

ОЦЕНКА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КЛИМАТОРЕГУЛИРУЮЩИХ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЛЕСОВ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ И КАРЕЛЬСКИЙ ПЕРЕШЕЕК)

Специальность: 4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация

Области исследований: Дистанционные методы изучения лесной растительности, теория и практика наземных и аэрофотометодов, а также другие современные методы съемок



Аспирант 1 г. о., Нарыкова А.Н.
Научный руководитель
с. н. с., к. т. н. Плотникова А.С.

13 апреля 2022

ЦЕЛЬ:

Оценка и картографирование климаторегулирующих услуг лесов республики Карелия и Карельского перешейка с помощью методов машинного обучения на основе данных дистанционного зондирования Земли, тематических геоинформационных продуктов и наземных измерений.

ЗАДАЧИ:

- 1) изучить существующие методы картографирования экосистемных услуг на различных пространственных уровнях;
- 2) построить регрессионные модели для отдельных экосистемных услуг лесов и выявить наиболее значимые предикторы;
- 3) выполнить оценку климаторегулирующих экосистемных услуг лесов в границах бассейнов малых рек территории исследования;
- 4) представить результаты моделирования экосистемных услуг лесов в виде цифровых карт и базы пространственных данных

ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ ЛЕСОВ

Обеспечивающие



**Производство древесины
(топливо, строительная
древесина)**

Климаторегулирующие



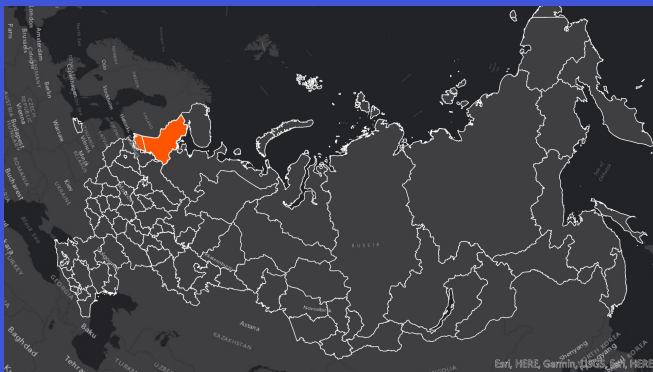
**Накопление углерода в трех пулах:
пул углерода в минеральных горизонтах почв,
пул углерода в лесной подстилке,
пул углерода в древостое**

Поддерживающие



почвообразование

Территория исследования



Республика Карелия (РК) и Карельский перешеек

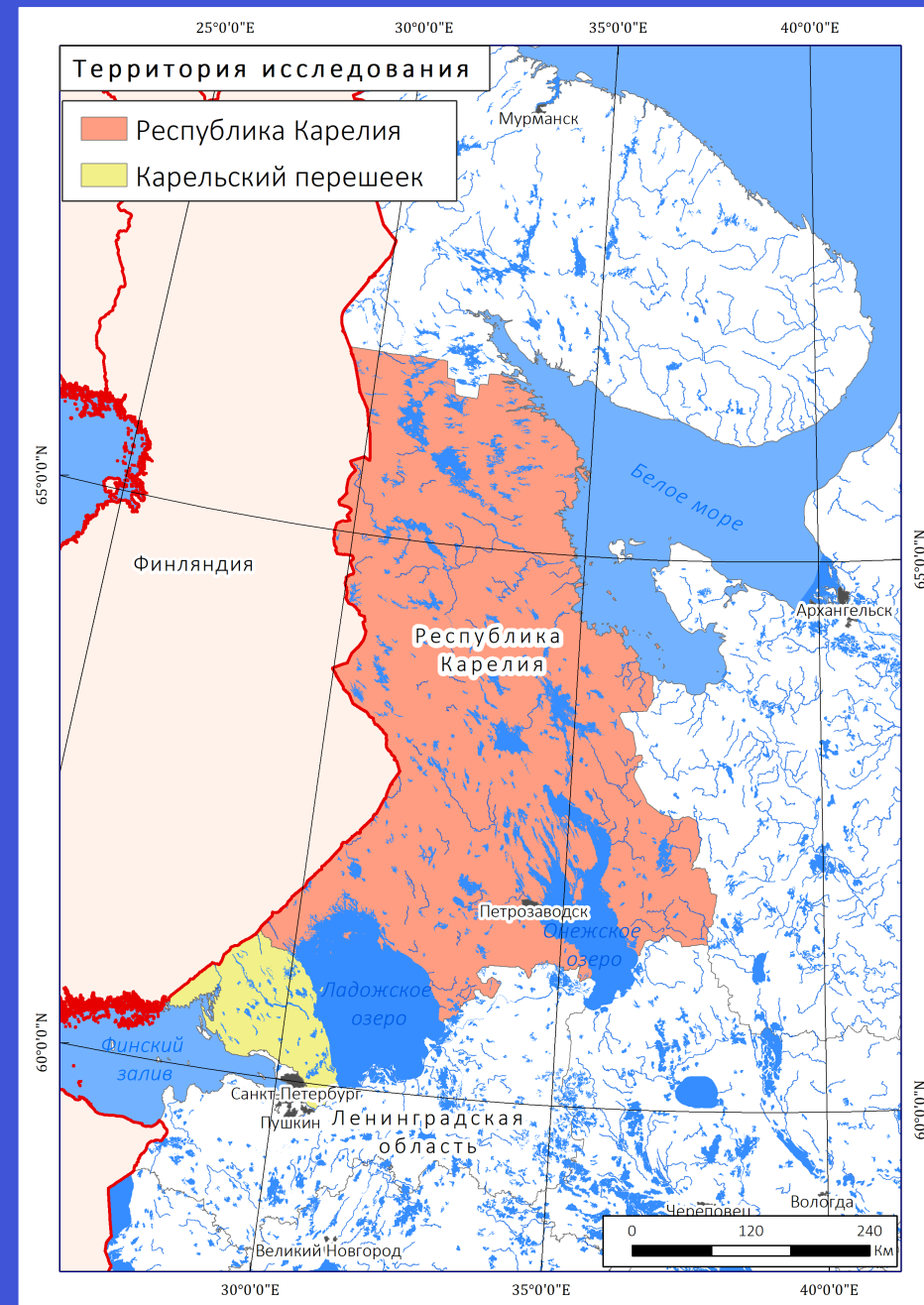
Лесистость территории – 53,1 % (21 место по РФ)

Общий запас древесины – 1025,3 млн. м³ (по данным Росстат, 2019).

