



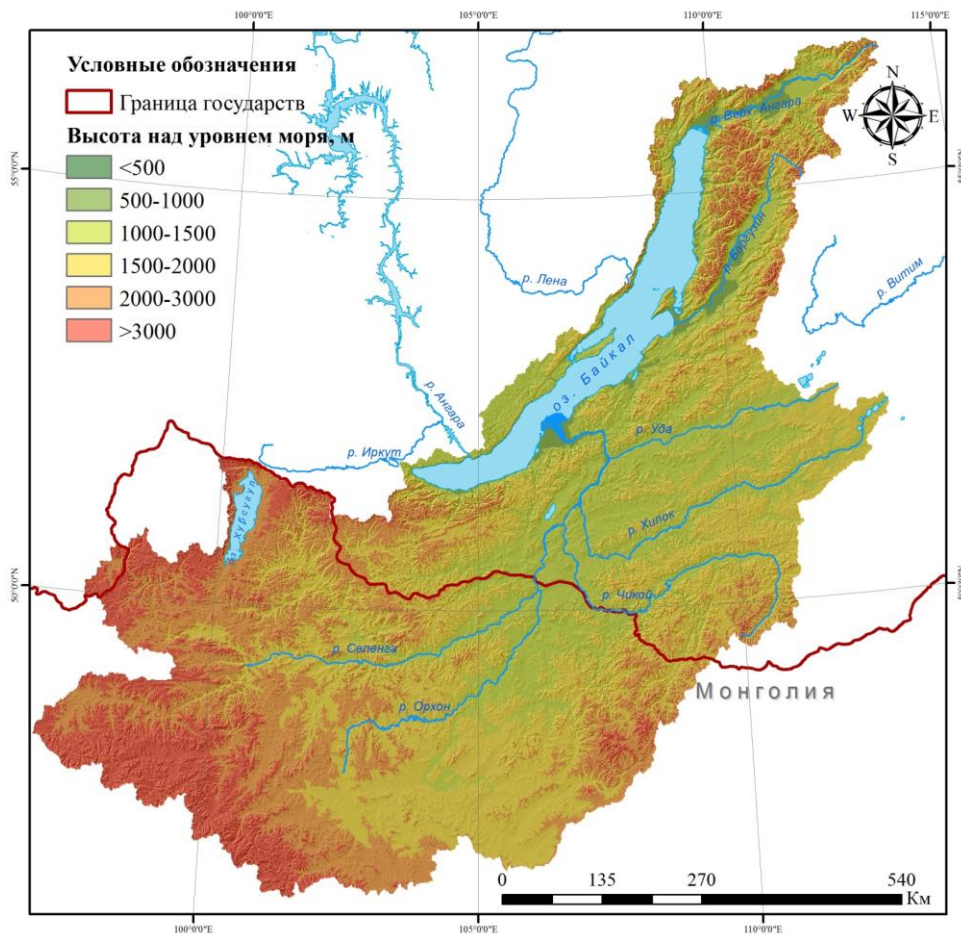
ENVIROMIS - 2018

ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА NDVI В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Н.с., к.т.н. Аюджанаев Александр Андреевич,
Б.В. Содномов, Е.Ж. Гармаев, Б.З. Цыдыпов

Томск, 07 июля 2018 г

Озеро Байкал и его водосборный бассейн



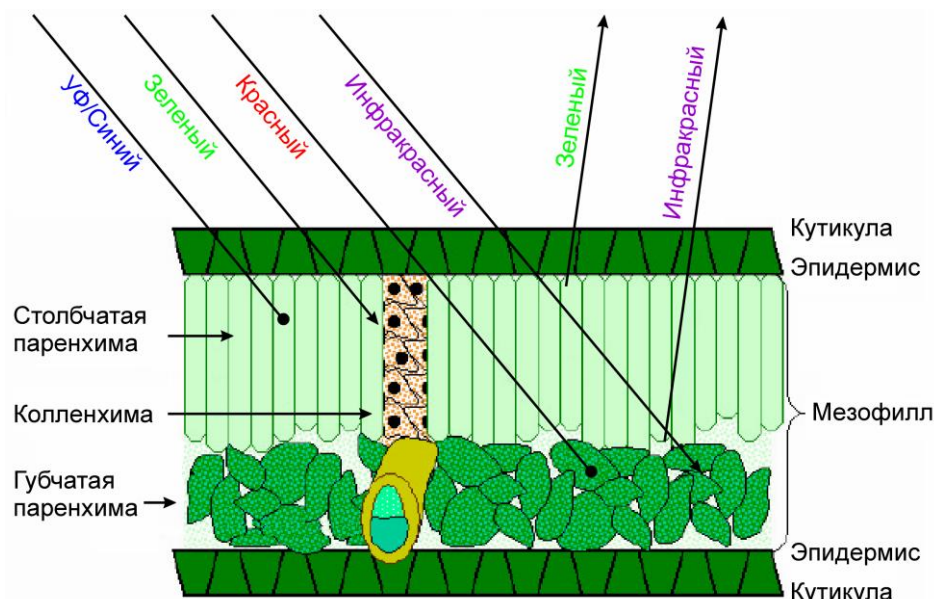
Озеро Байкал внесено в Список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО. Площадь озера – 31,7 тыс. км². Площадь водосборного бассейна – 576,5 тыс. км² (включая площадь Байкала). 44,6 % площади бассейна лежит в пределах РФ, 55,4 % - в Монголии.

NDVI – количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы

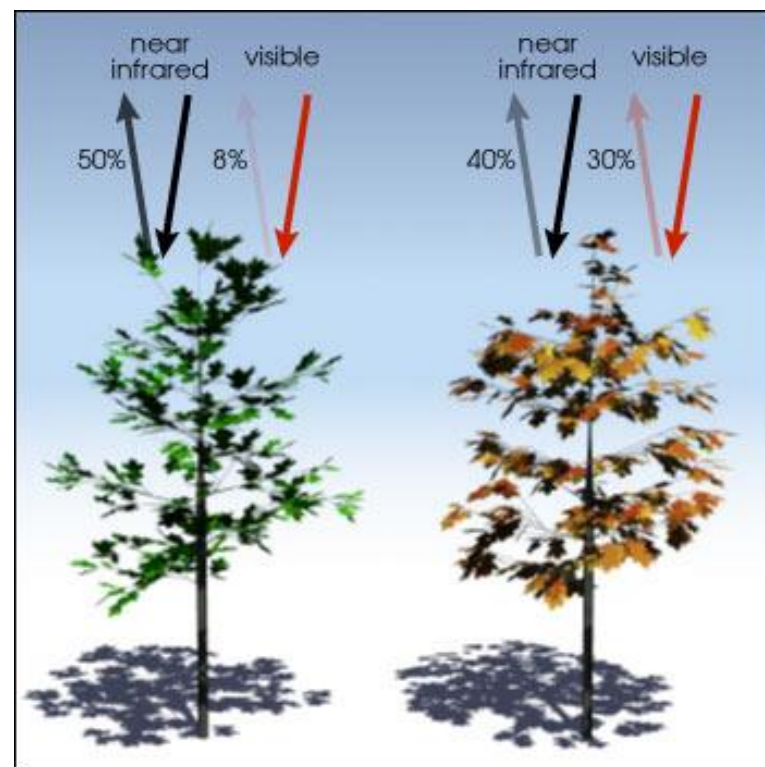
Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных, не зависящих от прочих факторов, участках кривой отражения растений. В красной области спектра находится максимум поглощения солнечной радиацией хлорофилла высших сосудистых растений, а в ближней инфракрасной области – максимум отражения от клеточных структур листа. Таким образом, высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и к большему отражению в ближней инфракрасной. Соотношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительные объекты от других природных объектов и проводить их анализ.

