



Российская система  
климатического  
мониторинга

ОТЧЕТНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ: РЕАЛИЗАЦИЯ ВИП ГЗ «ЕДИНАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ  
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ – 2023»

**РИТМ**  
УГЛЕРОДА

# ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ СЕТИ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ МОНИТОРИНГА ПУЛОВ УГЛЕРОДА В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РОССИИ

Ершов Д.В., Гаврилюк Е.А., Белова Е.И., Подольская Е.С., Князева С.В.,  
Королева Н.В., Сочилова Е.Н., Ковганко К.А., Воробьев К.В., Соколов А.Ю.

Лаборатория мониторинга лесных экосистем  
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов  
Российской академии наук



г. Москва  
13-15 февраля 2024 г.



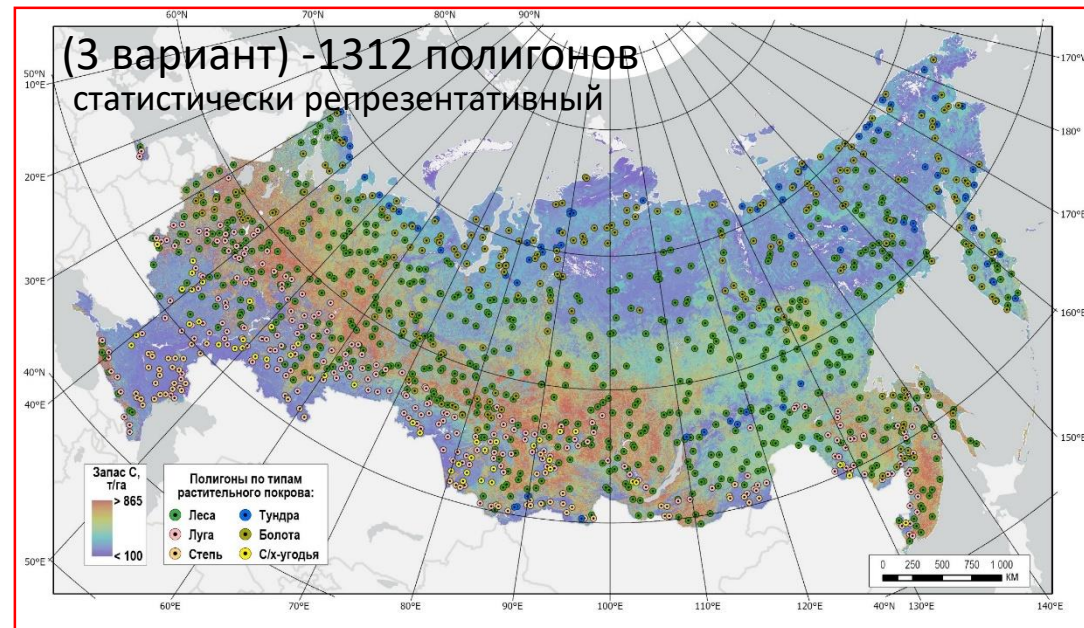
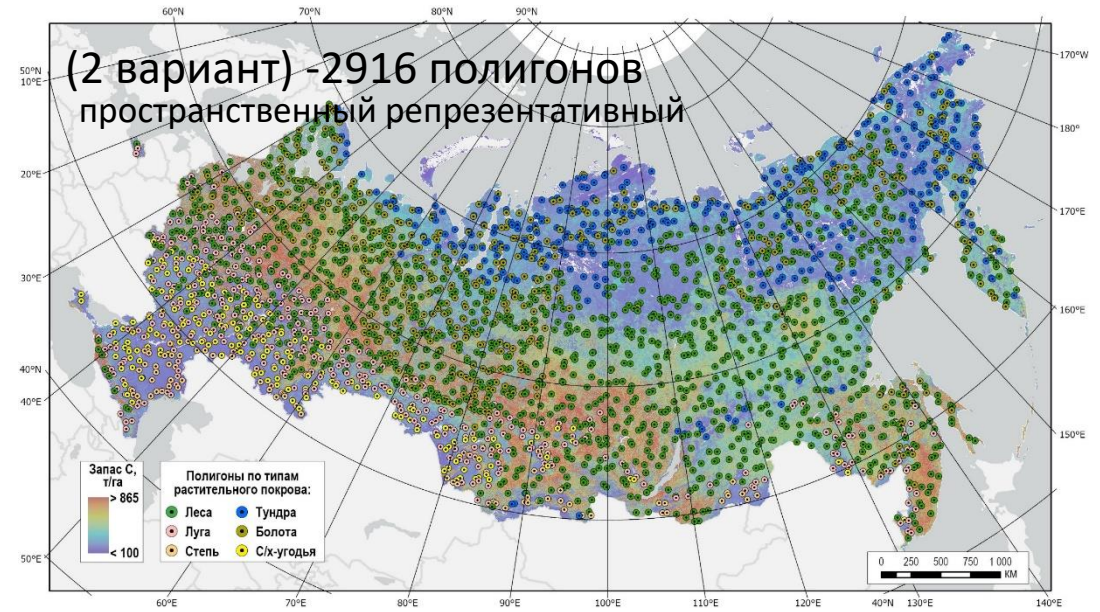
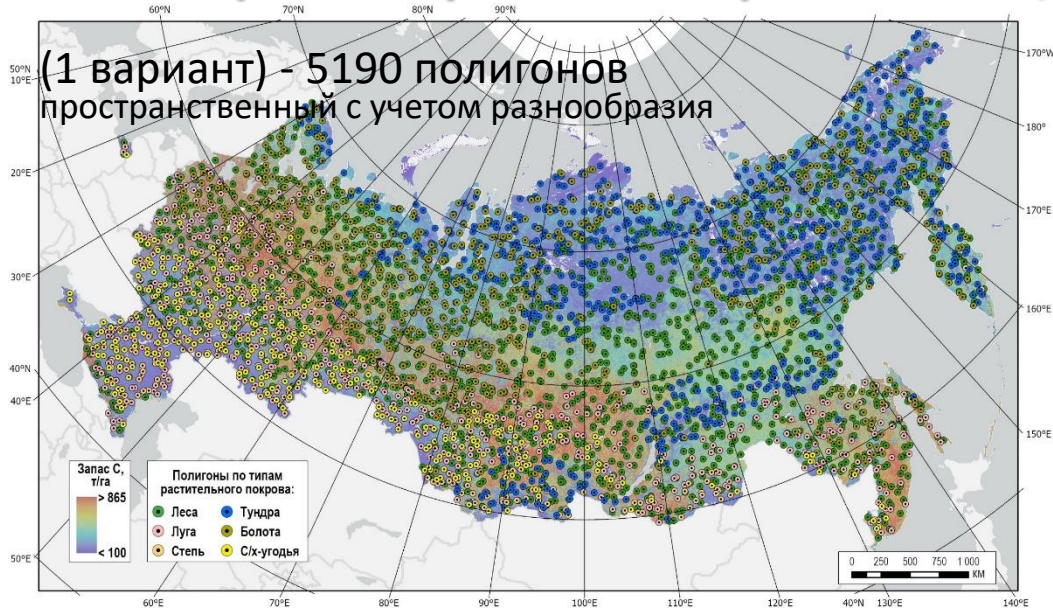
# ПЛАН ДОКЛАДА

1. Текущее состояние работ по проектированию национальной сети тестовых полигонов
2. Тестовые полигоны интенсивного уровня I типа 2023 года
3. Методы и подходы использования дистанционных и наземных данных для оценки пулов углерода на тестовом полигоне интенсивного уровня I типа (видео)
4. Вопросы

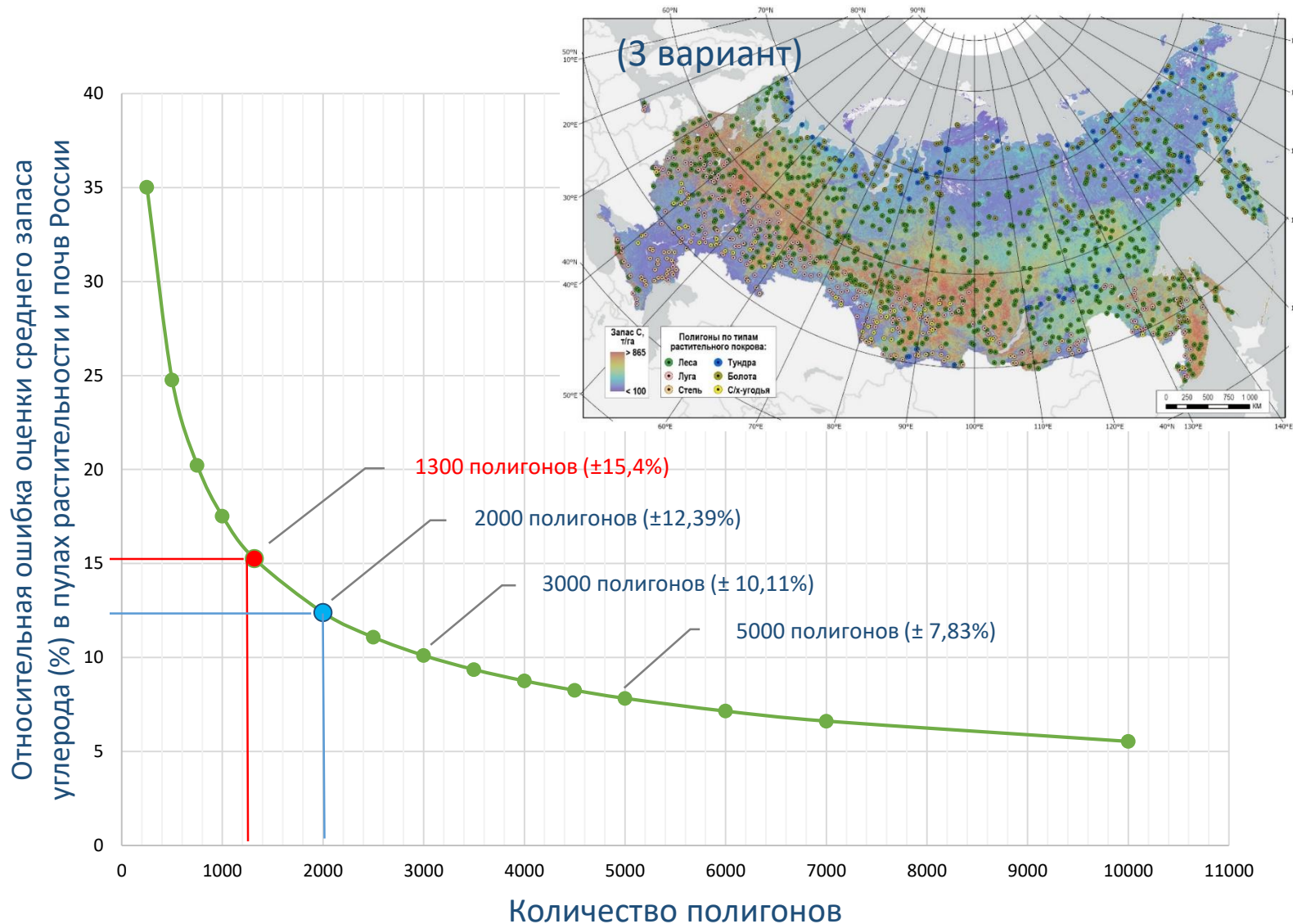
# 1. Проектирование национальной сети мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах

Текущее состояние работ

# Три варианта размещения тестовых полигонов



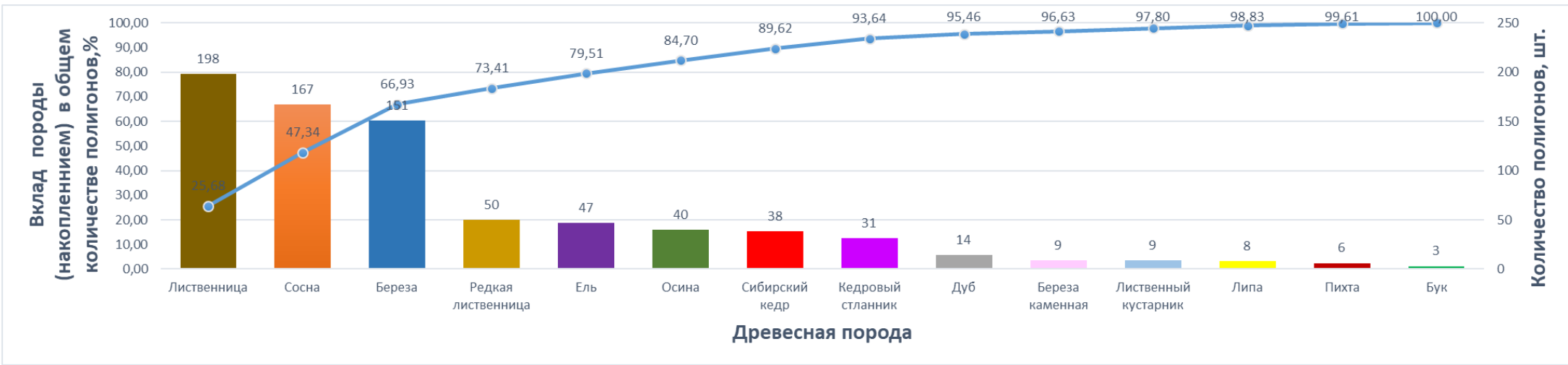
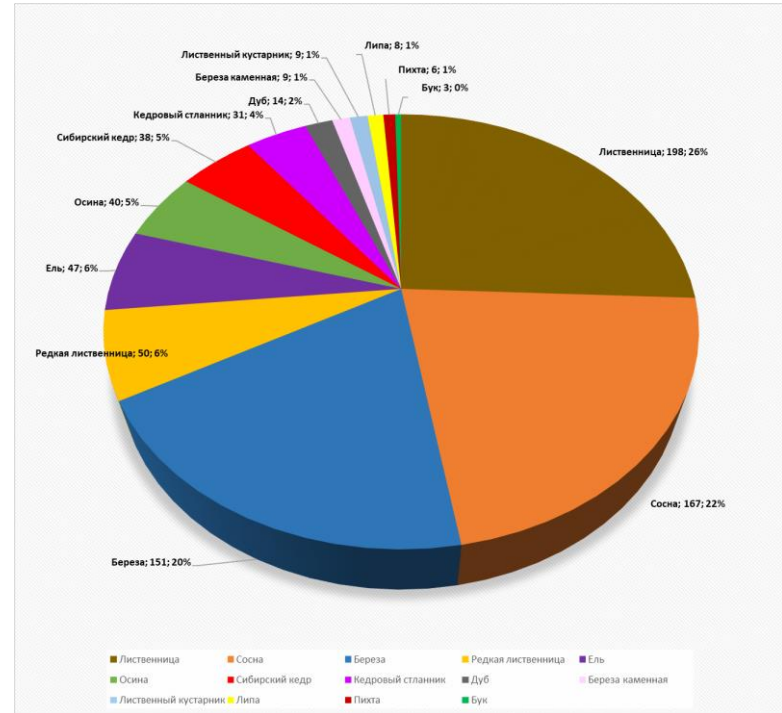
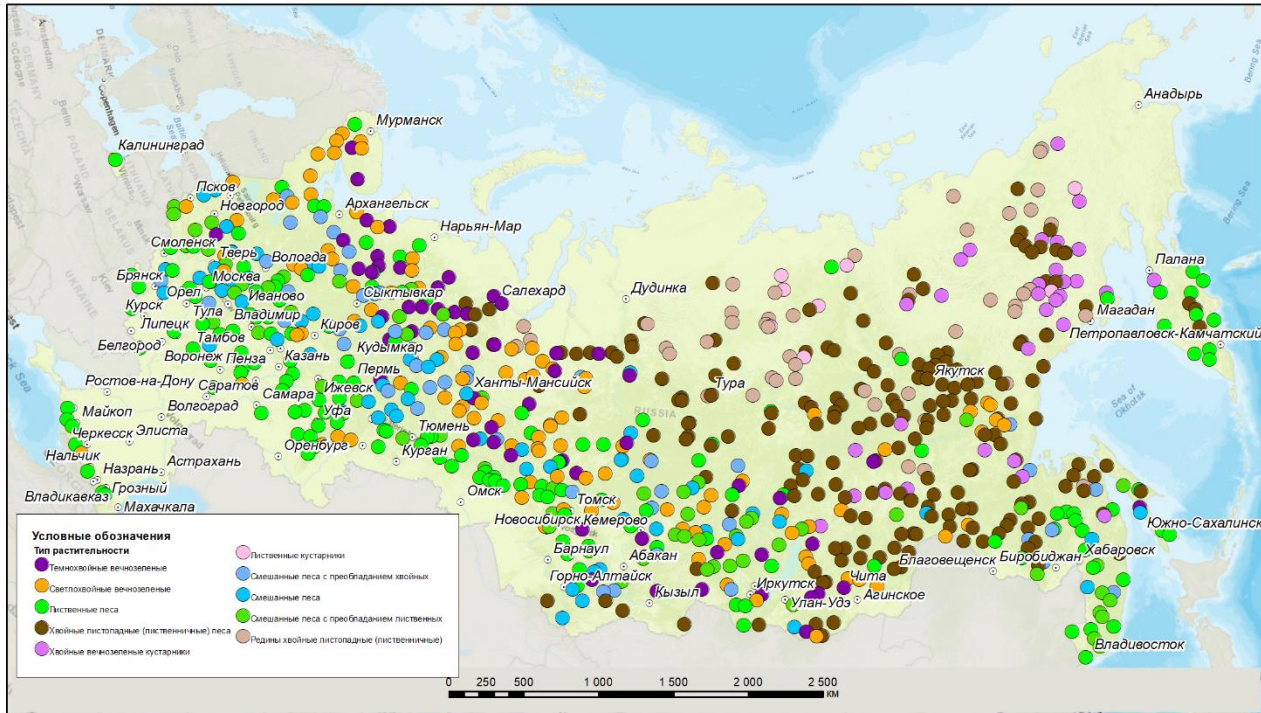
# Зависимость величины ошибки от количества полигонов



При **1300** полигонах достигается минимальный заданный уровень абсолютной ошибки оценки среднего запаса углерода (30 т/га)

При **2000** полигонах достигается предел скорости снижения ошибки оценки среднего значения запаса углерода (т.н. колено графика)

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИГОНОВ ПО ДРЕВЕСНЫМ ПОРОДАМ



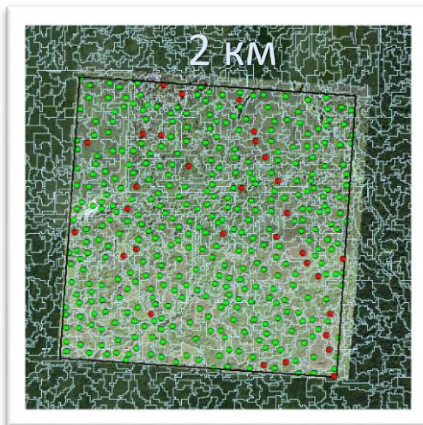
# ТЕСТОВЫЕ ПОЛИГОНЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ СЕТИ ПО УРОВНЯМ СБОРА ДАННЫХ

**Полигон интенсивного уровня I типа**  
(пулы углерода)  
*создают участники Консорциума*



Сбор данных на полигоне:

- 1) Спутниковые данные (10-30 м)
- 2) АФС/МАФС и ВЛС данные
- 3) Экспресс оценка на 400 РКПП: таксация, геоботаника, почвы
- 4) Детальная оценка на 30 ППП: таксация, геоботанические и почвенные изыскания

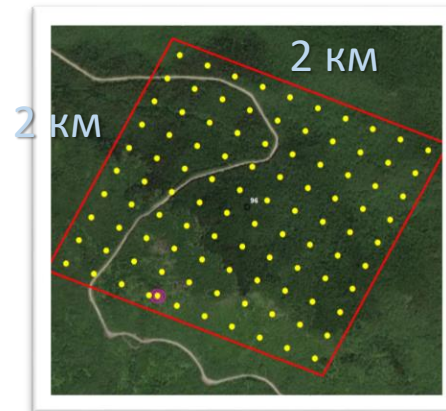


**Полигон экстенсивного уровня**  
(пулы углерода)  
*создает ФГБУ «Рослесинфорг» участник Консорциума*



Сбор данных на полигоне:

- 1) Спутниковые данные (230 м)
- 2) Таксация на 100 РКПП
- 3) Детальная оценка на 1 ППП (ГИЛ): таксация, геоботанические и почвенные изыскания



**Полигон интенсивного уровня II типа – вышки**  
(потoki парниковых газов)  
*создают участники Консорциума*



**Постоянные пробные площади (БГЦ: 0,25 га)**

вне полигонов с детальной таксацией, геоботаникой и почвенными изысканиями  
*(создают участники Консорциума)*

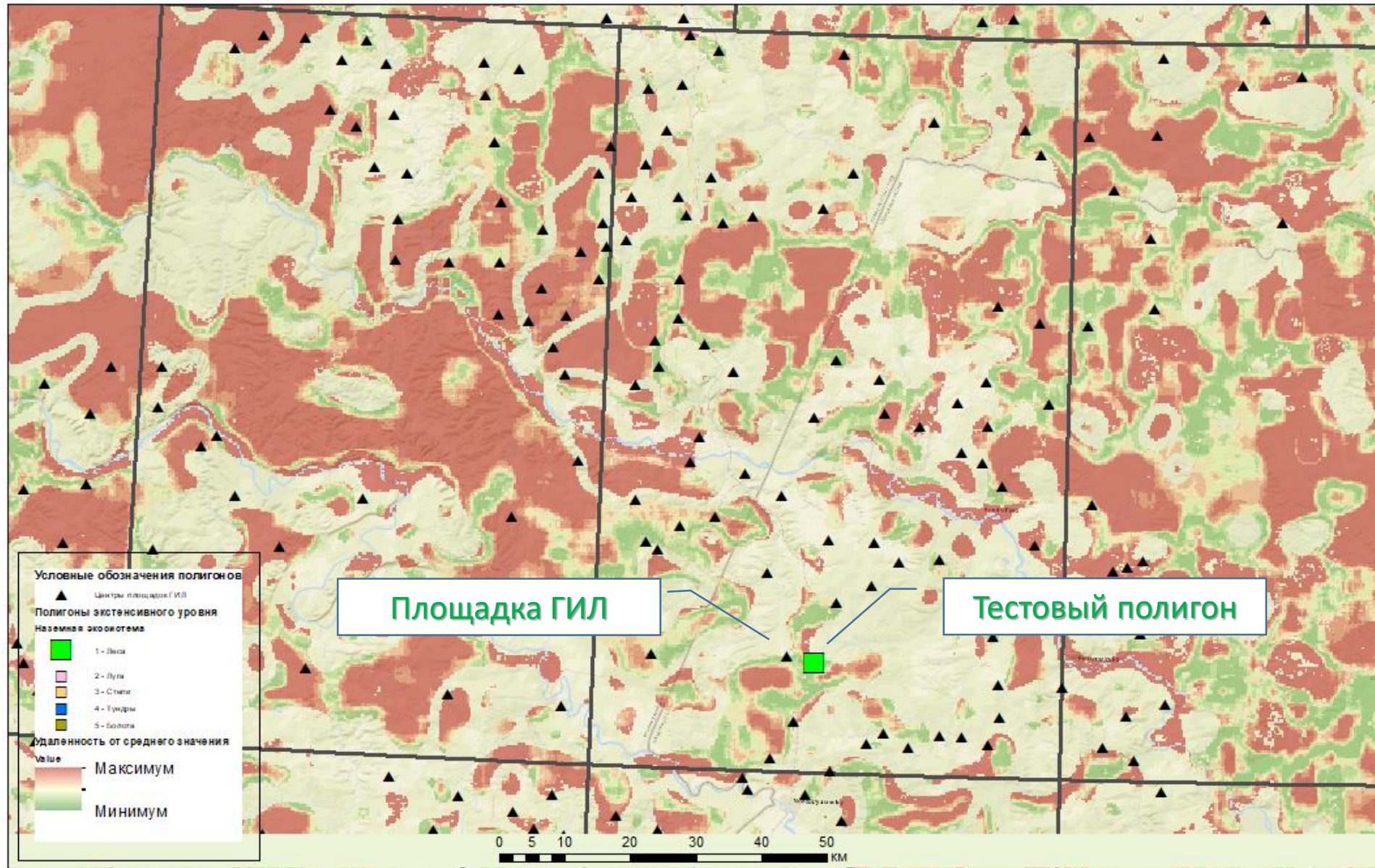


# Распределение полигонов разного уровня по типам экосистем

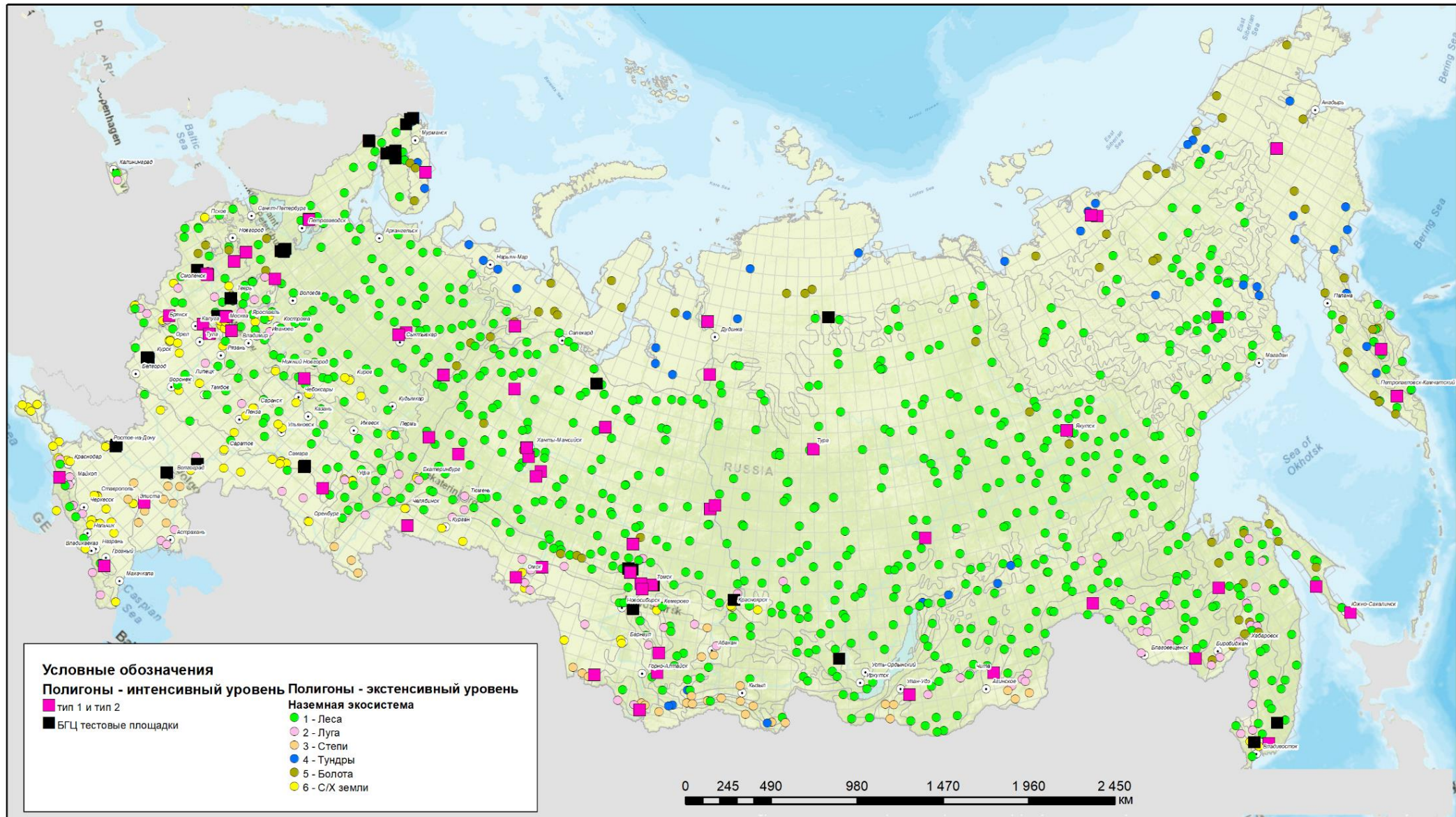
Тип экосистем	Углерод		Полигон				Ошибка среднего значения	
	Среднее значение, т/га	Стандартное отклонение, т/га	Интенсивный уровень, I тип	Интенсивный уровень, II тип	Экстенсивный уровень	Всего	Абсолютная, т/га	Относительная, в % от среднего значения
Россия	394	±283	100	33	1184	1317	28	±7,1
Лес	542	±282	25	21	<b>740</b>	786	36	±6,7
Лес нарушенный (вырубки, пожары, ветровал, насекомые-вредители и др. факторы)	Нет оценки	Нет оценки	4	1	222	227	Нет оценки	Нет оценки
Болото	293	±166	5	4	70	79	68	±23,3
Тундра	197	±94	4	2	40	46	51	±26,0
Луг	260	±176	7	1	77	85	70	±26,8
Степь	125	±83	5	3	35	43	47	±37,5
С/х земли	139	±75	50	1	0	51	39	±27,8