РК располагается на территории северной и средней тайги. В северной тайге господствуют сосновые леса (72%), в средней – сосновые и еловые (39 и 37%), возрастает доля березовых (24%) (Лукина, Орлова, 2019).

Основными лесобразующими породами в Карелии является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель европейская (*Picea abies* (L.) Н. Karst.), ель сибирская (*Picea obovate* Ledeb.), гибрид ели европейской и ели сибирской – ель финская (*Picea x fennica* (Regel) Kom.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench), ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) (Волков, 2008).

На Карельском перешейке преобладают сосновые леса (51%), в меньшей степени распространены ельники (29%) и березняки (16%) (Доронина, 2007).



Полевые данные / обучающая выборка



ICP-Forests (International Co-operative Program on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) – международная программа по оценке и мониторингу влияния загрязнения воздуха на леса (<http://icp-forests.net/>)

Минеральные горизонты почв:

УГЛЕРОД

E_Total Organic Carbon (g/kg) – содержание углерода в горизонте E
B_Total Organic Carbon (g/kg) – содержание углерода в горизонте B
BC_Total Organic Carbon (g/kg) – содержание углерода в горизонте BC

АЗОТ

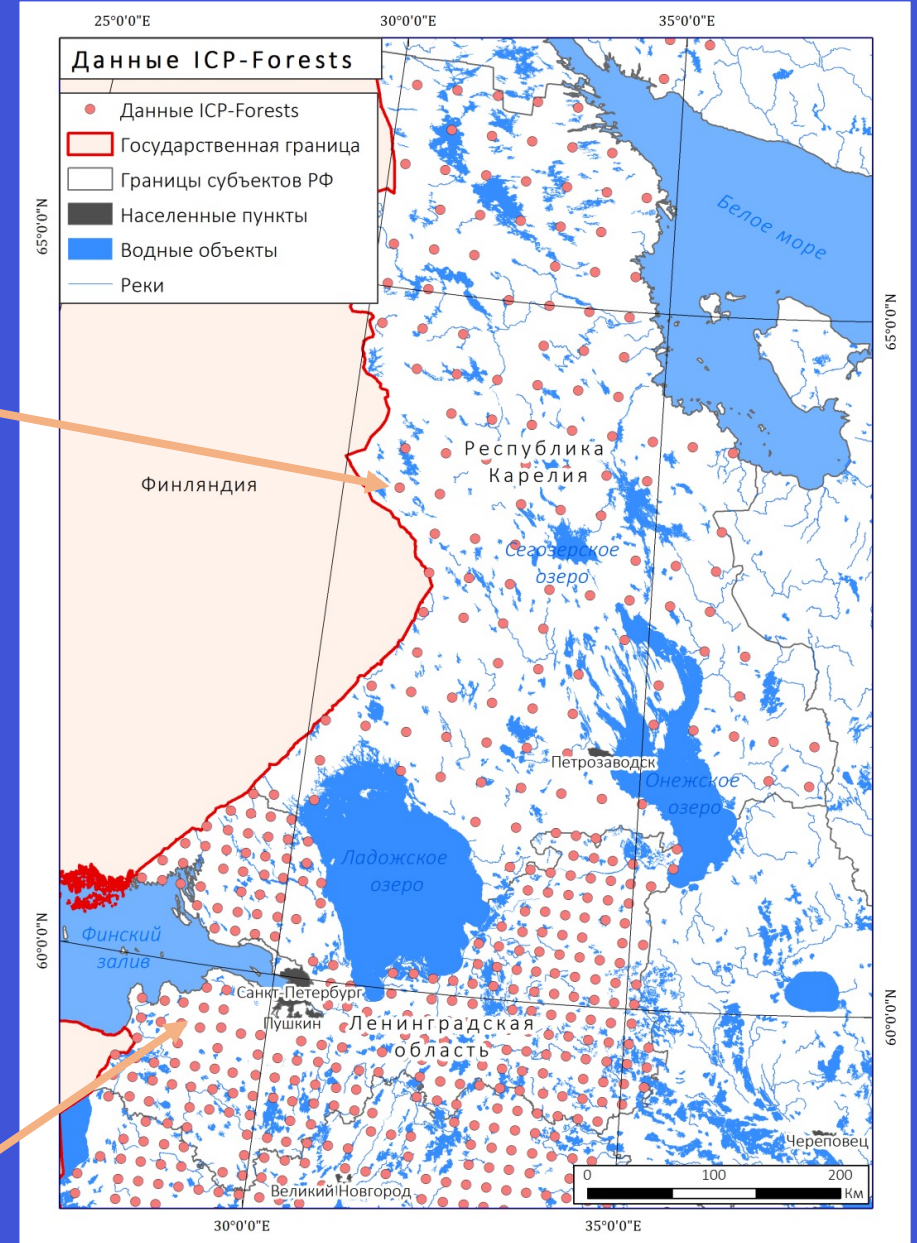
E_Total Nitrogen (g/kg) – содержание азота в горизонте E
B_Total Nitrogen (g/kg) – содержание азота в горизонте B
BC_Total Nitrogen (g/kg) – содержание азота в горизонте BC