Для отображения NDVI используется шкала в диапазоне от –1 до 1. Значения NDVI для открытой почвы лежат в пределах 0,1÷0,2, дефлированные степи – 0,2÷0,3, сухие степи – 0,3÷0,4, луга имеют значения больше 0,4, леса – более 0,6.

$$NDVI = \frac{B_{ИК}^* - B_K^*}{B_{ИК}^* + B_K^*}$$



Клеточная структура активно вегетирующей растительности и процессы поглощения и отражения для разных диапазонов оптического спектра



$$\frac{(0.50 - 0.08)}{(0.50 + 0.08)} = 0.72$$

$$\frac{(0.4 - 0.30)}{(0.4 + 0.30)} = 0.14$$

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Спутниковые данные:

Продукт MOD13Q1 – 16-дневные композиты NDVI с 2000 по 2016 гг.

Спектрорадиометр MODIS спутников Terra и Aqua.

16-дневные композиты представляет собой максимальное значение NDVI пикселя наиболее близкого к надиру за 16-дневный период.

Пространственное разрешение пикселя – 250x250 м.

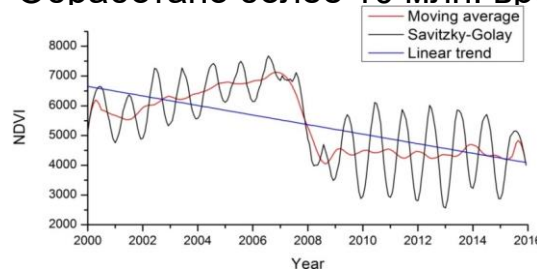
Алгоритм обработки данных:

Устранение шумов - Фильтр Савицкого-Голея

Сезонное сглаживание - скользящее среднее

Оценка значимости тренда – $p\text{-value} < 0,05$

Обработано более 10 млн. временных рядов



Метеорологические данные:

Фондовые данные метеорологических станций,

Спутниковый сервис «ВЕГА-ПРО» Института космических исследований РАН

Рельеф:

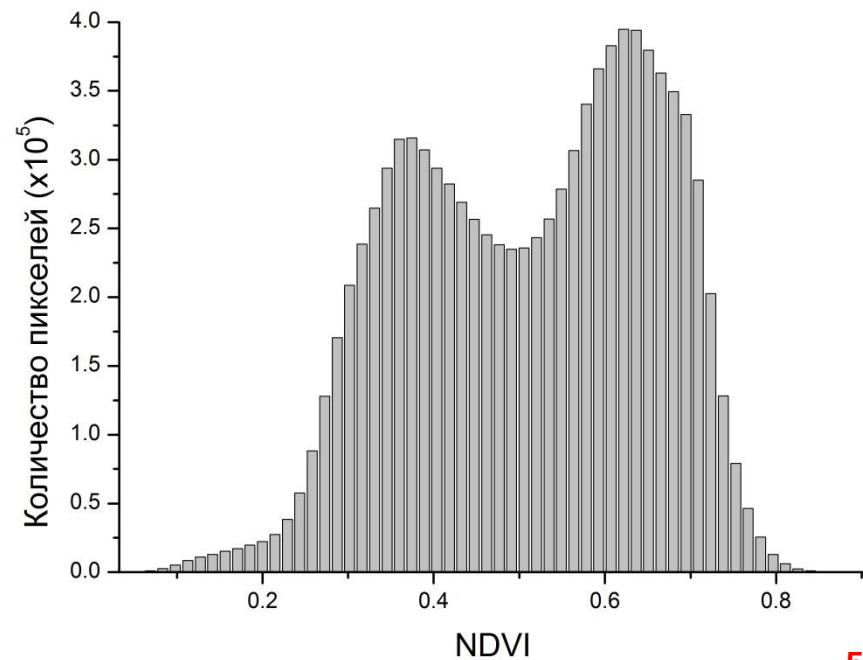
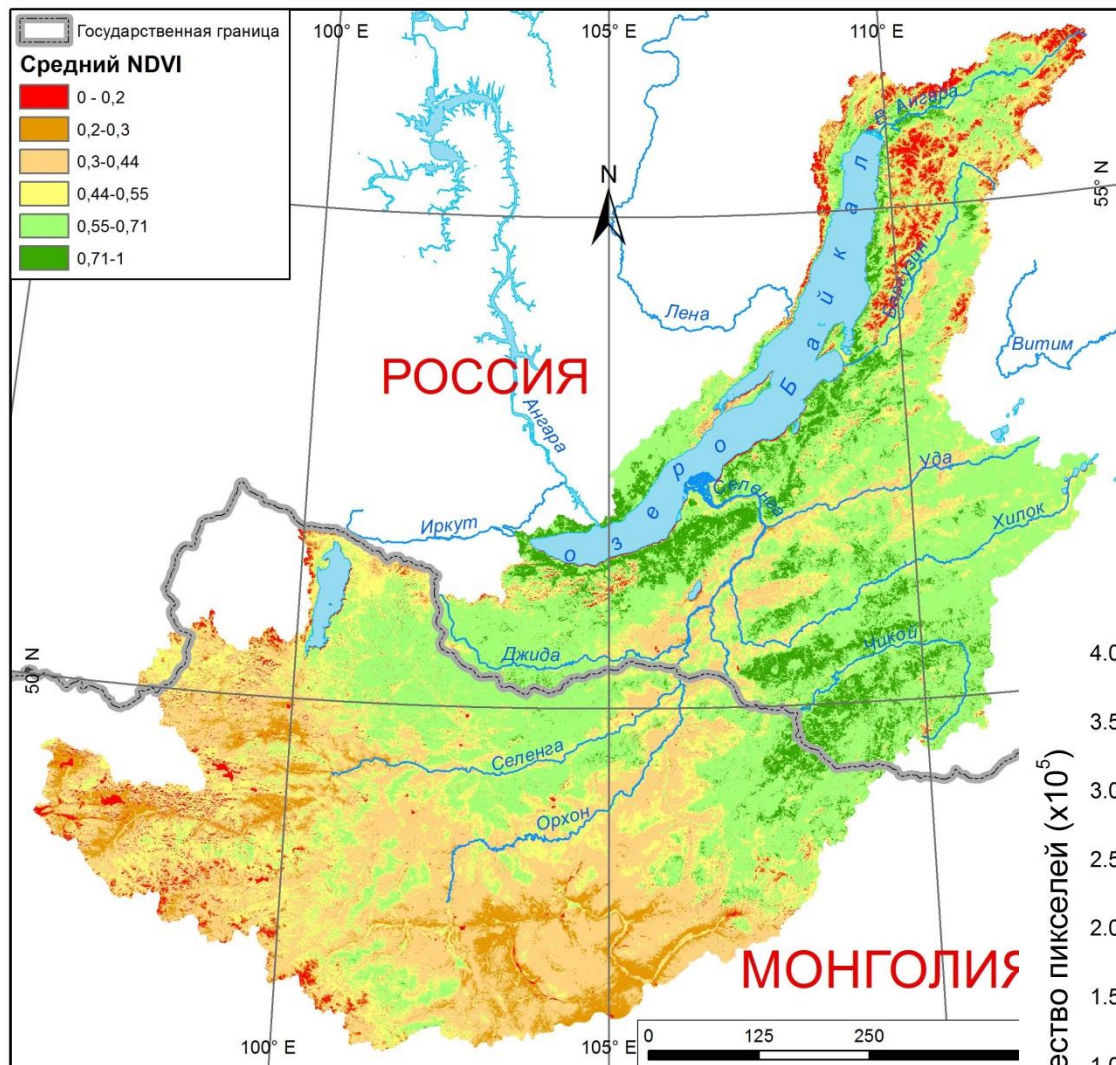
Глобальная модель рельефа Etopo1, разрешение – 1 угл. минута

Sodnomov B.V., Ayurzhanayev A.A., Tsydypov B.Z., Garmaev E.Zh. Algorithm of assessment of the MODIS NDVI long-term variations, J. Sib. Fed. Univ. Eng. Technol., 2018, 11(1), 61-68. Doi: 10.17516/1999-494x-0009.