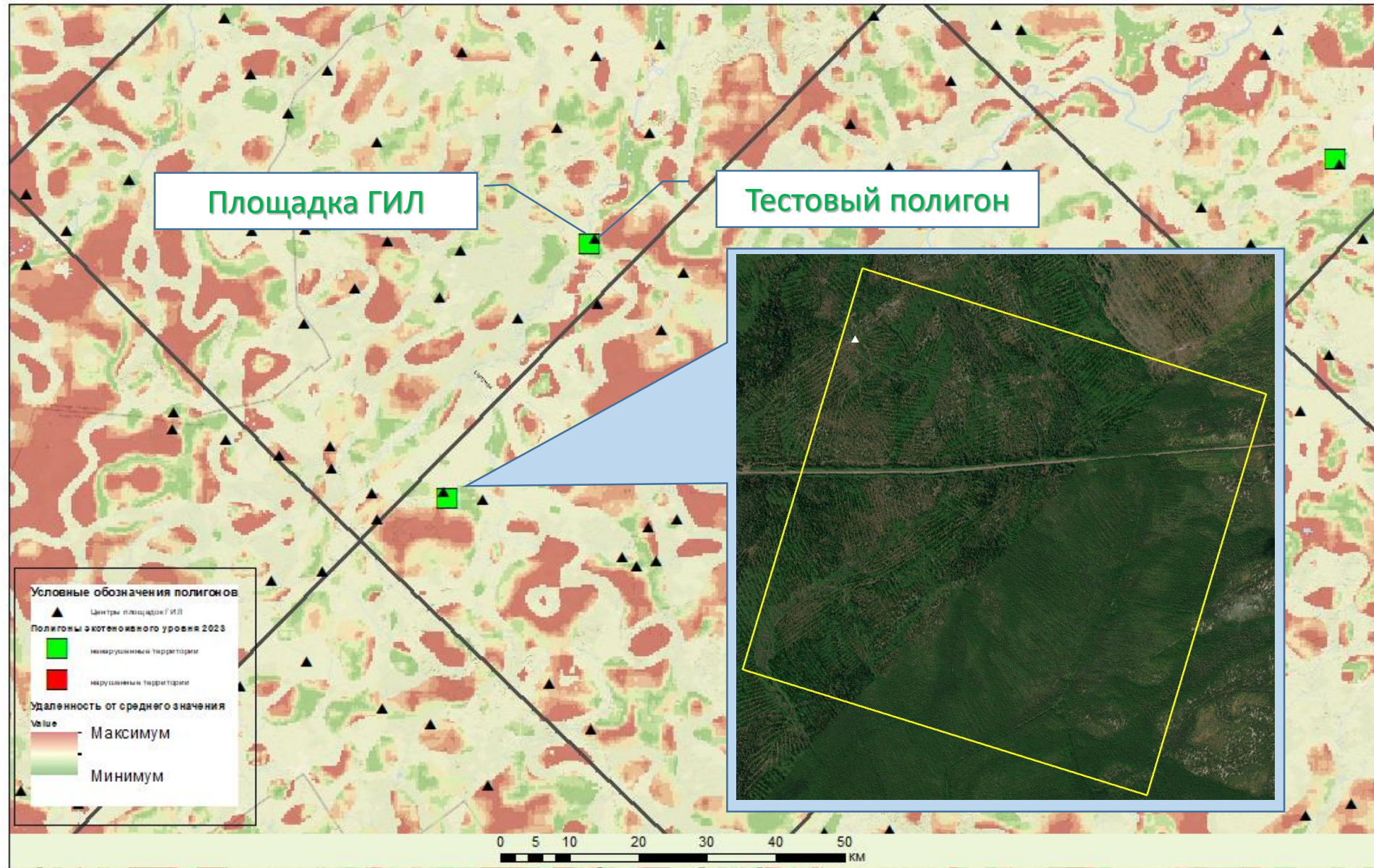
# ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНА ЭКСТЕНСИВНОГО УРОВНЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОЩАДКИ ГИЛ



# Проект сети тестовых полигонов после определения их типа и уровня сбора данных

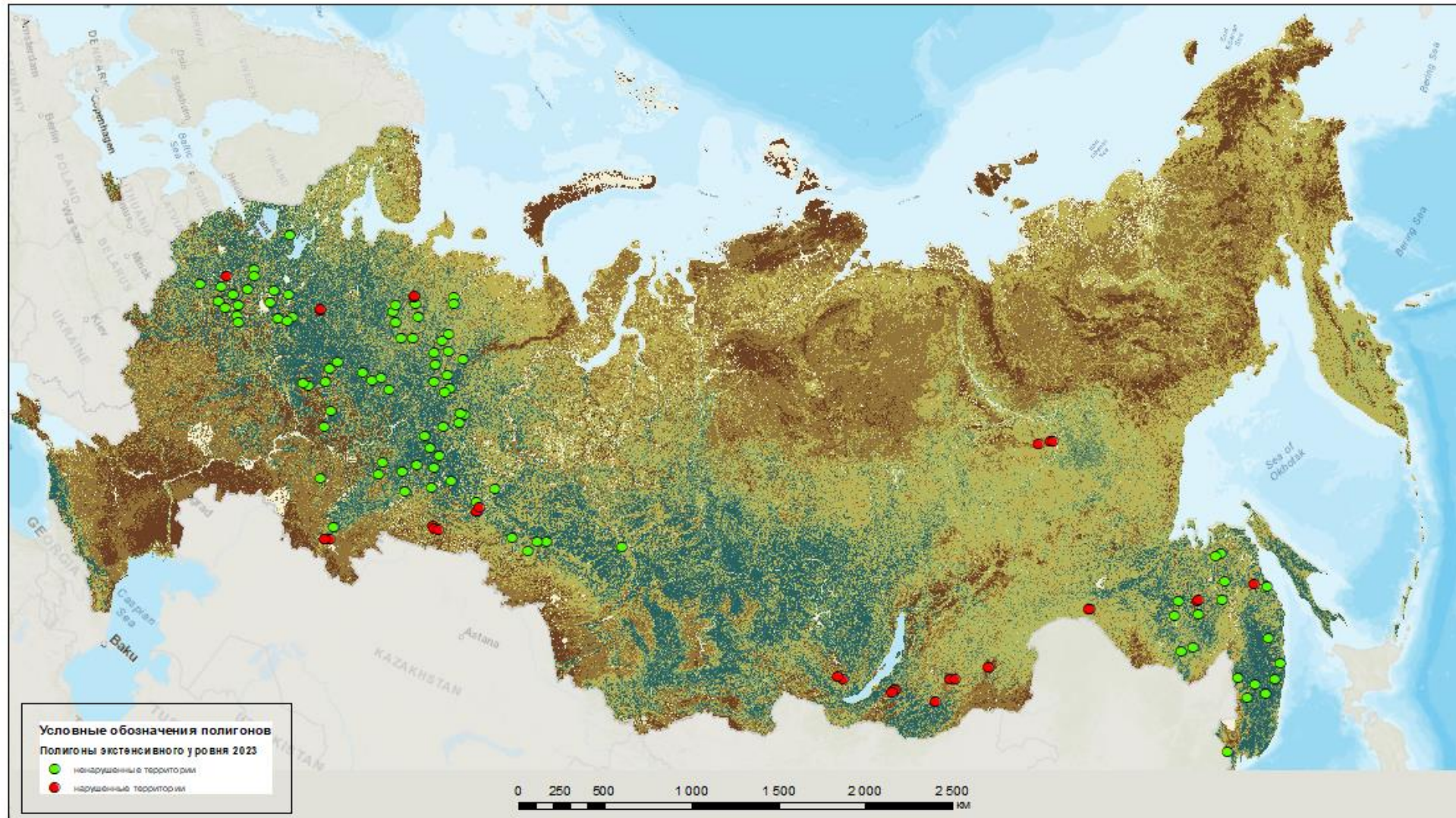


# МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ПОЛИГОНА ЭКСТЕНСИВНОГО УРОВНЯ С ПЛОЩАДКОЙ ГИЛ



# Фактическое размещение тестовых полигонов экстенсивного уровня (ФГБУ Рослесинфорг) в 2023 году

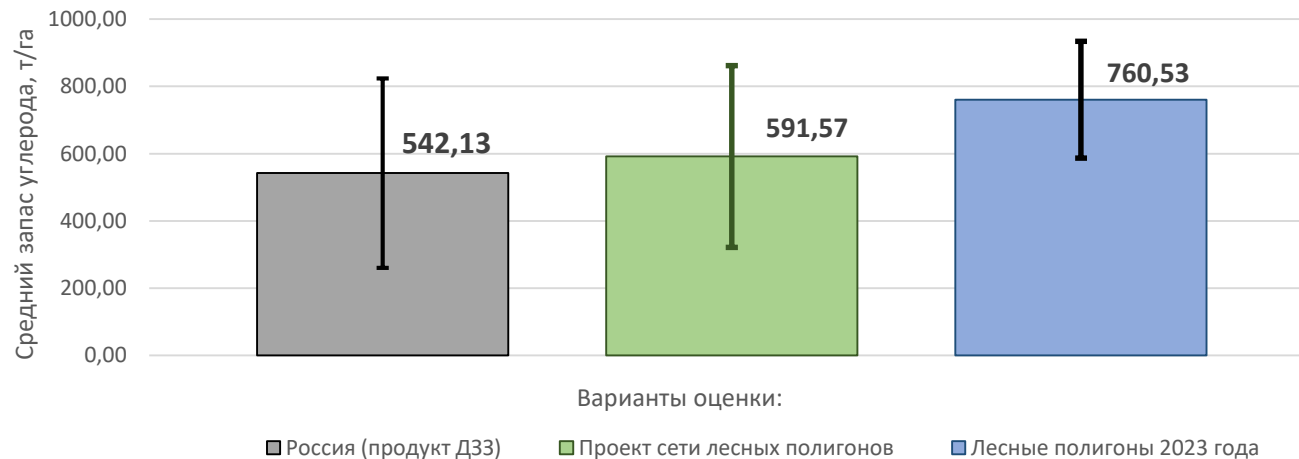
120 полигонов (90 полигонов в ненарушенных лесах, 30 - в нарушенных пожарами лесах)