другое

E_C/N – соотношение C/N в горизонте E
B_C/N – соотношение C/N в горизонте B
E_thickness – толщина горизонта E
B_thickness – толщина горизонта B

ППН по сетке 32x32 км

ППН по сетке 16 x 16 км



Распределение пунктов постоянного наблюдения (ППН)

Данные для других пулов:

Лесная подстилка:

A0_Total Organic Carbon (g/kg) – содержание углерода в лесной подстилке

A0_Total Nitrogen (g/kg) – содержание азота в лесной подстилке

A0_C/N - соотношение C/N в в лесной подстилке

A0_mass – масса лесной подстилки

A0_thickness – толщина лесной подстилки

Древесный ярус:

Преобладающая порода

Средний возраст или средней возраст преобладающей породы

Тип леса по Сукачеву

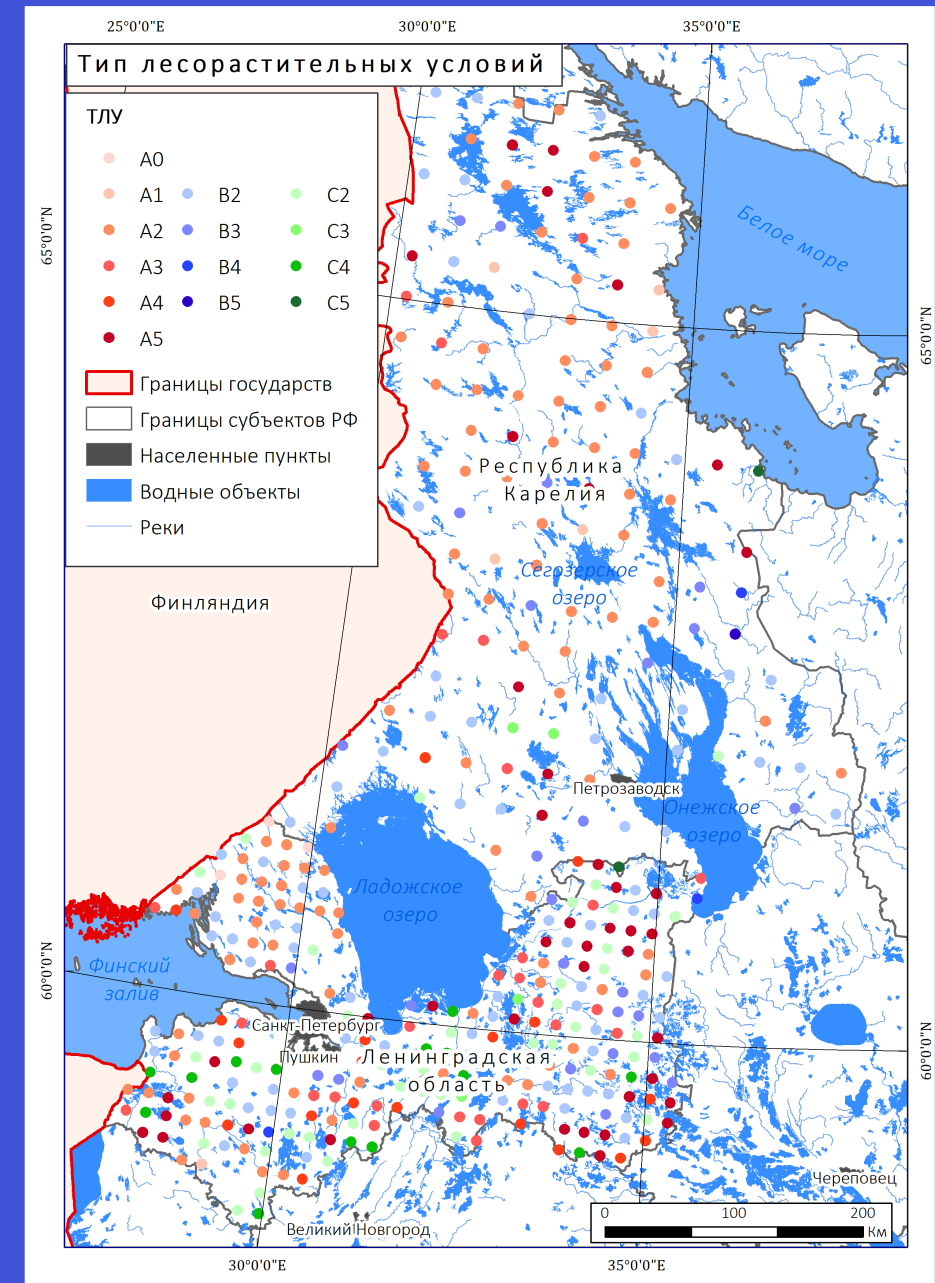
Тип леса по Каяндеру

ТЛУ

Сомкнутость древесного яруса (cover tree layer)

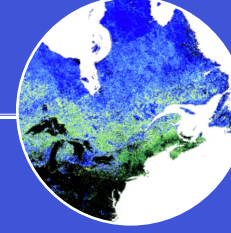
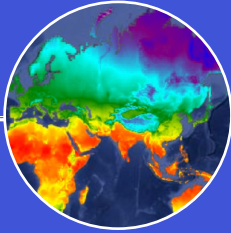
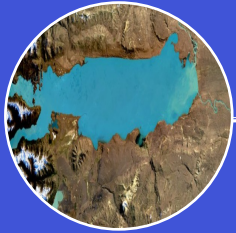
Средняя высота древостоя

