без атмосферной коррекции, так как в механизм коррекции заложено «обнуление» значений отражения каналов для эталона чистой воды. Таким образом, мы можем получать корректные значения для одного снимка, но сравнивать разные даты и тем более – разные территории - невозможно



# Материалы и методы

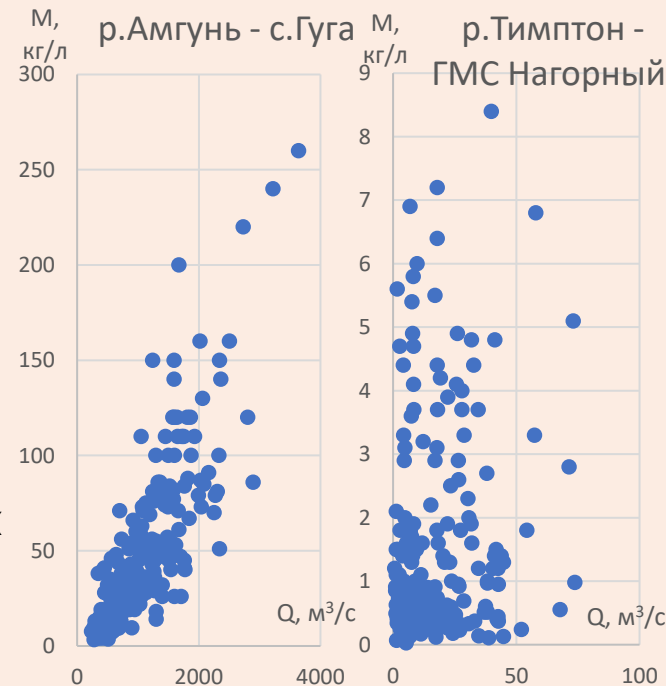
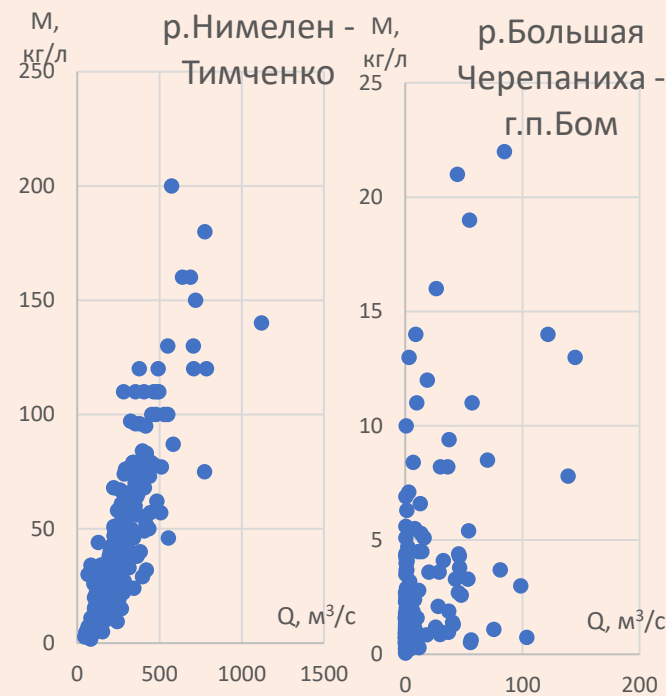
## Данные для верификации

Отобраны посты для анализа со следующими особенностями:

- Присутствуют данные по необходимым характеристикам в открытых источниках
- Посты должны располагаться на реках, шириной более 60 м
- Возможен перенос точки мониторинга поста ниже по течению
- На больших реках установлены дополнительные точки в сечении

В результате было отобрано 74 г/п и метеостанциям

- Данные по ср. дек. мутности, ср. дек расходам воды - АИС ГМВО, по осадкам и температуре - AISORI для периода 2008-2021 г, соответствующему возобновлению добычи во многих бассейнах
- Для получения рядов данных и их парсинга был использован язык программирования Python
- Для построения графиков совместного хода расходов воды, мутности и взвешенных наносов была использована библиотека matplotlib



## Анализ взаимосвязи среднедекадных расходов воды и мутности

В природных условиях мутность имеет степенную зависимость от расхода

$$C_s = aQ^b$$

Для больших рек графики связи имеют более тесную связь

- При малых площадях водосборов незначительный поверхностный смыв может вызывать значительное повышение мутности, без значительного повышения расходов воды.