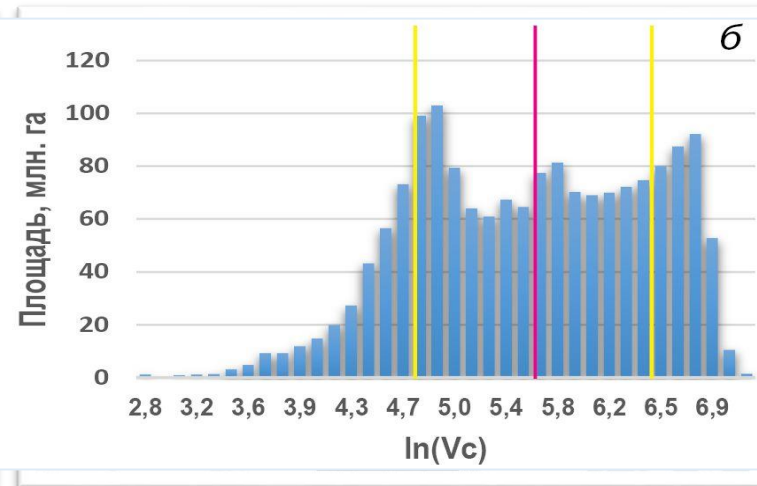
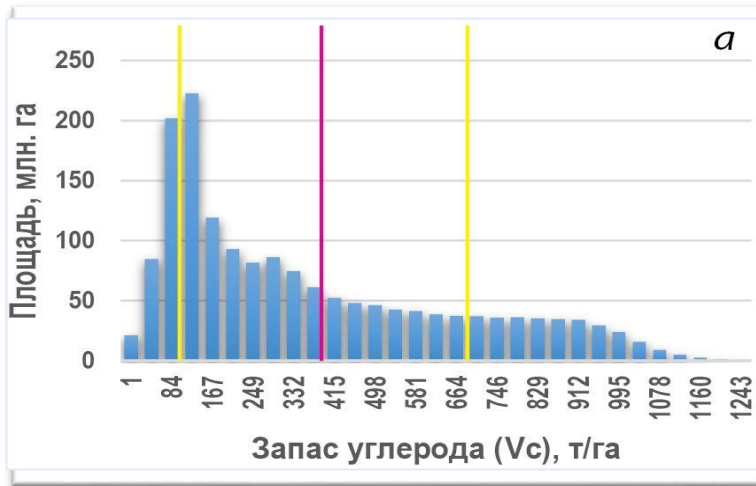
# Влияние количества и расположения тестовых полигонов на оценку средних значений запаса общего углерода наземных экосистем России

№	Источник данных	Количество выборки, пиксели продукта ДЗЗ	Среднее значение запаса общего углерода, Ст/га	Разница средних значений относительно России (продукт ДЗЗ),%	Стандартное отклонение запаса общего углерода, Ст/га	Разница стандартного отклонения относительно России (продукт ДЗЗ),%
1	2	3	4	5	6	7
A	Россия (исходный продукт ДЗЗ)	307983,5 тыс. пикселей	542,1	0,0	282,0	0,0
B	Проект сети лесных полигонов до 2030 года	769 ТП (45,5 тыс. пикселей)	591,6	9,1	270,4	-4,1
C	Лесные полигоны 2023 года	90 ТП (5,3 тыс. пикселей)	760,5	40,3*	173,6	-38,4**

Примечание к расчету разницы значений среднего и стандартного отклонения углерода: \*  $C5 = ((C4 - A4) / A4) \times 100\%$  и \*\*  $C7 = ((C6 - A6) / A6) \times 100\%$



# МОДИФИКАЦИЯ ПОДХОДА К ВЫБОРУ ПОЛИГОНОВ ЭКСТЕНСИВНОГО УРОВНЯ 2024 года



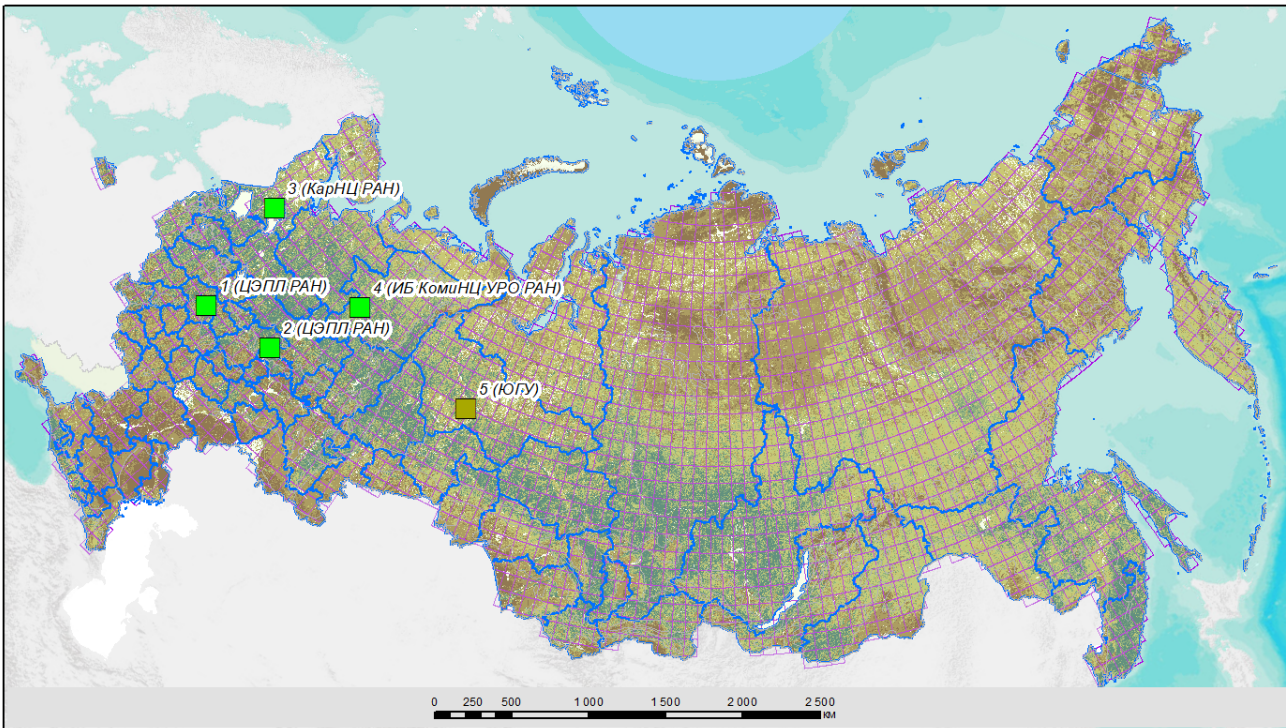
- (1) В границах регулярной сети оцениваются средние значения общего углерода и доли почвенного углерода
- (2) Оценивается место каждой ячейки сети на гистограммах
- (3) В каждой ячейке выявляются несколько площадок ГИЛ (кандидатов), которые близки к среднему показателю общего углерода и доли почвенного углерода ячейки
- (4) Определяется 60 ТП полигонов в управляемых лесах, 15 ТП в резервных и редкостойных лесах для запланированных субъектов РФ, 15 ТП в заросших с/х землях
- (5) Передается в ФГБУ «Рослесинфорг» для проверки их доступности с учетом запланированного бюджета полевых работ на тестовых полигонах экстенсивного уровня в 2024 году



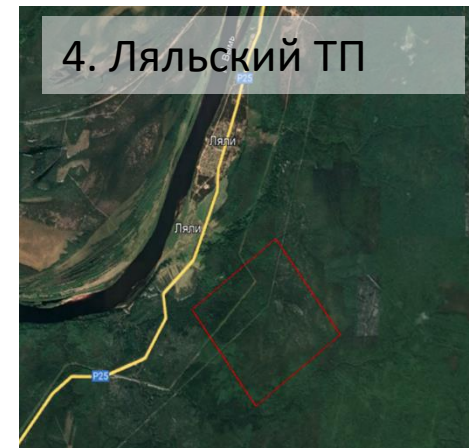
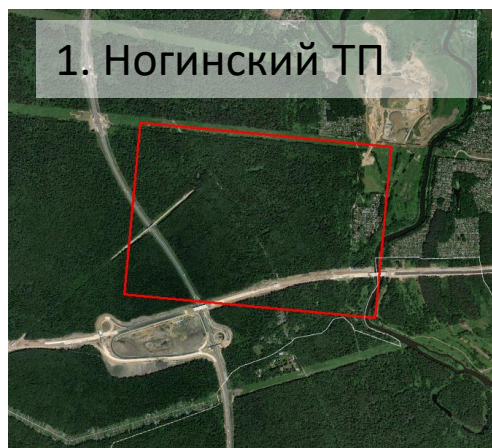
# 2. Тестовые полигоны интенсивного уровня I типа 2023 год

Текущее состояние работ

# ПОЛИГОНЫ ИНТЕНСИВНОГО УРОВНЯ I ТИПА - 2023 год



Полигон	Субъект	Тип растительности	Лето	Осень
1. Ногинский ТП (ЦЭПЛ РАН)	Московская область	Лес	АФС МАФС ВЛС	ВЛС
2. Шарангский ТП (ЦЭПЛ РАН)	Нижегородская область	Лес		АФС МАФС ВЛС
3. Кивачский ТП (ФИЦ КарНЦ РАН)	Республика Карелия	Лес		АФС МАФС ВЛС
4. Ляльский ТП (ИБ ФИЦ Коми НЦ РАН)	Республика Коми	Лес		АФС МАФС
5. ТП Мухрино (ЮГУ)	ХМАО	Болото		





