

Использование данных дистанционного зондирования Земли для моделирования ареала карликовой березы (*Betula nana* L.) на севере Западной Сибири  
(При поддержке гранта РФФИ 18-04-01010)

*Ивлева Т.Ю. (1), Терская А.И. (1), Дудов С.В. (2), Ермохина К.А. (3)*

- 1) МГУ имени М.В. Ломоносова Географический факультет, Москва, Россия
- 2) МГУ им. М.В. Ломоносова, Биологический факультет, Москва, Россия
- 3) Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

# Актуальность

- Необходимость уточнения геоботанического районирования Арктики.
- Новые данные ДЗЗ, новые полевые данные, методика экологического моделирования дают возможности для этого.

# Цель работы

- Моделирование ареала карликовой березы (*Betula nana* L.). Северный предел распространения карликовой березы - ключевой индикатор границы арктических и типичных тундр



Карликовая береза на севере Гыданского полуострова

# Методы

Экологическое моделирование ареалов видов:

- Точки полевых находок вида +
- Растровые данные с значениями факторов среды +
- Обучение модели на этих данных =

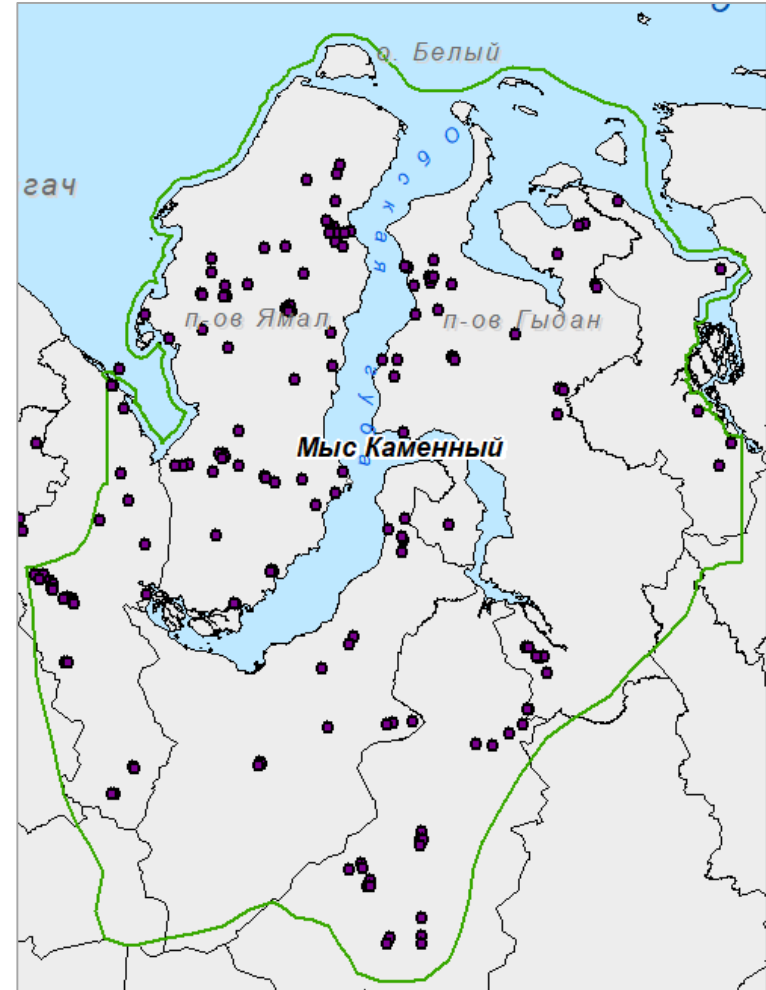
карта вероятности присутствия вида в каждой точке изучаемой территории

- Используется программа MaxEnt, в которой реализован метод максимальной энтропии

# Точки регистрации *Betula nana*

Создан самый полный набор данных находок *Betula nana* на севере Западной Сибири :

- По материалам полевых экспедиций ИПЭЭ РАН
- Архив Арктической растительности (AVA),
- Глобальная базы данных по объектам биоразнообразия (Global Biodiversity Information Facility, GBIF)
- Цифрового Гербария МГУ
- Данные статей о флоре и растительности Ямало-Ненецкого автономного округа



Точки находок карликовой березы на севере Западной Сибири

# Растровые данные о факторах среды

- Традиционно используется набор биоклиматических данных CHELSA - модели, основанной на результатах реанализа ERA.
- 31 слой биоклиматических переменных CHELSA, которые являются производными от среднемесячного и максимального значения средней температуры воздуха и средней величины осадков.
- Представляют собой годовые тренды, сезонность и экстремальные или ограничивающие факторы окружающей среды.