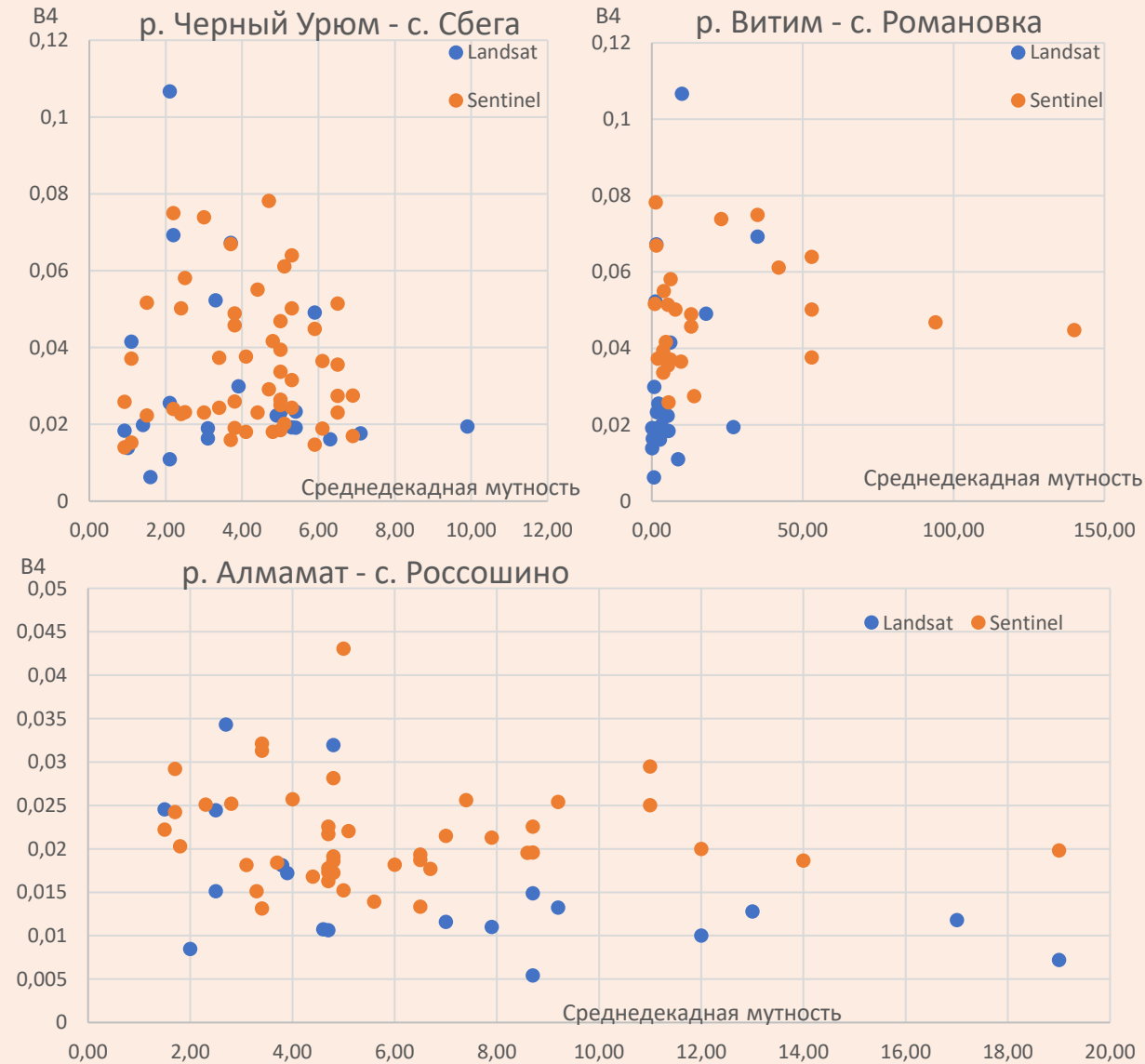
Вопросы к данным

- Как проводится отбор проб воды на определение весовой мутности?
- Насколько створ/точки отбора проб репрезентативны относительно шлейфов возможных сбросов?
- Каким образом усредняются до среднедекадных значений?
- Может ли быть такое, что произошел сброс, а в этот момент мутность на посту не измерялась?