# Примеры продуктов АФС и ВЛС (Шарангский тестовый полигон)

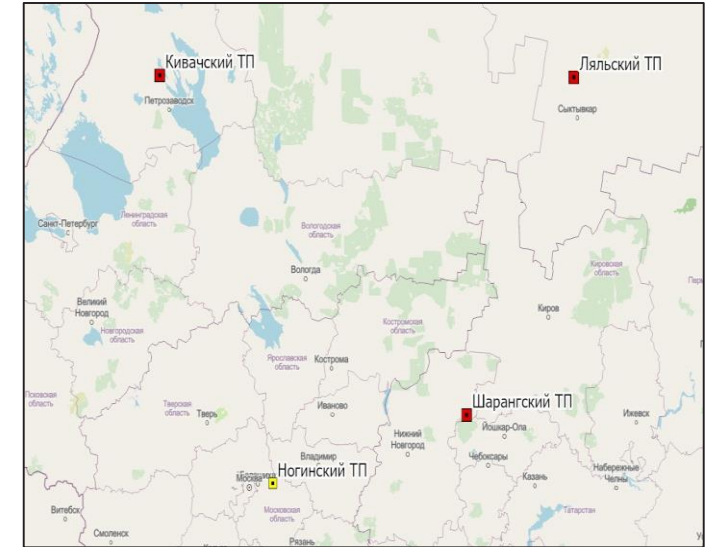
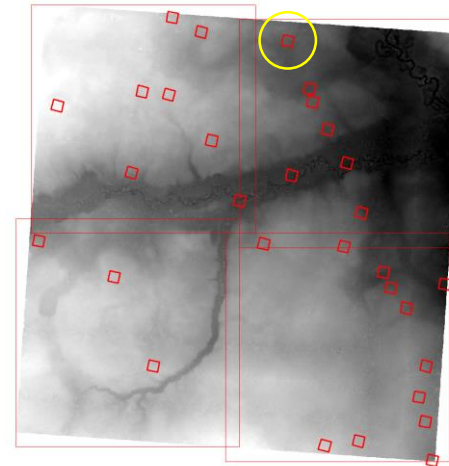
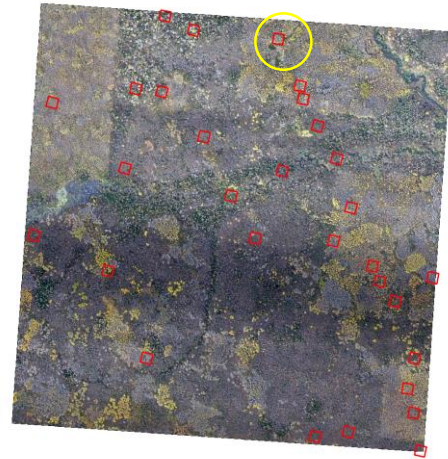
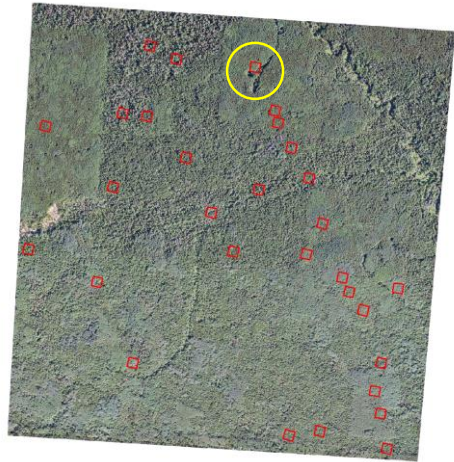
RGB ортофотопланы

Лето (АФС)

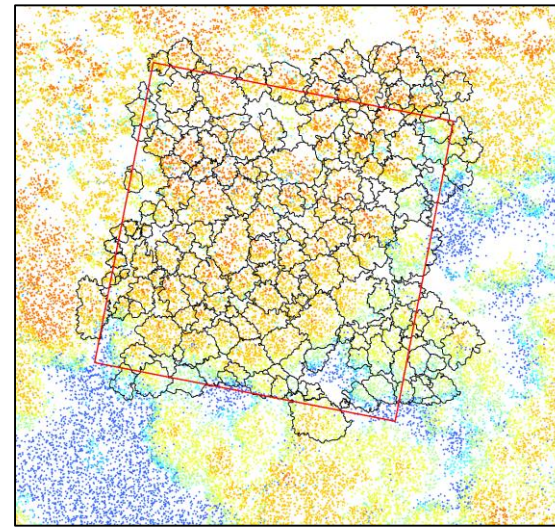
Осень (АФС)

ЦММ/ЦМР (лидар АГМ 1.2)

Расположение полигонов



Облако точек лазерного сканирования, классифицированные по высотам



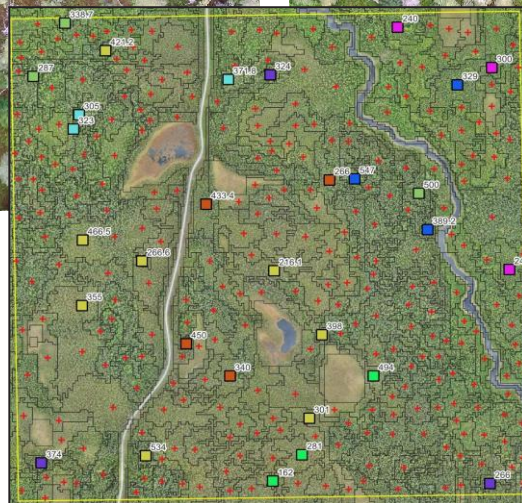
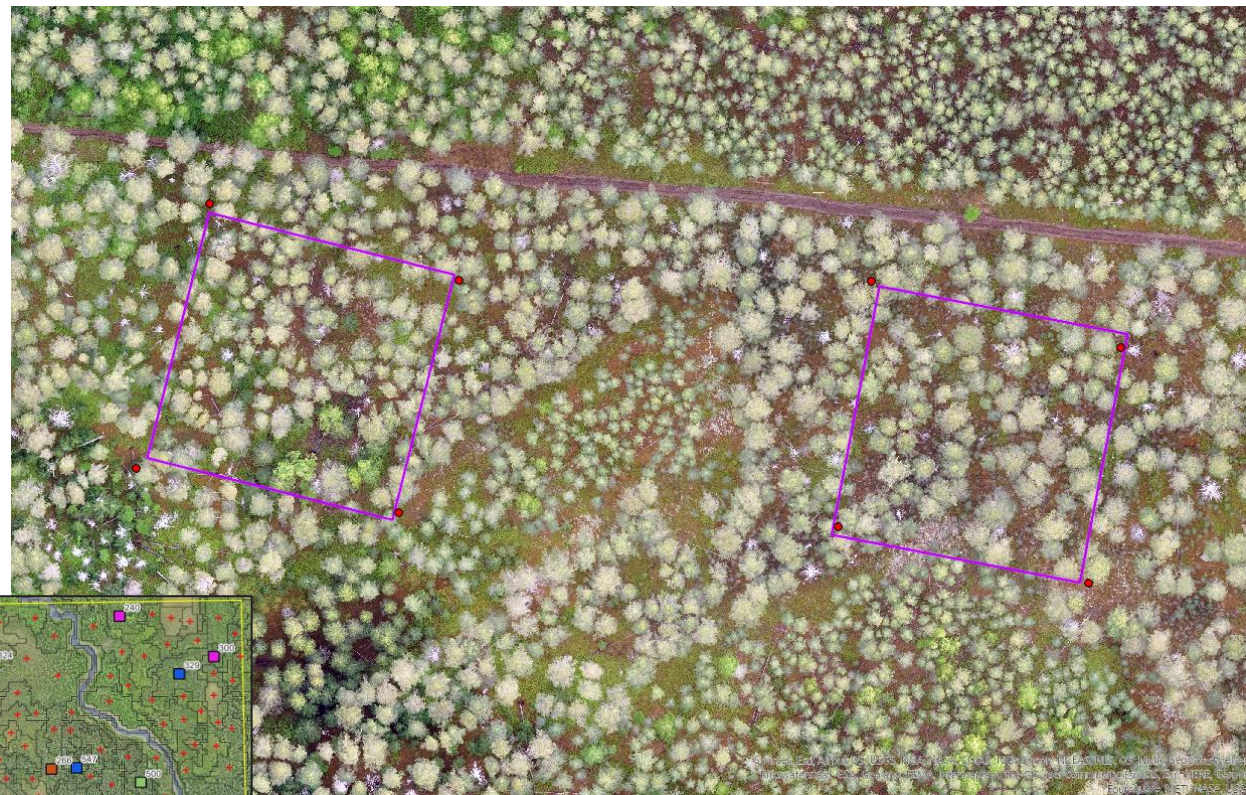
- NE.las
- Data percentage: 0
- LAS point elevation
- 147,815 - 152,98
- 142,651 - 147,815
- 137,486 - 142,651
- 132,321 - 137,486
- 127,157 - 132,321
- 121,992 - 127,157
- 116,827 - 121,992
- 111,663 - 116,827
- 106,498 - 111,663

# Задача определения позиционирования углов ППП на местности

Троекратное измерение углов ППП обычным GPS приемником:  
ошибка может достигать до 10 метров



Определение углов ППП с помощью базовой геодезической станции:  
ошибка может достигать 1-5 метров



Сегменты и места закладки ППП Кивачского ТП (Карелия)

# Рекогносцировка или наземная экспресс оценка характеристик древостоев методами производственной таксации, геоботанические и почвенные изыскания

Сегменты (Sentinel-2, 10 м) и центры круговых площадок



Реласкопические площадки переменного радиуса

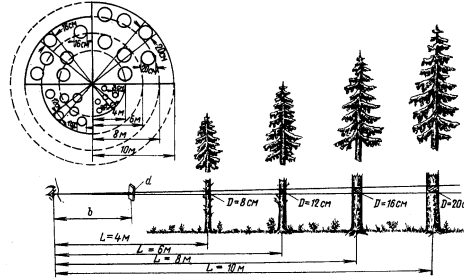
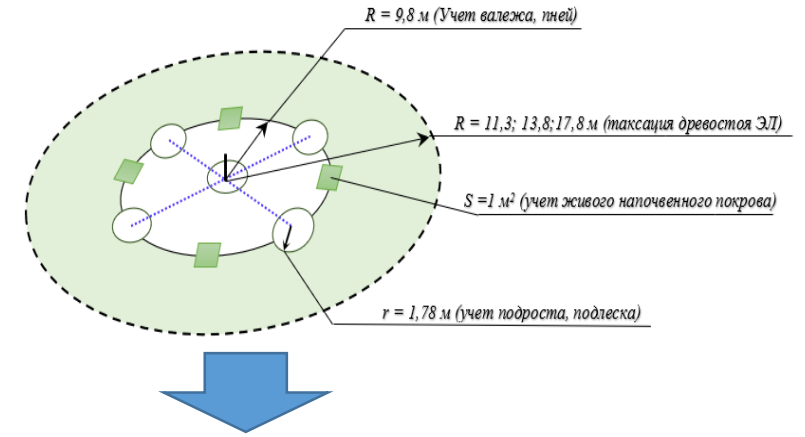