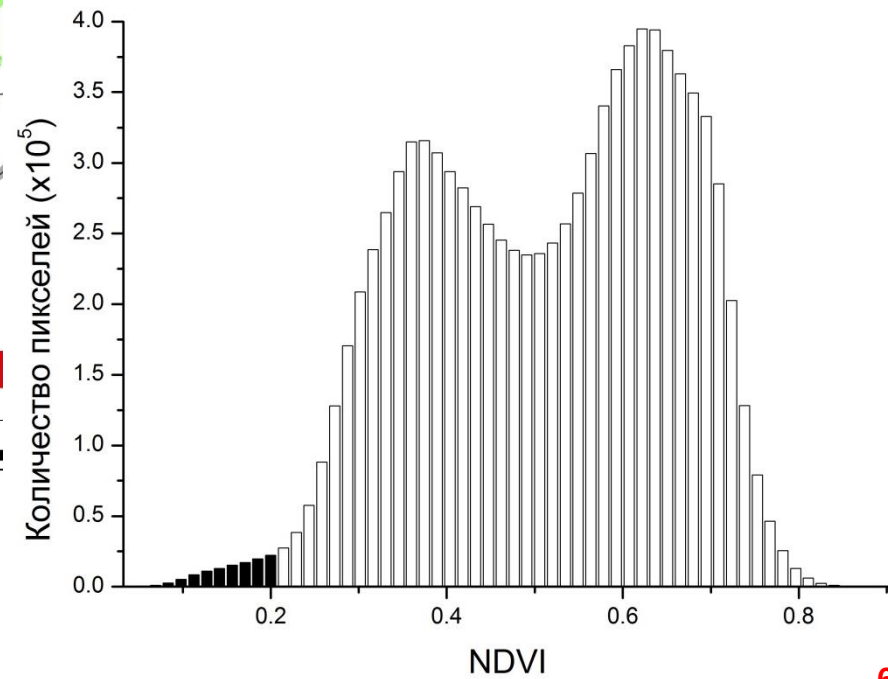
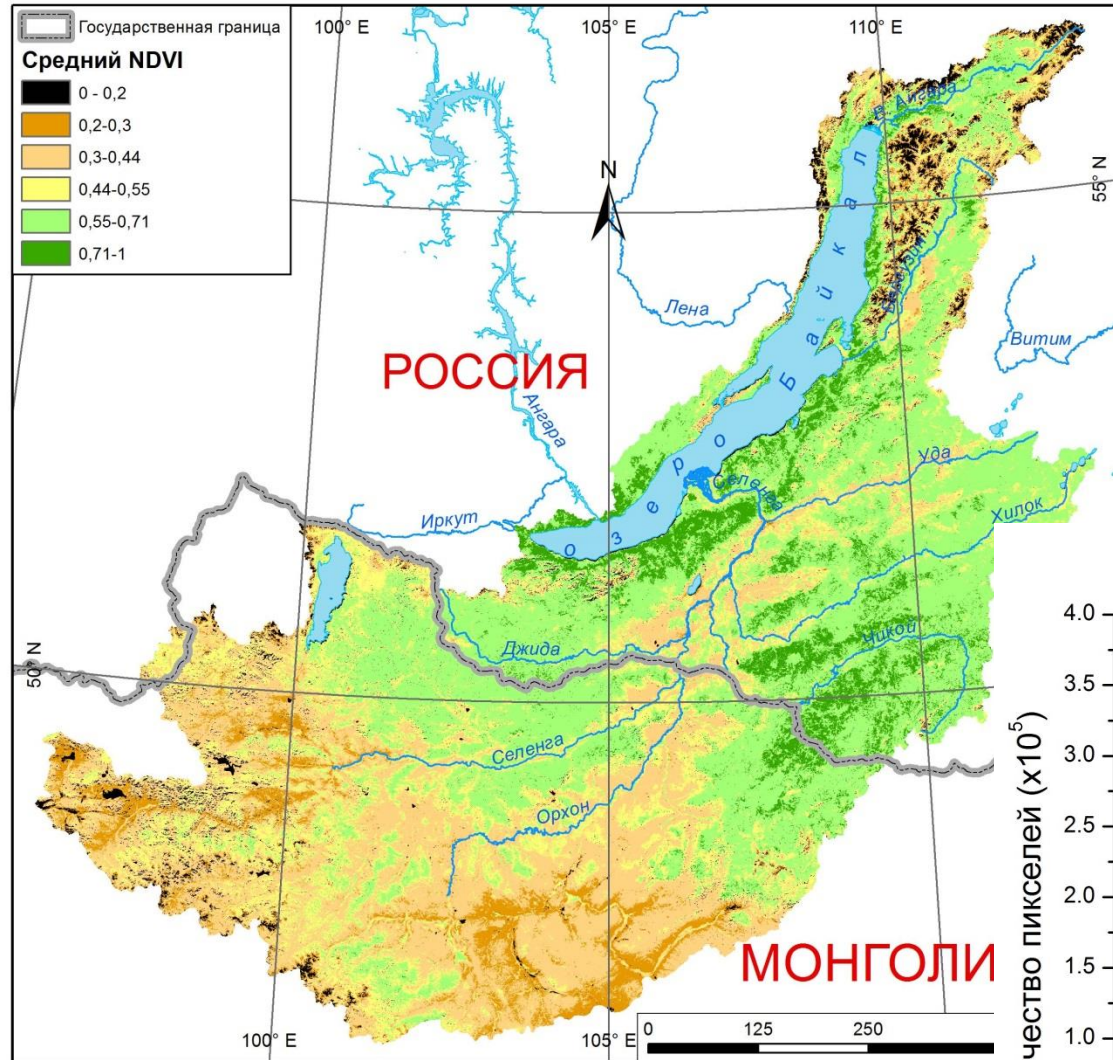
Программный комплекс обработки и анализа временных рядов ДДЗ: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614891, Российская Федерация. Заявка № 2018612006/69 Содномов Б.В., Аюржанаев А.А.; правообладатель: БИП СО РАН; дата поступления: 05.03.2018; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.04.2018 г.