Средний диаметр древостоя



Визуализация одной из характеристик по данным ICP-Forests

ОСНОВНЫЕ ПРЕДИКТОРЫ



Спутниковые данные

Композитные изображения Landsat-5 (Level 2, Collection 2, Tier 1) за 3 сезона 2006-2010 гг. (весна, лето и осень). Удалены облака и тени облаков с помощью маскирования

Для создания зимнего композита планируется использовать Landsat-7

Почвенные данные
1) **SoilGrids** (содержание азота в почве и емкость катионного обмена)
2) **Harmonized World Soil Database** (Содержание углерода в минеральных гор. почвы)

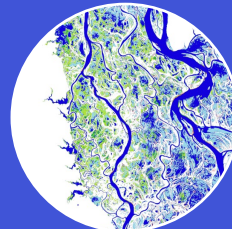
Климатические данные
WORLDCLIM
1) среднегодовая температура
2) среднегодовые осадки
3) сезонность осадков (коэффициент вариации)

ЦМР ArcticDEM (2м/пиксель)
Пробелы были заполнены ЦМР **ALOS World 3D** (30 м/пиксель)
+добавить крутизну склонов

Дополнительные данные о лесе - GLAD
Global Forest Canopy Height, 2019;
Global Forest Change и др.

Данные о снежном покрове
Terra Snow Cover Daily
Global 500m

+



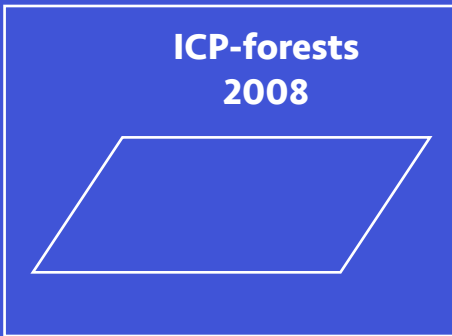
Маска воды, чтобы исключить водные объекты из анализа JRC Global Surface Water Mapping Layers – информация о постоянных и временных водных объектах

Построение модели запасов углерода в минеральных горизонтах почв

ПОДГОТОВКА ДАННЫХ

I. ОБУЧАЮЩАЯ ВЫБОРКА

ICP-forests
2008



E_Total Organic Carbon (g/kg)

B_Total Organic Carbon (g/kg)

BC_Total Organic Carbon (g/kg)

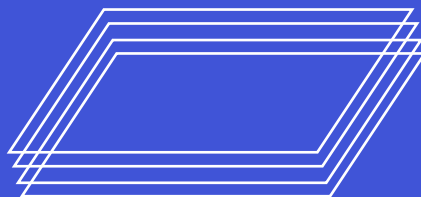
II. ПРЕДИКТОРЫ

Композитные изображения
спутниковых данных LANDSAT-5 и
LANDSAT-7 за 3 сезона года с 2006 по
2010 гг.

(BLUE, GREEN, RED,
NIR, SWIR1, SWIR2)



ЦМР (ArcticDEM+ALOS); почвенные (Soil Grids и др.) и климатические данные (WORLDCLIM);
GLAD; снежный покров

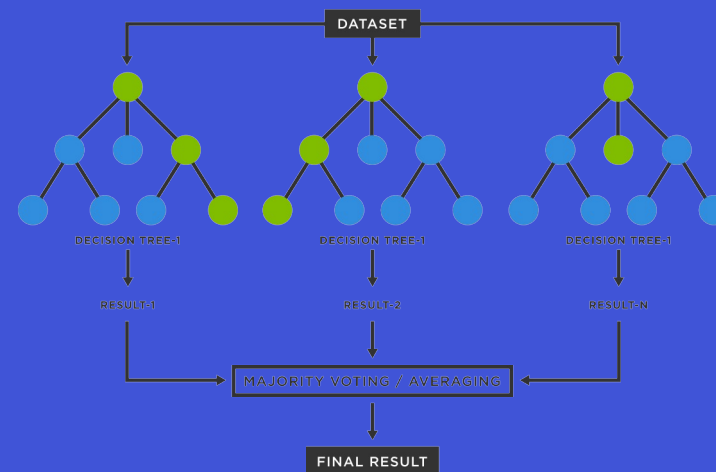


Маска воды и леса и др.