Схема учета растительности на площадке



Учетные ведомости по элементам леса

**Перечетная ведомость круговой реласкопической площадки №**

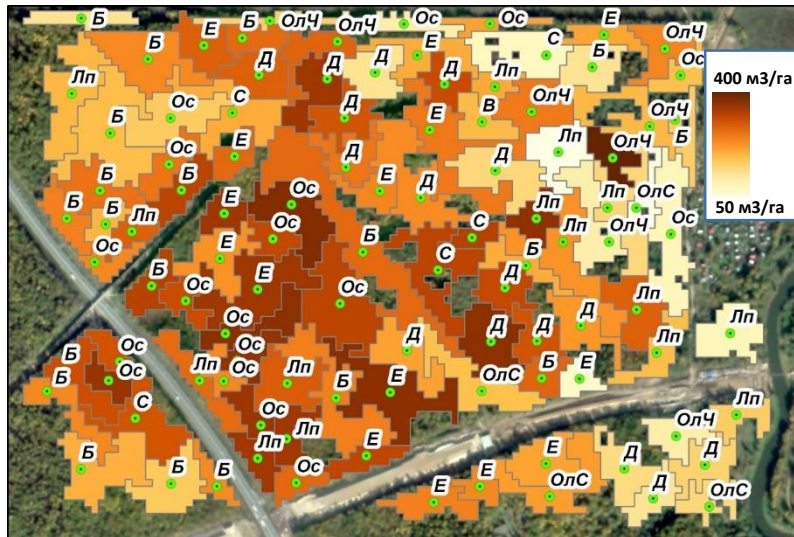
Раствор полнотомера, мм **15** Коэф. полнотомера **1**

Значения суммы площадей сечений деревьев на высоте 1,3 м и средние значения модельных деревьев по древесным породам

Элемент леса <i>Сосна</i>			Элемент леса <i>Ель</i>			Элемент леса <i>Береза</i>			
Средние значения модельных деревьев			Средние значения модельных деревьев			Средние значения модельных деревьев			
<i>d</i> <sub>1,3,см</sub>	<i>h</i> , см	<i>A</i> , лет	<i>d</i> <sub>1,3,см</sub>	<i>h</i> , см	<i>A</i> , лет	<i>d</i> <sub>1,3,см</sub>	<i>h</i> , см	<i>A</i> , лет	
<b>40</b>	<b>29</b>	<b>140</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>90</b>	<b>48</b>	<b>29</b>	<b>80</b>	
Результаты измерений			Результаты измерений			Результаты измерений			
КТГ	ΣG		ΣG		ΣG		ΣG		
	1,0	0,5	Итого	1,0	0,5	Итого	1,0	0,5	Итого
Здоровые	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Фаутные				<b>1</b>	<b>0,5</b>				
Дровяные	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Сухостойные									
<b>Итого</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6,5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

Методики полевых работ:  
<https://ritm-c.ru/results/methods/>

Один из результатов: карта запасов древостоя в сегментах для проектирования постоянных пробных площадок



**Ведомость учета подроста на площадке** 50 м²

Количество жизнеспособного подроста по категориям крупности

Древесная порода	Количество жизнеспособного подроста по категориям крупности						A, лет
	до 0,5	0,6 - 1,5	1,6-2,5	2,6-3,5	3,6-4,5	4,6-5,5	
<i>Е</i>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>				<b>15</b>

**Ведомость учета подлеска на площадке** 50 м²

Количество (шт) по породам и высотам (м)

Древесная порода	Количество (шт) по породам и высотам (м)						
	до 1,0	1,1 - 2,0	2,1 - 3,0	3,1 - 4,0	4,1 - 5,0	5,1 - 6,0	6,1 и >
<i>Рб</i>		<b>3</b>	<b>2</b>				
<i>Мж</i>		<b>1</b>					

**Ведомость учета валежа и пней на площадке** 300 м²

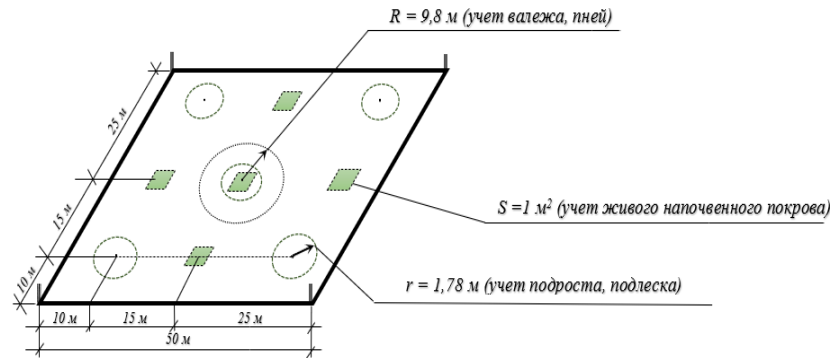
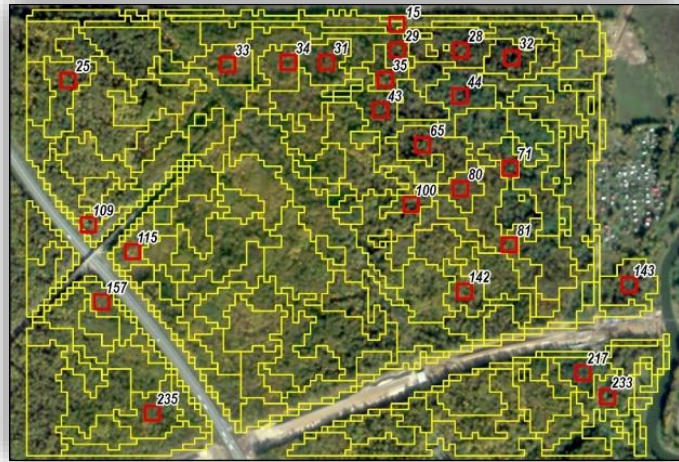
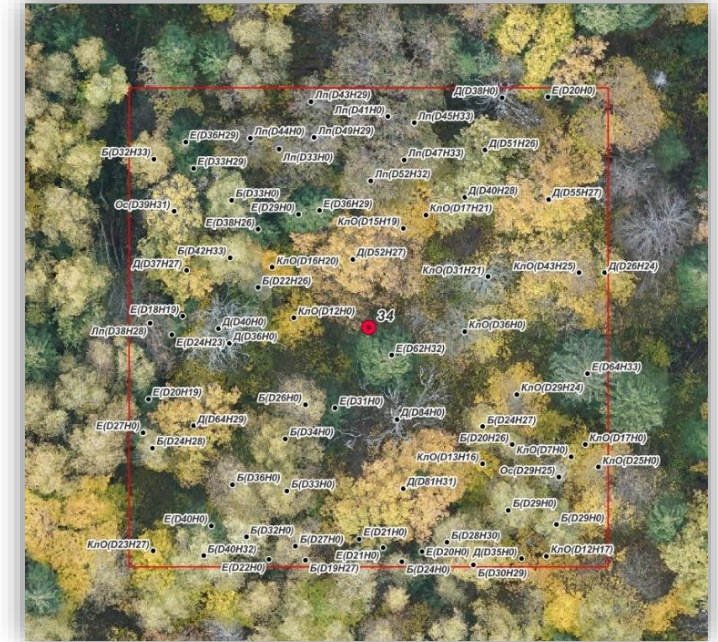
Объект	Древесная порода	Длина, высота, м	Срединный d [(d <sub>г</sub> +d <sub>к</sub> )/2], см	Диаметр гнилы, мм	Степень разложения	Тип гнили
в	<i>Е</i>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>1 - слабая</b>	<b>заболонная</b>
в	<i>С</i>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>2 - средняя</b>	<b>твердая</b>
в	<i>Ос</i>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>3 - сильная</b>	<b>трухлявая</b>
п	<i>С</i>	<b>0,25</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>1 - слабая</b>	<b>заболонная</b>
п	<i>Е</i>	<b>0,40</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2 - средняя</b>	<b>твердая</b>
п	<i>Б</i>	<b>0,35</b>	<b>0</b>	<b>55</b>	<b>3 - сильная</b>	<b>трухлявая</b>

# Полевые измерения древостоя на постоянной пробной площади

БПЛА снимок

Сегменты и места закладки ППП

Постоянные пробные площадки



Измеряемые параметры на ППП

Перечёт живых деревьев (диаметр от 6 см)

- Древесная порода
- Диаметр на высоте 1,3 м, см
- Высота деревьев, м (выборка)
- Средний возраст, лет (выборка)
- Подрост
  - Состав пород
  - Количество штук на га
  - Средняя высота, м
- Подлесок
  - Состав пород
  - Густота
  - Средняя высота, м