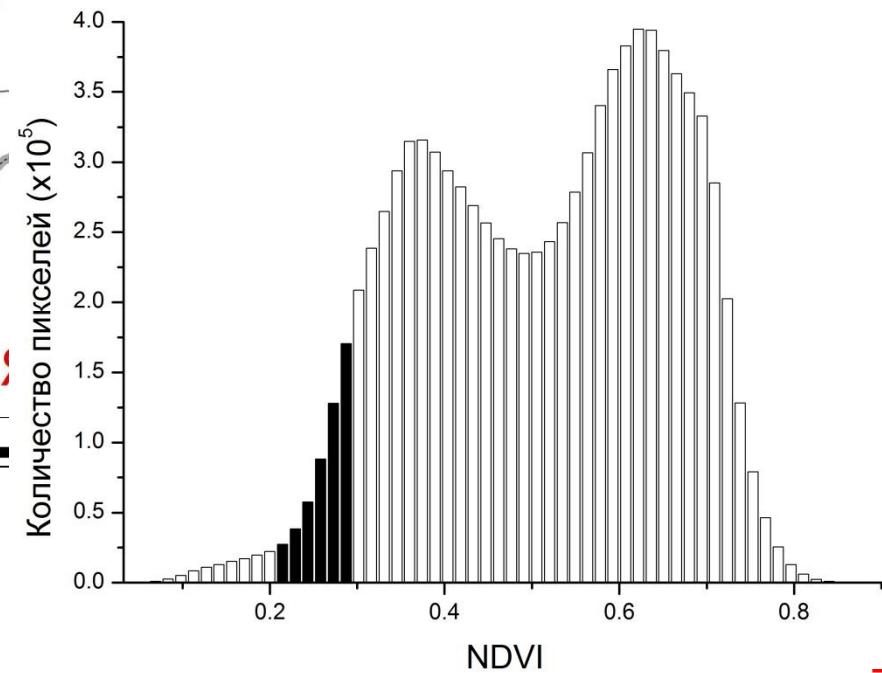
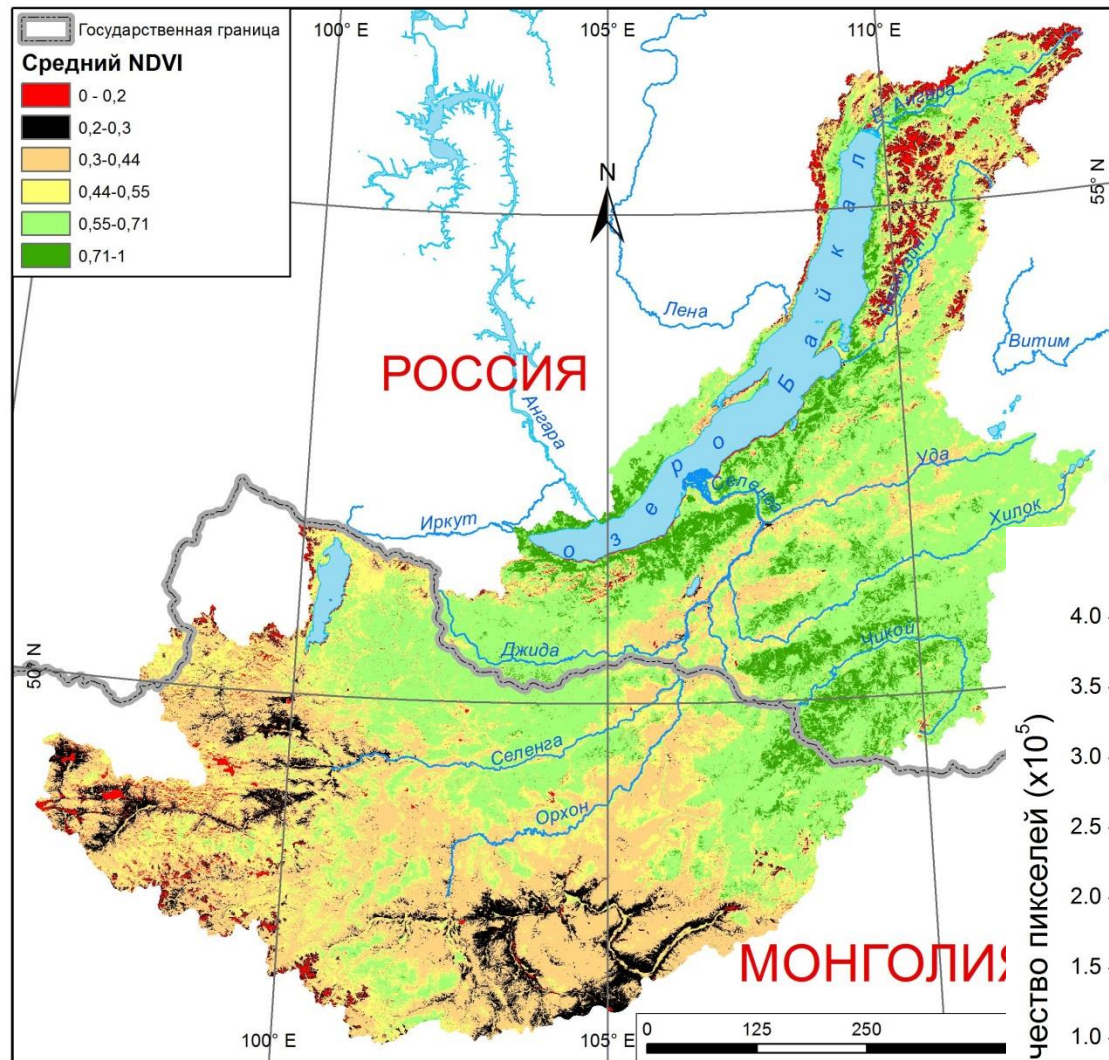
Пространственное рапределение среднего NDVI_{макс} за 2000-2016



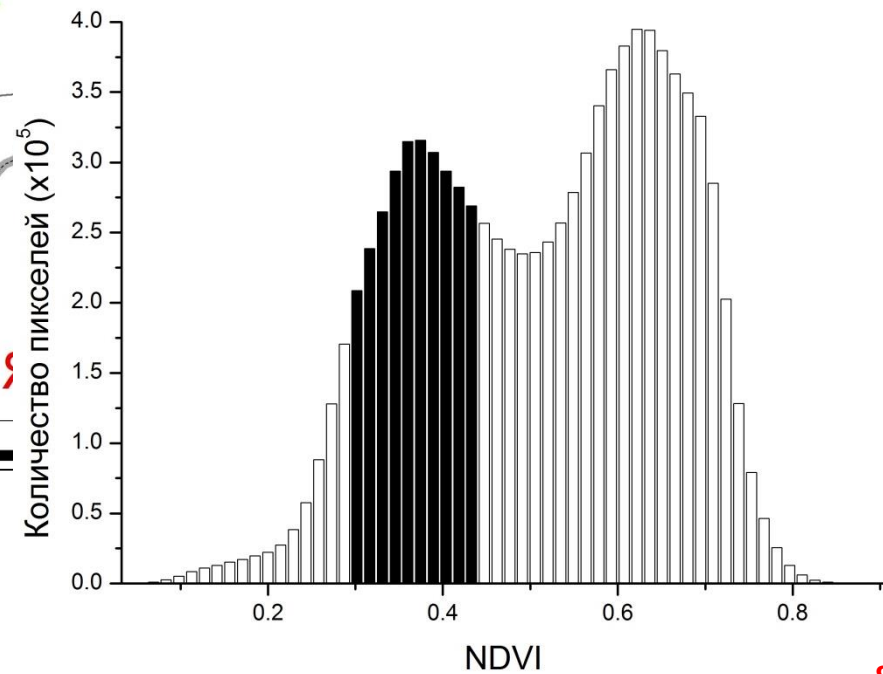
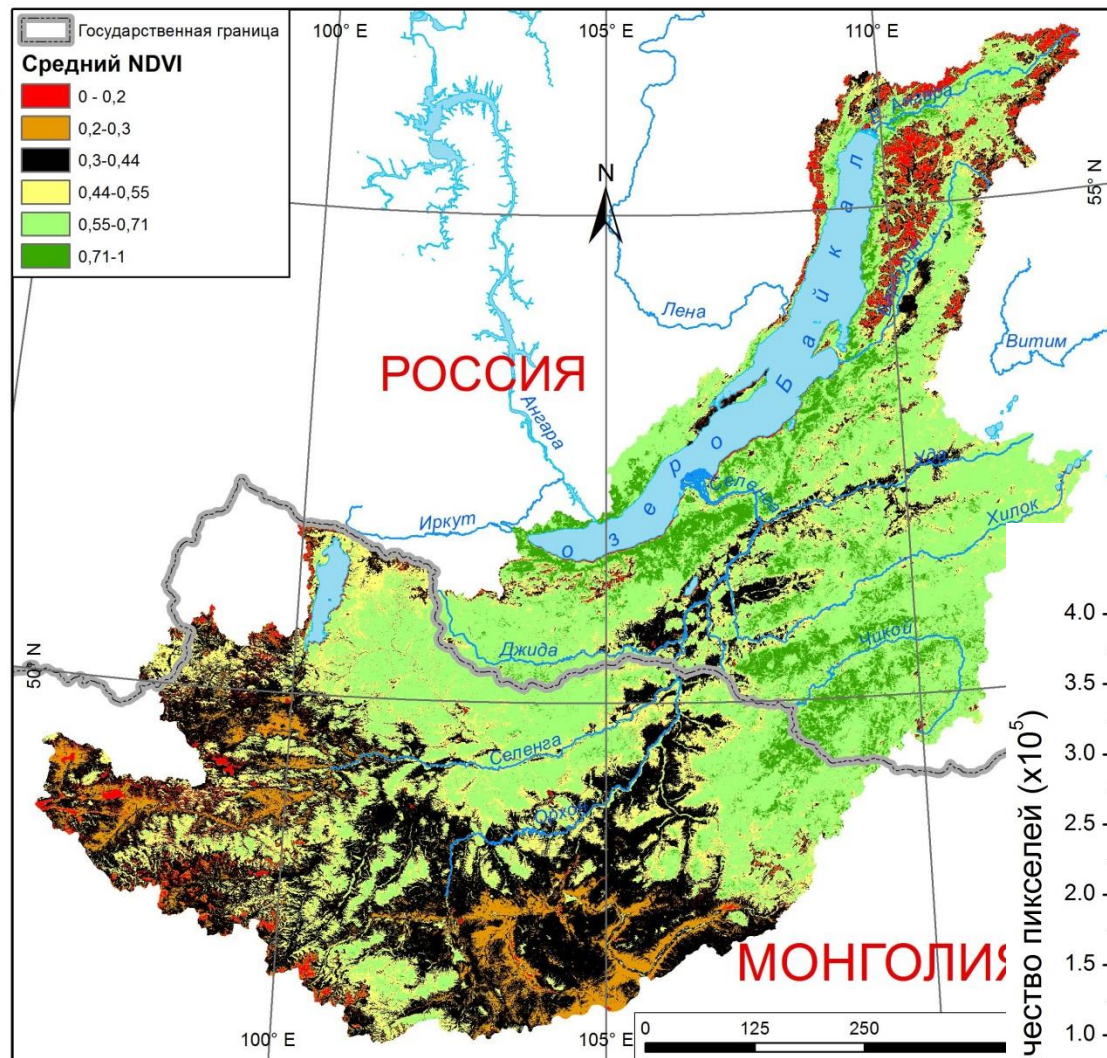
NDVI 0 – 0,2



