



ГУАП

guap.ru

**Методы мониторинга вырубок леса вблизи
технологических объектов Ленинградской области по
данным космической съемки**

Чичкова Е. Ф., Рогачев С.А., Матяш В. А.

**Санкт-петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения, Санкт-Петербург, Россия**

Технологические объекты мониторинга, проводимого КосмоИнформ-Центром ГУАП на территории Ленинградской области за период 2012-2022 гг. по спутниковой информации

- Трасса Северо-Европейского газопровода (СЕГ);
- Газоперерабатывающий комплекс в составе комплекса переработки этансодержащего газа в районе поселка Усть-Луга (подъездные автодороги и объекты строительства);
- Карьеры;
- Полигоны ТБО и несанкционированные свалки мусора.

Применяемые методы мониторинга технологических объектов

1. Эшелонированный мониторинг (наземные – аэро - космические измерения).
2. Анализ динамики объектов и потенциально опасных зон (ПОЗ) по разновременной аэрокосмической съемке.
3. Комплексование спутниковых данных среднего и высокого пространственного разрешения (ПР).
4. Анализ ПОЗ через построение почвенных и вегетационных спектральных индексов.
5. Анализ текстуры изображений.
6. Геопортальная технология размещения и доступа к данным.

Пример: мониторинг объекта Северо-Европейский газопровод (СЕГ) на территории Ленинградской области

