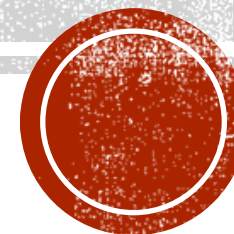




ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ



Докладчик:
Орлов Сергей Александрович
Вычислительный центр ДВО РАН, Хабаровск, Россия



ВВЕДЕНИЕ

Горнодобывающая промышленность оказывает комплексное воздействие на окружающую среду, затрагивая различные компоненты экосистемы: воздух, воду, землю, биоразнообразие и т.д. Эти воздействия имеют глобальный характер, но особенно заметны в странах с развитой горнодобывающей промышленностью. Помимо непосредственно горнодобывающей деятельности, экологический эффект оказывают и отходы, остающиеся после её завершения. При этом, их объёмы, измеряемые тысячами тонн, представляют определенную ценность и являются потенциальными техногенными месторождениями. Их повторное использование способствует значительной трансформации сформировавшихся в процессе первичной переработки ландшафтно-геохимических условий, обусловленной изъятием и перемещением больших масс горных пород и природных вод в пределах горного отвода.

Исходя из этого, высокую значимость имеет оценка состояния природно-технических систем и изучения участков, вовлеченных во вторичную переработку, и разработки рекомендаций по минимизации ущерба.



ЦЕЛЬ РАБОТЫ

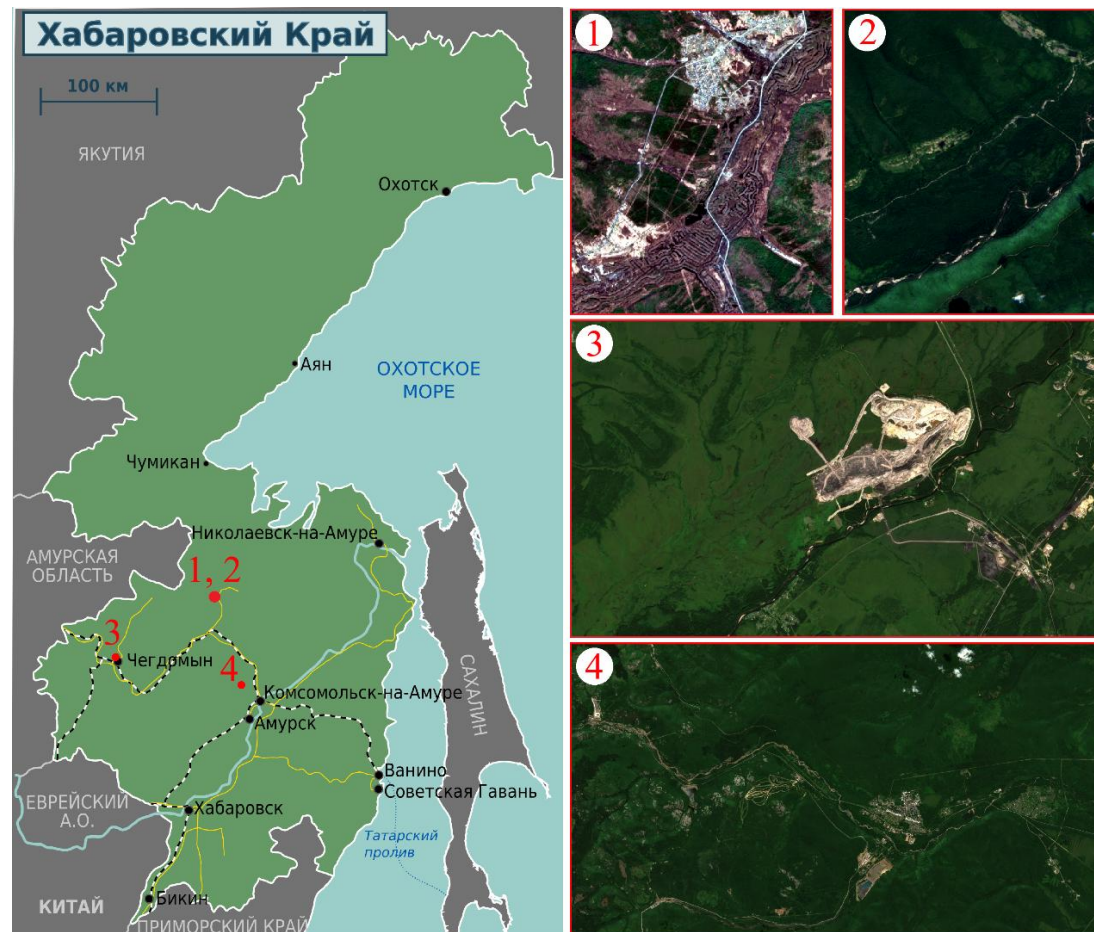
Целью данной работы является разработка информационной системы, которая в автоматизированном режиме будет выполнять все этапы получения и обработки массивов данных дистанционного зондирования для дистанционного экологического мониторинга объектов минерально-сырьевого комплекса Хабаровского края.