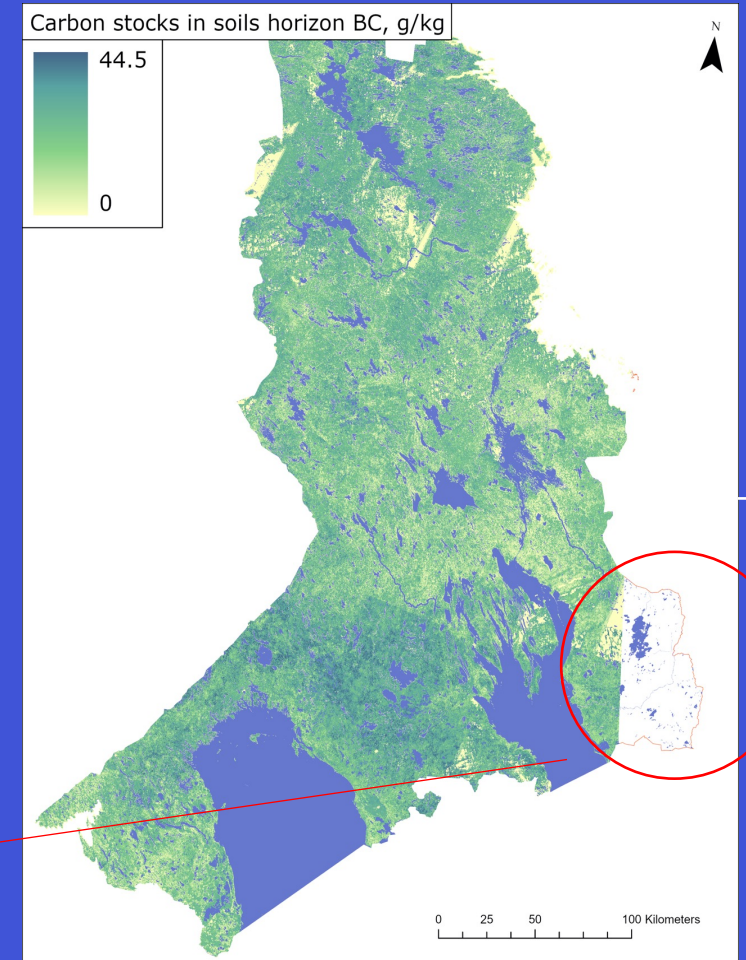
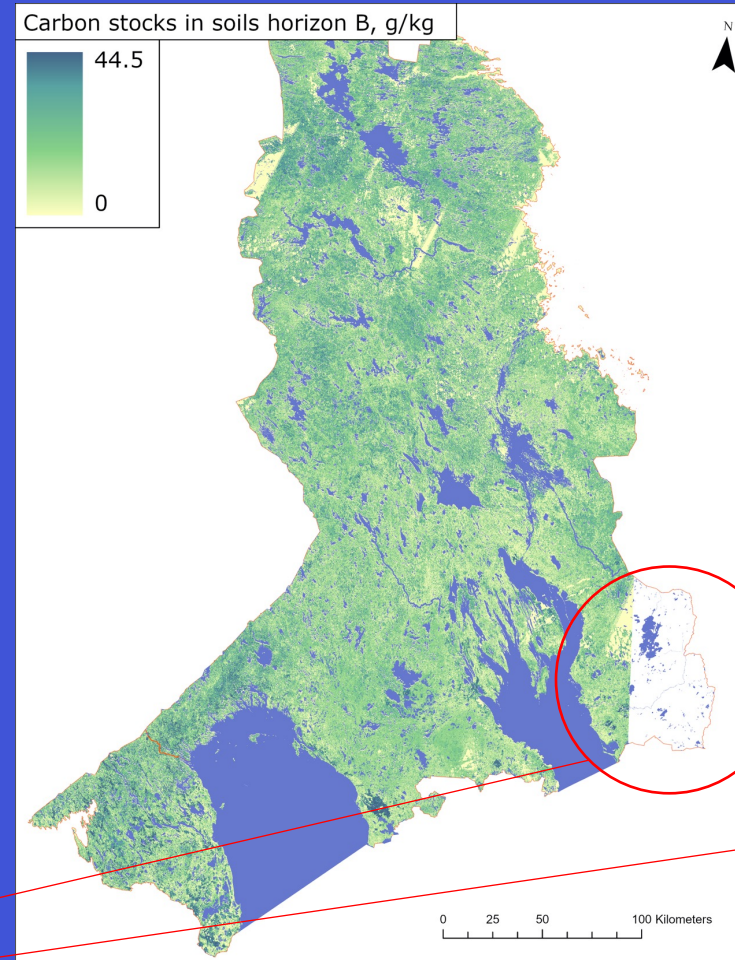
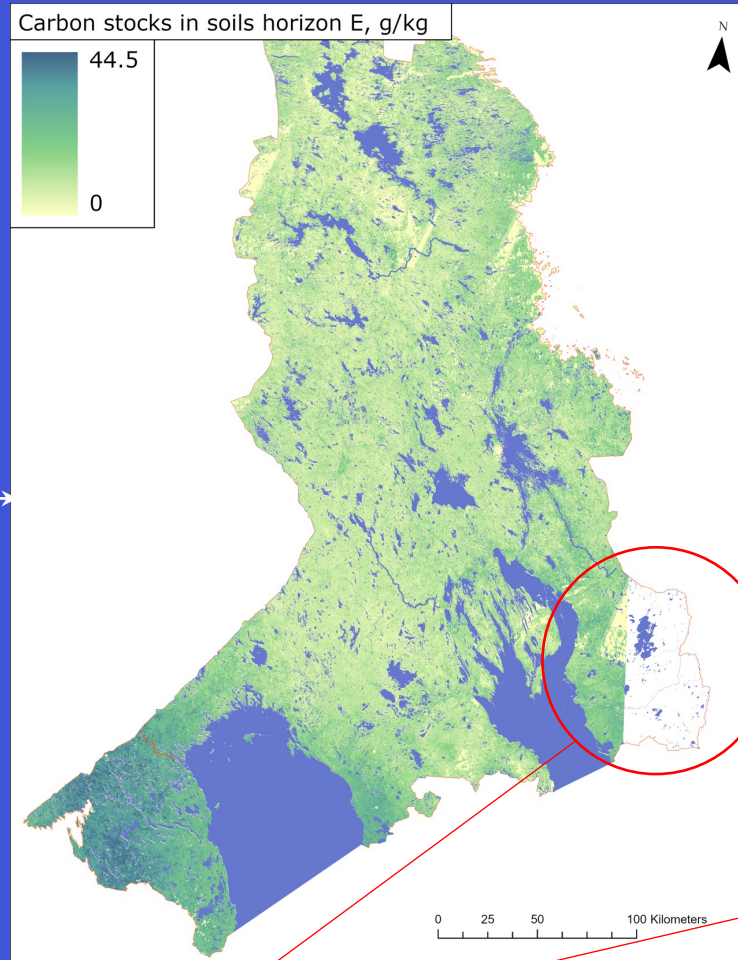


III. ПОСТРОЕНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ RANDOM FOREST В GEE

```
ee.Classifier.smileRandomForest  
.setOutputMode('REGRESSION')
```



IV. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ



Планируется дополнительно использовать космические снимки LANDSAT-7 для заполнения пробелов и создания полных композитов для всей исследуемой территории

V. ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ

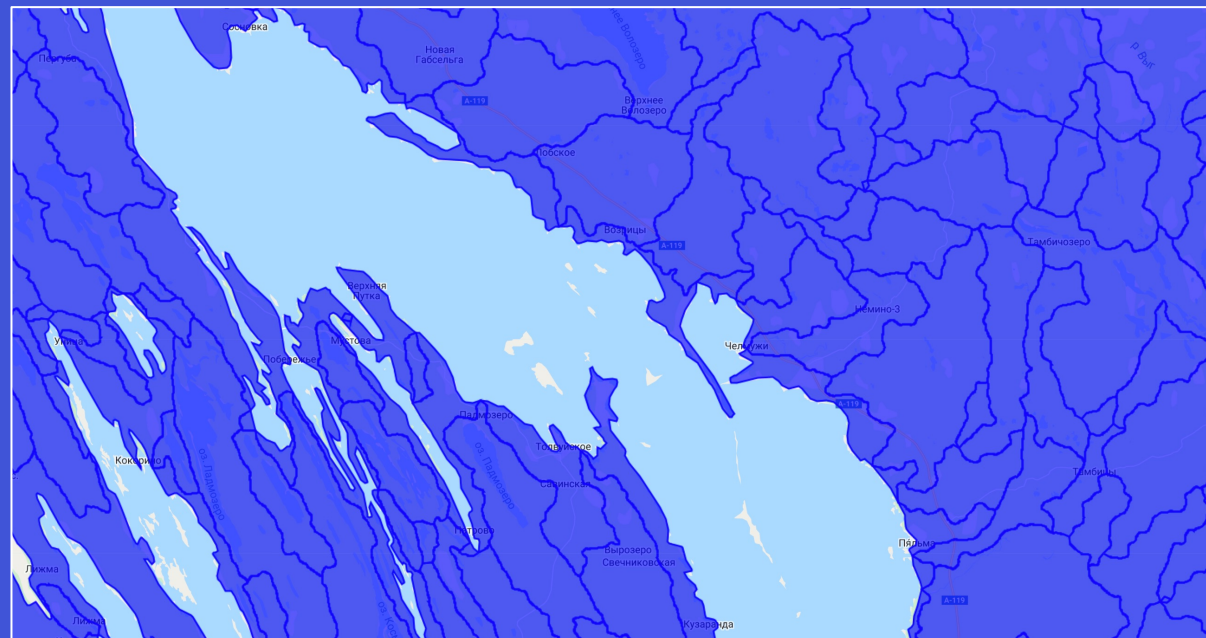
БАСЕЙНОВЫЙ ПОДХОД -

бассейн реки как парадинамическая система с активным обменом вещества и энергии, образуемая сочетанием морфологических, климатических, почвенных и гидрологических условий (Мильков, 1981)

Таблица 1. Пример геоданных для каждого бассейна реки.

TD8	среднее многолетнее число дней с температурой ниже +8 град. в бассейне
TD30	повторяемость (в %) сильных морозов в бассейне
ТАКТ	сумма активных температур (град. С) в бассейне
RMEAN	среднее годовое количество осадков в бассейне (мм)
R58	среднее количество осадков в мае-августе (мм) в бассейне
RCOLD	среднее количество осадков за холодный период года (мм) в бассейне
RWARM	среднее количество осадков за теплый период года (мм) в бассейне
RVC	коэффициент вариации годового количества осадков (%) в бассейне
GTK	среднее значение гидротермического коэффициента в бассейне
GEOЛ	класс дочетвертичных отложений
PARENT1	преобладающий тип почвообразующих пород
SOIL0	преобладающий тип почвы
LES_PROC	лесистость бассейна (%)
PASH_PROC	распаханность бассейна (%)
LUG_PROC	залуженность бассейна (%)
KUST_PROC	кустарники в бассейне (%)
BOLOTO_PRO	заболоченность бассейна (%)
TYPE_COD	тип ландшафта
LAND_COD	подтип ландшафта
MODEL_MOD_	модуль стока воды (куб.м/(сек*кв.км))
MODEL_LAYE	годовой слой стока воды (мм)
PLT_RANGE	плотность населения (чел./кв.км)
ANTR1	антропогенная нагрузка (балл)

Использование различных типов геоданных для анализа результатов моделирования в границах бассейнов малых рек



Пример границ речных бассейнов на территории Карелии

Источник: Геопортал «Речные бассейны Европейской России»
Института экологии и природопользования Казанского федерального университета
<https://kpfu.ru/ecology/nauchno-issledovatel'skaya-rabota/rechnye-bassejny-evropejskoj-rossii>

УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ В 2022 г.

Ежегодная встреча Американской ассоциации географов - The American Association of Geographers Annual Meeting – 2022
постерная секция (online)

Название доклада: Regulating forest ecosystem services mapping, republic Karelia, Russia

Всероссийской научной конференции с международным участием «Научные основы устойчивого управления лесами»,
посвященной 30-летию ЦЭПЛ РАН 25-29 апреля 2022

Устный доклад (online)

Название доклада: Подготовка предикторов для моделирования климаторегулирующих экосистемных услуг лесов на региональном уровне с помощью Google Earth Engine

Ежегодная международная научная конференция «Пространственные данные 2022» (23 - 25 мая, 2022)

Москва, Россия.