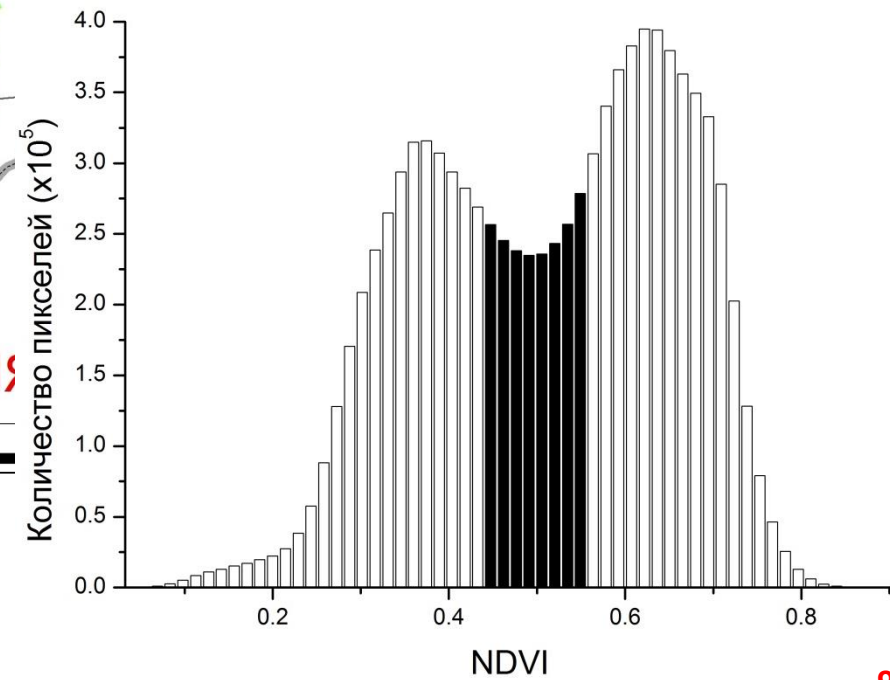
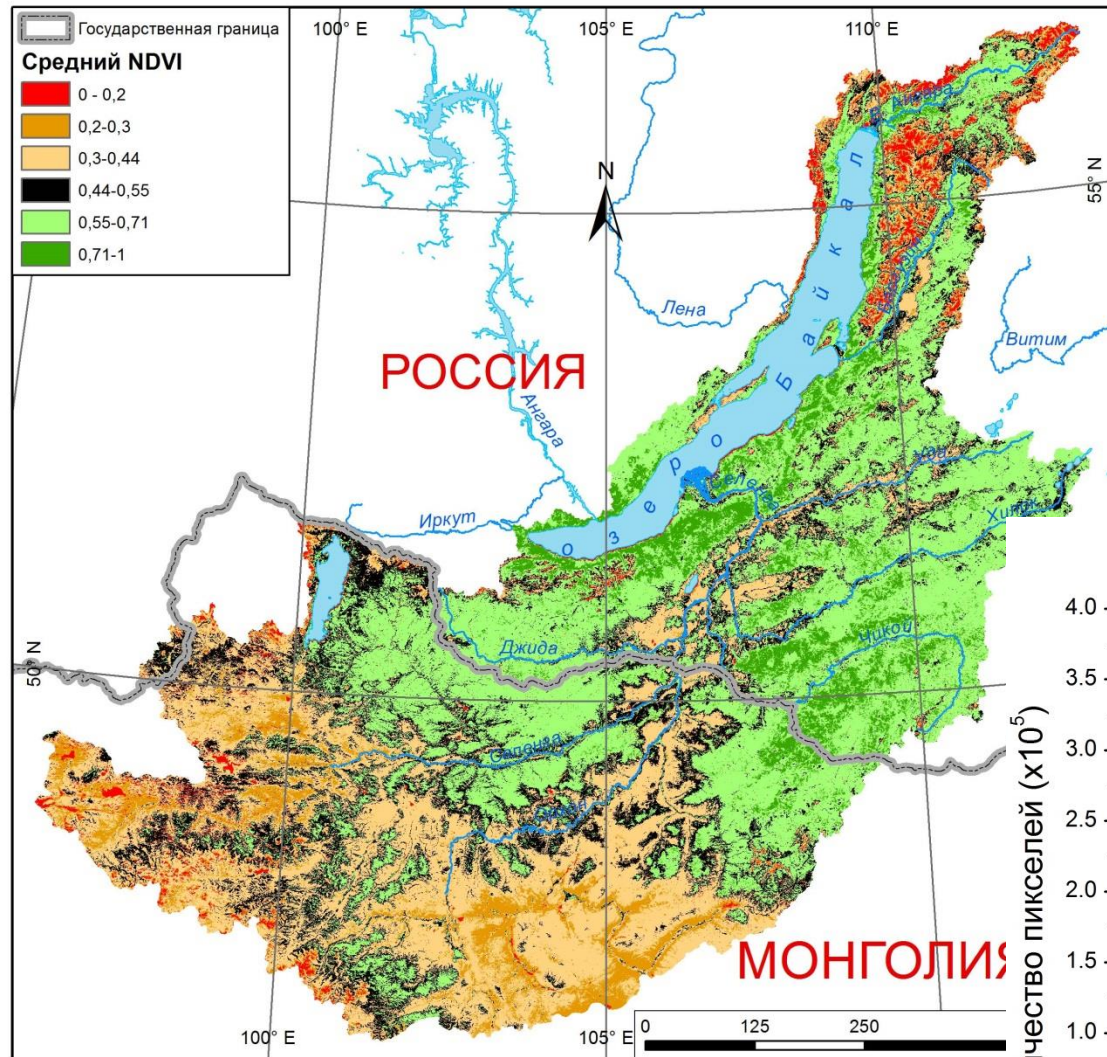
NDVI 0,2 – 0,3