# Набор данных EarthEnv

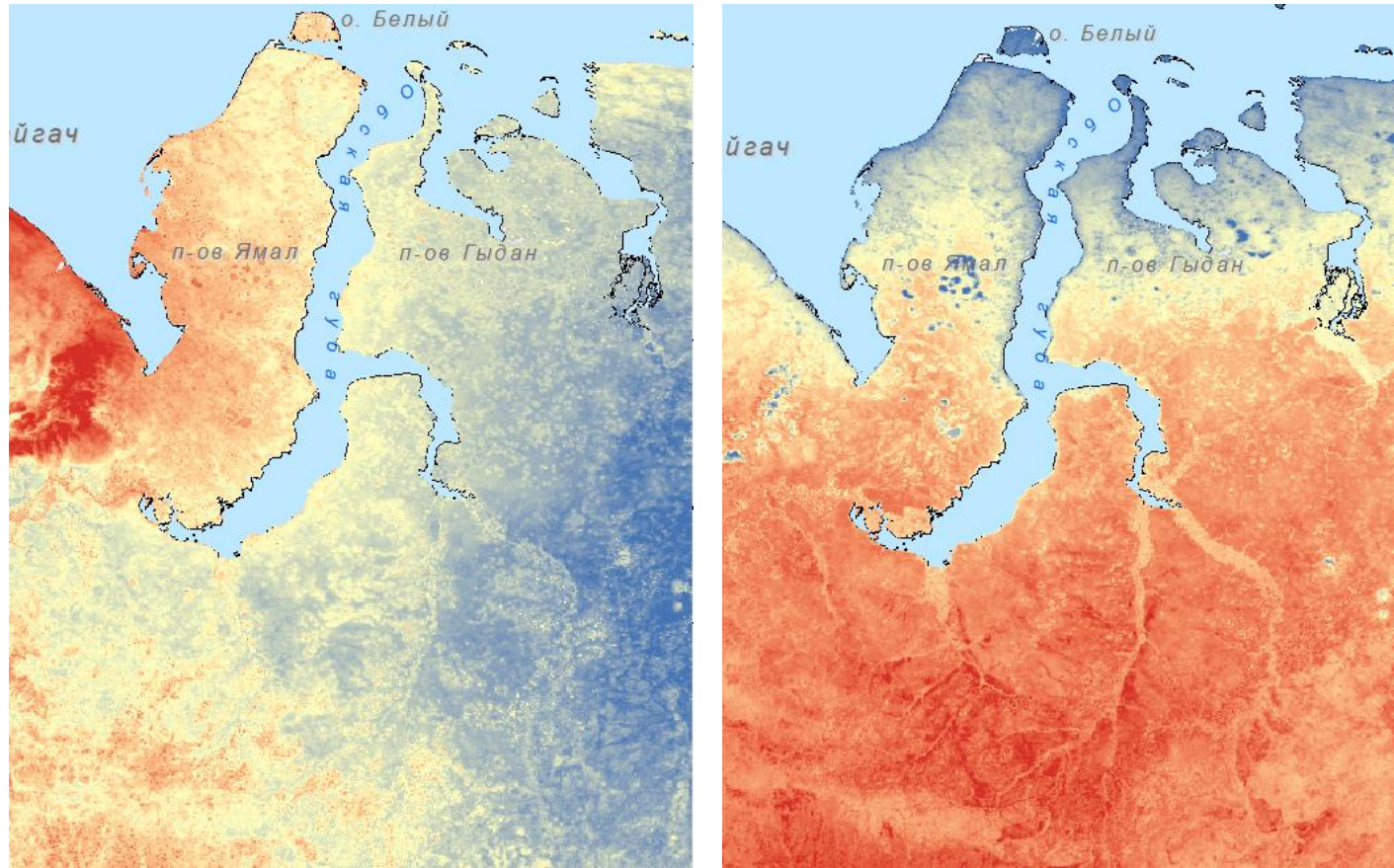
- 14 метрик, количественно определяющих пространственную неоднородность глобальной среды обитания, созданных на основе структурных особенностей изображений Enhanced Vegetation Index (EVI), полученных с помощью спектрорадиометра MODIS.
- Позволяет увеличить точность модели за счёт использования данных ДДЗ

Метрика	Показатель	Диапазон значений	Ожидаемая связь с неоднородностью
Коэффициент вариации	Нормализованная дисперсия EVI	$\geq 0$	Положительная
Равномерность	Равномерность EVI	$\geq 0$ ; $\leq 1$	Положительная
Диапазон	Диапазон EVI	$\geq 0$	Положительная
Индекс Шеннона	Разнообразие EVI	$\geq 0$ ; $\leq \ln(\max \text{ от наиболее разнообразного EVI})$	Положительная
Индекс Симпсона	Разнообразие EVI	$\geq 0$ ; $\leq 1 - 1/(\max \text{ от наиболее разнообразного EVI})$	Положительная
Среднеквадратичное отклонение	Дисперсия EVI	$\geq 0$	Положительная