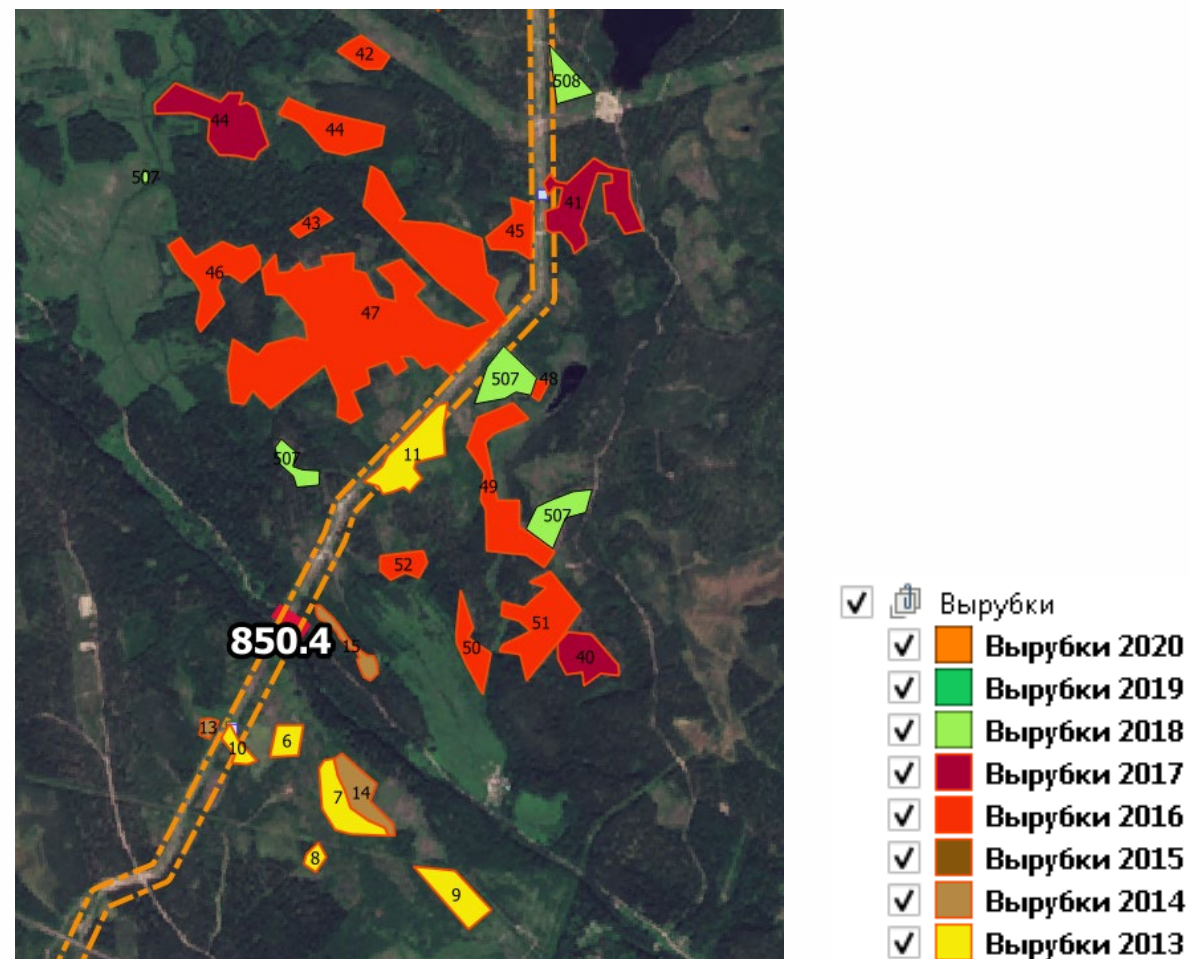


Оранжевым отмечена трасса газопровода. Красным – десятикилометровая буферная зона.

Линейная часть Северо-Европейского газопровода (СЕГ) от КС «Волховская» до бухты Портовая.