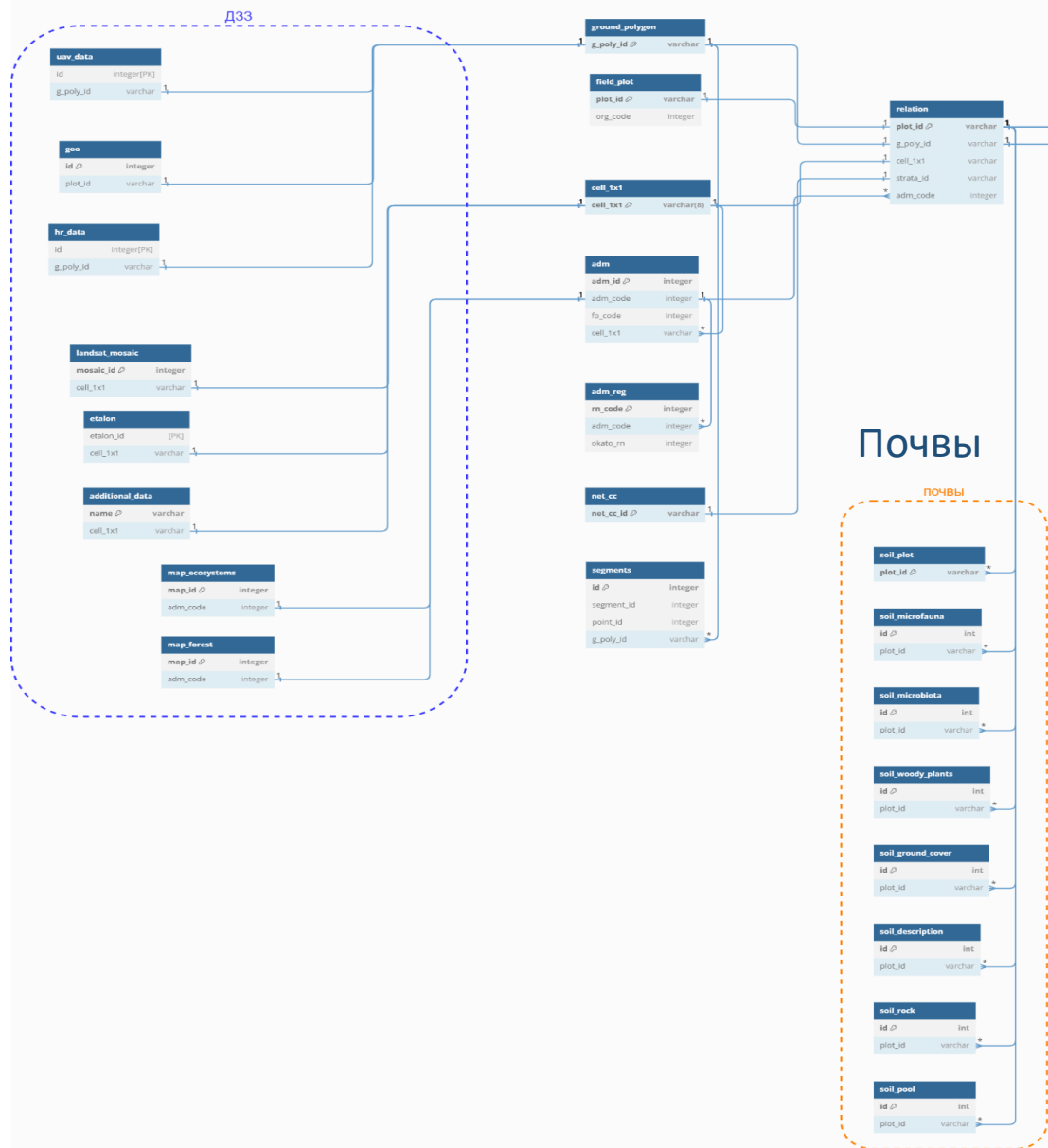
- Перечёт сухостоя (диаметр от 6 см)
  - Диаметр сухостоя на высоте 1,3 м
  - Категория состояния (1-4)
  - Высота сухостоя, м (всех с обломанной верхушкой)
- Перечёт валежа (диаметр от 1 см)
  - Породы
  - Диаметр каждого из двух концов, см
  - Длина, м
  - Категория разложения (1-4)
- Перечёт пней (диаметр более 6 см)
  - Породы
  - Диаметр в верхнем отрезе, см
  - Высота, см
  - Категория разложения (аналогично валежу)

Перечетная ведомость

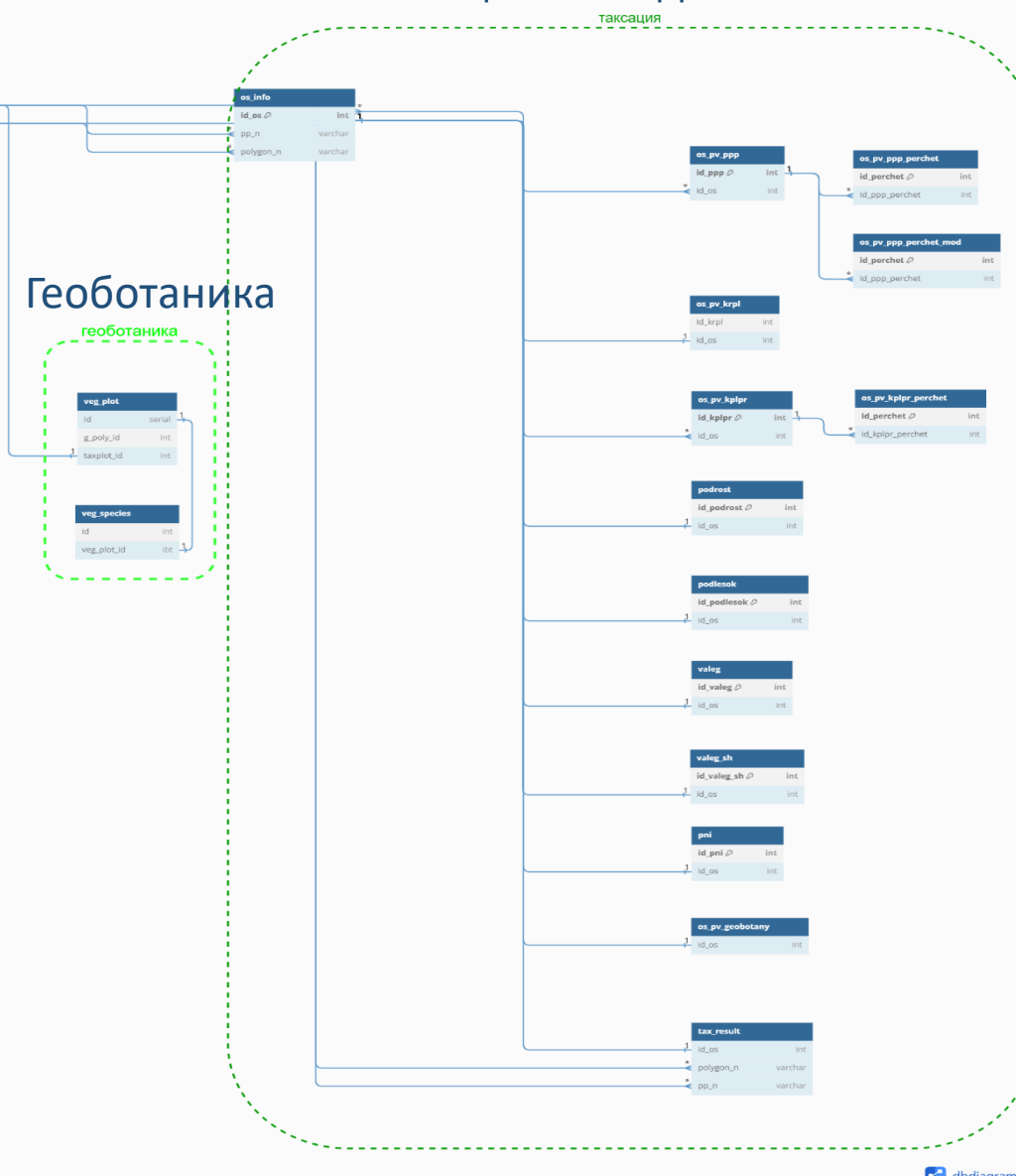
d <sub>1,3</sub> , см	Элемент леса <u>Сосна</u>					h, м	Элемент леса <u>Береза</u>					h, м
	Число деревьев, шт.						Число деревьев, шт.					
	здоровых	фаульных	оревяных	шлого растущих	сухостойных		здоровых	фаульных	оревяных	шлого растущих	сухостойных	
8	•• /2		• /1	3 • /1		12,0					14,0	
12	☐ /7			7		16,0					16,5	
16	☒ • /11		• /1	12		19,5	• /1			1	18,0	
20				25		23,0	•• /3			3	19,5	
24	☒☒ /21	• /1		22 • /1		24,0	:1 /5	• /1	6 • /1		21,0	
28	☒☒ /17	• /1		18 • /1		26,5	☒ /10	• /1	11		22,5	
32	☒☒ /15			15		27,0	☒☒ /13	• /1	• /1	15 • /1	23,0	
....	и т д											

# БАЗА ДАННЫХ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ ИНТЕНСИВНОГО УРОВНЯ I ТИПА

## Данные дистанционного зондирования



## Таксационные данные



## Геоботаника

геоботаника

## Почвы

ПОЧВЫ

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ: результаты 2023 года

- Разработана методика и предложены три варианта сети, из которых наиболее предпочтительным для реализации проекта выбран третий вариант – статистически репрезентативный
- Проведена классификация полигонов по типам и уровню сбора наземной и дистанционной информации: интенсивный уровень двух типов и экстенсивный уровень
- Для каждого типа и уровня сформирован свой перечень информации о растительности и почвах, собираемых наземными и дистанционными способами, разработаны методики сбора данных
- Местоположение лесных полигонов экстенсивного уровня в 2023 году определялось относительно расположения ближайших площадок ГИЛ. Выбор мест закладки полигонов выполнялось специалистами ФГБУ «Рослесинфорг». Извлеченные из спутниковых продуктов данные запасов углерода вокруг полигонов экстенсивного уровня потребовало провести модификацию подхода проектирования национальной сети
- Совместно с участниками Консорциума созданы 5 тестовых полигонов интенсивного уровня I типа: 4 лесных полигона и 1 болотный полигон, ведется обработка данных наземных обследований, формируются данные для ввода в единую базу данных полигонов
- Разработаны методики аэрофотосъемочных работ, проектирования сети рекогносцировочных и постоянных пробных площадок на полигонах интенсивного уровня I типа на основе комбинации наземных и дистанционных данных различного пространственного разрешения
- Проведена предварительная оценка возможностей комбинации данных аэрокосмической информации и данных измерений характеристик лесов для картографирования растительного пула углерода тестовых полигонов с пространственным разрешением 10 м

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ: планы 2024 года

- В 2024 году при проектировании лесных полигонов экстенсивного уровня будут учитываться значения общего запаса углерода и доли углерода в почвах вокруг площадок ГИЛ и их положение на гистограмме распределения этих двух характеристик
- Планируется расширить сеть полигонов интенсивного уровня I типа на другие типы в наземных экосистемах, а именно: степной полигон, тундровый полигон, лесной полигон в нарушенных вырубками лесов Костромской области и лесной полигон в сложных горных условиях Уссурийской тайги Приморского края
- Будут адаптированы методики аэрофотосъемочных работ, проектирования сети рекогносцировочных и постоянных пробных площадок к степному и тундровому полигонам интенсивного уровня I типа, а также к лесным полигонам с рубками разных лет и в горных лесах сложного породного состава Дальнего Востока.
- Будет разработана методика картографирования пулов углерода в растительности и почвах по данным наземных измерений на ППП и аэрокосмической информации тестовых полигонов в лесных и других наземных экосистемах



## СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

### Контакты

Ершов Дмитрий Владимирович

Заведующий лаборатории мониторинга лесных экосистем

ЦЭПЛ РАН

Телефон +7(903) 795 82 46

E-mail: [ershov@ifi.rssi.ru](mailto:ershov@ifi.rssi.ru)

<https://ritm-c.ru/>