Пример используемых метрик

# Данные о температуре земной поверхности спутниковой съемки MODIS

- Лучше характеризуют условия обитания тундровых растений
- Использованы 8-дневные композиты температуры поверхности Земли за весь период наблюдения – с 2000 года по 2019 включительно, с разрешением 1 км (MOD11A2 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity 8-Day L3 Global 1km SIN Grid V006 [Data set]).
- Созданы растры с средними температурами поверхности Земли в июле и в январе

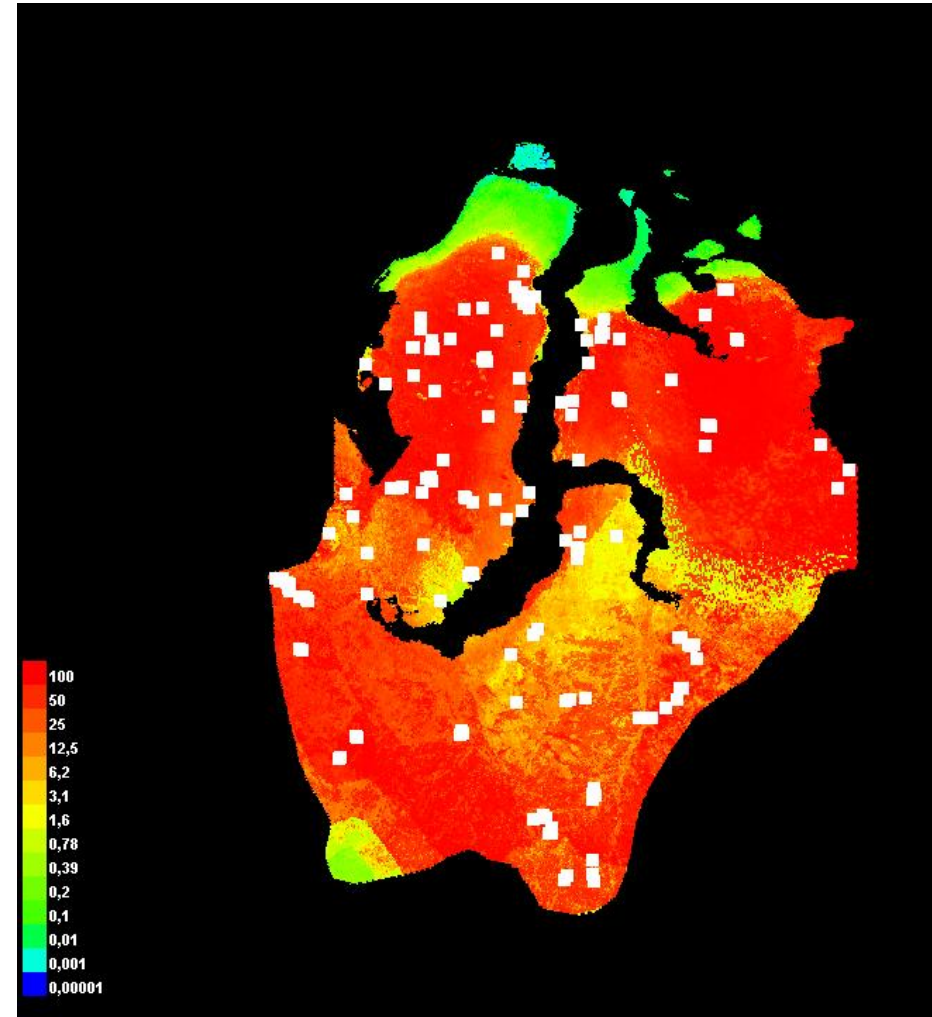


Распределение температур января (слева) и июля (справа) на исследуемой территории



# Результаты моделирования

- Использование данных ДЗЗ вместе с традиционными наборами климатических данных на основе реанализа позволило улучшить качество моделирования.
- Базовой мерой оценки качества модели в MaxEnt является площадь под ROC-кривой – AUC (area under receiver operating characteristic (ROC) curve): для моделей, построенных на основе только слоев CHELSA AUC = 0,76 (в среднем), в моделях с использованием данных ДЗЗ AUC = 0,84.



Итоговая модель распространения березы на севере Западной Сибири

## Итог работы:

- В результате работы создана карта ареала *Betula nana* на территорию тундровой зоны Западной Сибири, основанная на наиболее полных существующих наборах данных.
- В дальнейшем полученная информация о структуре ареала будет использована в исследовании актуального положение границы арктических и субарктических тундр.