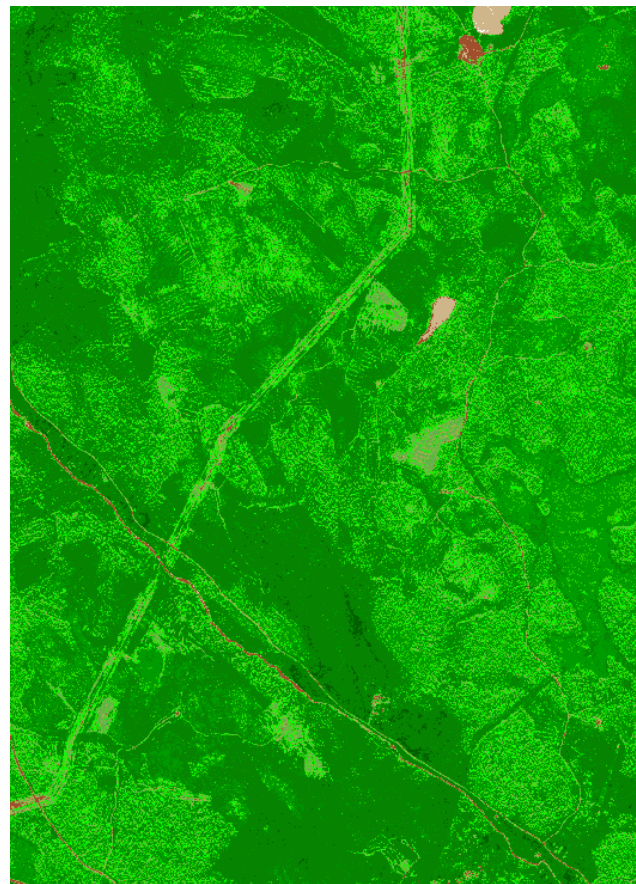
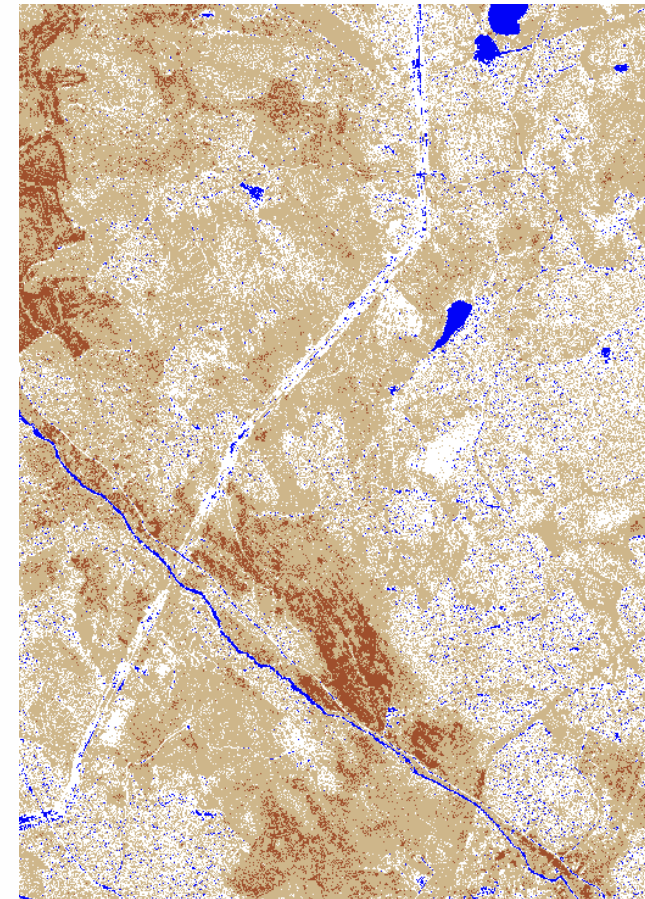
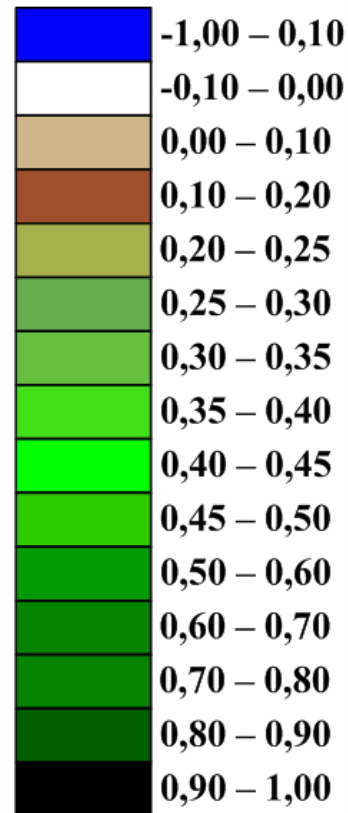
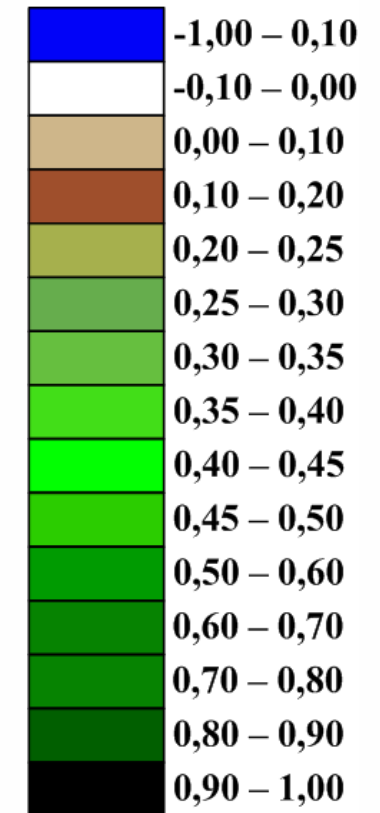
Тестовый участок трассы