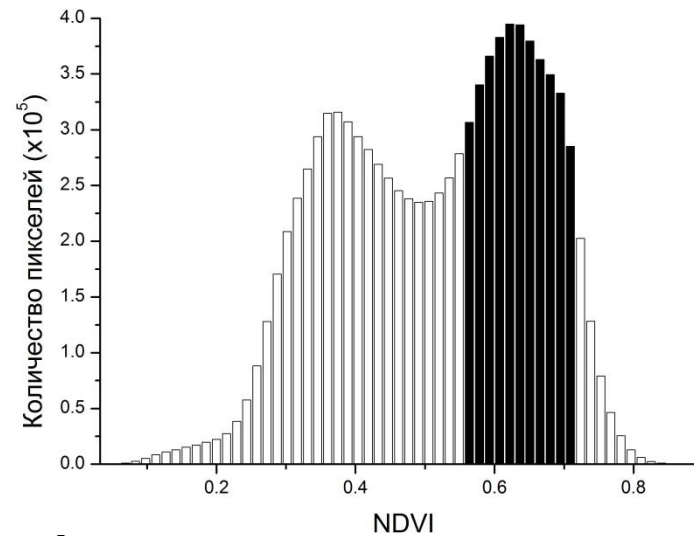
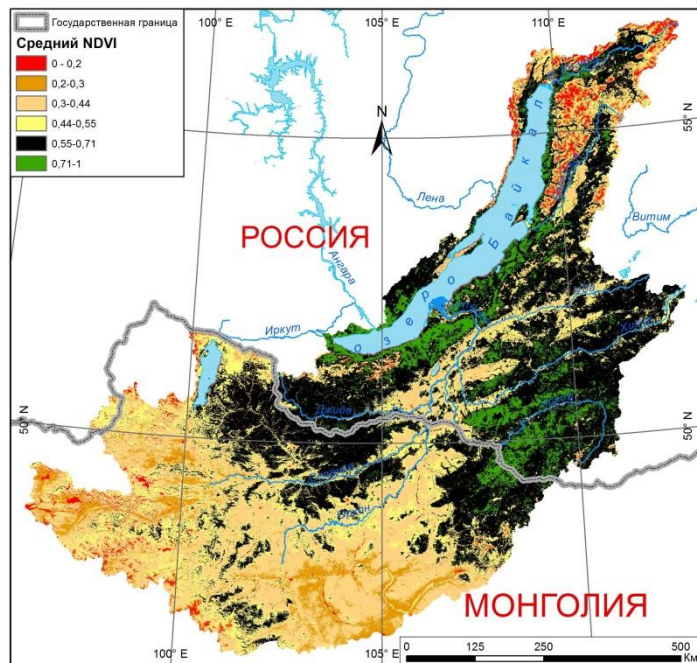
NDVI 0,3 – 0,44



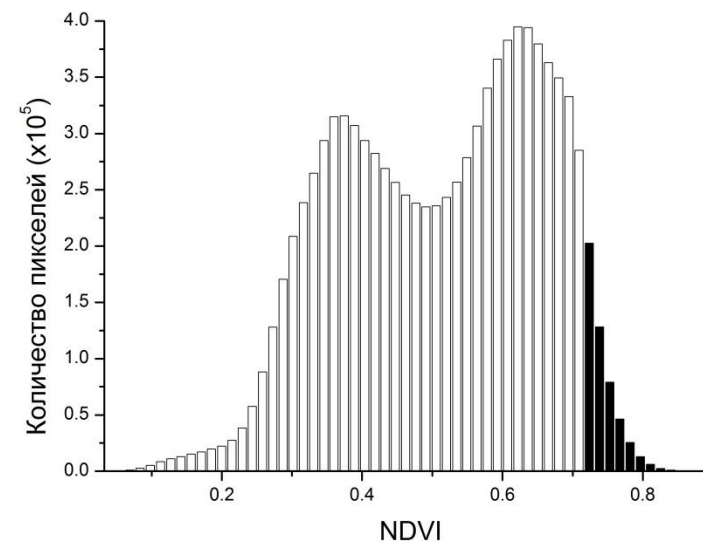
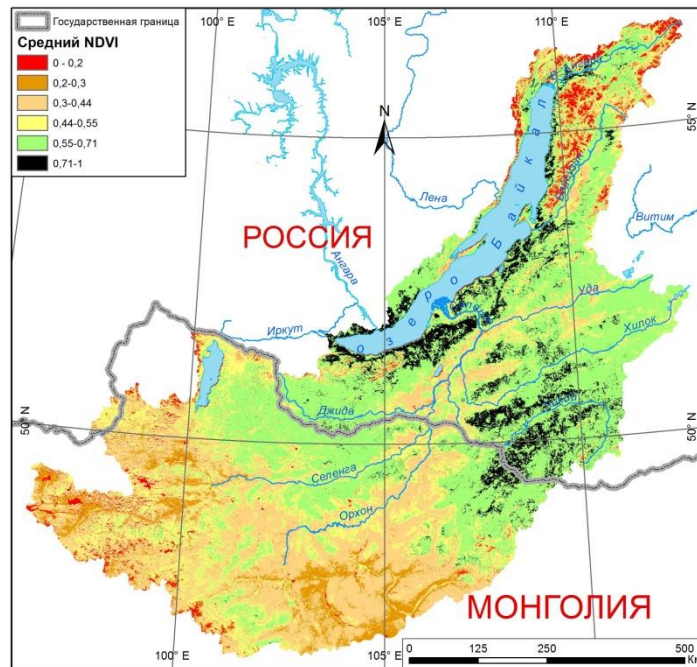
NDVI 0,44 – 0,55



NDVI 0,55 – 0,71



NDVI 0,71 – 1

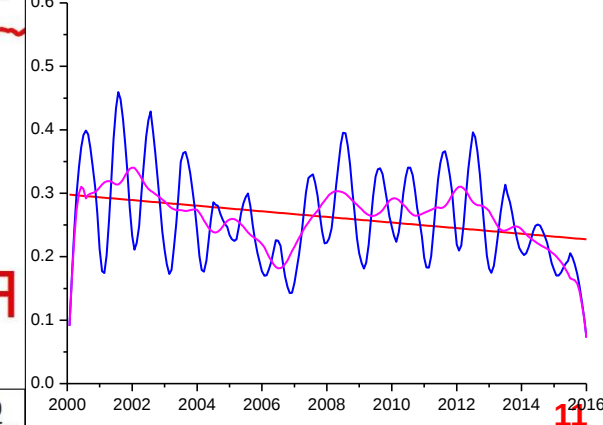
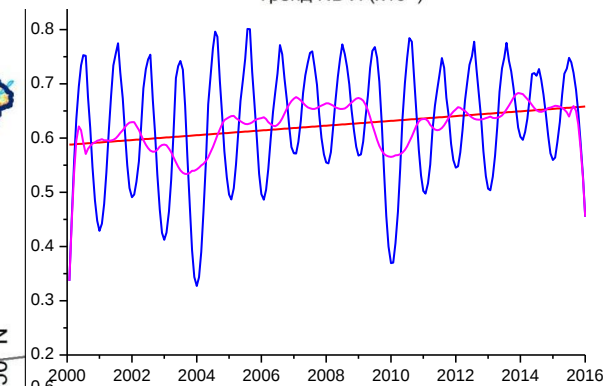
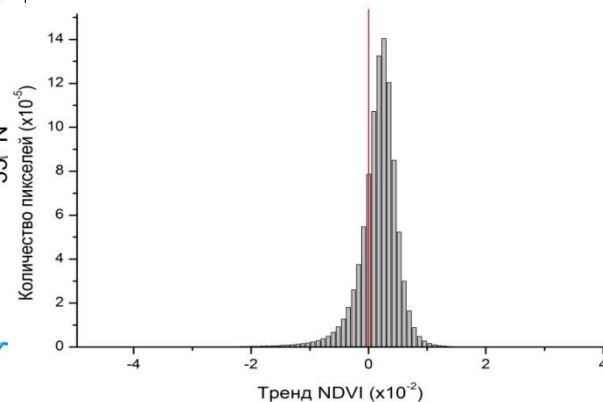


