

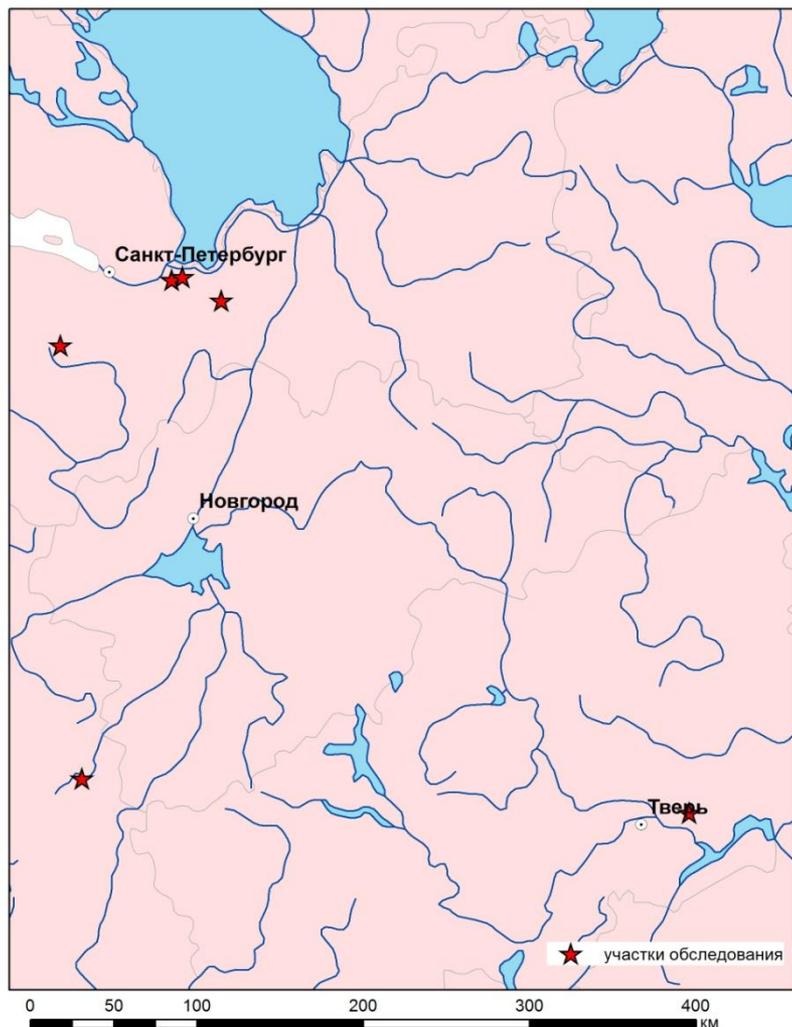
**Фенологические подходы для
выделения растительных сообществ
на нарушенных и заброшенных
торфяниках на основе данных
Sentinel-2**

Архипова М.В., Орлов Т.В., Бондарь В.В.

ИГЭ РАН



Цель работы разработать подход автоматического выделения групп ассоциаций растительных сообществ, возникающих на заброшенных торфяниках с учетом фенологии основных доминантов.



Наземные данные для исследования собраны в Ленинградской, Псковской и Тверской областях (112 описаний растительности)

В результате разработок торфяных месторождений, после их завершения на торфяниках формируются различные растительные сообщества



Процессы идущие на заброшенных торфяниках:

- Пожары
- Естественное обводнение
- Заращение
- Восстановление естественных болот

Выделенные группы растительных ассоциаций на основе доминантной классификации:

- 1 – участки открытого торфа с редкой растительностью (*Eriophorum vaginatum*, *Eriophorum angustifolium*, *Politrichum strictum*);
- 2 – разреженные пушицево-политриховые сообщества, кустарничково (*Calluna vulgaris*)-политриховые сообщества с пушицей влагалищной с отдельными деревьями (*Betula pendula*, *Pinus sylvestris*) и участками голого торфа;
- 3 - заросли березовые и сосновые пушицево-политриховые, редкотравные, вейниковые с участками голого торфа;
- 4 - леса березовые и осиновые редкотравные, злаковые, зеленомошные;
- 5 - леса сосновые и еловые редкотравные, мелкотравные, зеленомошные
- 6 - тростниковые (*Phragmites australis*) сообщества;
- 7 - осоковые (*Carex* spp) сообщества;
- 8 - осоково-сфагновые и кустарничково-сфагновые сообщества;
- 9 - сосново-кустарничково-сфагновые сообщества;
- 10 - ивовые (*Salix* spp) и березово-ивовые сообщества;
- 11 - разнотравно-злаковые луговые сообщества;
- 12 - участки открытой воды и сильно обводненные участки.

Данные группы с одной стороны достаточно хорошо отражают разнообразие сообществ возникающих на заброшенных торфяниках. С другой стороны могут быть достаточно однозначно выделены на материалах космической съемки

Материалы и методы: набор разносезонных снимков Sentinel-2 (пространственное разрешение 10 м). На основе набора снимков рассчитаны индексы:

Sentinel-2



Максимальный NDVI

Январь
середина марта



Середина апреля
Середина мая



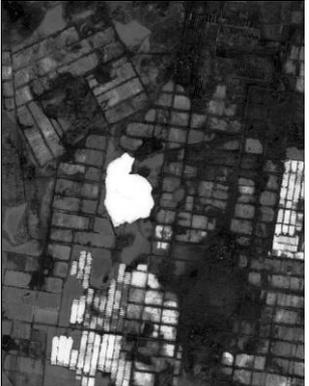
Середина мая
Середина июня



Середина июня
август



Медианный WRI
середина мая-
середина июля



Медианный EVI



Анализ выделенных растительных сообществ:

1 – участки открытого торфа с редкой растительностью (*Eriophorum vaginatum*, *Eriophorum angustifolium*, *Politrichum strictum*). Такие участки вследствие отсутствия растительности имеют низкие значения индексов NDVI и EVI. Особенно контрастно они выглядят летом в период максимального развития растительности



2 – разреженные пушицево-политриховые сообщества, кустарничково (*Calluna vulgaris*)-политриховые сообщества с пушицей влагалищной с отдельными деревьями (*Betula pendula*, *Pinus sylvestris*) и участками голого торфа; также имеют невысокие значения индексов в летний период



5 - сосновые и еловые насаждения редкотравные, мелкотравные, зеленомошные остаются зелеными зимой, поэтому хорошо отличимы на основе индексов рассчитанных в зимний период



3 и 4 – леса и заросли березовые и осиновые редкотравные, злаковые, зеленомошные хотя зимой и не вегетируют, но имеют индексы выше открытой поверхности покрытой снегом