Данная система поможет существенно улучшить оперативность и качество комплексного экологического мониторинга территорий горнорудных работ.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В качестве основных входных данных система использует спутниковые снимки Sentinel-2. Для расширения периода мониторинга также используются данные с семейства спутников Landsat, что позволяет выполнять более детальный анализ исследуемых объектов. Помимо спутниковых данных, в системе могут быть использованы данные полевых исследований и информация о состоянии исследуемой территории из открытых источников.

Объектами интереса в работе являются дражные отвалы, карьеры, хвостохранилища и зоны угольного пылевого загрязнения.



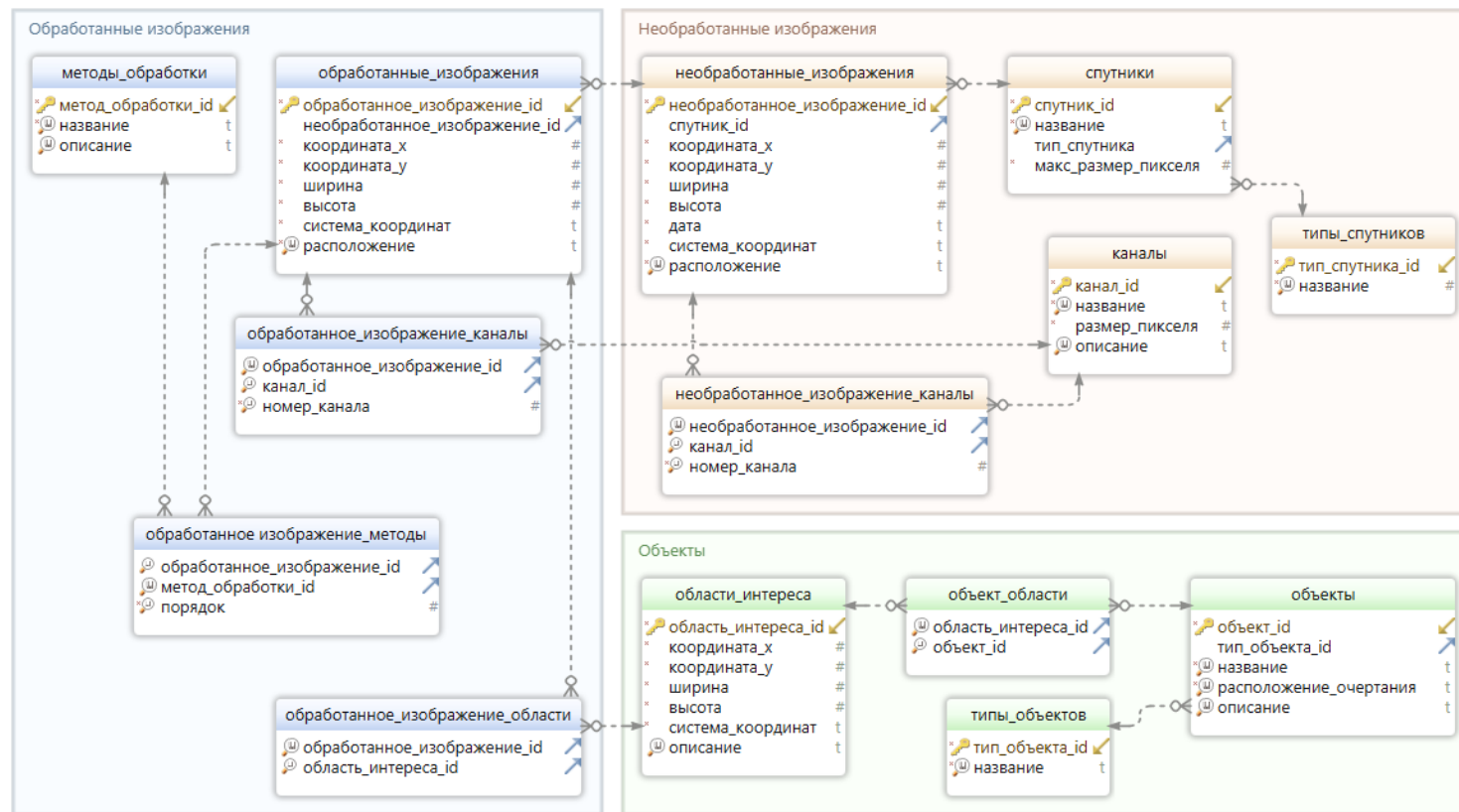
СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Информационная система имеет модульную структуру содержащую: менеджер данных, модуль обработки данных, модуль анализа данных, а также программный интерфейс приложения и графическую оболочку.