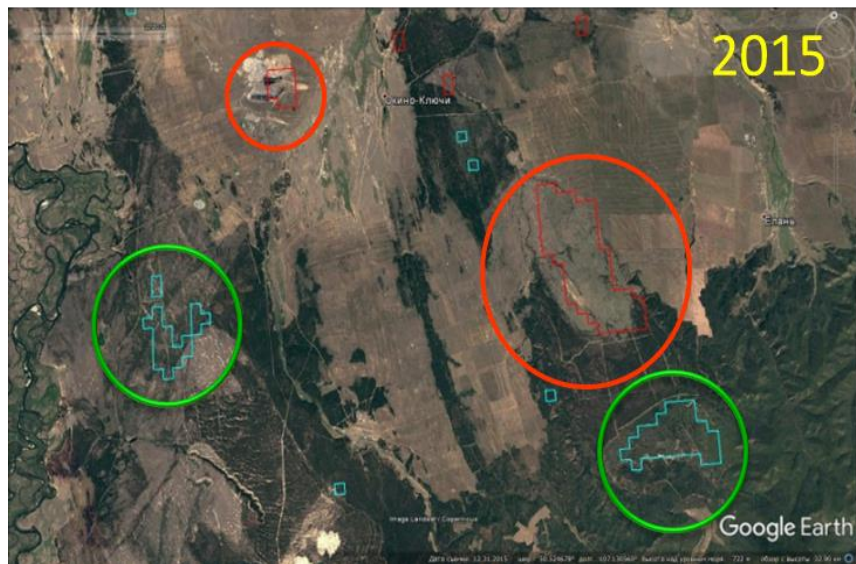
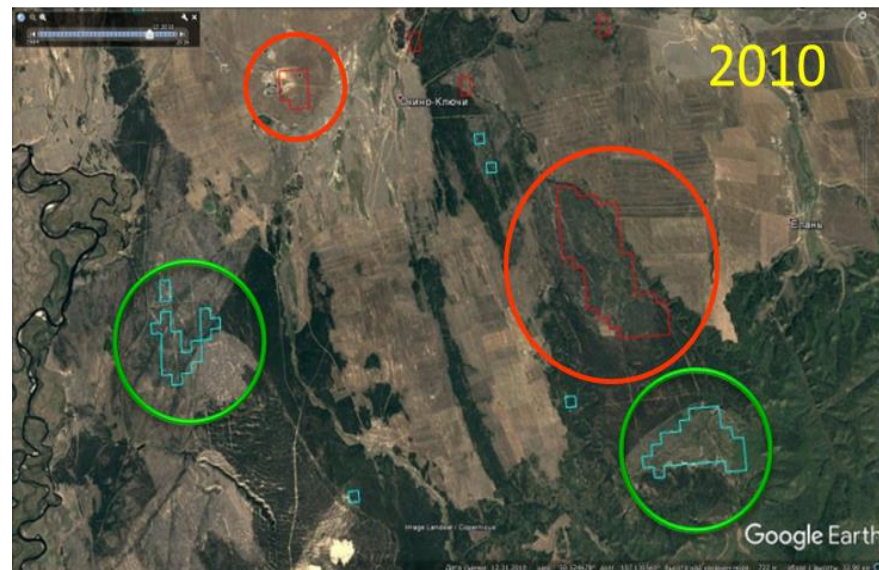
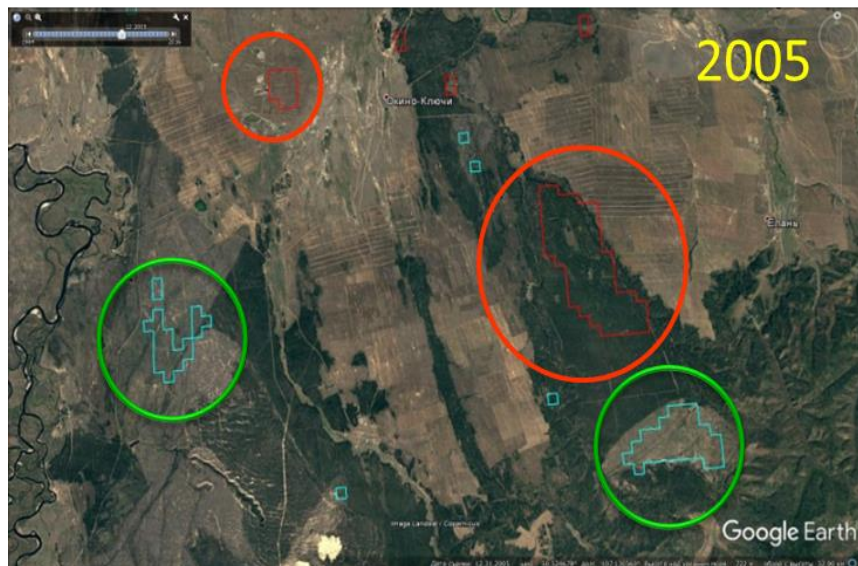
Линейные тренды NDVI, температуры воздуха и количества осадков

- Государственная граница
- Граница бассейна оз. Байкал
- + Положительный тренд осадков
- Отрицательный тренд осадков
- + Положительный тренд температуры
- Отрицательный тренд температуры

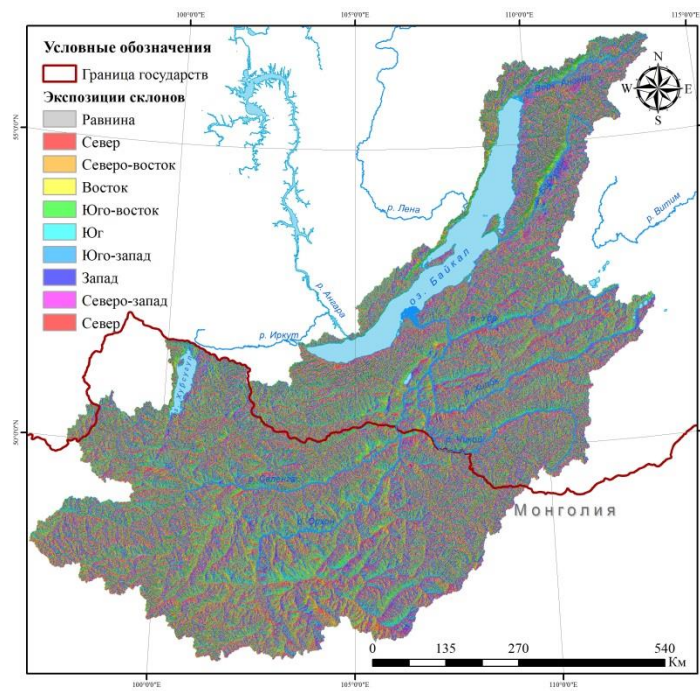
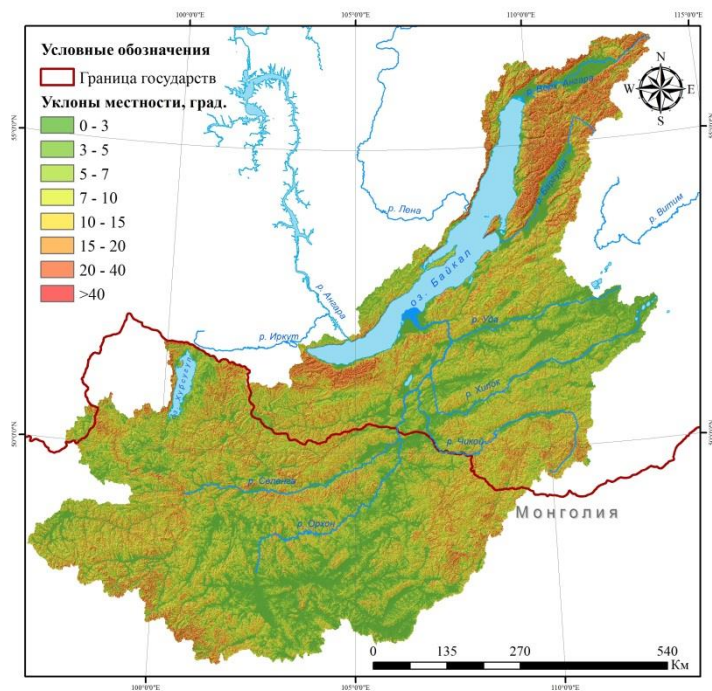
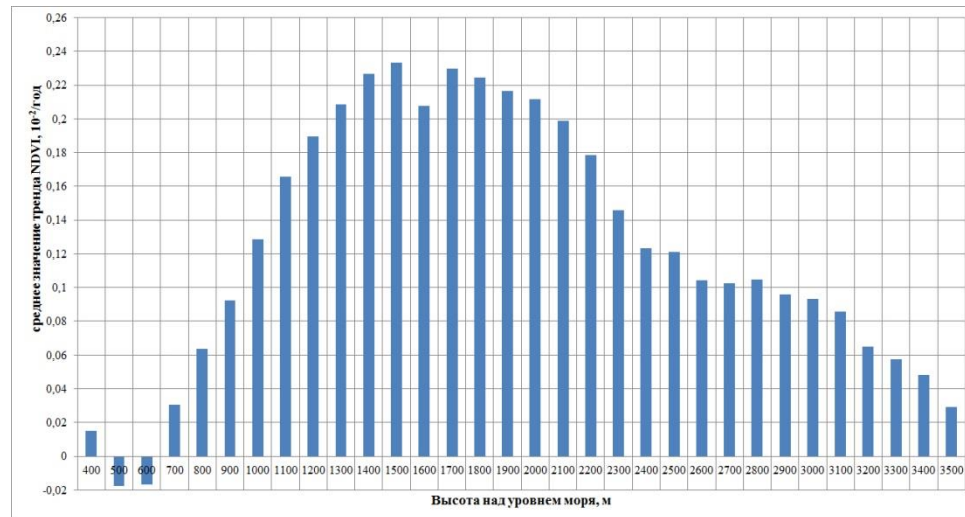
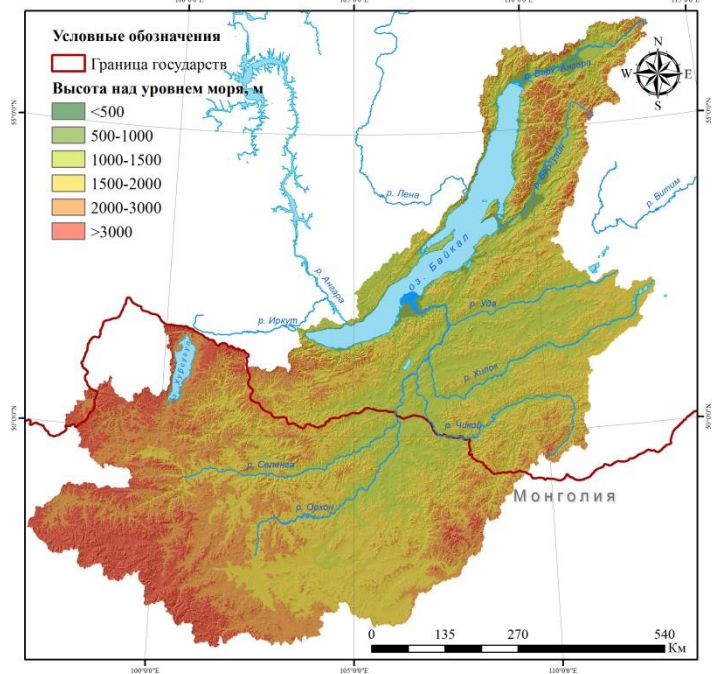
Тренд NDVI, $\times 0,01/\text{год}$