# Сопоставление данных натуральных наблюдений с ДДЗ

## Связь коэффициентов отражения и среднедекадной мутности



Попытка пересчета КО в весовую мутность

Были опробованы следующие зависимости:

- Для бассейнов р. Селенги [Tarasov et al., 2021]
- Для бассейнов р. Лены [Чалов, Прокопьева, 2021]

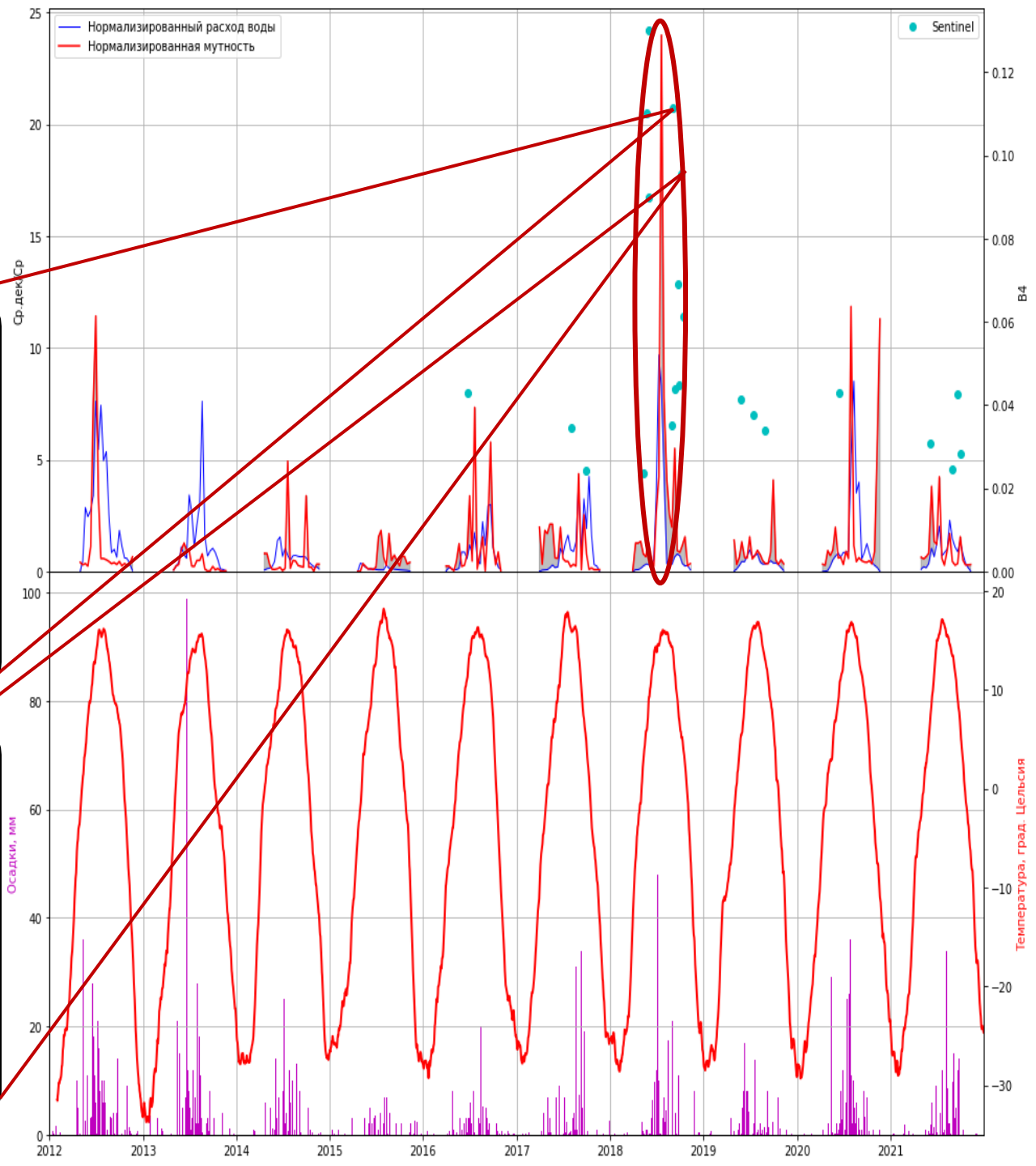
Река/пост	Мах по г/п, г/л	Мах по модели, г/л		Мах по модели / мах пог/п	
		по Лене	по Селенге	по Лене	по Селенге
р. Амалат – с. Россошино	62	26,9	-2,8	2,30	22,1
р. Черный Урюм – с. Сбега	21	136	28,2	0,15	0,74
р. Нера – пос. Ала-Чубук	280	72,5	10,1	3,86	27,7

