

**ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ИМЕНИ А.Н.СЕВЧЕНКО  
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА, МИНСК**

**Опыт внедрения методов и технологий  
автоматизации процессов экологического  
мониторинга с использованием спутниковых  
данных и систем искусственного интеллекта**

*Семененко Л.В., Кочик Е.Н., Сорока А.М., Андрейчик Д.В.,  
Захаренков М.А., Шкабара В.В., Каштан А.О.*

# Пример

---

Создание информационно-аналитической системы контроля и анализа деятельности в водоохранннх зонах

Потребитель:



Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

# Изначальная цель

---

Автоматизированный\* мониторинг  
хозяйственной деятельности в водоохраных зонах  
на основе данных ДЗЗ

Данная цель подлежала уточнению и конкретизации  
решаемой задачи

\* Автоматизация предполагает наличие в процессе человека: оператор ДЗЗ будет заверять результаты обработки, так как существует множество ограничений, не позволяющих организовать полностью автоматический мониторинг на основе существующих нейронных сетей и данных ДЗЗ.

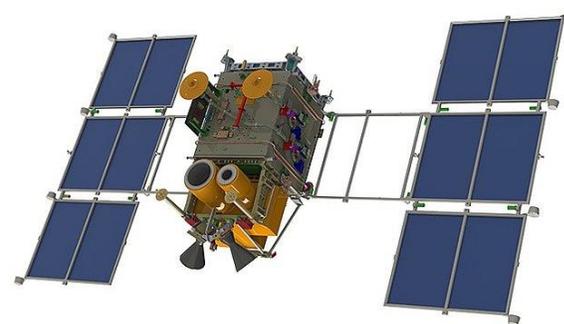
# Постановка задачи (этап 1)

## Анализ доступных источников ДЗЗ

---

Критерии:

- 1) наличие спектральных каналов;
- 2) открытость источника данных;
- 3) временное разрешения;
- 4) пространственное разрешение;
- 5) полоса охвата;
- 6) точность привязки;
- 7) время поступления данных.



## Постановка задачи (этап 2)

### Анализ законодательной базы Республики Беларусь

Анализ на предмет возможных нарушений. Критерии:

- 1) ограничение должно быть явно прописано в нормативном правовом акте;
- 2) нарушение должно быть в ведении Потребителя.

## Постановка задачи (этап 3)

---

Практическая проверка аналитических результатов по критериям:

- 1) объект нарушения должен быть достаточного размера для дешифрирования;
- 2) объект нарушения может быть локализован с необходимой степенью точности;
- 3) объект нарушения должен сохраняться достаточно долгое время для подтверждения на местности;
- 4) объект нарушения должен обладать явными признаками, позволяющими определить его на поканальных или синтезированных изображениях;
- 5) нарушения должны быть регулярными (не единичными).

**В ручном режиме были просмотрены водоохранные зоны 7 районов республики Беларусь на данных ДЗЗ высокого и сверхвысокого разрешения.**

## Итоговая задача

---

Автоматизированный мониторинг появления новых объектов загрязнения в водоохраных зонах на основе данных Белорусской системы космического зондирования Земли (БКА и Канопус-В) на основе нейронных сетей глубокого обучения

---

Актуальность задачи высокая: для каждого объекта загрязнения должны быть разработаны природоохранные мероприятия, которые разрабатываются только в рамках проектов водоохраных зон, период обновления которых может составлять многие годы.

# Анализ существующих проблем

---

Для мониторинга водоохраных зон требуются точные пространственные данные по всей республике.

Такого источника не оказалось, по причине различия в подходах при разработке проектов водоохраных зон между разными исполнителями, и отличиям в ведении пространственных данных у исполнительных и распорядительных органов, организаций Минприроды и Госкомимущества.

# Причины существующих проблем

---

1

Отсутствие обязательного при разработке проектов водоохраных зон источника классификации водных объектов (размер зоны зависит от классификации);

2

Расхождение в границах водных объектов и земель под водными объектами, которые формируют разные ведомства;

3

Разработка проекта водоохранной зоны без учета специфики землеустройства;

4

Публикация проектов в виде карт-схем недостаточного пространственного разрешения с их последующей оцифровкой для нужд землеустройства.

# Решение существующих проблем с данными

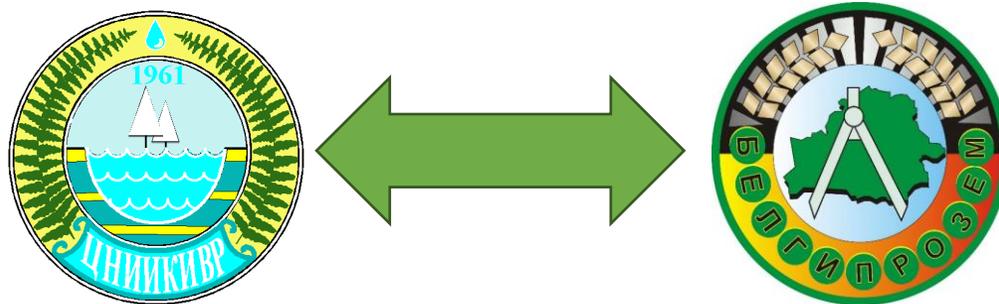
---

1

Созданы тематические слои, являющиеся основным источником качественных пространственных и атрибутивных данных для различных категорий пользователей

2

Переработаны бизнес-процессы Минприроды и Госкомимущества в части их синхронизации и совместного использования данных;



Основой обмена данными являются разработанная технология и «Соглашение о взаимодействии и информационном обмене» между УП «Проектный институт Белгипрозем» и РУП «ЦНИИКИВР»:

# Проведенная автоматизация

---

Были разработаны:

1

Взаимосвязанные цифровой реестр водных объектов и каталог водоохранных зон;

2

Программный комплекс контроля появления новых объектов загрязнения в водоохранных зонах на основе обработки спутниковых данных с использованием нейронных сетей глубокого обучения

3

Мобильное приложение для проведения обследований в водоохранных зонах

# Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (обучение)

---

Был организован итерационный подход по формированию обучающей выборки:

Шаг 1: Анализ объектов загрязнения, указанных в существующих проектах водоохраных зон – всего 5430 объектов для формирования облика объекта;

Шаг 2: формирование обучающей и валидационной выборки из небольшого количества объектов (несколько сотен);

Шаг 3 и далее: анализ результатов обучения, выделение классов объектов, вызывающих наибольшее количество ложноположительных и ложноотрицательных ошибок – расширение выборок объектами данных классов

# Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (обучение)

---

Итоговая обучающая выборка:

Истинные объекты

**4800 штук**

включают классы:

- новые строения;
- земляные работы, стройка.

Ложные объекты

**7470 штук**

включают классы:

- поле;
- вырубка леса;
- облако;
- новые местные дороги.
- многоквартирные жилые дома;
- малые сооружения и т.д.

# Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (нейронная сеть и результаты)

На основе проведения экспериментов была выбрана нейронная сеть SegNeXt, показавшая наилучшие результаты на сформированной обучающей выборке.

Итоговая достигнутая точность – **75,76%** по метрике mIoU (mean intersection over union).

Оператор ДЗЗ в недельный срок смог заверить результаты сравнения съемочных сезонов за 2022 и 2023 г. по республике, итог заверки – более 300 потенциальных новых объектов загрязнения.

# Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (примеры)

---



# Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (примеры)

---



# Автоматизированный мониторинг объектов загрязнения (примеры)

---





Спасибо за внимание

**Кочик Евгений Николаевич**

eugene.kochik@gmail.com