В период с 2012 по 2020 год КосмоИнформ-Центр ГУАП проводил ежегодный мониторинг опасных геологических процессов и ПОЗ вдоль трассы СЕГ по данным многоспектральной съемке среднего ПР космических аппаратов (КА) RapidEye (2012-2015 гг) и Sentinel – 2А, 2В (2016-2020). ПОЗ, связанные с вырубками леса, контролировались в буферной зоне трассы.



Динамика ПОЗ «вырубки леса» на подложке Sentinel – 2, 2020 г.

Идентификация вновь появившихся ПОЗ «вырубки леса» по данным индексов вегетации NDVI и NDRE

**NDVI****NDRE**

Индексы NDVI (слева) и NDRE (справа), рассчитанные по данным снимка высокого ПР КА WorldView-2 для детализации результатов мониторинга ПОЗ по данным среднего ПР КА Sentinel – 2А.

Текстурный анализ

Для ПОЗ «вырубки леса» на тестовом участке по данным КА WorldView-2, (07.06.2019) при анализе следующих рассчитанных текстурных характеристик :

| Текстурная характеристика | Формула | Значение |
|---------------------------|---|---|
| Энергия | $\sum_{i,j} \hat{f}(i,j)^2$ | Данный текстурный признак отражает однородность распределения уровней серого на изображении и грубость текстуры |
| Энтропия | $\sum_{i,j} \hat{f}(i,j) \log \hat{f}(i,j)$ | Отражает неравномерность (хаотичность) и сложность текстуры изображения |
| Контраст | $\sum_{i,j} (i-j)^2 \hat{f}(i,j)$ | Представляет собой меру расхождения в интенсивности между соседними пикселями текстуры, отражает резкость текстуры |
| Обратный момент | $\sum_{i,j} \frac{1}{1+(i-j)^2} \hat{f}(i,j)$ | Отражает однородность текстуры и учитывает её локальные изменения, высокое значение обратного момента характерно для однородных текстур |

наиболее показательными оказались значения энтропии.