Сравнение мах модельных и мах наблюдаемых значений мутности

# Результаты и обсуждения

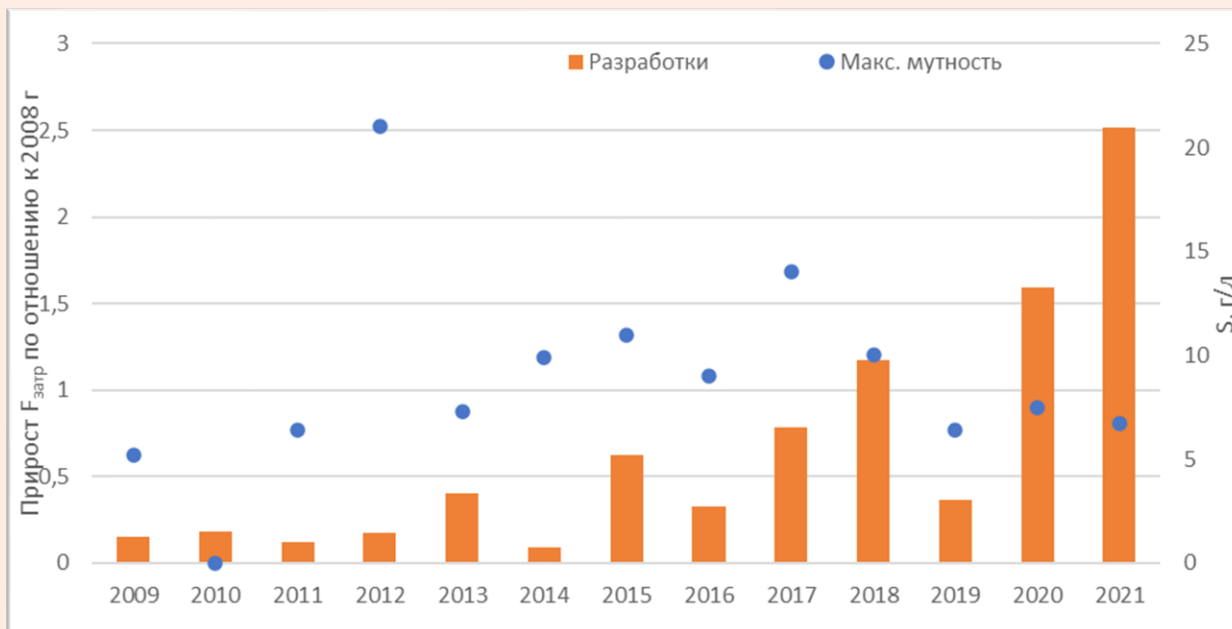