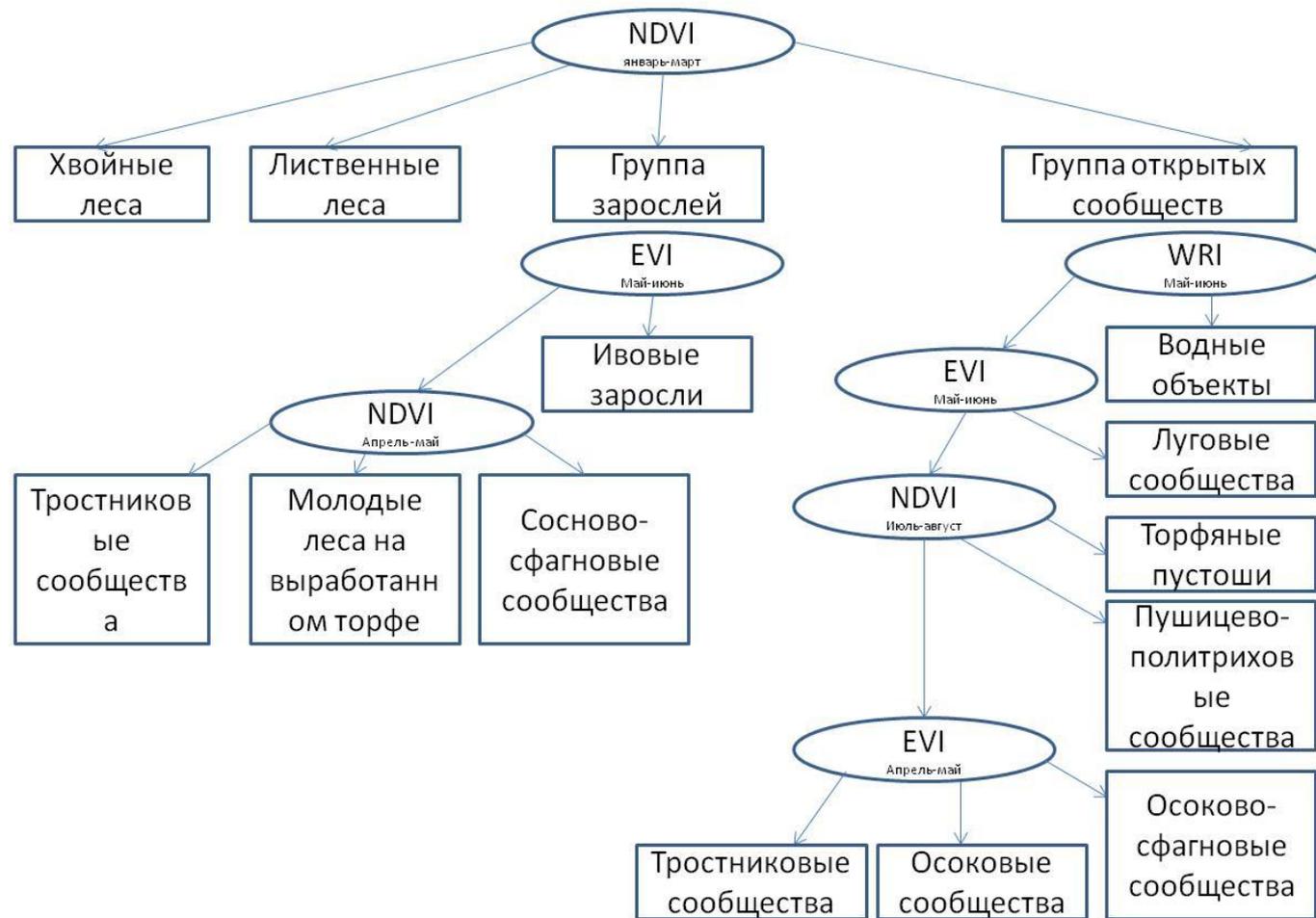
10 - ивовые (*Salix spp*) и березово-ивовые сообщества – Ива и Береза одними из первых начинают вегетировать уже в конце апреля-начале мая. Для их выделения целесообразно использовать индексы в этот период времени



11 - разнотравно-злаковые луговые сообщества максимальной густоты достигают в июне месяце. Для их выделения можно использовать индексы в этот период времени.



Принципиальная схема экспресс классификации



Используется последовательный алгоритм:

На первом этапе на базе зимнего NDVI территория делится на 4 группы - хвойные леса, мелколиственные леса, группа зарослей и группа открытых сообществ.

На следующем этапе разделяются сообщества внутри выделенных групп зарослей и открытых сообществ.