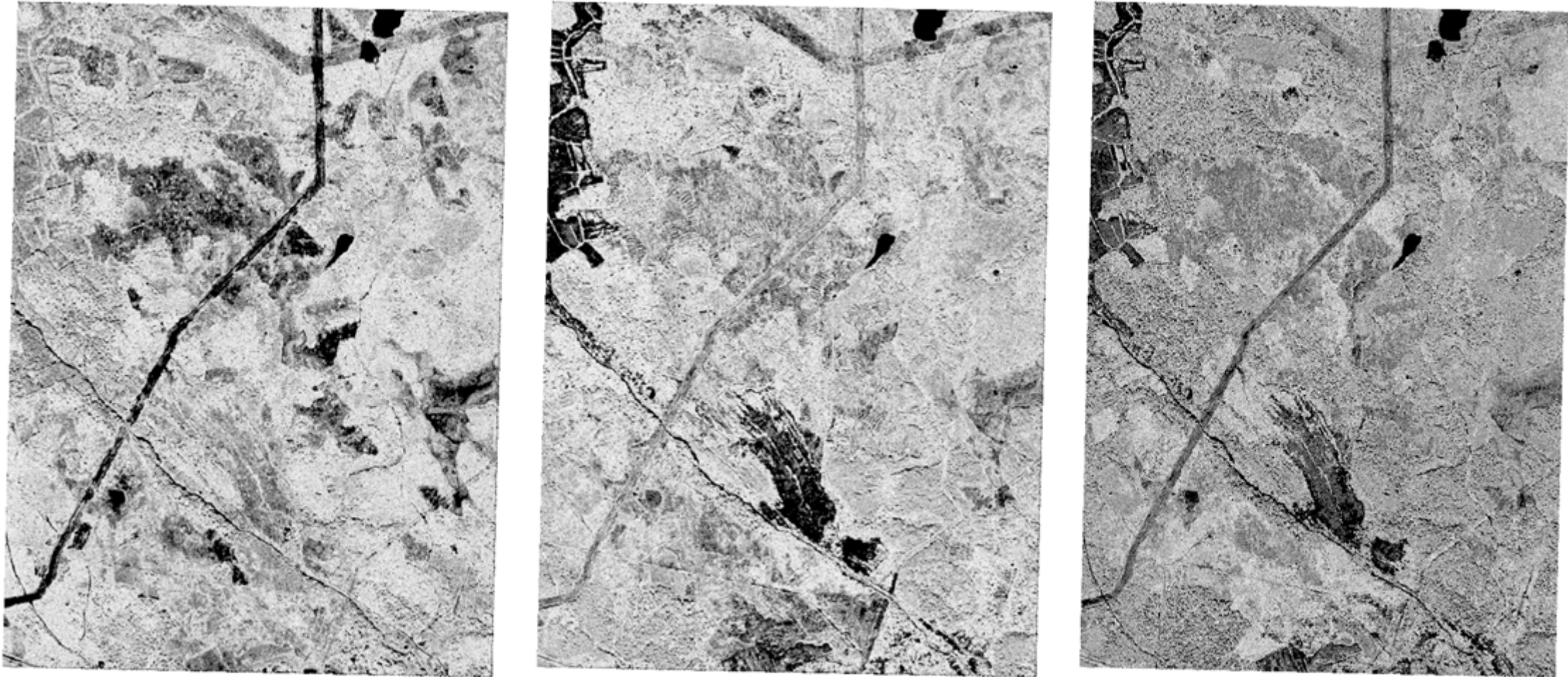
Текстурный анализ

| | Год | Среднее | Медиана | Отклонение | Минимальное | Максимальное |
|----|------|---------|---------|------------|-------------|--------------|
| 1 | 2013 | 7.5986 | 7.6979 | 2.0143 | -0.0013 | 11.6690 |
| 2 | 2013 | 9.2247 | 9.4545 | 1.3569 | 2.6891 | 11.9677 |
| 3 | 2013 | 6.9319 | 7.3942 | 2.6954 | -0.0017 | 12.0991 |
| 4 | 2013 | 8.1902 | 8.2628 | 1.7195 | 3.1595 | 11.9463 |
| 5 | 2013 | 9.0904 | 9.3473 | 1.5534 | 3.9596 | 11.9119 |
| 6 | 2013 | 7.5133 | 7.7412 | 2.3085 | -0.0008 | 12.0437 |
| 7 | 2014 | 7.9383 | 7.8929 | 1.5629 | 1.8219 | 11.5170 |
| 8 | 2014 | 9.8564 | 10.0252 | 1.1241 | 3.8033 | 12.0788 |
| 9 | 2014 | 7.0058 | 7.0461 | 2.0427 | 0.1682 | 11.9882 |
| 10 | 2016 | 6.6879 | 6.7131 | 2.4970 | -0.0016 | 12.1337 |
| 11 | 2016 | 7.5454 | 7.6302 | 2.3600 | -0.0008 | 12.1344 |
| 12 | 2016 | 8.3874 | 8.7968 | 2.2552 | -0.0011 | 12.0999 |
| 13 | 2016 | 6.9124 | 7.8877 | 3.4222 | -0.0005 | 11.5025 |
| 14 | 2016 | 5.7418 | 5.6217 | 2.6410 | -0.0025 | 12.1895 |
| 15 | 2016 | 7.5127 | 7.5441 | 2.3864 | 0.4482 | 12.3763 |
| 16 | 2016 | 7.6088 | 7.8509 | 2.3482 | -0.0013 | 12.0016 |
| 17 | 2016 | 9.3793 | 9.7376 | 1.5678 | 3.0658 | 11.9333 |
| 18 | 2016 | 8.3596 | 8.5435 | 1.6584 | 1.3328 | 11.9667 |
| 19 | 2016 | 6.5975 | 6.6616 | 2.4922 | -0.0017 | 12.1546 |
| 20 | 2016 | 7.4990 | 7.3497 | 2.0918 | 0.0014 | 11.9886 |
| 21 | 2017 | 6.0297 | 6.4144 | 3.2066 | -0.0017 | 12.3005 |
| 22 | 2017 | 7.0465 | 7.1756 | 2.3013 | -0.0006 | 12.2099 |
| 23 | 2017 | 7.3057 | 7.5698 | 2.6637 | -0.0018 | 12.1123 |
| 24 | 2018 | 5.6991 | 6.0661 | 2.6717 | -0.0010 | 11.7041 |
| 25 | 2018 | 8.8748 | 8.9254 | 1.4567 | 5.2792 | 11.9675 |
| 26 | 2018 | 6.4297 | 6.9572 | 3.4470 | -0.0006 | 12.2659 |
| 27 | 2018 | 2.1843 | 0.4996 | 3.1595 | -0.0017 | 12.0440 |
| 28 | 2018 | 3.2229 | 2.2777 | 3.1711 | -0.0019 | 11.4937 |

В таблице представлены статистические данные текстурной характеристики «энтропия», для разновременных вырубок, которые находились на территории тестового участка, рассчитанные по данным красного спектрального канала КА WorldView-2.

Текстурный показатель «энтропия» характеризуется большими значениями среднего и медианы для ранних 5-6 летних вырубок 2013-2014 года и понижением значений этих характеристик к первогодичным вырубкам 2018 года.

Текстурный анализ



Результаты расчета текстурной характеристики «энтропия», для (с лева на право): красного, ближнего инфракрасного и панхроматического канала

Анализ динамики лесных вырубок по трассе СЕГ

По результатам анализа результатов обнаружения вырубок за выбранный период наблюдений прослеживается тенденция к сокращению суммарной площади вырубок. Анализ пространственного расположения вырубок показал, что наибольшее количество новых вырубок обнаружено вдоль северо-западного участка СЕГ – от КС «Портовая» до озера Глубокое, а также на юго-восточном участке СЕГ - от пересечения трассы СЕГ с р. Нева до КС Волховская.

| № п/п | Год обнаружения | Суммарная площадь вырубок , км ² |
|-------|-----------------|---|
| 1 | 2017 | 14,606 |
| 2 | 2018 | 37,038 |
| 3 | 2019 | 8,79 |
| 4 | 2020 | 6,243 |

Прогнозирование состояния имеющихся вырубок

На территории вырубок леса происходит почти полное разрушение растительности и сильнейшее изменение условий: резкие перепады температуры, повышенные освещенность и влажность почвогрунта. Самое опасное для развития ПОЗ «вырубка леса» - переход в ПОЗ «болото». Это - угроза техносферной безопасности для технологических объектов.