ХРАНИЛИЩЕ ДАННЫХ

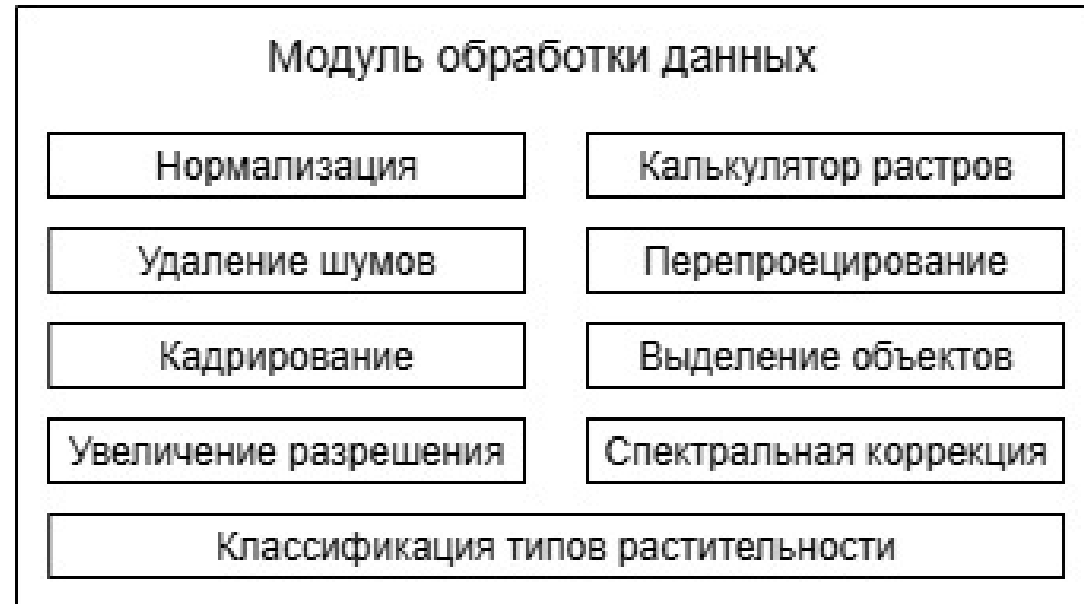
Хранилище данных имеет три логических блока, хранящих информацию о необработанных данных, информацию об обработанных данных и информацию об объектах наблюдения.



МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Для предварительной обработки исходных данных реализованы следующие функции:

