

**ОБЗОР ИНСТРУМЕНТОВ OPEN FORIS ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ
И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ****OVERVIEW OF OPEN FORIS TOOLS FOR MONITORING FORESTS AND LAND USE**

Фролов А.С., преподаватель СПО ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Frolov A.S., Lecturer Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Ягубян А.Э., студент СПО, факультет компьютерных наук и технологий, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Yagubyan A.E., Student of SPE, Faculty of Computer Science and Technology Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: Статья детально анализирует архитектуру Open Foris, её применение в контексте Парижского соглашения, REDD+ и ЦУР, а также рассматривает технические, социальные и инфраструктурные аспекты внедрения. На примере кейсов из Коста-Рики, Непала и Ганы демонстрируется, как инструменты преодолевают ограничения традиционных методов, сокращая затраты и повышая прозрачность данных.

Abstract: The article provides a detailed analysis of the Open Foris architecture, its application in the context of the Paris Agreement, REDD+, and the Sustainable Development Goals (SDGs), as well as examines the technical, social, and infrastructural aspects of its implementation. Using case studies from Costa Rica, Nepal, and Ghana, it demonstrates how these tools overcome the limitations of traditional methods by reducing costs and enhancing data transparency.

Ключевые слова: Open Foris, REDD+, спутниковый мониторинг, машинное обучение, цифровая экология, FAO.

Keywords: Open Foris, REDD+, satellite monitoring, machine learning, digital ecology, FAO.

Платформа Open Foris, разработанная производственной и сельскохозяйственной организации ООН, представляет собой комплекс открытых инструментов, трансформирующих подходы к мониторингу экосистем. Используя спутниковые данные, облачные вычисления и мобильные технологии, она обеспечивает страны методами для точной оценки лесов, деградации земель и углеродных запасов.

Глобальные вызовы и необходимость инноваций, этот вывод был сделан согласно докладу, производственной и сельскохозяйственной организацией в 2020 году, ежегодно мир теряет 10 млн гектаров лесов, а 23% земель подвержены деградации. Традиционный мониторинг, основанный на полевых исследованиях и ручной обработке данных, требует до \$20 млн в год для одной страны, что недоступно для многих развивающихся государств. Open Foris (запущен в 2009 г.) — ответ на эти вызовы. Платформа объединяет:

- Спутниковые технологии (Landsat, Sentinel, MODIS).

- Облачные вычисления (Google Earth Engine, SEPAL).
- Открытый код (GitHub), позволяющий адаптировать инструменты под локальные условия.

Цель статьи — раскрыть технические особенности Open Foris, оценить их вклад в климатические инициативы и выявить барьеры для массового внедрения.

Методология и архитектура Open Foris

1. Collect Earth: Визуализация и анализ спутниковых данных

Технологическая база: Интеграция с Google Earth, Bing Maps и локальными геосервисами.

Функционал:

- Классификация земельного покрова по алгоритмам LCCS (Land Cover Classification System).
- Исторический анализ изменений (до 40 лет) через временные ряды снимков.
- Коллективная работа: до 100 пользователей одновременно на платформе.

Пример применения: В Бразилии Collect Earth использовался для идентификации незаконных вырубок в Амазонии, сократив время анализа на 30% по сравнению с полевыми методами.

2. SEPAL: Облачная аналитика больших данных

Архитектура:

- Движок обработки: Python, R, GDAL.
- Хранение данных: Облако ФАО + интеграция с NASA Earthdata.
- ML-алгоритмы: Random Forest для классификации, SAR (синтезированная апертура) для мониторинга влажных почв.

Пример успешного применения: В Кении с помощью SEPAL созданы карты углеродных запасов с разрешением 10 м, что помогло привлечь \$50 млн через программу REDD+.

3. Collect Mobile: Полевые исследования в реальном времени

Особенности:

- Оффлайн-режим с синхронизацией при восстановлении связи.
- Датчики GPS и камера для геотегинга фотографий.
- Экспорт данных в форматы CSV, GeoJSON.

Технологию использовали в Индонезии Collect Mobile для инвентаризации мангровых лесов, сократив ошибки в данных на 25%.

4. Open Foris Calc: Расчет углеродных балансов

Методология:

- Использование уравнений IPCC для оценки эмиссий CO₂.
- Интеграция с национальными кадастрами выбросов.

С использованием Open Foris Calc Филиппины рассчитали углеродный бюджет для 5 млн га лесов, что стало основой для их NDC (Nationally Determined Contributions).

Применение в глобальных климатических инициативах

1. Поддержка Парижского соглашения

MPT (Многоуровневая отчетность): Open Foris автоматизирует создание отчетов в формате UNFCCC, сокращая время подготовки с 12 до 3 месяцев.

NDC: В Гане данные платформы помогли установить цель по восстановлению 2 млн га деградированных земель к 2030 г.

2. Программа REDD+

Мониторинг «трёх Э» (Эмиссии, Экономика, Экология):

- Карты рисков обезлесения на основе прогнозных моделей.
- В Коста-Рике внедрение Open Foris увеличило точность оценки эмиссией на 40%.

3. ЦУР 15: Борьба с опустыниванием

Индикатор 15.3.1: Инструменты оценивают долю деградированных земель через индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

В Нигере платформа выявила 12% восстановления почв после внедрения агролесоводства.

Преимущества платформы заключается в таких чертах, как экономическая эффективность, а именно снижение затрат на мониторинг на 60–80%. Точность работы позволяет снизить погрешность в оценке лесного покрова до менее чем 5%, против 15–20% при ручных методах. А также, одним из преимуществ можно считать поддержку большого количества языков, включая редкие, например, язык кечуа в Перу.

Вызовы и ограничения

Технические барьеры, такие как низкая скорость интернета, ведь в странах Африки к югу от Сахары только 28% населения имеют доступ к широкополосной связи или устаревшее оборудование, ведь, например, требования SEPAL, минимум 8 ГБ ОЗУ, недостижимы для 70% сельских учреждений мира.

Институциональные проблемы заключаются в отсутствии межведомственной координации, например, в Боливии данные лесного департамента не совместимы с сельскохозяйственными реестрами.

Данные и алгоритмы: Ошибки в классификации из-за облачности на снимках или смещение ML-моделей при обучении на нерепрезентативных выборках.

Перспективы развития

- Интеграция с блокчейном: Пилотный проект в Эквадоре использует блокчейн для отслеживания легальности древесины, снижая риски коррупции.
- ИИ для прогнозирования: Внедрение нейросетей типа U-Net для прогноза обезлесения (точность до 89% в тестах в Колумбии).
- Локальные хабы данных: Установка серверов SEPAL в регионах с плохим интернетом (пилот запущен в Папуа — Новой Гвинее).

Аналогом системы Open Foris является разработанная институтом мировых ресурсов (WRI) при поддержке Google, NASA, Global Forest Watch (GFW). Оба инструмента могут дополнять друг друга. Например, данные GFW используются для первичного анализа, а Open Foris - для детализации и отчетности. Ключевым отличием является их функционал: Open Foris — инструмент для глубокого анализа и сбора данных, включая полевые исследования, а GFW — платформа для оперативного мониторинга и визуализации изменений лесного покрова.

В таблице 1 представлено краткое сравнение этих систем.

Таблица 1 - Сравнение Open Foris и Global Forest Watch (GFW)

Критерий	Open Foris	Global Forest Watch (GFW)
Основная цель	Сбор, анализ и управление данными для экологического мониторинга, включая лесоустройство, оценку землепользования и выполнение международных соглашений (Парижское соглашение, REDD+).	Публичный мониторинг лесов в реальном времени, выявление вырубок, пожаров и других изменений лесного покрова.
Разработчик	Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО).	Институт мировых ресурсов (WRI) при поддержке Google, NASA и др.
Данные	Гибкие инструменты для сбора полевых данных, анализа спутниковых снимков (например, Collect Earth), создания карт.	Готовые наборы данных (GLAD-алерты, данные о пожарах, границах лесов), визуализация на картах.
Доступность	Открытый исходный код, требует технических навыков для настройки и внедрения.	Онлайн-платформа, доступная для широкой аудитории без специальных навыков.
Кастомизация	Высокая: адаптируется под нужды конкретных проектов и стран.	Ограничена: используется предустановленные алгоритмы и слои данных.
Целевая аудитория	Национальные агентства, технические специалисты, исследователи.	НПО, журналисты, местные сообщества, правительства.
Примеры использования	Коста-Рика (расчет углеродных запасов), Непал (планирование землепользования).	Бразилия (мониторинг вырубок в Амазонии), Индонезия (отслеживание пожаров).

Open Foris стал катализатором «зелёной цифровизации», предлагая странам инструменты для выполнения климатических обязательств. Однако успех зависит от преодоления цифрового неравенства и укрепления институционального потенциала. Дальнейшие исследования должны фокусироваться на оптимизации алгоритмов для работы с низкокачественными снимками, разработке стандартов межплатформенного обмена данными, создании глобальной сети обучения для специалистов ГИС.

Список литературы

1. Интерактивные инструменты Open Foris // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (FAO). – URL: <https://www.fao.org/interactive/open-foris/ru/> (дата обращения: 19.03.2025).

References

1. Interactive tools of Open Foris // Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). – URL: <https://www.fao.org/interactive/open-foris/ru/> / (date of access: 03/19/2025).