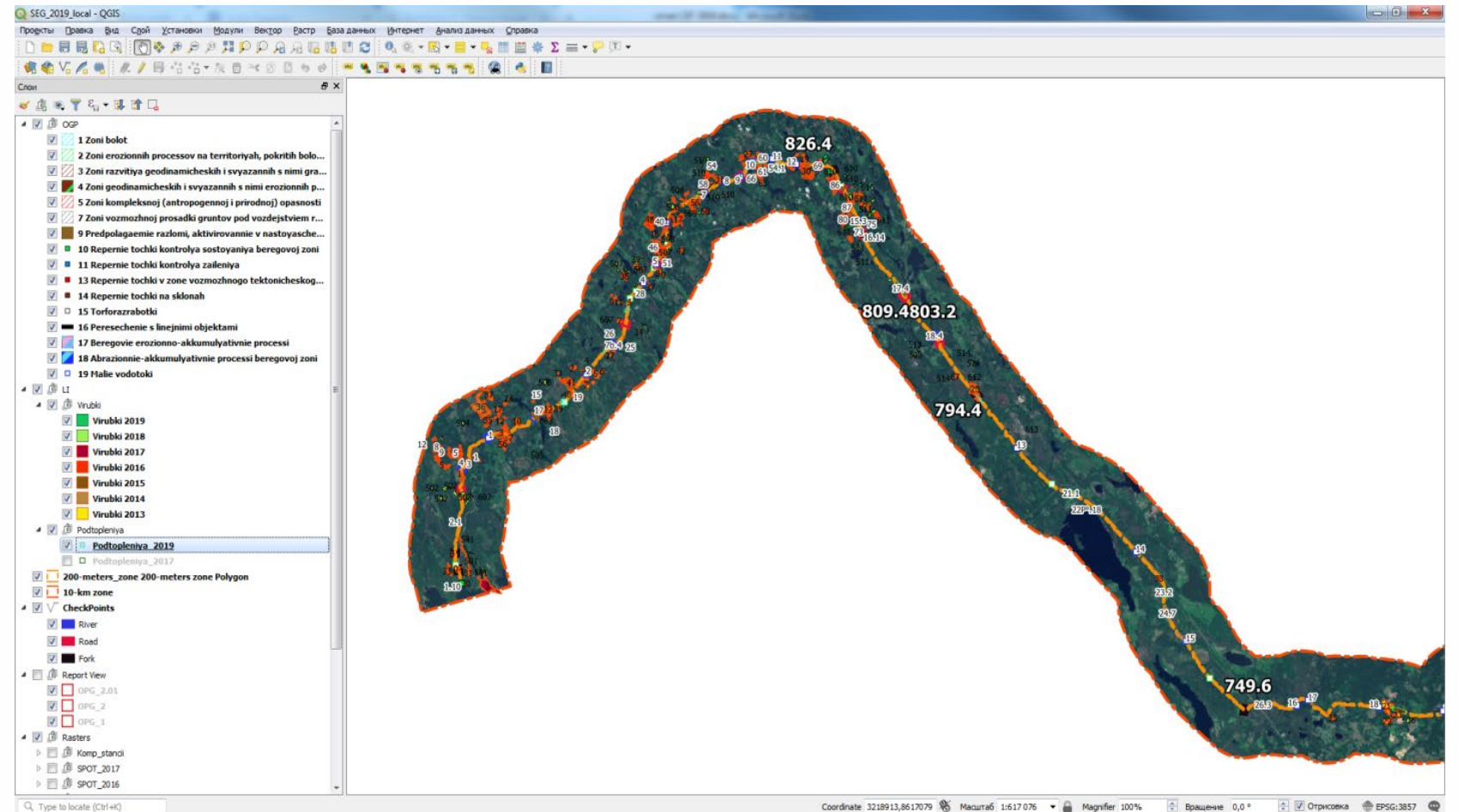
Зоны подтопления на данном участке расположены у близко прилегающих к трассе вырубок леса и в зоне естественных природных болот. Зоны вырубок леса усугубляют процессы заболачивания и подтопления районов прохождения трассы СЕГ. Требуется проведение наземного контроля этого участка для отслеживания возможных коррозионных процессов трассы СЕГ.



Участок на 697 км трассы СЕГ с выраженным подтоплением в буферной зоне из-за заболачивания вырубок, произведенных в 2013-2016 гг., КА GeoEye-1, 2019 г

Технология геопортального сервиса

Для хранения, удобного предоставления данных мониторинга заказчикам используется технология геопортального сервиса. Выходные данные представляют собой слои геопространственных данных в векторных и растровых форматах.



Заключение

Представленные методы распознавания и отслеживания зон вырубок леса входят в систему мониторинга ПОЗ, разработанную в КосмоИнформ-Центре ГУАП, и предназначенную для выполнения работ по оказанию услуг производственного экологического мониторинга различным предприятиям и ведомствам Ленинградской области.



ГУАП

guap.ru

Спасибо за внимание!