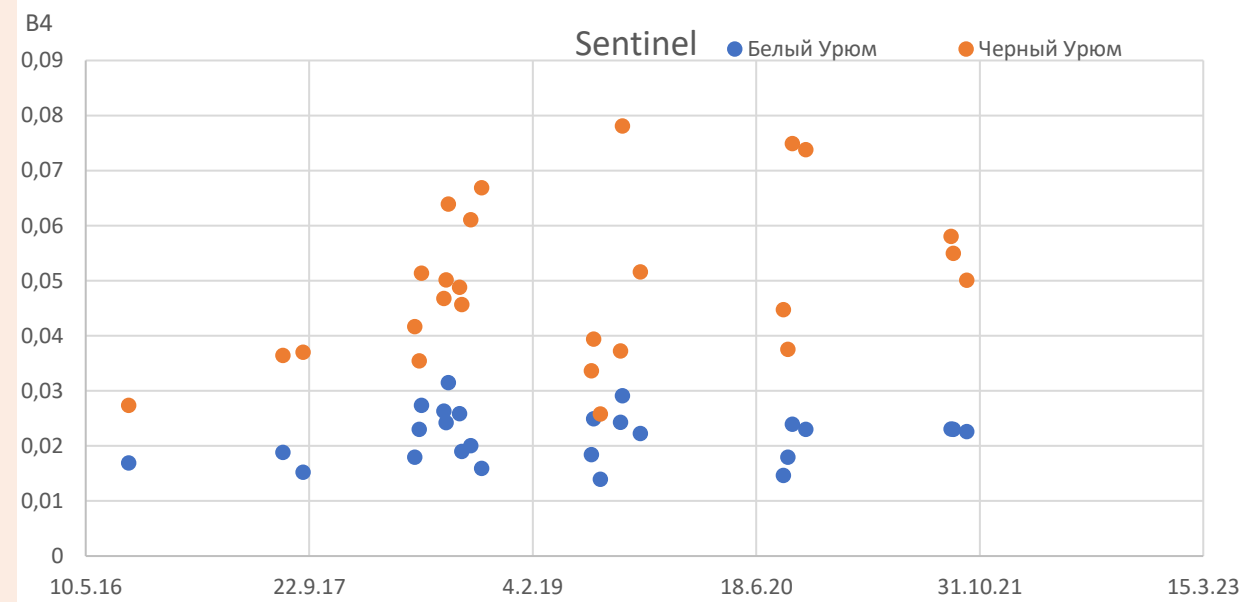
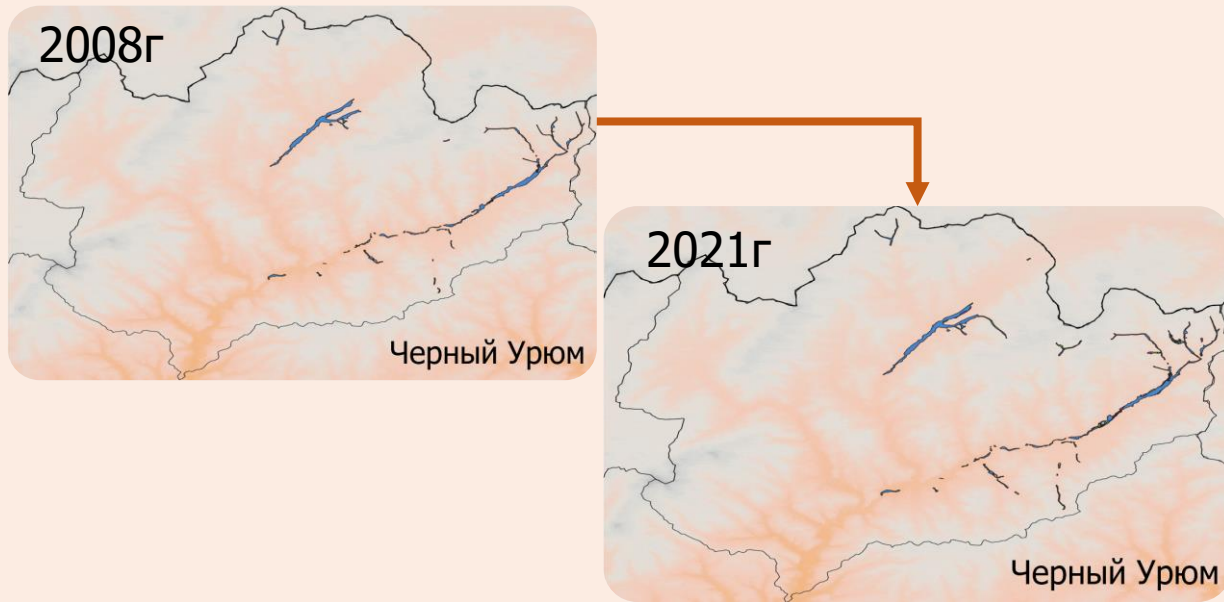
Детальный анализ с помощью комплексного графика(на примере р. Багдарин)