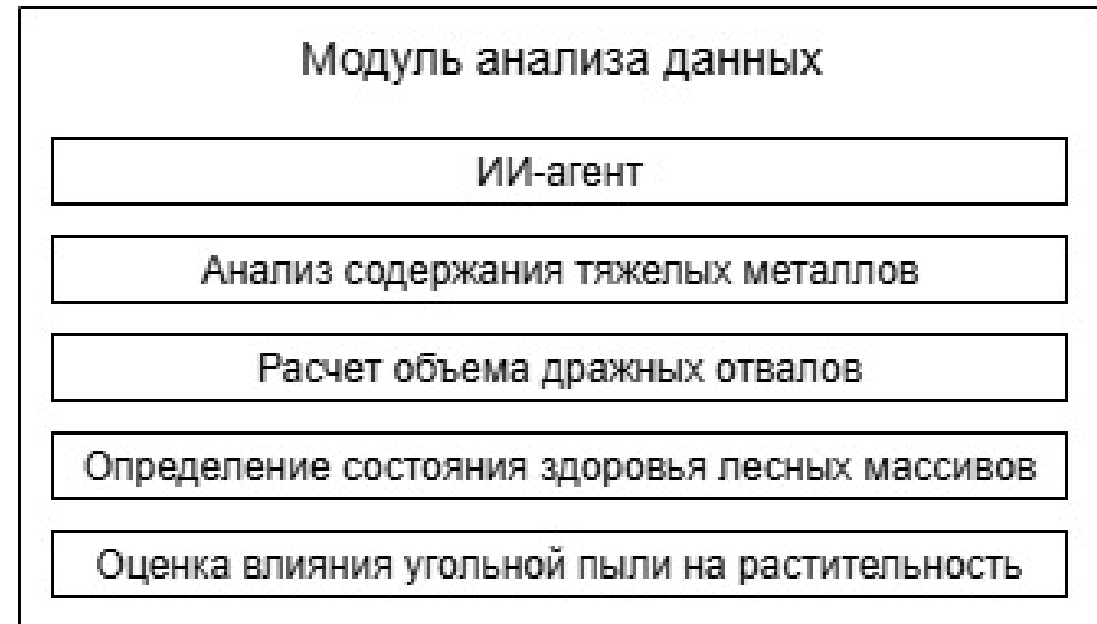
- кадрирование,
- удаление шумов,
- нормализация,
- спектральная коррекция,
- перепроецирование,
- увеличение разрешения,
- калькулятор растров,
- выделение объектов,
- классификация типов растительности.



МОДУЛЬ АНАЛИЗА ДАННЫХ

В качестве функции анализа для мониторинга исследуемых объектов реализованы:

- расчет объема дражных отвалов,
- оценка влияния угольного пылевого загрязнения на растительность,
- оценка состояния здоровья лесных массивов,
- анализ содержания тяжелых металлов в почве,
- формирование аналитического отчета с помощью ИИ-агента.



РАСЧЕТ ОБЪЕМА ДРАЖНЫХ ОТВАЛОВ

Для расчета объемов дражных отвалов использовались цифровые модели поверхности ASTER, ALOS, Copernicus и цифровые модели местности FABDEM и GEDTM.

Чтобы снизить влияние растительности на результат расчета объема используются данные Global Forest Canopy Height, описывающие высоту лесного полога.

Важно отметить, что высота дражных отвалов на разных участках может сильно меняться. Для снижения влияния амплитуды высоты на результат расчета, исследуемая область разделяется на сегменты с помощью алгоритма создания полигонов Вороного.

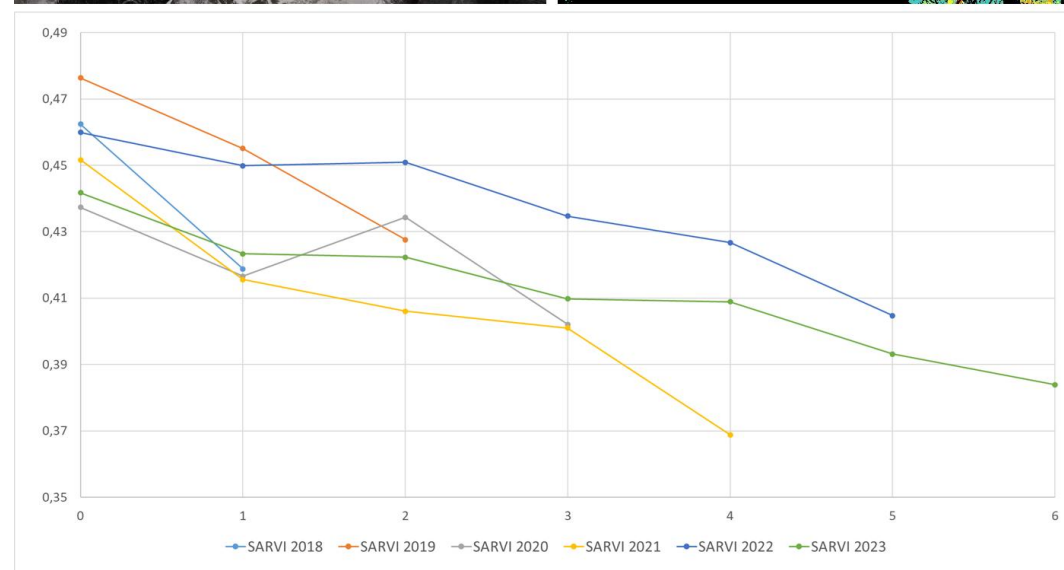
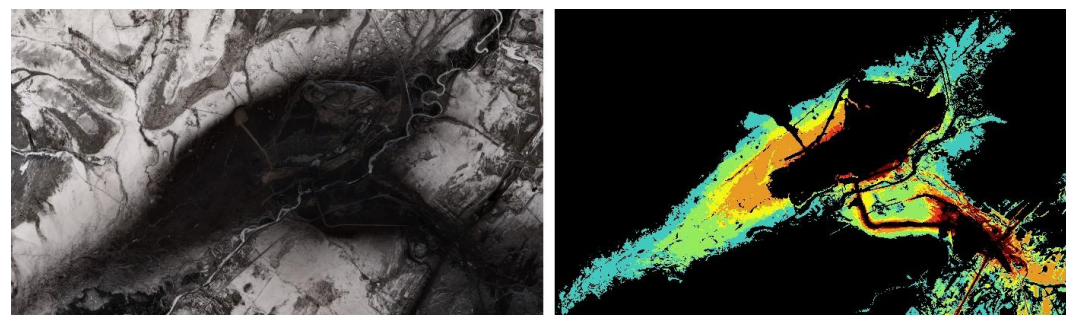


ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УГОЛЬНОГО ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

За основу взят метод временного анализа снимков по вегетационным индексам. Для этого разработан алгоритм, состоящий из двух этапов. Входными данными этого алгоритма являются спутниковые снимки исследуемой территории в период таяния снега и в летний период времени за несколько лет.

Первый этап включает в себя определение зоны пылевого загрязнения вблизи области добычи и выполняется для каждого рассматриваемого года.

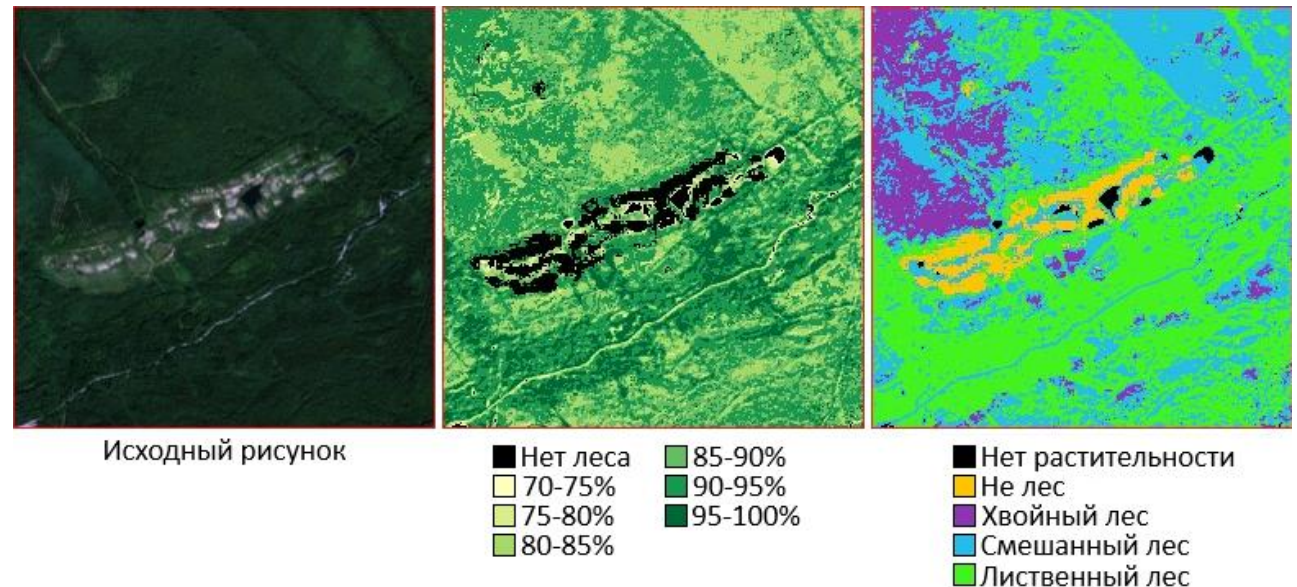
В рамках второго этапа проводится наложение зон пылевого загрязнения за каждый год для получения секторов пылевого загрязнения, в которых проводится расчет вегетационных индексов и их средних значений.



ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ

Для идентификации типов леса проводится расчет соответствующих карт с использованием разработанной модели нейронной сети DVT.

Оценка состояния растительности в зависимости от её типа проводилась с помощью экспоненциальной регрессии расчета индекса LAI по вегетационному индексу SARVI.



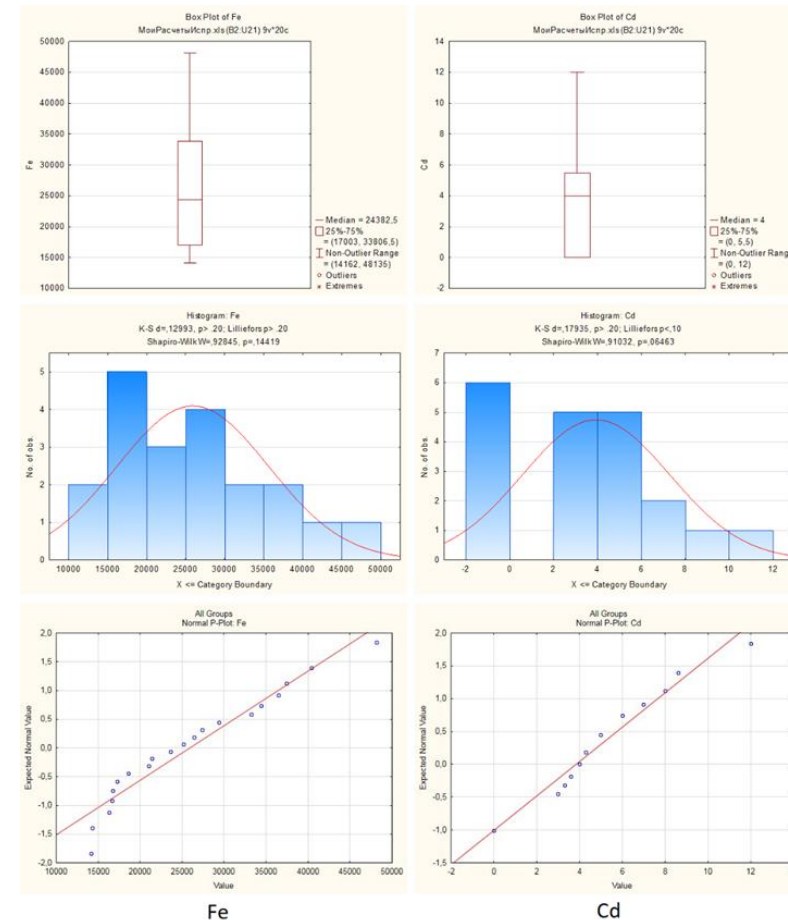
$$FH_{VI} = FH(VI) = \frac{LAI}{LAI_{\max}} = \frac{a_{VI} \cdot \exp(VI \cdot b_{VI}) + c_{VI}}{LAI_{\max}}$$

Типы леса	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Хвойный	1.6998	0.1743	- 1.2638
Лиственный	1157.7789	0.0003	- 1157.4778
Смешанный	1720.8242	0.0002	- 1720.496

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ

Для исследования содержания тяжелых металлов в почвогрунтах проводился отбор проб для последующего рентгено-флуоресцентного анализа и атомно-абсорбционной спектрометрии.

Проводился анализ проб на содержание следующих металлов: Hg, Pb, Cd, As, Cr и Fe. К полученным данным применялись методы статистического и пространственного анализа. Перед этим распределение набора данных (концентрации микроэлементов в почве) оценивалось методами «Box-plot», Колмогорова-Смирнова ($p < 0,2$) и Шапиро Уилка ($p < 0,05$).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования разработан комплексный подход к организации дистанционного горноэкологического мониторинга объектов минерально-сырьевого комплекса Хабаровского края в виде информационной системы, основанный на использовании данных дистанционного зондирования земли и анализе результатов полевых исследований.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением спектра анализируемых параметров окружающей среды, интеграцией данных различных систем дистанционного зондирования, совершенствованием алгоритмов машинного обучения для повышения точности детектирования и классификации объектов, а также разработкой прогностических моделей развития природно-технических систем горнодобывающих регионов на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 24-11-20029, <https://rscf.ru/project/24-11-20029/>, и гранта Правительства Хабаровского края (Соглашение № 107С/2024 от 31.07.2024 г.)

СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ

