

Двадцать третья международная конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»
10 - 14 ноября 2025 г., Москва

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ДАННЫХ ДЗЗ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ РАЗВИТИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ



Евстратова Лариса Геннадьевна

Андрейченко Андрей Олегович

кафедра дистанционного зондирования и цифровой картографии,

Государственный университет по землеустройству

lge_21@mail.ru

andre_004@mail.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ

В условиях растущей деградации сельскохозяйственных угодий, вызванной эрозией почв, особенно актуальным становится пространственный анализ факторов, влияющих на потерю плодородного слоя. Совместный анализ многоспектральных изображений с метеорологическими, почвенными, агрохимическими, эколого-токсикологическими и другими данными позволяет выполнять комплексное моделирование состояния земель и дальнейшее прогнозирование условий по их рациональному землепользованию.

Применение геоинформационных технологий в комплексе с использованием материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) значительно повышает достоверность получения информации о местоположении, характере землепользования, динамике качественного состояния и т.п., позволяя органам субъектов Российской Федерации и всем заинтересованным лицам принимать более обоснованные решения по рациональному использованию земель на основе точных и актуальных данных.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка пространственной модели оценки эрозии почвы на основе модифицированного уравнения RUSLE с применением облачной платформы Google Earth Engine (GEE).

Объектом исследования выбрана Нижегородская область – регион с разнообразным рельефом и активным землепользованием.

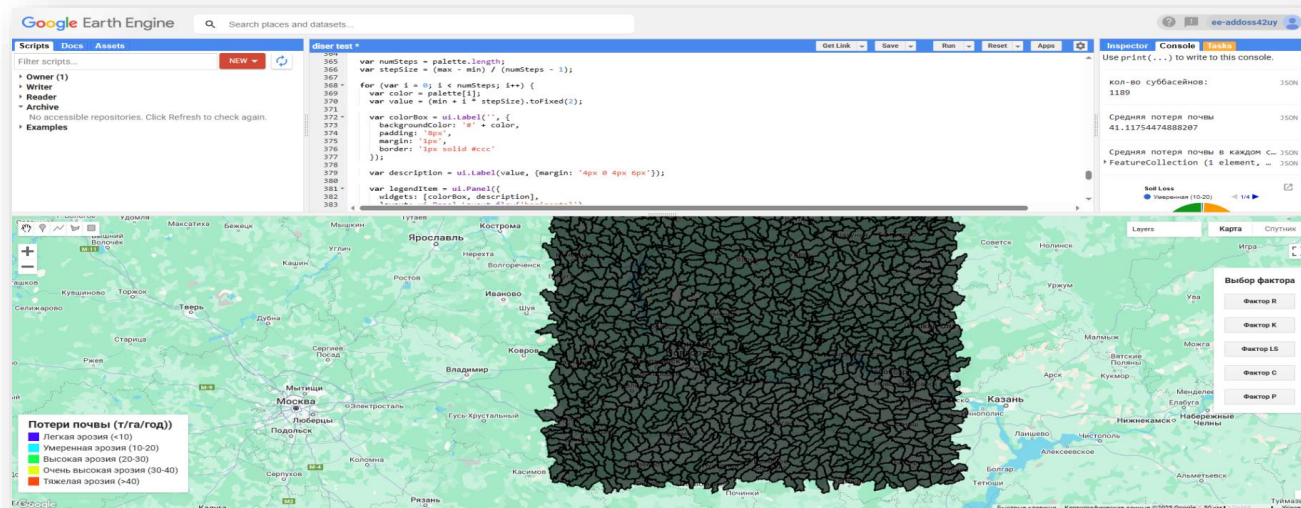


ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

- ✓ Реализация модели RUSLE в Google Earth Engine (GEE);
- ✓ Выявление и оценка факторов, влияющих на развитие эрозии почв на исследуемой территории;
- ✓ Комплексная оценка географического распространения эрозии почвы, основанная на применении интегрированной модели RUSLE и анализе систем землепользования;
- ✓ Оценка эффективности подхода по трём критериям:
 - скорость обработки данных (время выполнения расчётов);
 - точность (сравнение с аналогами);
- ✓ Картографической визуализация основных факторов эрозии почв.

GOOGLE EARTH ENGINE

- ✓ Google Earth Engine (GEE) — это облачная платформа для хранения, анализа и визуализации геопространственных данных.
- ✓ Используется для мониторинга окружающей среды, лесов, сельского хозяйства, климата и городов.
- ✓ Все расчёты выполняются на серверах Google — не требует мощного компьютера.
- ✓ Позволяет обрабатывать петабайты спутниковых снимков и экологических данных без установки программ.
- ✓ Поддерживает язык JavaScript и Python, интеграцию с Google Drive и доступ к тысячам глобальных датасетов.

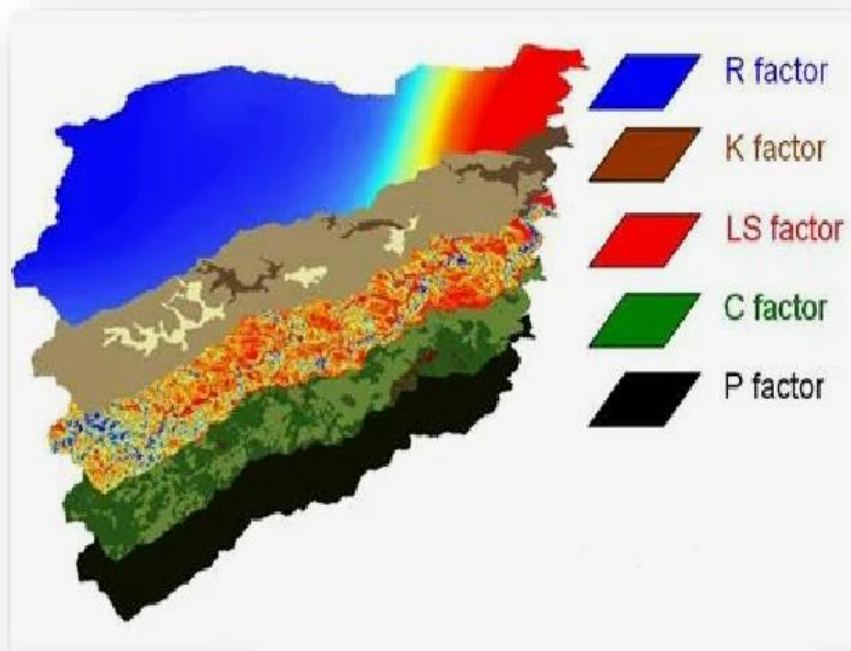


ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- ✓ Данные по гидрологическим бассейнам из набора: WWF/HydroSHEDS/v1/Basins/hybas_12. Пространственное разрешение: 12-й уровень детализации (5 км² для суббассейнов);
- ✓ Ежемесячные данные осадков: NASA/GPM_L3/IMERG_V06. Пространственное разрешение: 0.1°;
- ✓ Цифровая модель высот SRTM USGS/SRTMGL1_003. Пространственное разрешение: 30 метров;
- ✓ Мультиспектральные данные для расчета NDVI: Sentinel-2, пространственное разрешение: 10 метров;
- ✓ Ежегодные данные типов земного покрова с разрешением: MODIS/006/MCD12Q1 Пространственное разрешение: 500 метров;
- ✓ Карта текстурных классов почвы USDA: OpenLandMap/SOL/SOL_TEXTURE-CLASS_USDA-TT_M/v02. Пространственное разрешение: 250 метров.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эмпирическая модель RUSLE базирующаяся на пяти основных факторах, определяющих интенсивность протекания водно-эрозионных процессов, что и обусловило ее выбор в качестве исходной в исследовании реализованную в Google Earth Engine



$$A=LS*R*K*C*P$$

R — эрозионная активность осадков,

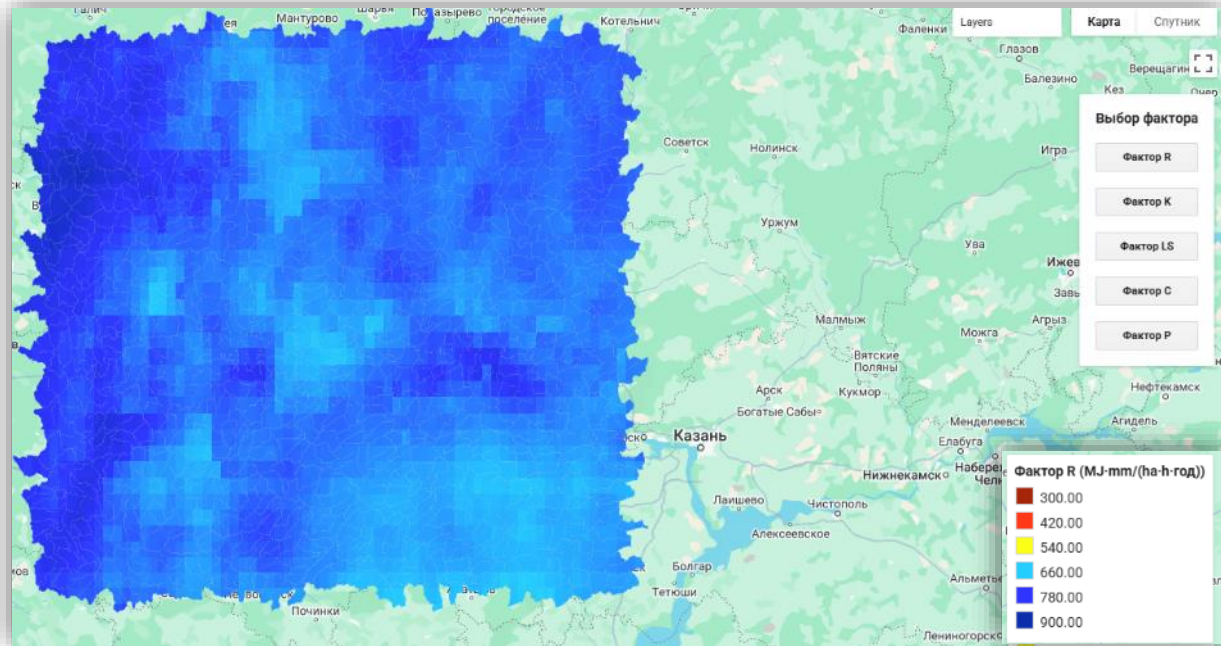
K — эродируемость почвы,

LS — топографический фактор,

C — влияние растительного покрова,

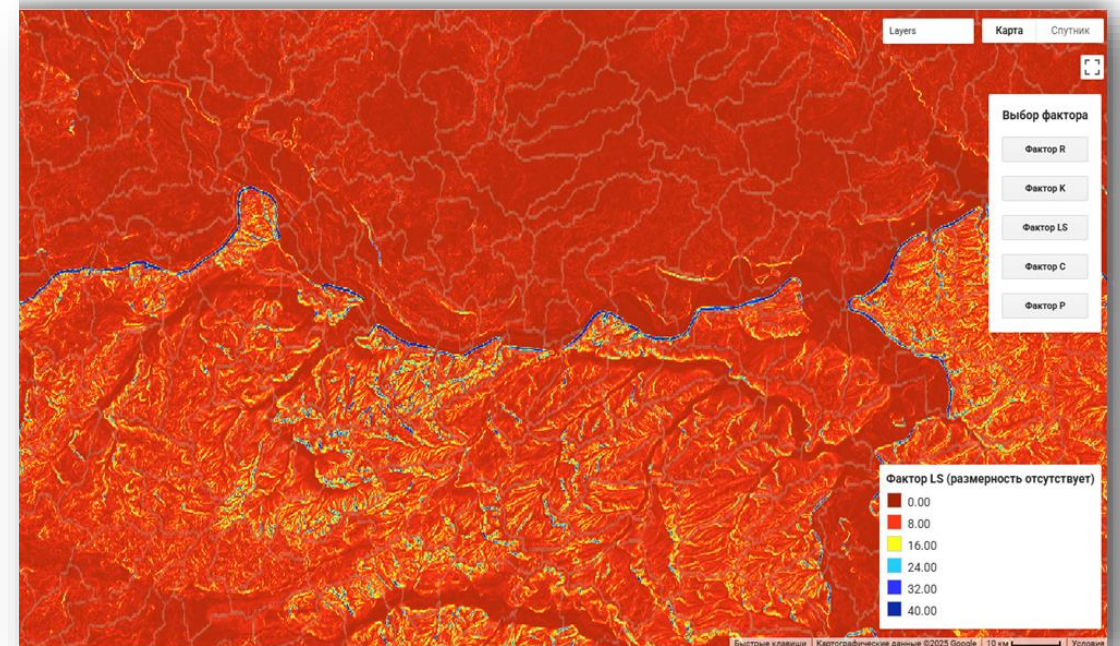
P — меры по защите почв.