Устный доклад (online)

Региональная конференция IUFRO. Поддержка лесов России и Евразии: менеджмент, инновации, сохранение и восстановление (23–25 сентября 2022).

Тезисы поданы на устный доклад (online)

Название доклада: Mapping carbon stocks in the mineral horizons of forest soils, republic of Karelia and the Karelian isthmus, Russia

Конференция отменена

Двадцатая международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
(Ноябрь 2022)

Устный доклад (online)

ПЛАНЫ ПО НАУЧНЫМ ПУБЛИКАЦИЯМ НА 2022 г.

1) Применение ГИС-технологий при пространственной оценке запасов углерода лесных экосистем на примере Данковского участкового лесничества МО

М.С. Савин, А.С. Плотникова, А.Н. Нарыкова

Журнал: Вопросы лесной науки

Статус: на рецензии

2) Обзор литературы по картографированию экосистемных услуг на локальном уровне

А. Н. Нарыкова, А. С. Плотникова

Журнал: «Вопросы лесной науки»

Статус: в процессе написания

3) Обзор литературы по картографированию экосистемных услуг от регионального до глобального уровней

Журнал: «Лесоведение»

Статус: в процессе подготовки материалов

4) Оценка и картографирование запасов углерода в минеральных горизонтах почв на территории республики Карелия и Карельского перешейка

А. Н. Нарыкова, А. С. Плотникова

Журнал: «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

Статус: в процессе подготовки материалов

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ КУРСЫ



Обучающий курс Google Earth Engine

автор курса: Игорь Глушков



Введение в пространственный анализ данных с Google Earth Engine

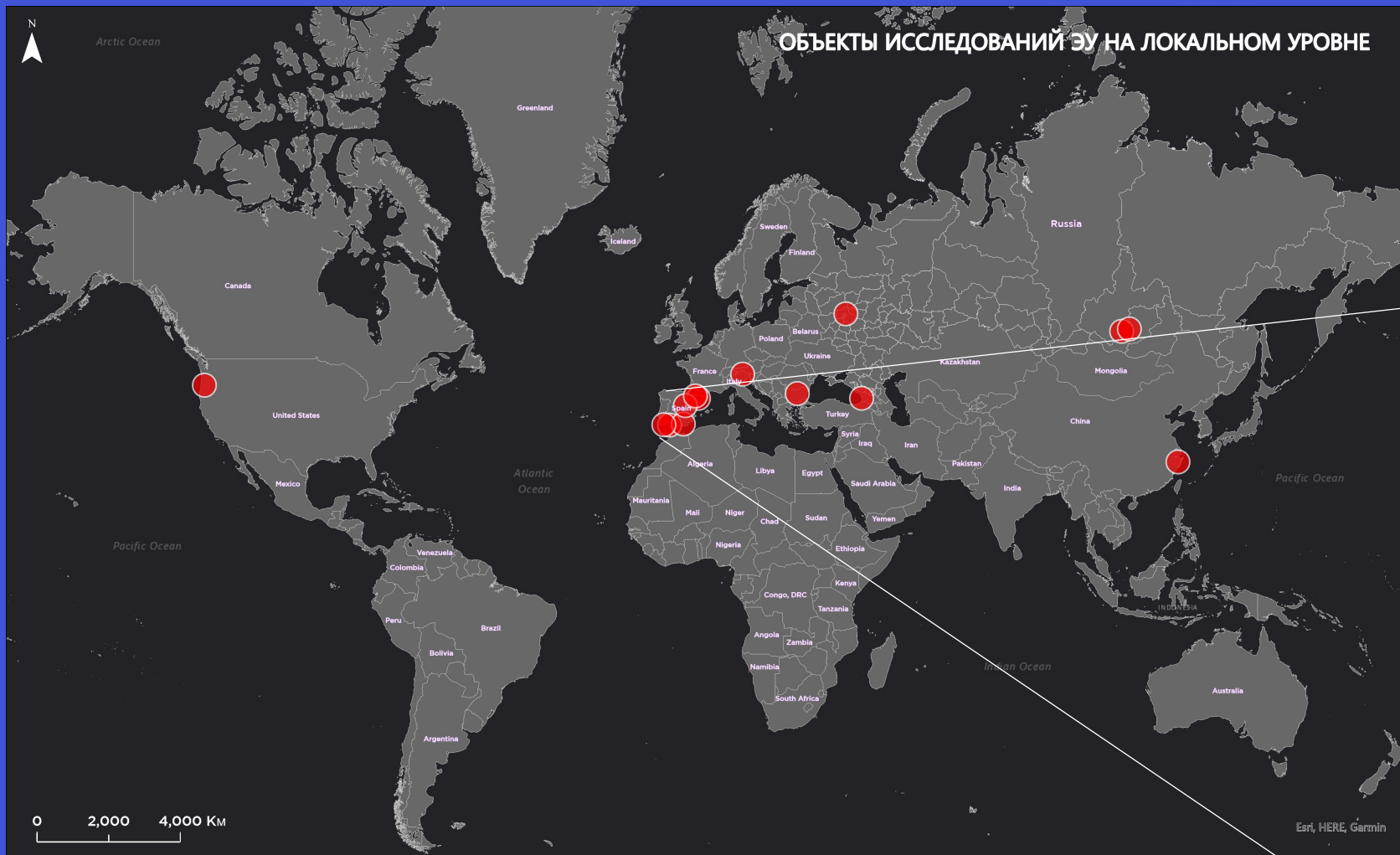
МГУ имени М. В. Ломоносова

авторы курса: Николай Никифоров и Елизавета Хазиева

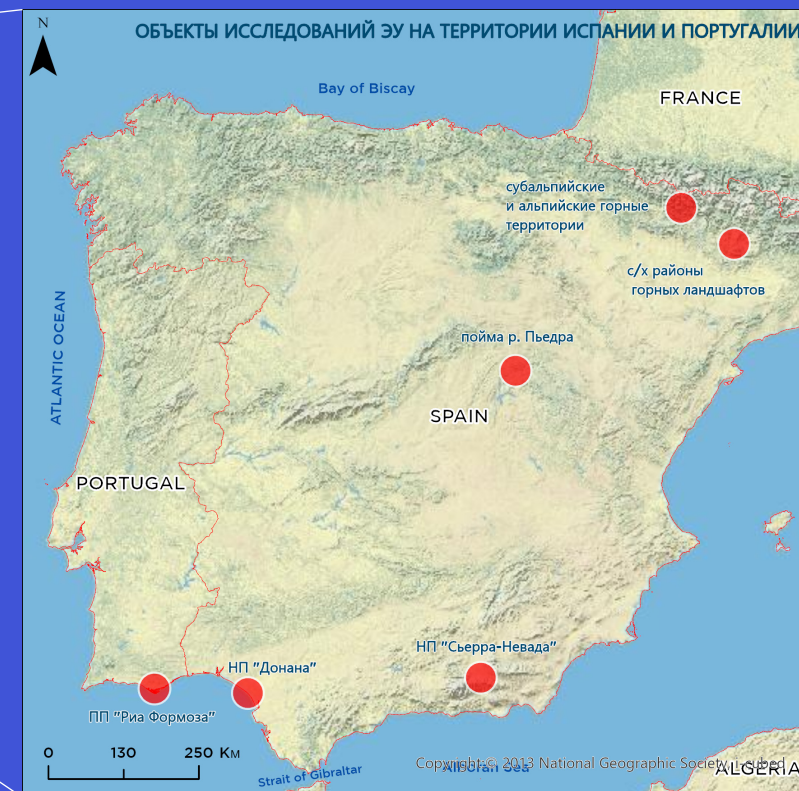
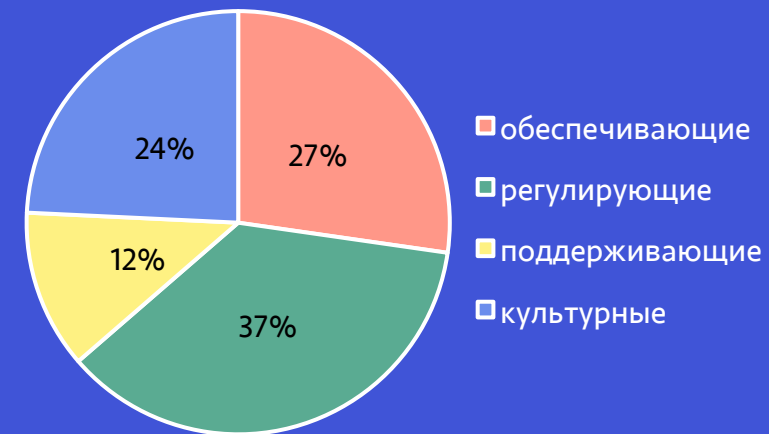
(завершение курса 15 апреля)

**Лекционно-семинарские занятия по
математической статистике**

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО КАРТОГРАФИРОВАНИЮ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ



Объекты исследований экосистемных услуг локального уровня



Распределение исследованных участков в рамках картографирования ЭУ на территории Испании и Португалии.

№	Кол-во ЭУ	Объект исследования	Исходные данные	Методы	Приуроченность	Страна	Авторы
Российский опыт							
1	6	степи и лесостепи Приольхонья	полевые данные; карты земного покрова и землепользования; ЦМР; топографические карты, публичная кадастровая карта; спутниковые данные SPOT-4.	для оценки экосистем в предоставлении экосистемных услуг использовалась немонетарная оценка, оценочная матрица со шкалой от 0 (полное отсутствие способности предоставлять ЭУ) до 5 (очень высокая способность)	приуроченность к озеру Байкал, высокое антропогенное воздействие (туризм)	Россия	Vanteeva, Solodyankina, 2015
2	31	Забайкальский НП	полевые исследования; литературные источники; лесотаксационные данные; космические снимки Landsat; ЦМР AsterDEM; топографические, геоботанические и ландшафтные карты.	Для оценки и картографирования экосистемных услуг использована оценочная матрица ЭУ из 31 критерия, содержит для каждого типа поверхностного покрова оценку различных экосистемных услуг в баллах – от 0 до 5.	ООПТ, приуроченность к озеру Байкал, высокое антропогенное воздействие (туризм)	Россия	Истомина, Лужкова, 2017



обеспечивающие



регулирующие



поддерживающие



культурные

ПЛАН ИССЛЕДОВАНИЙ НА 1 ГОД ОБУЧЕНИЯ

1) оценить возможности высокопроизводительной облачной платформы Google Earth Engine (GEE) для моделирования экосистемных услуг лесов в региональном масштабе

2) опубликовать обзор по картографированию ЛЭУ (Журналы «Лесоведение» / «Вопросы лесной науки»);

3) построить регрессионные модели для регулирующих ЛЭУ в минеральных горизонтах почв

Публикация результатов исследований в следующих журналах:

«Вопросы лесной науки», «Лесоведение», «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

II. Построить регрессионные модели запасов углерода для минеральных горизонтов почв

III. Верификация модели и анализ полученных результатов

I. Доработать предикторы:

- 1) Создать полные композитные изображения по снимкам Landsat-5 и 7;
- 2) определить крутизну склонов;
- 3) определиться с почвенными характеристиками;
- 4) создать маску леса или использовать данные GLAD за определенный временной период и т.д.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