- 4,95 - -1
- 1 - -0,5
- 0,5 - 0
- 0 - 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 3,67

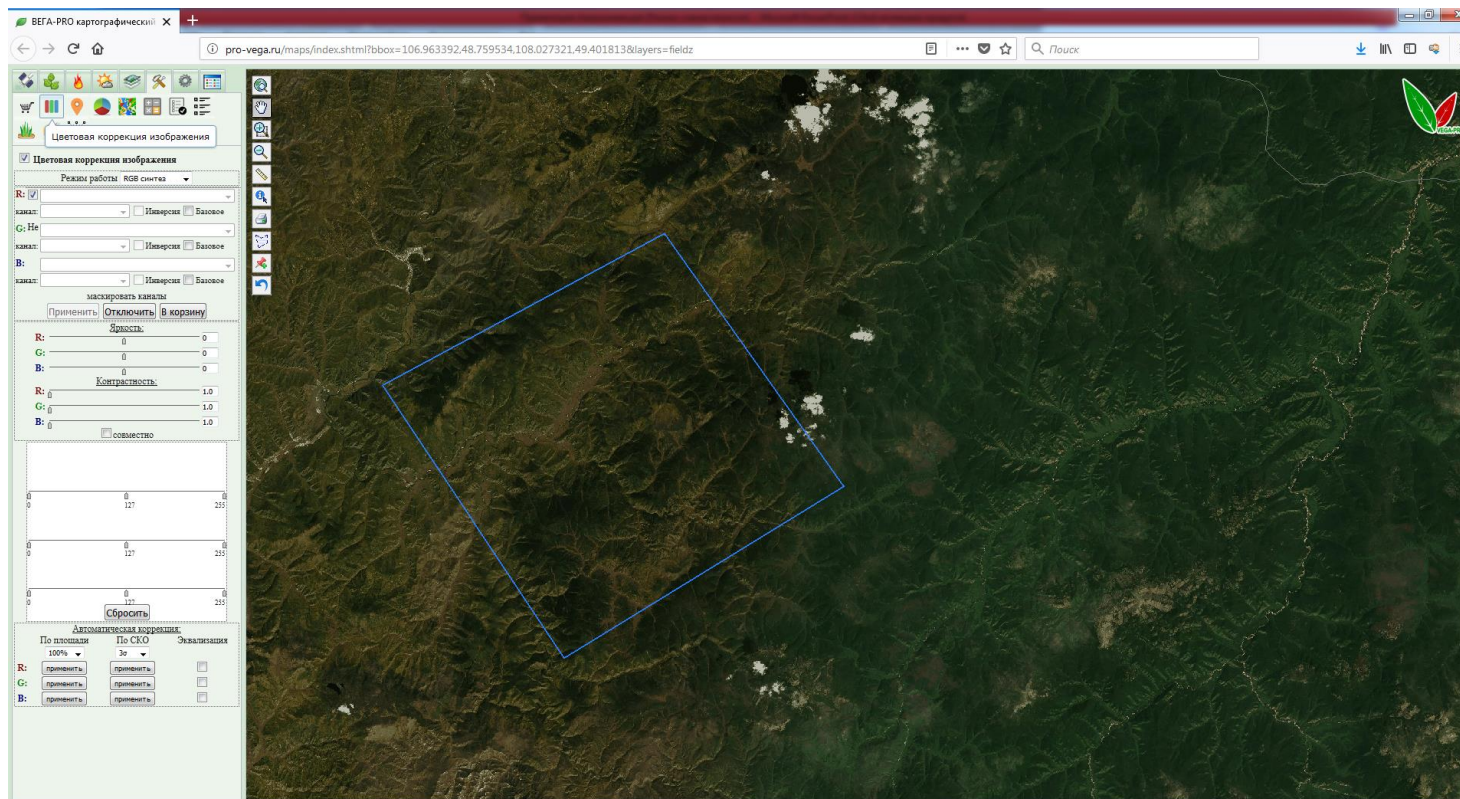




Визуальная верификация трансформации ландшафтов с помощью спутниковых изображений сверхвысокого пространственного разрешения выявила, что наибольшие изменения NDVI, в основном, обусловлены антропогенным влиянием. Представлена серия снимков сервиса Google Earth, на которых зафиксированы сведение и восстановление леса, а также разработка угольного карьера.



Спутниковый сервис ВЕГА-ПРО ИКИ РАН



Корреляция NDVI и метеопараметров

	степь	степь	степь	степь	лесостепь	лесостепь	лесостепь	лес	лес	лес	лес
	Дархан	Дзун-Мод	Гусиное	Курба	Икат	Цэцэрлэг	Заганский	Хамар-Дабан	Тат.ключ	Кяхта	Заиграево
Температура	0.81	0.77	0.73	0.82	0.90	0.77	0.52	0.86	0.58	0.21	0.05
Влажность воздуха	0.13	0.36	0.29	0.46	0.52	0.45	0.35	0.62	0.17	0.01	0.22
Влажность почвы	0.64	0.29	0.17	0.58	0.18	0.19	0.59	0.33	0.37	0.24	0.35
Осадки	0.48	0.55	0.43	0.42	0.65	0.47	0.32	0.60	0.56	0.24	0.17

Выводы

1. Представлена пространственно-временная характеристика вегетационного индекса NDVI в Байкальском регионе. Распределение среднемноголетних значений NDVI имеет двухмодальный вид, его максимумы соответствуют степной и лесной растительности, минимум – лесостепной растительности.
2. Линейные тренды NDVI за 17-летний период имеют разное направление: отрицательные тренды приурочены к степному типу растительности Селенгинского среднегорья, положительные наблюдаются для монгольских степей и для лесной растительности. Наибольшие изменения NDVI, в основном, обусловлены природно-антропогенным воздействием на лесные экосистемы.
3. Тренды NDVI для степной растительности сонаправленны с трендами количества осадков. Внутригодовые изменения NDVI имеют тесную связь с температурой воздуха.