Примеры визуализации вычисленных значений факторов модели RUSLE



ЭРОЗИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ОСАДКОВ

- ✓ 300.00 – 420.00 — Низкая эрозионная активность;
- ✓ 420.00 – 540.00 — Средняя эрозионная активность;
- ✓ 540.00 – 660.00 — Повышенная эрозионная активность;
- ✓ 660.00 – 780.00 — Высокая эрозионная активность;
- ✓ 780.00 – 900.00 — Очень высокая эрозионная активность.

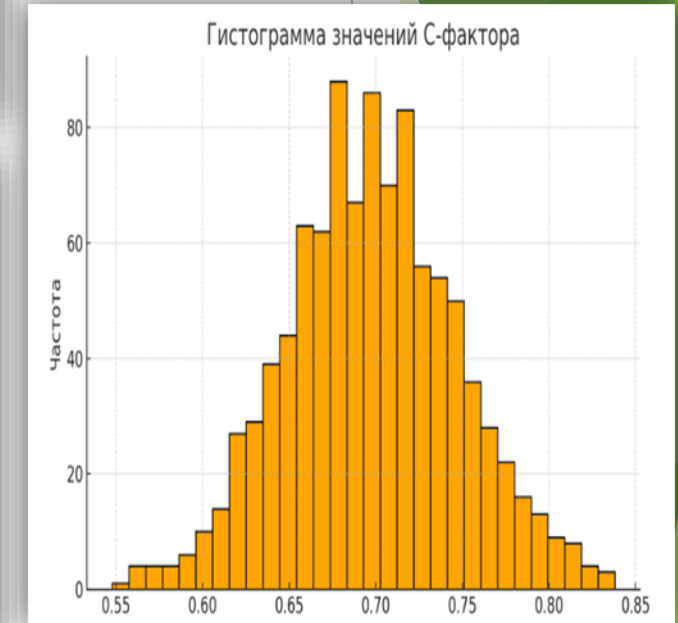
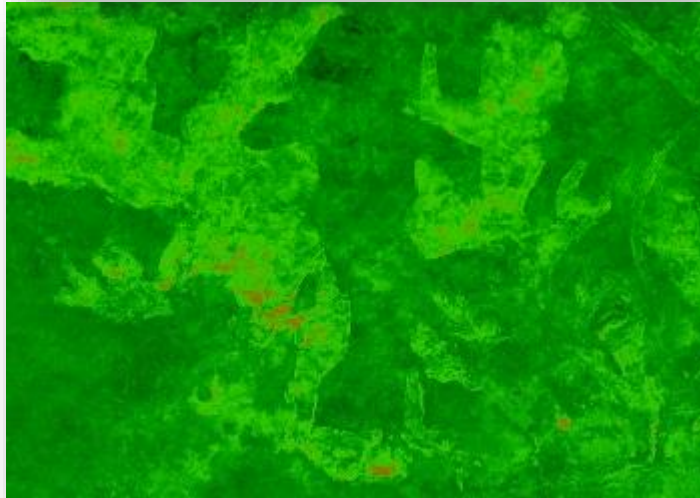
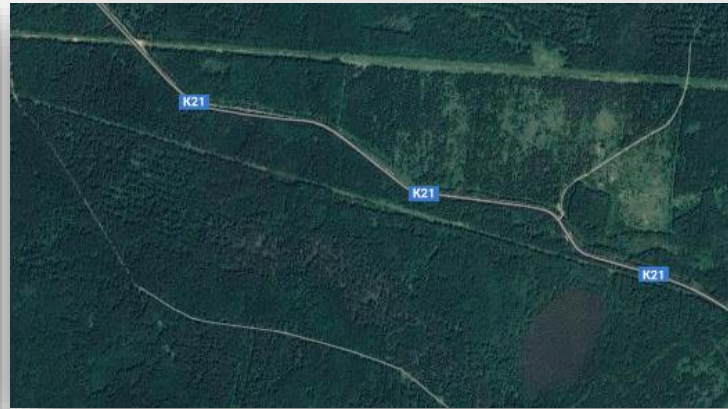
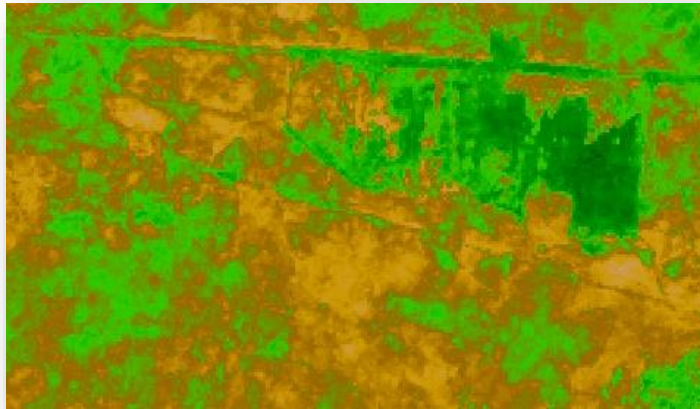
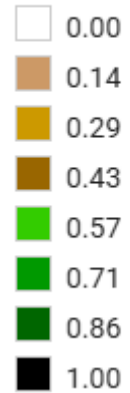


ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКТОР

- ✓ 0.00 – 8.00 — Пологие склоны;
- ✓ 8.00 – 16.00 — Слабопокатые склоны;
- ✓ 16.00 – 24.00 — Среднепокатые склоны;
- ✓ 24.00 – 32.00 — Сильнопокатые склоны;
- ✓ 32.00 – 40.00 — Крутые склоны.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА (ФАКТОР С) НА ЭРОЗИЮ ПОЧВ

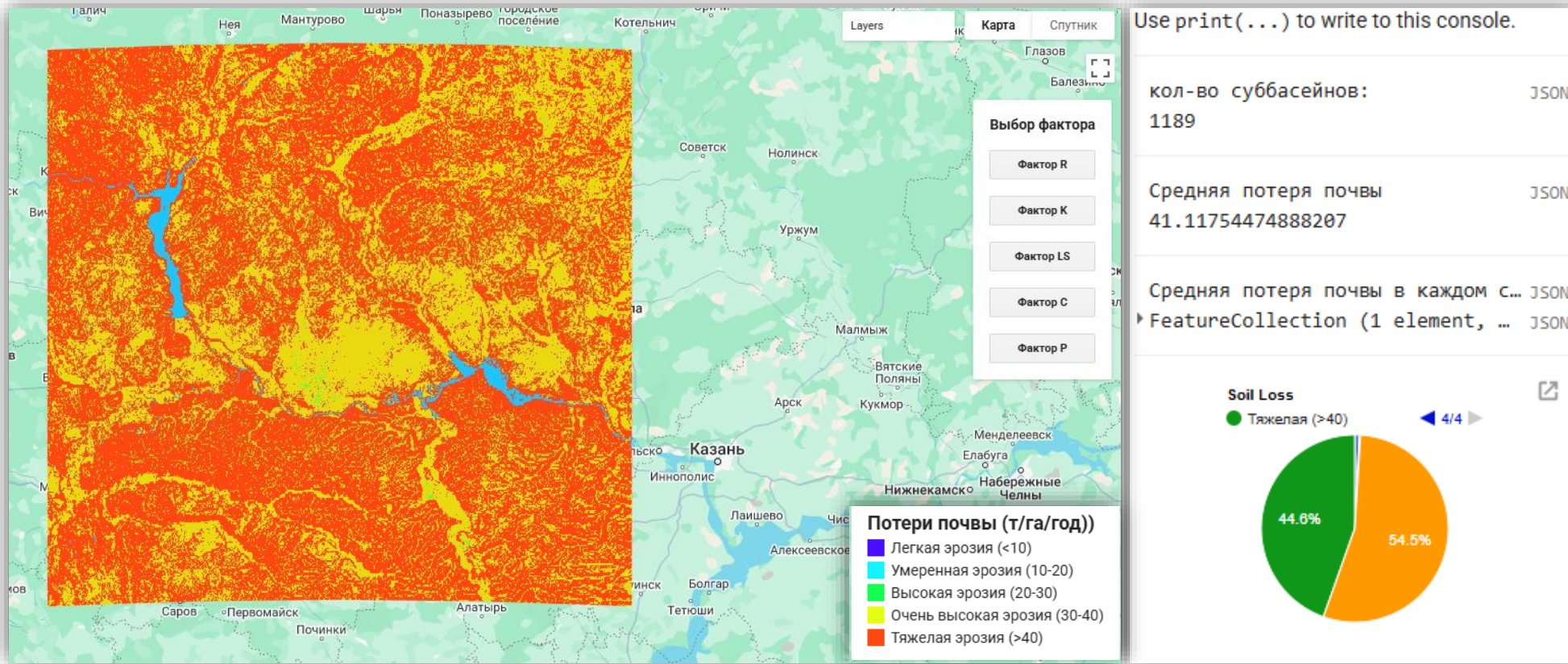
Фактор С



- 0.00 – 0.29 — Густые леса, заболоченные территории (Высокая защита);
- 0.29 – 0.43 — Луга, многолетние травы, агролесоводство (Умеренно-высокая защита);
- 0.43 – 0.86 — Поля с озимыми культурами, редкие кустарники (Средняя защита);
- 0.86 – 1.00 — Сезонные пропашные культуры (Низкая защита).

Итоговая карта среднегодовой потери почвы для территории Нижегородской области

Средняя потеря почвы составила: 41 Т/Га/Год за 2017-01-01 — 2018-01-01 гг.



Итоговая карта среднегодовой потери почвы для территории Нижегородской области имеет пространственную детализацию с размером ячейки растра 250 м, что позволяет осуществлять прогнозирование проявления водно-эрозионных процессов на региональном уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы была разработана и реализована пространственно-аналитическая модель оценки водной эрозии почв на территорию Нижегородской области с использованием модифицированного уравнения RUSLE в облачной геоинформационной среде Google Earth Engine и было выполнено:

- ✓ Расчёт каждого из пяти факторов модели RUSLE (эрозионная активность осадков; эродруемость почвы, топографический фактор, растительный покров; защитные мероприятия);
- ✓ Визуализация и классификация карт факторов и итоговых потерь почвы;
- ✓ Анализ пространственного распределения потерь по классам и суббассейнам;
- ✓ Оценка средней потери почвы на региональном и локальном уровнях;
- ✓ Экспорт результатов в виде картографических слоёв и таблиц.

Полученные результаты показывают, что:

- ✓ Средняя годовая потеря почвы на исследуемой территории составила 41.1 т/га/год, что указывает на выраженную эрозионную нагрузку;
- ✓ Около 98% площади приходится на классы «очень высокая» и «тяжелая» эрозия, что требует приоритетного внедрения природоохранных мероприятий;
- ✓ Преобладание значения фактора $P = 1$ на большей части региона отражает низкий уровень защитных мер;
- ✓ Значения факторов R, K и LS пространственно дифференцированы, что позволяет точно выделить участки с наибольшим риском деградации.