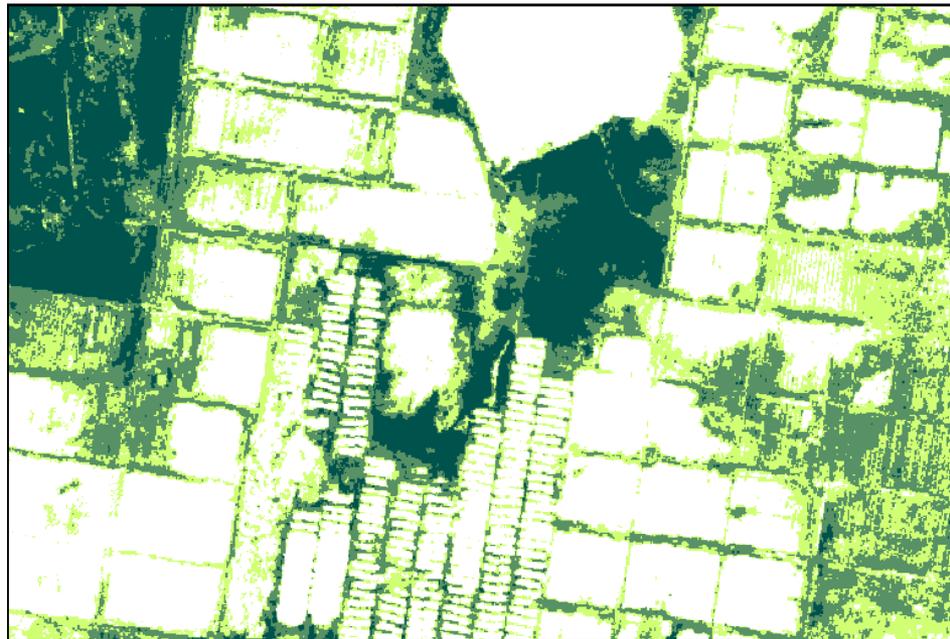
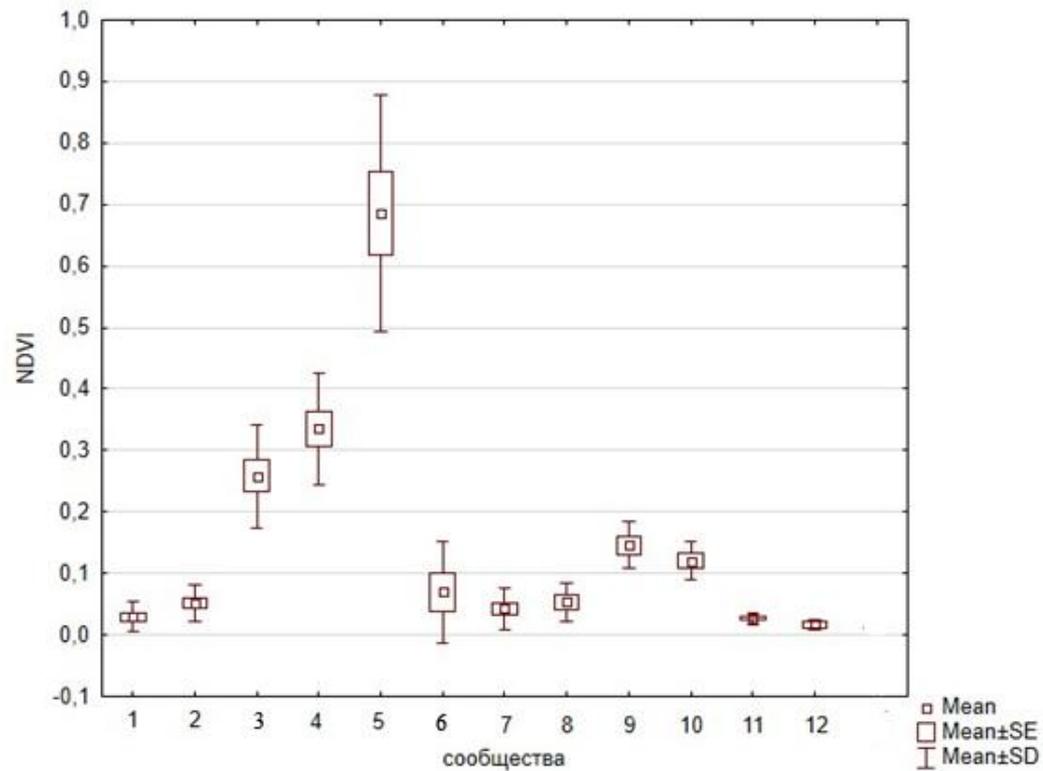
Первый этап – разделение на 4 группы на основе NDVI февраль-март:

хвойных лесов (5),

лиственных лесов (4),

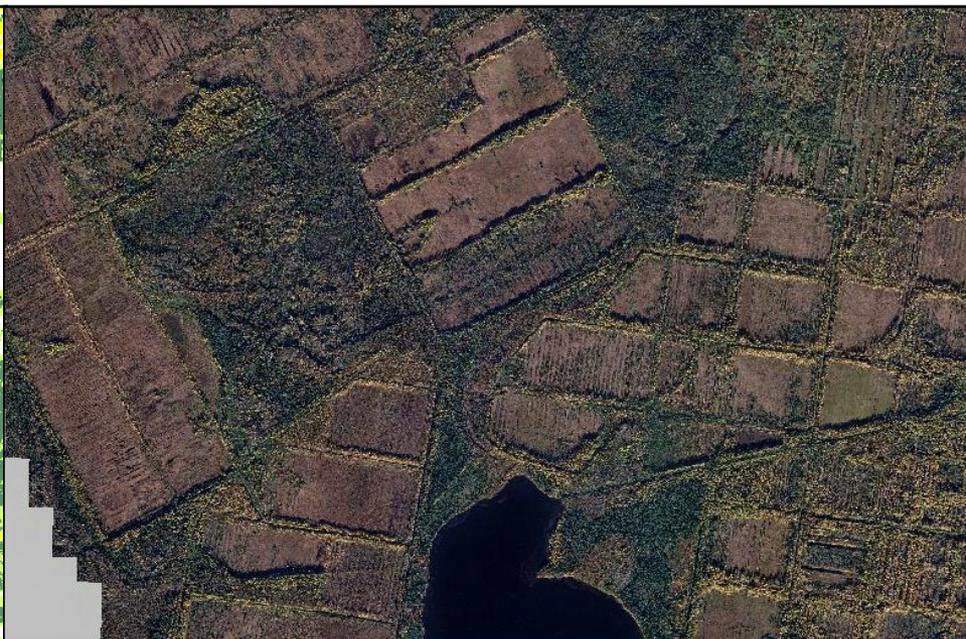
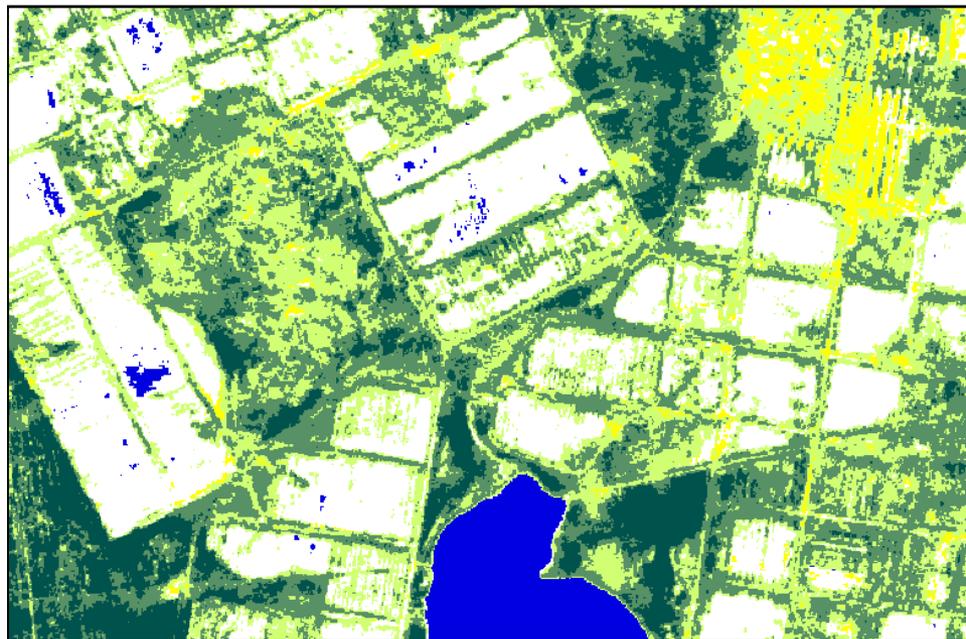
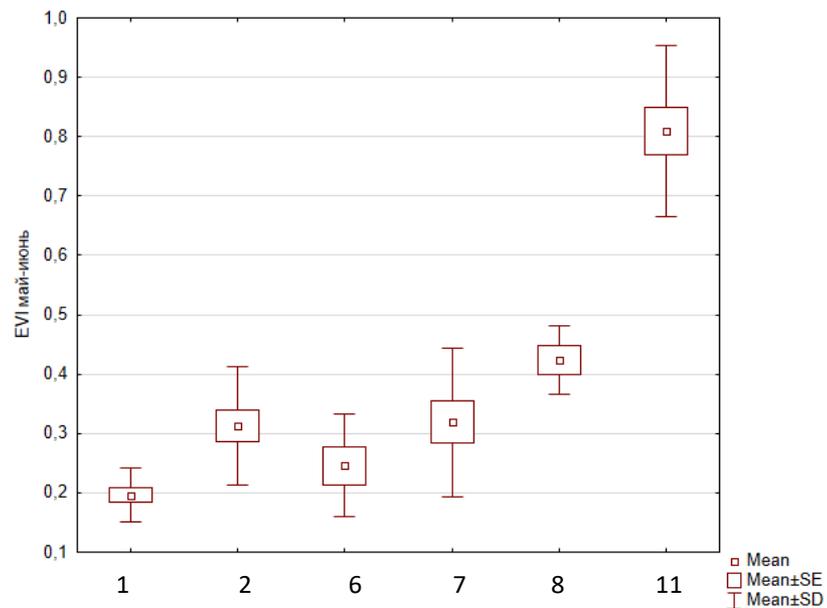
зарослей (3, 9, 10, 6 (высокие тростники >2 метров) ,

открытых сообществ (1, 2, 6, 7, 8, 11, 12).

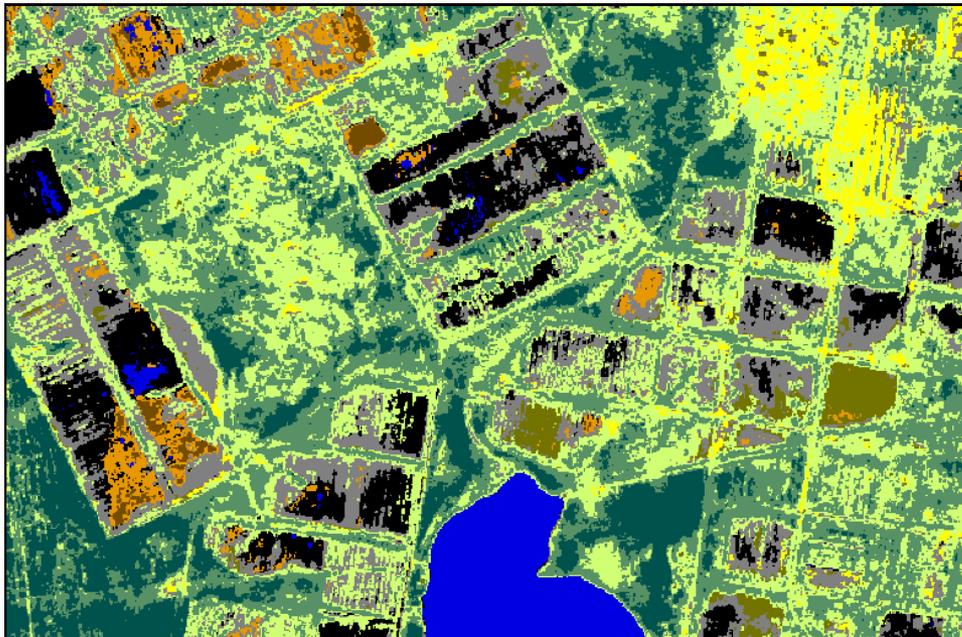
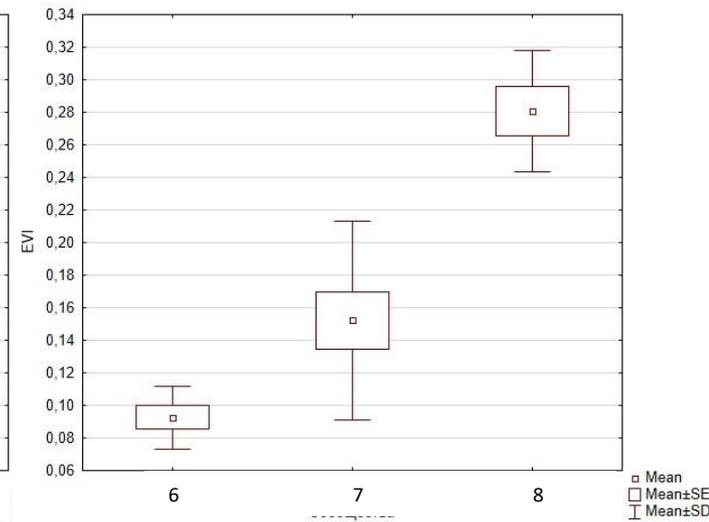
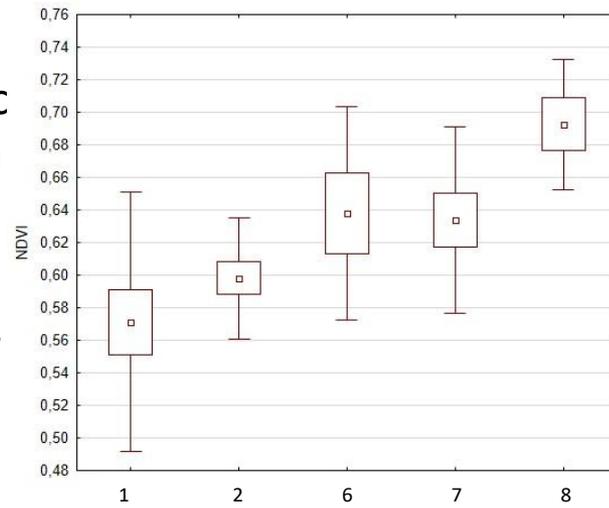


Второй этап разделение открытых сообществ:

- выделение водных и обводненных участков (12) на основе WRI май-июнь,
- выделение луговых сообществ (11) на основе EVI май-июнь,



-выделение торфяных пустошей (1) и сообществ с участками голого торфа (2) на основе NDVI июль-август,
 -Выделение тростниковых, осоковых и сфагновых сообществ на основе EVI апрель-май



- заросли
- мелколиственный лес
- хвойный лес
- водные и обводненные участки
- торфяные пустоши
- пушицево-политриховые участки
- луговые участки
- тростниковые участки
- осоковые участки
- сфагновые участки

Данный алгоритм реализован на базе Google Earth Engine. В пределах выбранных границ торфяника подбирается съемка за указанные периоды (зима, весна, поздняя весна и лето), рассчитываются индексы и формируется карта сообществ на основе разделения индексов по заранее заданным порогам.

Метод был апробирован на торфяниках Ленинградской, Псковской, Тверской областей.

Была оценена точность разработанного метода на основе полевых точек и матрицы ошибок и индекс К - Каппа Коэна. Достоверность составила от 0,7 до 0,79.

Участок	Достоверность классификации на основе матрицы ошибок	Индекс К
Орша – запад	0,76	0,71
Гатчина	0,79	0,76
Кировск	0,7	0,65
Назия	0,74	0,72