2018 год

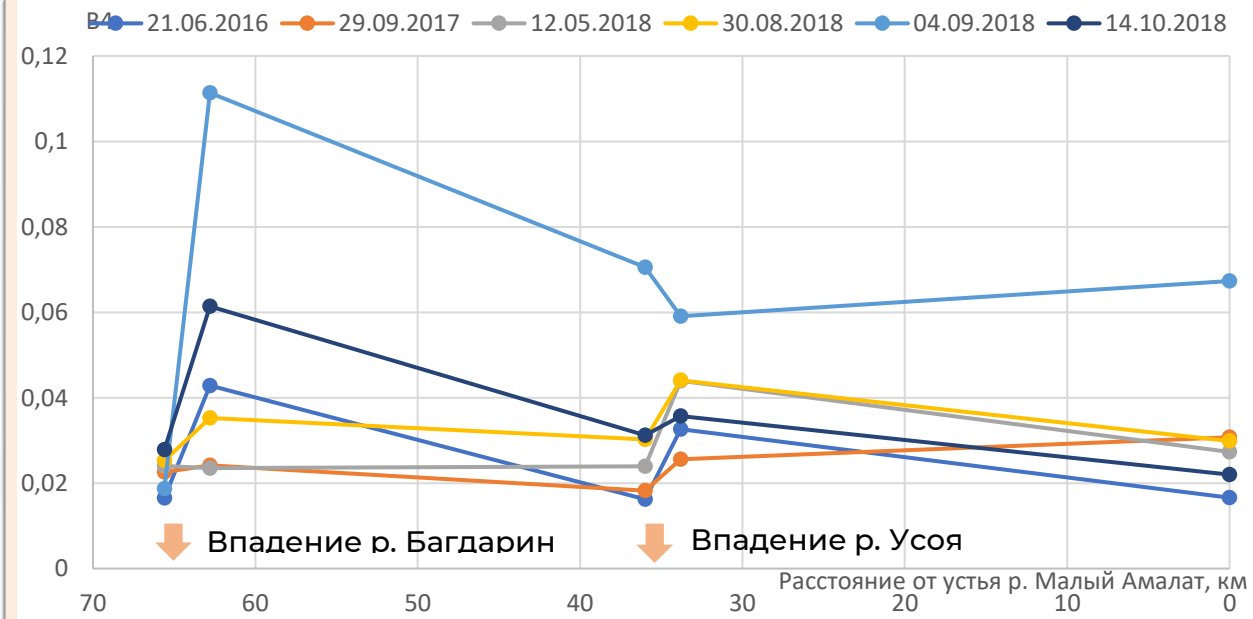


# Результаты и обсуждения

## Сравнение Белого и Черного Урюма по КО



Прирост площадей разработок в бассейне



Пространственная изменчивость мутности на примере р. Малый Амалат

# Выводы

- В исследовании были выявлены проблемы автоматизированного сбора данных ДЗЗ, включая необходимость визуального контроля качества снимков и ограничения индекса NDTI для оценки мутности воды.
- Анализ 74 гидрологических постов показал наличие экстремальных значений мутности в районах с большой площадью, затронутой разработками
- Предложенный полуавтоматический метод мониторинга показал хорошие результаты, доказал зависимость мутности воды от площади разработок, однако необходимы дальнейшие усилия по улучшению методов обработки и интерпретации данных ДЗЗ для более точной оценки воздействия горнодобывающей деятельности на экологическое состояние водотоков.

Контакты для связи:

Почта: [innokentevai@my.msu.ru](mailto:innokentevai@my.msu.ru)

Телеграм:

