

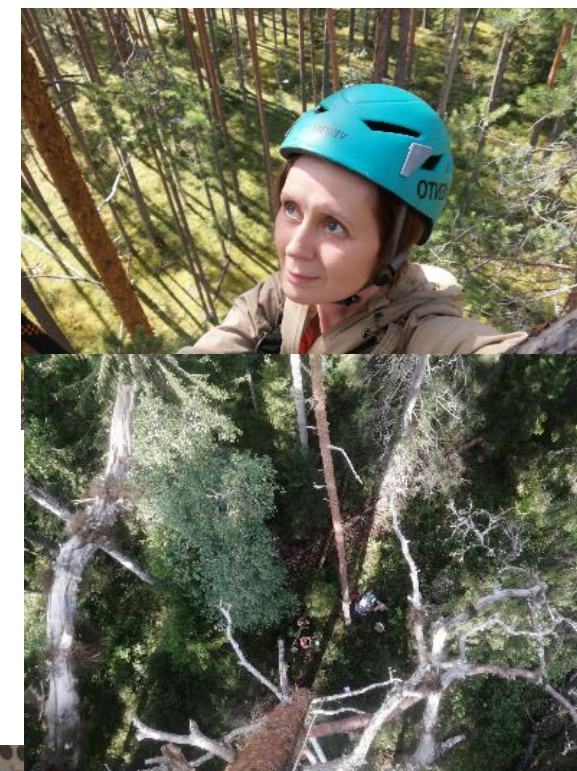


«Разработка системы мониторинга бюджета углерода в лесах Восточной Финноскандии»

Создан полигон интенсивного уровня 1 типа «Кивач»



А.М. Крышень, Н.А. Галибина,
С.А. Мошников, Г.В. Ахметова,
Н.В. Геникова, Е.В. Мошкина,
К.М. Никерова, А.Н. Пеккоева,
И.В. Ромашкин, Т.В. Тарелкина и др.





Исполнители темы, соавторы доклада

Фамилия Имя Отчество	Ученая степень	Должность
Крышень Александр Михайлович	д.б.н.	директор ИЛ КарНЦ РАН
Галибина Наталия Алексеевна	д.б.н.	гл.н.с., зам. дир. по науч. раб.
Раевский Борис Владимирович	д.с-х.н.	зав. лаб.
Мошников Сергей Анатольевич	к. с-х.н.	вед.н.с., зам. дир. по науч. раб.
Николаева Надежда Николаевна	к.б.н.	ученый секретарь, с.н.с.
Медведева Мария Владимировна	к.б.н.	зав. лаб.
Пеккоев Алексей Николаевич	к. с-х.н.	с.н.с., руководитель лаб.
Придача Владислава Борисовна	к.б.н.	с.н.с., руководитель лаб.
Никерова Ксения Михайловна	к.б.н.	с.н.с., руководитель лаб.
Ананьев Владимир Александрович	к. с-х.н.	вед.н.с.
Синькевич Сергей Михайлович	к. с-х.н.	вед.н.с.
Ахметова Гульнара Вялитовна	к.б.н.	с.н.с.
Геникова Надежда Васильевна	к.б.н.	с.н.с.
Карпечко Анна Юрьевна	к. с-х.н.	с.н.с.
Мощенская Юлия Леонидовна	к.б.н.	с.н.с.
Новичонок Елена Валентиновна	к.б.н.	с.н.с.
Ромашкин Иван Вадимович	к.б.н.	с.н.с.
Тарелкина Татьяна Владимировна	к.б.н.	с.н.с.
Мошкина Елена Викторовна	к.б.н.	н.с.
Новиков Сергей Геннадиевич	к.б.н.	н.с.
Солодовников Антон Николаевич	к.б.н.	н.с.
Рудковская Оксана Алексеевна	к.б.н.	н.с.
Тимофеева Вера Владимировна	к.б.н.	н.с.
Мамай Анастасия Витальевна	к.б.н.	м.н.с.

Фамилия Имя Отчество	Должность
Карпин Владимир Александрович	н.с.
Кикеева Анастасия Вячеславовна	н.с.
Софронова Ирина Николаевна	н.с.
Туюнен Андрей Владимирович	н.с.
Афошин Никита Валерьевич	м.н.с., аспирант
Возьмитель Фома Константинович	м.н.с., аспирант
Ершова Мария Алексеевна	м.н.с., аспирант
Корженевский Максим Анатольевич	м.н.с., аспирант
Нуколова Анна Юрьевна	м.н.с., аспирант
Обабко Роман Павлович	м.н.с.
Сараева Анна Константиновна	м.н.с., аспирант
Серкова Александра Александровна	м.н.с., аспирант
Теслюк Ирина Александровна	м.н.с., аспирант
Фомина Елена Викторовна	м.н.с., аспирант
Чирва Ольга Владимировна	м.н.с., аспирант
Чирков Александр Владимирович	м.н.с., аспирант
Тесля Дмитрий Вадимович	стаж.-иссл., аспирант
Баишникова Тамара Григорьевна	вед. химик
Волоснева Ирина Валерьевна	вед. химик
Воробьев Виталий Владимирович	вед. инж.лес.х-ва
Голодюк Антонина Александровна	вед. химик
Ерофеевская Светлана Леонидовна	вед. химик
Иванова Диана Сергеевна	вед. биолог
Ивашова Наталья Николаевна	вед. почвовед
Климова Анна Владимировна	вед. биолог, аспирант
Коржова Мария Андреевна	вед. химик
Кудинова Юлия Сергеевна	вед. почвовед
Макарова Тамара Николаевна	вед. химик
Семенова Людмила Игоревна	вед. биолог
Семин Денис Сергеевич	вед. физик, аспирант
Савельев Леонид Алексеевич	ст. биолог
Тихомирова Софья Игоревна	ст. биолог



Основной результат – создан полигон интенсивного уровня 1 типа «Кивач»

ПАСПОРТ ПОЛИГОНА **РИТМ** **углерода**

КИВАЧ

УТВЕРЖДЕН ПРИКАЗОМ №10 от 15.12.2023

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ТИП ПОЛИГОНА	Интенсивный уровень 1 типа
ЭКОРЕГИОН	Скандинавско-русская тайга
БИОМ	Лес
ПЛОЩАДЬ	400 га
ГОД ОРГАНИЗАЦИИ	2023 г.
ОРГАНИЗАЦИЯ	Институт леса — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук" (ИЛ КарНЦ РАН)

II. МЕСТОНаХОЖДЕНИЕ

МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	Республика Карелия, Кондопожский район, Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный природный заповедник "Кивач", около 4 км на юго-запад от д. Солоха
КАТЕГОРИЯ ЗЕМЕЛЬ	ООПТ, участковое лесничество «Государственный природный заповедник "Кивач", в северо-западной части полигона примыкает Кондопожское центральное лесничество.
КООРДИНАТЫ ЦЕНТРА	Широта: 62,289132 с.ш. Долгота: 34,015901 в.д.



ПАСПОРТ ПОЛИГОНА **РИТМ** **углерода**

КАРТА-СХЕМА

A – расположение полигона и выделенные для этапа экспресс-оценки сегменты

Б – расположение полигона на территории ФГБУ «Кивач» и расположение ППП на территории полигона

III. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Полигон расположен в северо-восточной части заповедника, пересекается в направлении север-юг автомобильной дорогой 86К-71 и р. Сандалка. Площадь полигона представлена типичными ландшафтами среднетаежной зоны Карелии: крупногрядово-холмистыми с преобладанием основных пород; крупногрядово-холмистыми с незначительным моренным покрытием; всхолмленными моренными равнинами с преобладанием супесчаной равнины; грядовыми с относительно мощным слоем супесчаной морены. Высокое стояние грунтовых вод, хорошая проницаемость верхних слоев почвы, а также наличие водоупорных горизонтов обуславливают слабый дренаж равнинных, пониженных, а также замкнутых приподнятых участков и способствуют их заболачиванию. Хорошая дренированность отмечается лишь на возвышенных плато и всхолмлениях, где уровень грунтовых вод лежит на глубине 2 м и более от поверхности.

КЛИМАТ ТЕРРИТОРИИ

Умеренно континентальный. Средняя продолжительность вегетационного периода составляет 90-95 дней. Средняя температура воздуха в январе составляет -11,1 °С, абсолютный минимум температуры – 43,5 °С. Средняя температура воздуха в июле +16,3 °С, максимальная температура достигает +34,7 °С. Среднегодовая норма осадков - 625 мм.

ТАКСАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

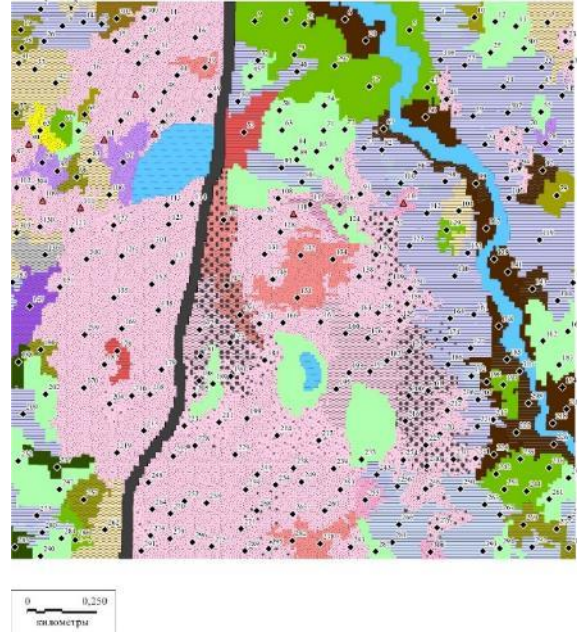
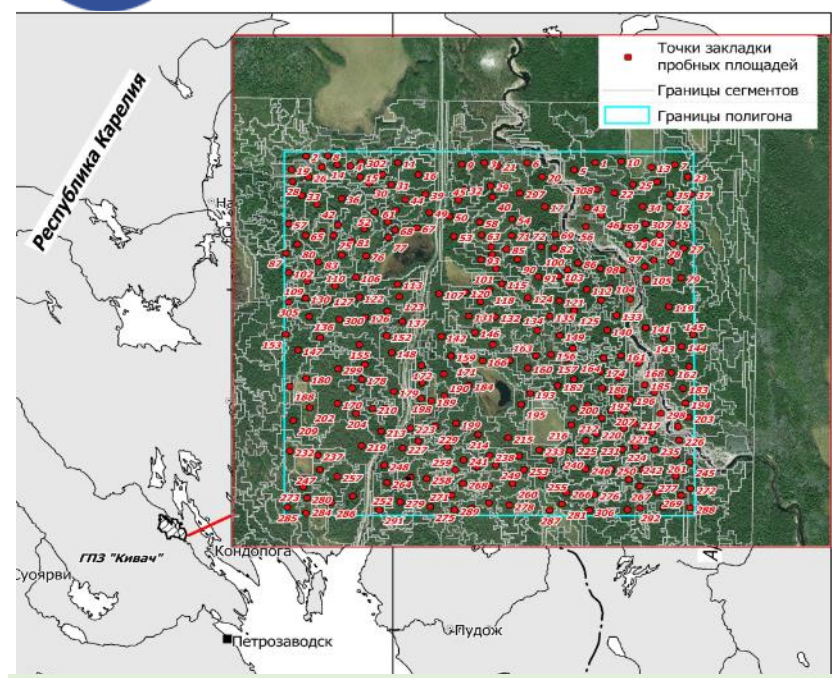
По результатам экспресс-оценки на полигоне преобладают хвойные насаждения (71% ПП сосняки, 16% ельники); лиственные (березняки и осинники) занимают 9 и 4% ПП соответственно. Насаждения характеризуются довольно высоким возрастом (к перестойным лесам





1 этап – рекогносцировочный (экспресс-оценка)

Выполнено описание 310 сегментов полигона, дана общая его характеристика



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Почвы		Гранулометрический состав почв	
Дерново-буро-подзолистые	Песчаный	Супесчаный	Суглинистый
Пелозем гумусовый глинисто-иллювирированный	Суглинистый	Глинистый	
Пелозем потечно-гумусовый			
Перегнойно-глеевая			
Подбур оподзоленный			
Подзол			
Подзол литобарьерный			
Подзол-элювомзем			
Подзолистая			
Псаммозем			
Торфяная / торфяная глеевая мезотрофная			
Торфяная / торфяная глеевая эуторфная			
Торфяная осушенная			
Торфяно-глеезем			
Торфяно-подзол			
Торфяно-подзолистая			
Элювиально-метаморфическая			

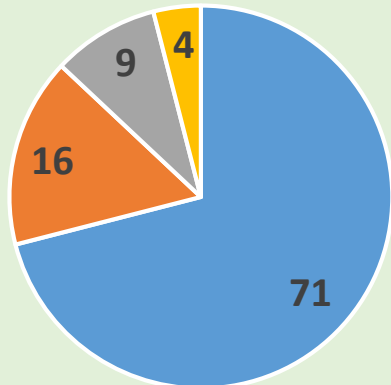
Степень каменистости	
Сильнокаменистая	Среднекаменистая
Среднекаменистая	Слабокаменистая

Места заложения прикопок	
◆ Ненарушенная почва	▲ Турбированная почва
▲ Турбированная почва	▲ Пирогенно нарушенная почва

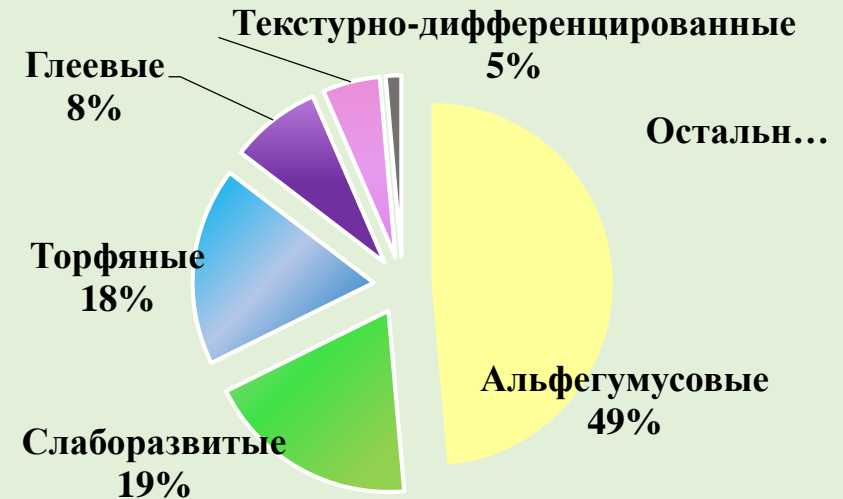
Другие обозначения	
■ Дорога	■ Ламба
■ Ламба	■ р. Сандалка

Соотношение сообществ по доминирующим породам

- сосна
- ель
- береза
- осина



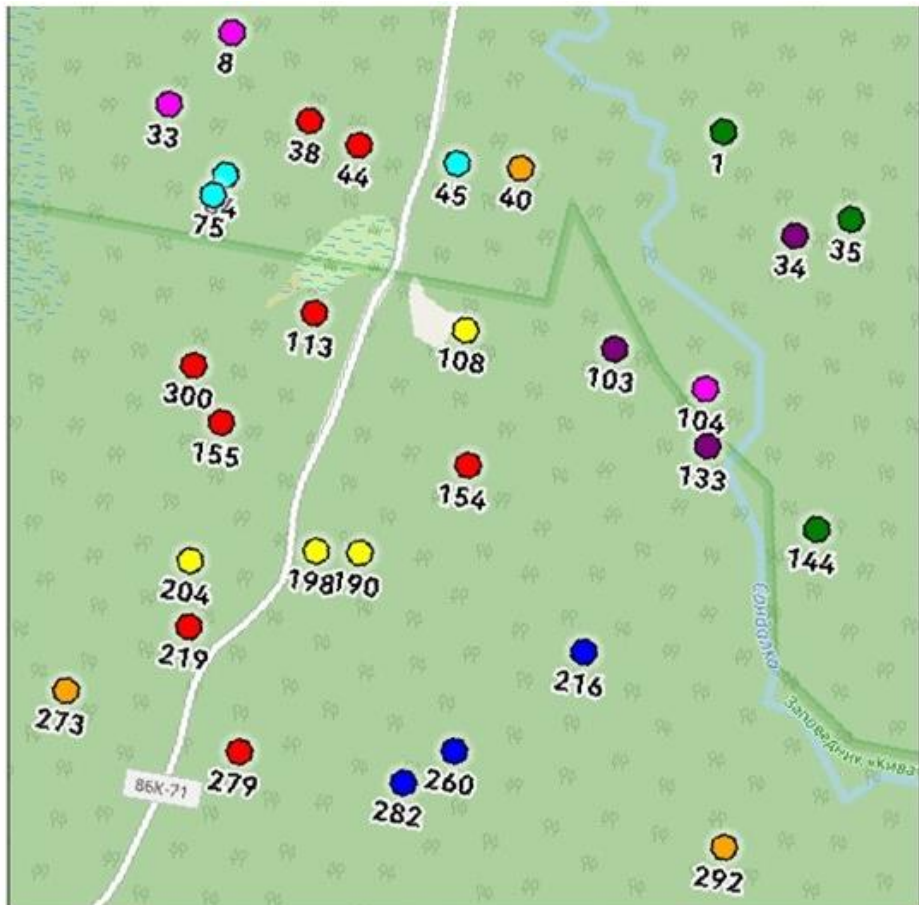
Всего выявлено 89 видов сосудистых растений. Это обычные и распространенные для сосновых и сосново-еловых лесов виды. Список мохово-лишайникового яруса насчитывает 32 вида. Наиболее распространенными являлись *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, виды рода *Dicranum*.





2 этап

Заложено 30 ПП, объединенных в 8 групп, отражающих разнообразие лесных сообществ полигона



Кол-во

Характеристика группы ПП

- 8 ПП ● -гр. 1, СЧ на песчаных подзолах;
- 4 ПП ● -гр. 2, СЧ на супесчаных подзолах;
- 3 ПП ● -гр. 3, смеш. чернич. на глинистых пелоземах;
- 3 ПП ● -гр. 4, СБ на песчаных подзолах;
- 3 ПП ● -гр. 5, смеш. чернич. на глинистых пелоземах;
- 3 ПП ● -гр. 6, СЧ на суглинистых подзолистых почвах;
- 3 ПП ● -гр. 7, смеш. чернич. на торфяных почвах;
- 3 ПП ● -гр. 8, смеш. на глинистых пелоземах

На каждой ПП выполнен комплекс работ для оценки основных пулов углерода, организована работа по эмиссии CO₂ и другие исследования по утвержденным консорциумом методам





Ортофотопланы были выполнены по договору компанией «Геоскан»

Для определения координат угловых точек ПП полигона были апробированы следующие способы:

- применение GPS-навигатора с однократной регистрацией координат (система GPS) (рис. 1);
- применение GPS-навигатора с шестикратной регистрацией координат (система GPS) (рис. 2);
- применение встроенного в смартфон навигатора с шестикратной регистрацией координат (системы GPS, Глонасс, Galileo, BeiDou и т.д.);
- **применение контроллера ОС-4 (содержит ГНСС-модуль в режиме RTK) (рис. 3) – требует устойчивого интернет соединения;**
- применение контроллера ОС-4 без коррекции от базовой станции (БС) с многократной (не менее 100 измерений) регистрацией координат (системы GPS, Глонасс, Galileo, BeiDou и т.д.) и усреднением средствами приложения Locus Map (рис. 4)

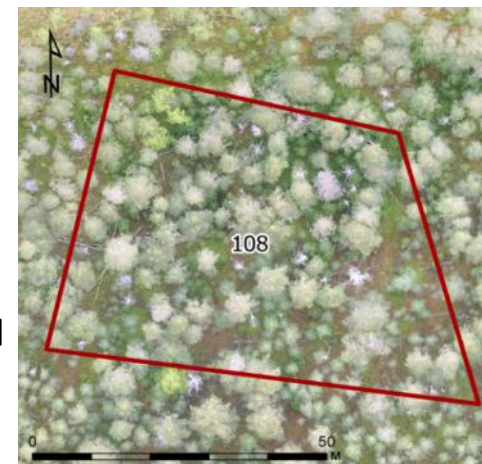


РИС. 1

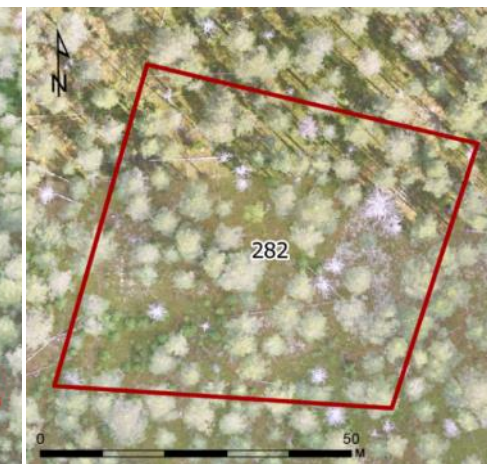


РИС. 2



РИС. 3



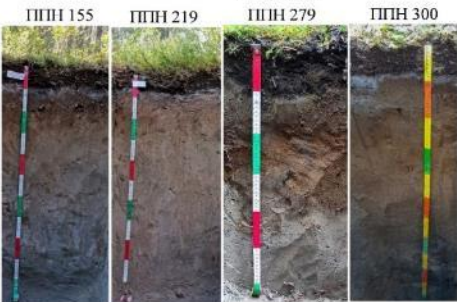
РИС. 4



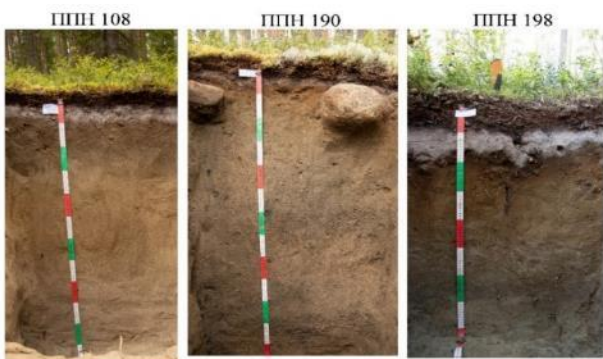
Результаты по основным пулам углерода Почва



ППН 38	ППН 44	ППН 113	ППН 154
OL 0-1 OFH 1-3 Ehi 3-5(8) BF 5(8)-46 BC 46-90(95) C ниже 90(95)	OL 0-1 OFH 1-5 E 5-8 BF 8-60 BC 60-95 C ниже 95	OL 0-1 OF 1-5 OH 5-7 E 7-12 BF 12-36(42) BC 36(42)-100 C ниже 100	OL 0-1 OFH 1-6 E 6-8 BF 8-60 BC 60-110 C ниже 110



ППН 155	ППН 219	ППН 279	ППН 300
OL 0-1 OFH 1-7 E 7-12(14) BF 12(14)-52 BC 57-84 C ниже 84	OL 0-1 OF 1-7 E 7-9 BF 9-42 BC 42-90 C 90 и ниже	OL 0-1 OF 1-4 Ehi 4-6 E 6-8 BF 8-25 BC 25-38 De ниже 38	OL 0-1 OF 1-3 OH 3-8 E 8-10(14) BF 10(14)-58 BC 58-80 C ниже 80



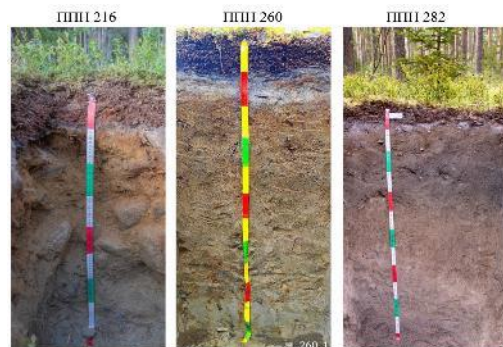
ППН 108	ППН 190	ППН 198
OL 0-1 OF 1-4(5) E 4(5)-10 BF 10-66 BC 66-106 C Ниже 106 см	OL 0-1 OF 1-4 Ehi 4-7 BF 7-62 BC 62-100 C Ниже 100 см	OL 0-2 OF 2-8 ao 8-8,5 Ehi 8,5-10(12) E 10(12)-16(22) BF 16(22)-44 BC 44-76 C1 ниже 76



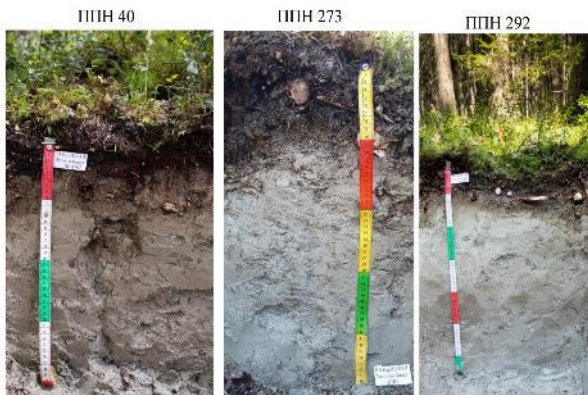
ППН 204
OL 0-2 OF 2-6 Ehi 6-10 E 10-20(25) BH 20(25)-23(28) BF1 23(28)-30(34) BF2 30(34)-47 BC 47-65 C



ППН 1	ППН 35	ППН 144
OL 0-2 OF 2-4 Chi 4-6(15) Cl- 6(15)-20 C2= ниже 20 см	OL 0-0,5(1) ay 0,5(1)-4(6) Chi 4(6)-7(11) C1= 7(11)-30 C2= ниже 30 см	OL 0-1 OFH 1-5 Chi 5-8 C= ниже 8 см



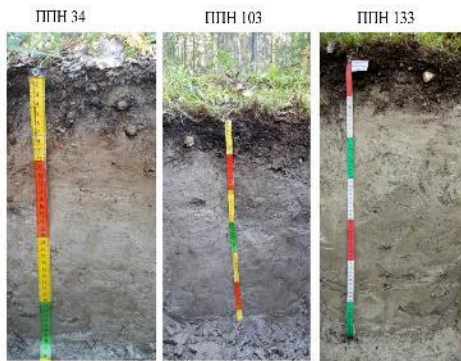
ППН 216	ППН 260	ППН 282
OL 0-2 OF 2-4(5) E 6-10(15) BF 10(15)-40 BC 40-70 C ниже 70	OL 0-1 OF 3-10 [E-HF]gr 10-19 BF 19-60 BC 60-96 Cg ниже 96	OL 0-2 OF 2-4 Ehi 6-10 BF1 10-12(22) BF2 sh 12(22)-30(35) BF3 sh 30(35)-46(48) BF4 46(48)-67 BC 62-100 C ниже 100



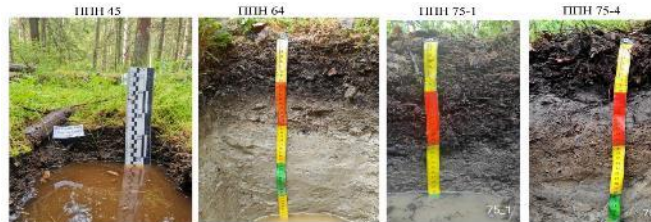
ППН 40	ППН 273	ППН 292
OL 0-2 OF 2-5 Chi 5-8(12) Cel 8(12)-32 C= ниже 32 см	OL 0-2 OF 2-9 Chi 9-12 Cel 12-40 C= ниже 40 см	OL 0-1 OF 1-5 Chi 5-12 C= ниже 12 см



ППН 8-1	ППН 8-4	ППН 33	ППН 104
O 0-1 AY 1-20 [AN-E]r 20-40 C= ниже 40 см	O 0-1 [AN-E]r 1-10(20) BF 10(20)-40 E 40-45 D ниже 45 см	OL 0-1 OF 1-3(5) AYhi 3(5)-9(10) AY 5(10)-20 Cl ниже 20 см	OL 0-1 OF 1-3 OH 3-5 DFe 5-12(20) De 12(20)-30 см



ППН 34	ППН 103	ППН 133
OL 0-1 OFH 1-3 AY 3-7 Chi 7-16 C= ниже 16 см	OL 0-2 OF 2-4 Chi 4-8(15) C= ниже 8(10) см	OL 0-1 OF 1-3 OH 3-4 Chi 4-10(12) Cel 10(12)-20 C= ниже 20 см



ППН 45	ППН 64	ППН 75-1	ППН 75-4
OL 0-1 T1 1-4 T2 5-35 G ниже 35 см	OL 0-1 T01 1-5 T02 5-8 H 8-11 Ghi 11-19 G ниже 19	OL 0-4 T01 5-11 T02 14-18 H 16-19 Ghi 19-26 G ниже 26	OL 0-1 OFH 1-10 E 10-16 BF 16-28 De ниже 28



Пул лесной подстилки

Статистические показатели запасов (т/га) лесной подстилки в выделенных группах

	1GR	2GR	3GR	4GR	5GR	6GR	8GR
Mean	51,71	55,72	31,43	45,75	59,95	33,70	52,89
Std. error	3,03	4,22	4,46	5,57	6,04	6,82	4,09
Min	28,90	32,63	12,51	19,90	37,18	7,37	39,12
Max	90,38	96,89	62,16	86,06	98,38	69,37	74,42
CV,%	29,30	28,31	44,84	40,36	31,84	67,07	23,19

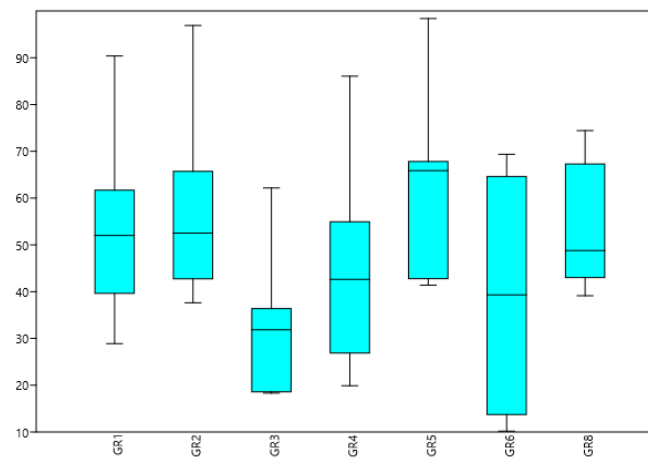
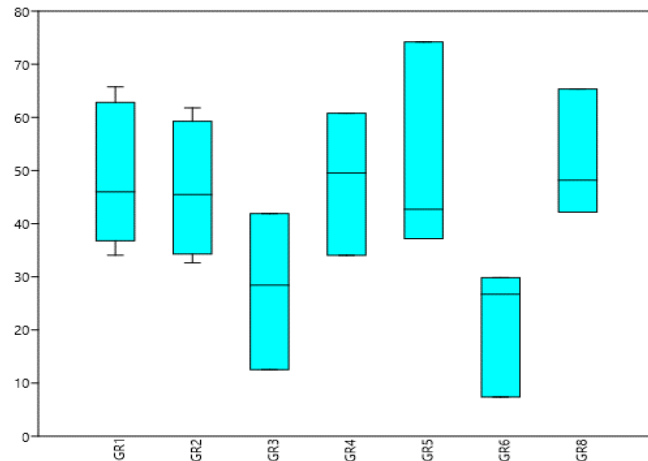
Лесная подстилка исследуемых почв в основном относится ферментативному типу, мощность ее колеблется от 1 до 10 см и составляет в среднем 5-6 см.



Запасы подстилки в межкромном пространстве

Запасы подстилки под кронами

Полученные данные характеризуются высоким пространственным варьированием, запасы подстилки и C_{org} зависят от типа леса, продуктивности насаждений, живого напочвенного покрова, рельефа, почвообразующих пород и др.



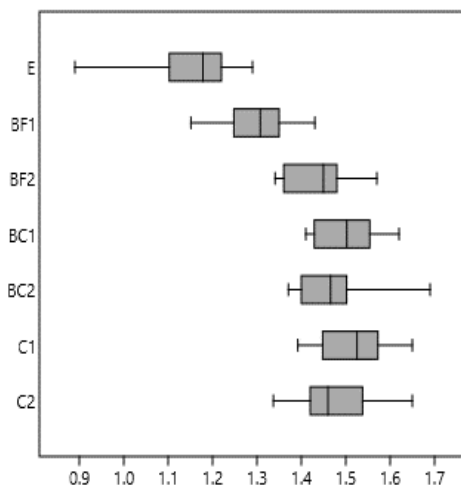


Исследования плотности минеральных горизонтов почв и содержания доли мелкозема

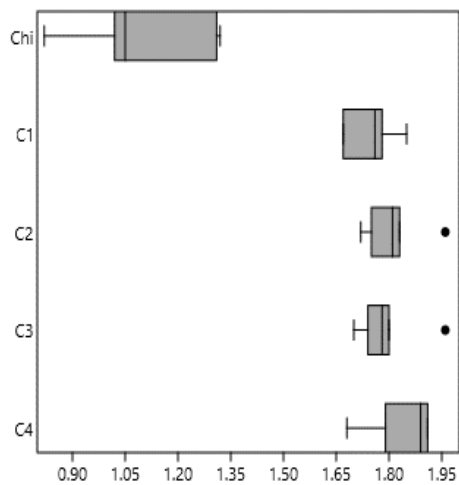
Определены показатели, необходимые для расчета запасов углерода – плотность сложения и доли содержания мелкозема в горизонтах исследуемых почв. Указанные свойства связаны, в первую очередь, с типом почвообразующих пород на которых формируются изучаемые почвы. Плотность почв на флювиогляциальных песках характеризуются более низкими значениями по сравнению с почвами на озерных глинах. Верхние подподстилочные минеральные горизонты характеризуются самыми низкими значениями плотности сложения, однако эта величина варьирует в широком диапазоне данных от 0,8 до 1,4 г/см³. Вниз по профилю плотность повышается. Плотность почв, формирующихся на озерных глинах и суглинках изменяется по профилю еще более значительно.



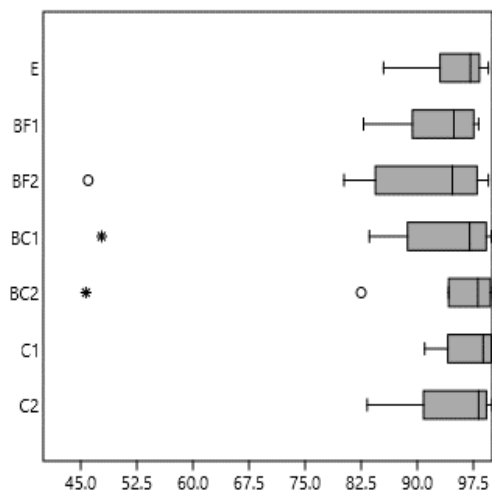
Изменение по горизонтам плотности сложения (г/см³)



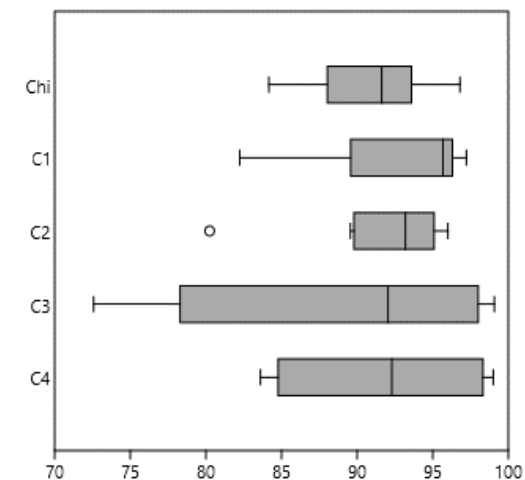
Изменение по горизонтам плотности сложения (г/см³) почв на озерных суглинках и глинах



Доля мелкозема (г/см³) в горизонтах подзолов



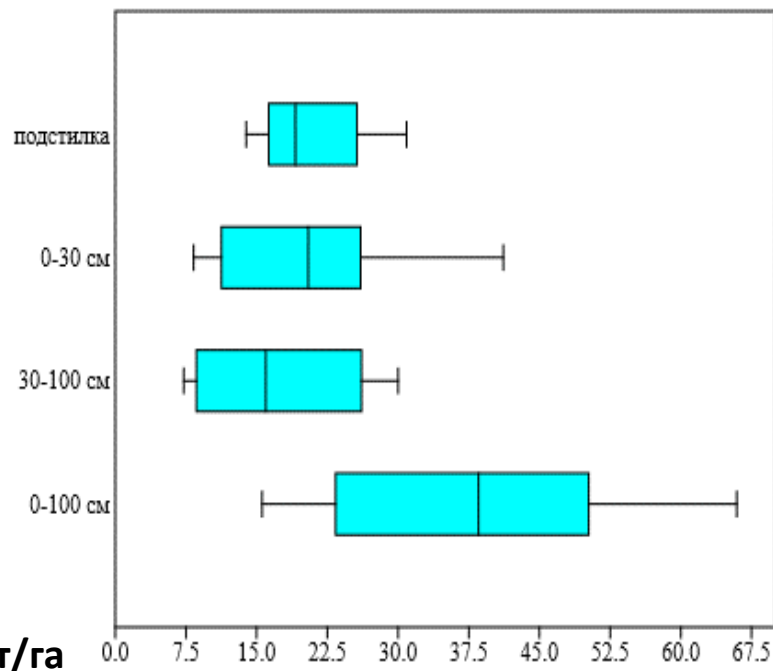
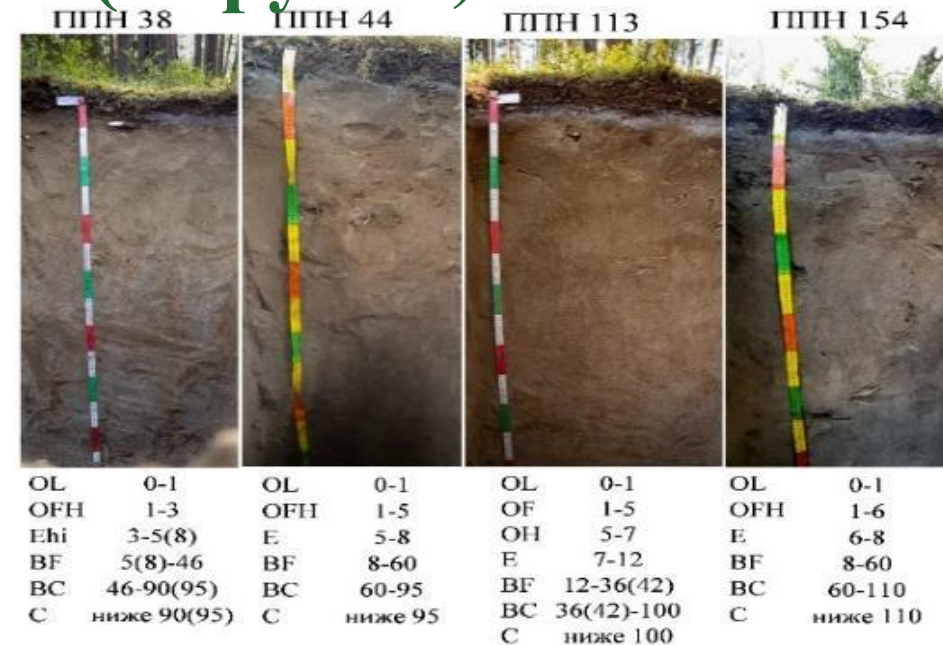
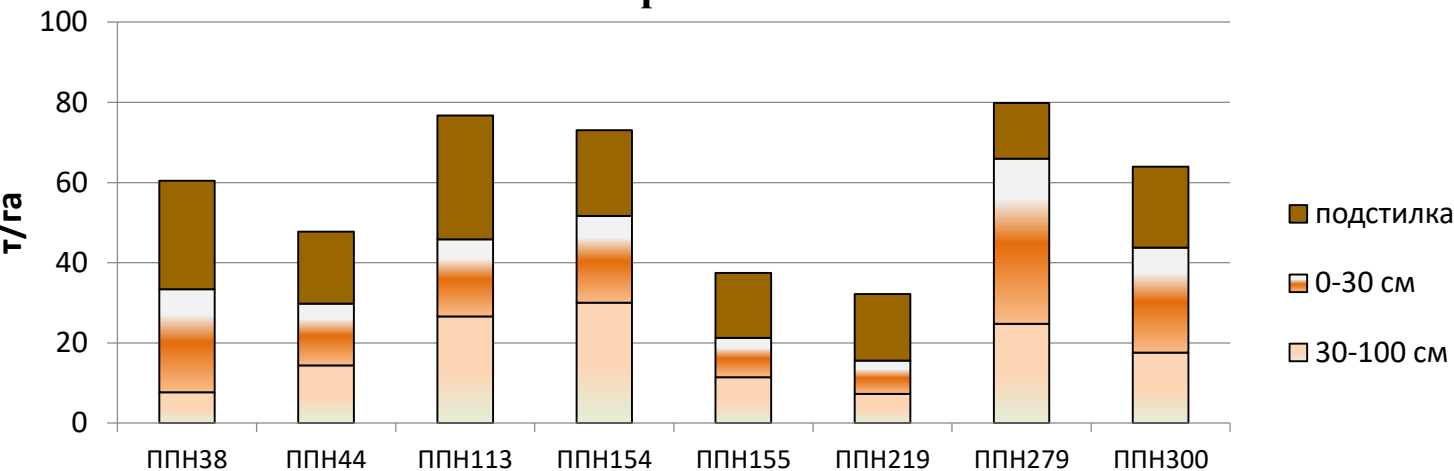
Доля мелкозема (г/см³) в горизонтах почвах на озерных глинах и суглинках



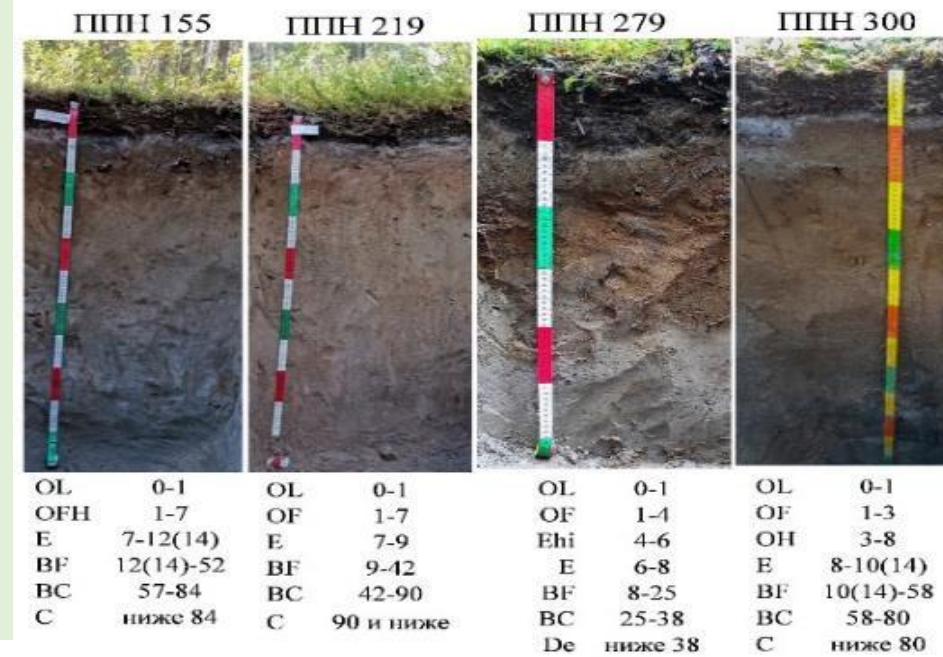


Запасы углерода в почвах (1 группа)

Запасы углерода в подстилке и минеральных слоях почв подзолов песчаных сосняков черничных

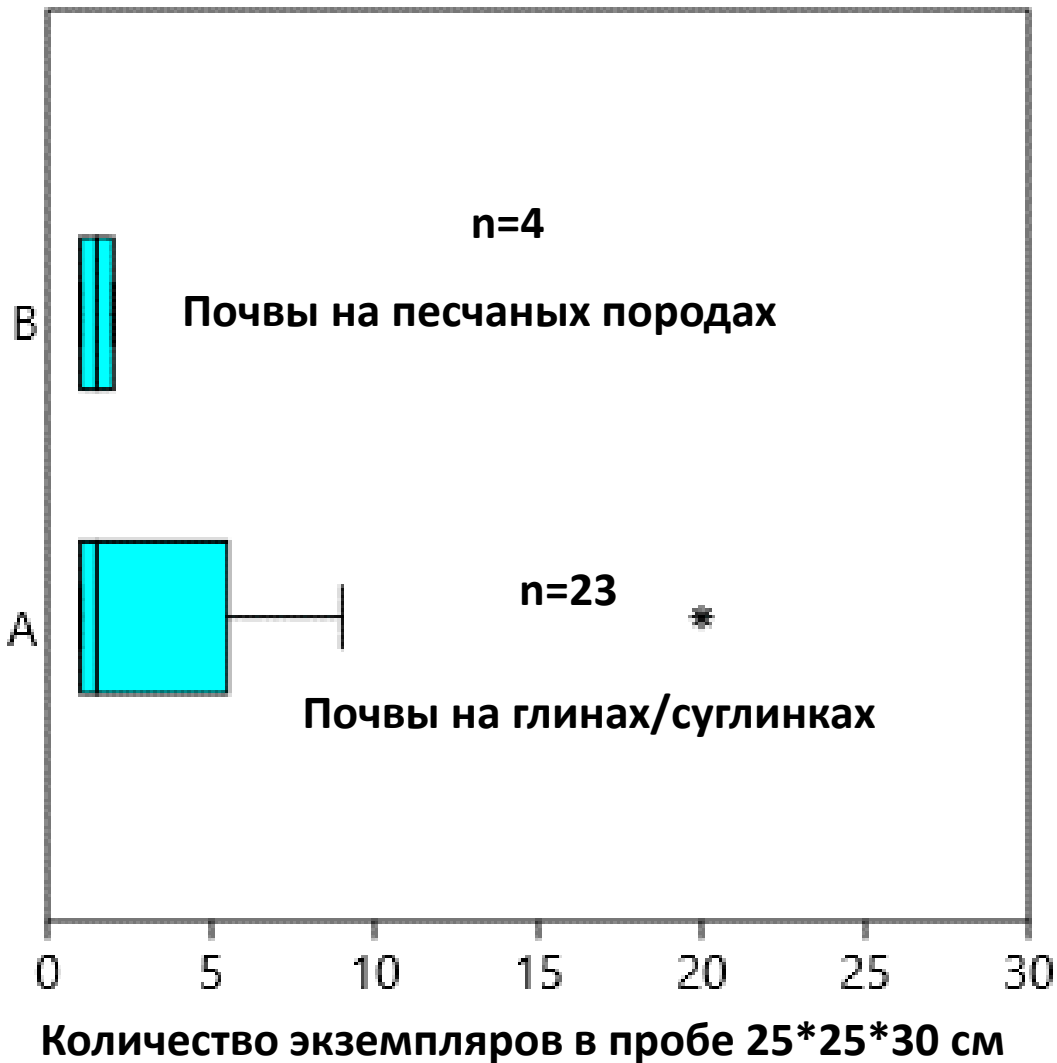


К настоящему времени сделаны расчеты запасов углерода в почвах 1 группы – подзолов иллювиально-железистых песчаных под сосняками черничными. Это фоновые, наиболее распространенные, почвы на территории среднетаежной подзоны Карелии. Полученные данные показывают высокое варьирование данных запасов углерода в пулах подстилки и минеральной толще почв.





Макробиота

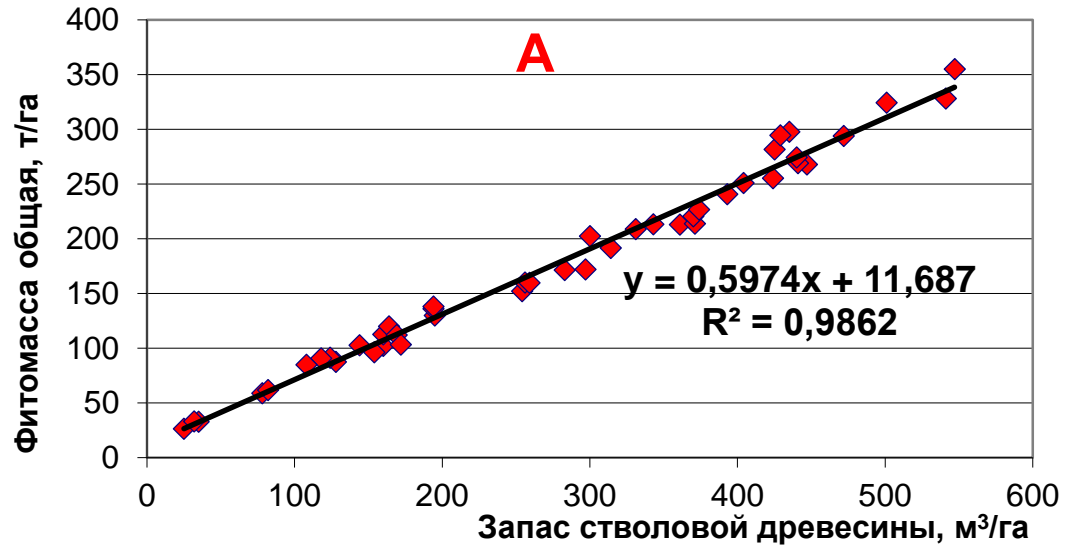


Дождевые черви были обнаружены на 16 ППН из 30, встречаемость червей в пределах пробной площади редко достигала 100%, лишь на трех из тридцати пробных площадях черви были обнаружены во всех пробах. В основном дождевые черви были обнаружены в подстилках почв суглинистого-глинистого гранулометрического состава (23 точки опробования), в почвах на песках находок было в несколько раз меньше – в 4 точки

Всего на полигоне было обнаружено 90 экз. дождевых червей. Их плотность на пробных площадях составила от 11 до 320 экз./м². Максимальное количество выявлено в оторфованной подстилке сосняка черничного влажного (ППН 64), также высокая плотность отмечена в постагрогенных почвах сосняка черничного на тяжелых суглинках (ППН 8).



Расчет фитомассы и углерода в сосняках



Расчеты фитомассы в сосновых насаждениях выполнены по моделям, разработанным нами на основе региональных данных (Казимиров и др., 1977; Иванчиков, Зябченко, 1977 и др.).

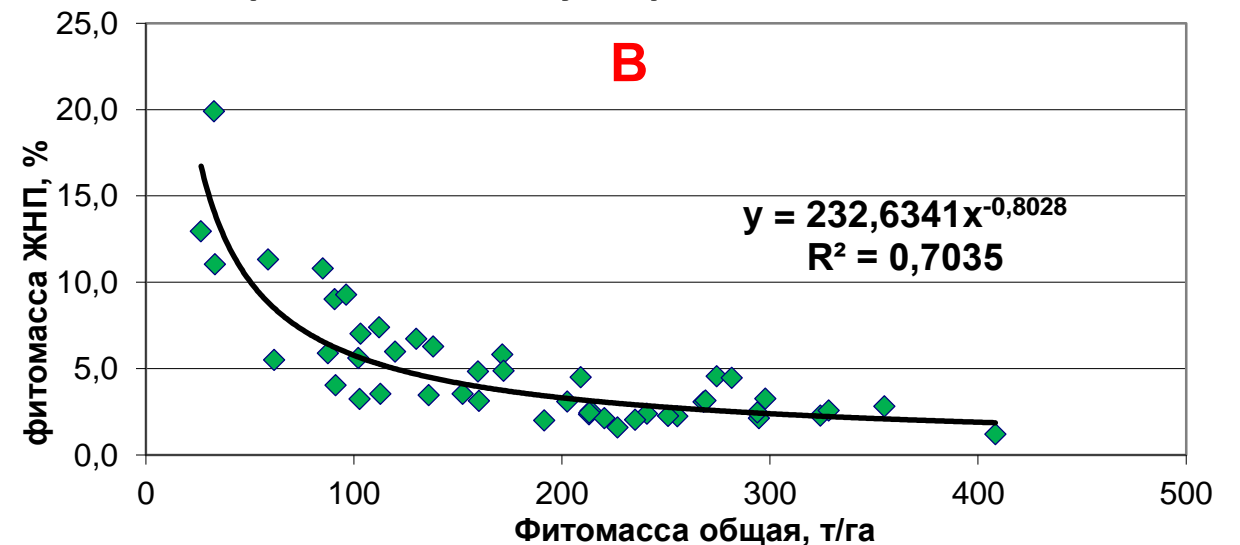
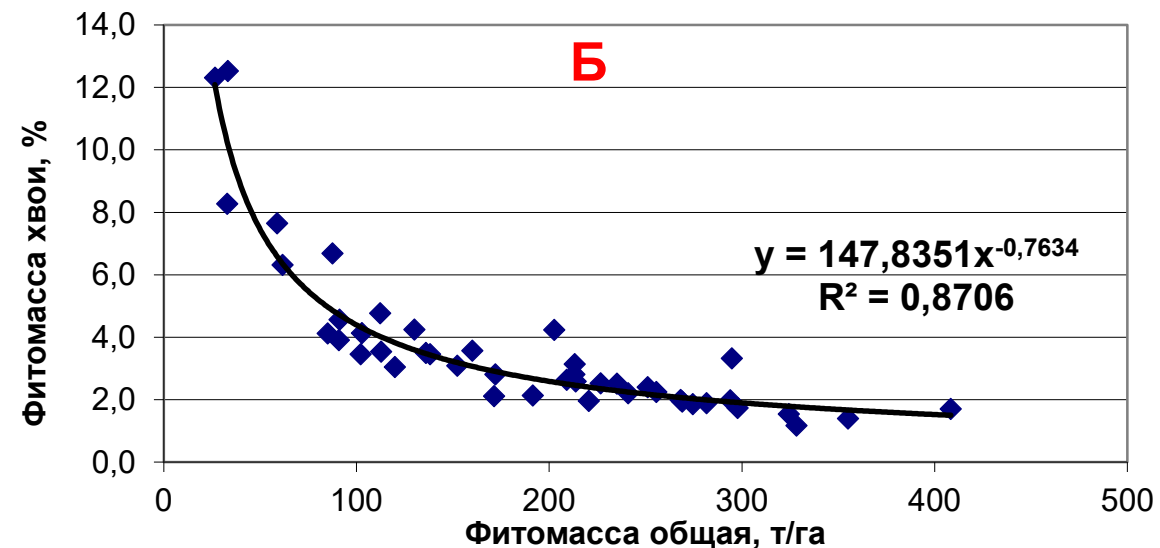
На рисунках показаны взаимосвязи между:

А – запасом стволовой древесины древостоя (м³/га) и общей фитомассой (т/га);

Б - общей фитомассой (т/га) и фитомассой хвои;

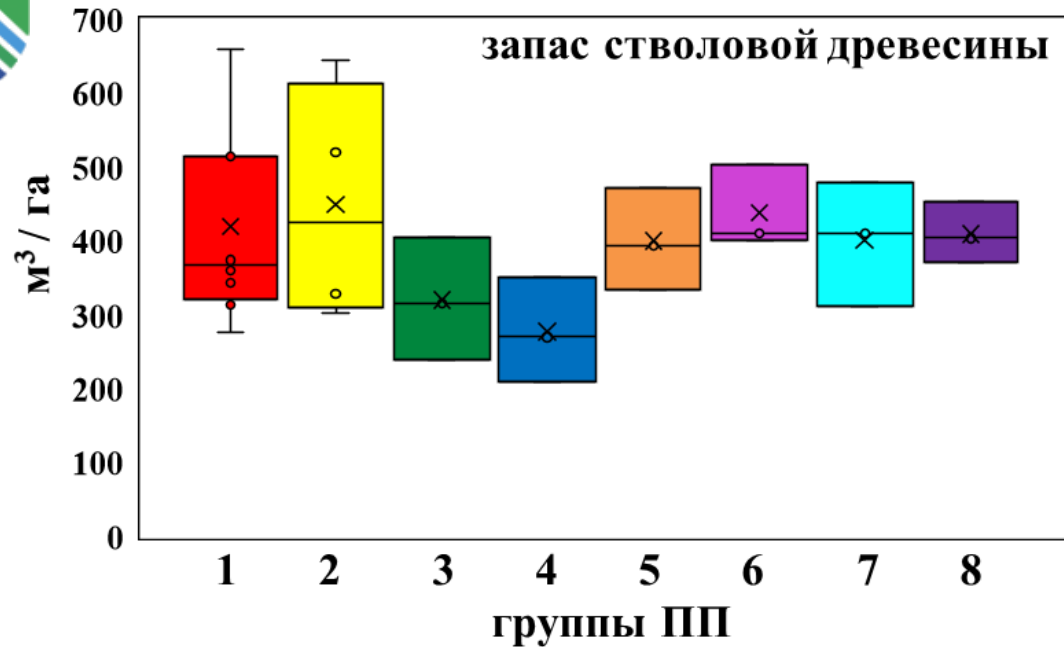
В - общей фитомассой (т/га) и фитомассой ЖНП.

Выделение этих двух компонентов фитомассы важно в силу меньшего содержания в них углерода

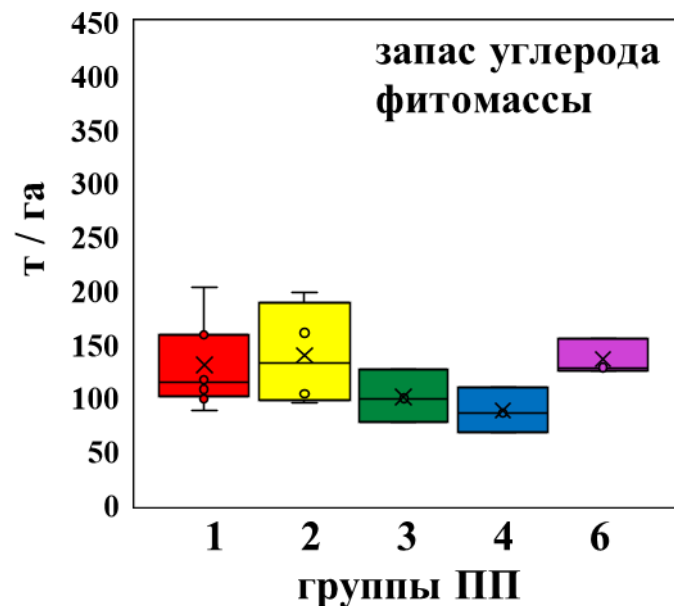
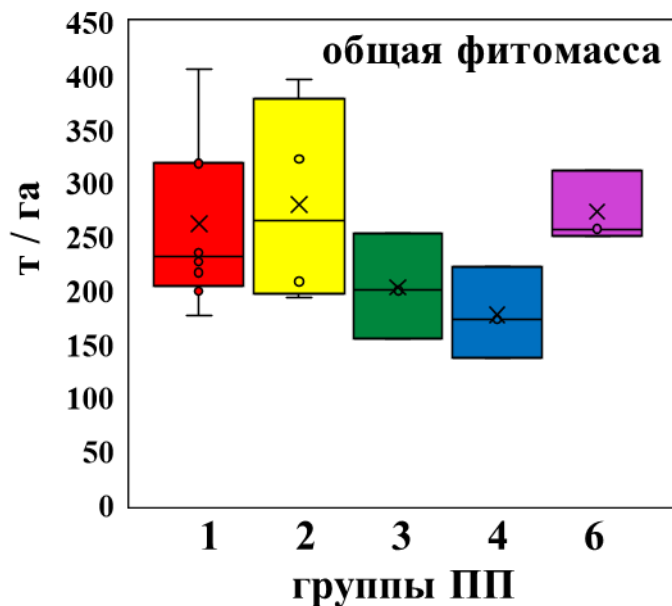




Расчет фитомассы и углерода



- -гр. 1, СЧ на песчаных подзолах;
- -гр. 2, СЧ на супесчаных подзолах;
- -гр. 3, смеш. чернич. на глинистых пелоземах;
- -гр. 4, СБ на песчаных подзолах;
- -гр. 5, смеш. чернич. на глинистых пелоземах;
- -гр. 6, СЧ на суглинистых подзолистых почвах;
- -гр. 7, смеш. чернич. на торфяных почвах;
- -гр. 8, смеш. на глинистых пелоземах

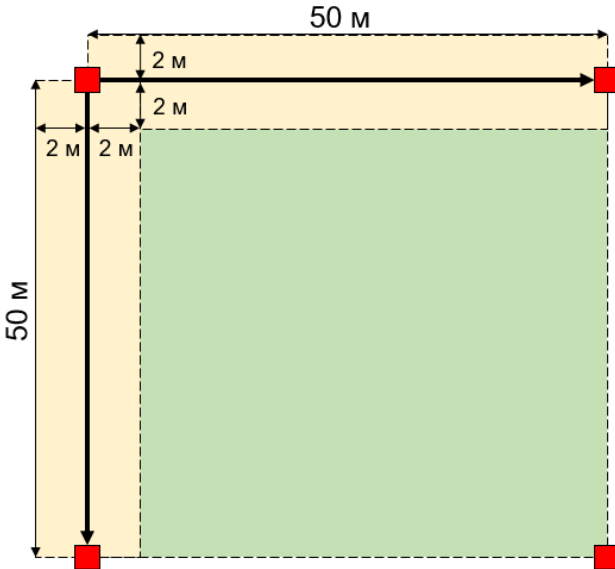


На основе данных таксации на ПП с использованием моделей проведен расчёт фитомассы (включая древостой, подрост, подлесок и ЖНП) и содержащегося в ней углерода. Насаждения характеризуются широким диапазоном продуктивности и запасов углерода. Закономерно наибольшими показателями характеризуются сосняки групп 2 и 6 (СЧ на супесчаных и суглинистых подзолах), наименьшими – группа 4 (СБ на песчаных подзолах).



Результаты по основным пулам углерода / КДО

Методика учета КДО



Вычисление запасов валежа (на 1 га) производили по формуле (Warren, Olsen, 1964; Ståhl et al., 2001): $M_l =$

$$\left(\frac{\pi^2}{8} \sum d_i^2 S\right) / L_j,$$

где M_l – запас валежа, d_i – диаметр ствола в месте пересечения трансекты (см), L_j – длина трансекты (в данном случае 50 м), S – площадь учета (в данном случае 10000 м²).

Объем ствола сухостоя рассчитывали по формуле: $V_{sn} = SHF$

где V_{sn} – объем сухостоя, S – площадь поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м (м²), H – высота ствола (м), F – видовое число (Кофман, 1986; Тетюхин и др., 2004).

Объем пня рассчитывали по формуле:

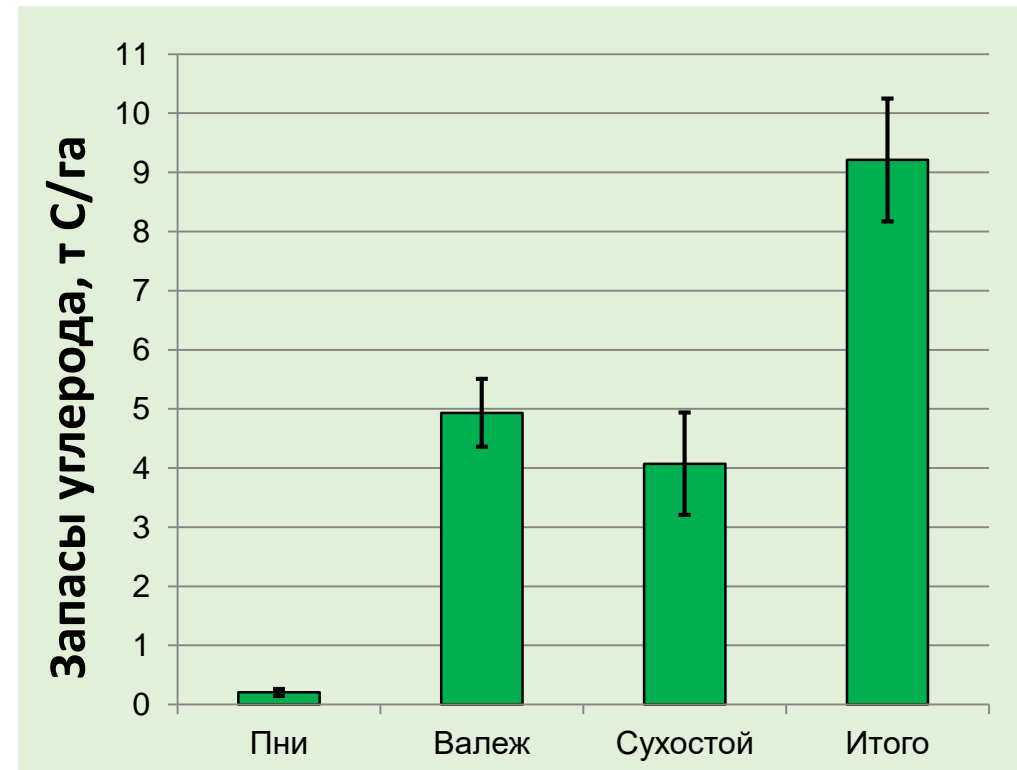
$$V_{st} = \frac{\pi H}{3} (R^2 + Rr + r^2)$$

где V_{st} – объем пня, H – высота пня (м), R и r – верхний и нижний диаметры пня (м), соответственно.

Запас валежа оценивали с помощью закладки трансект длиной 50 м в двух взаимно перпендикулярных направлениях (С – Ю, З – В).



Средние запасы углерода рассчитаны для ПП группы 1 (сосняк черничный на песчаных подзолах)





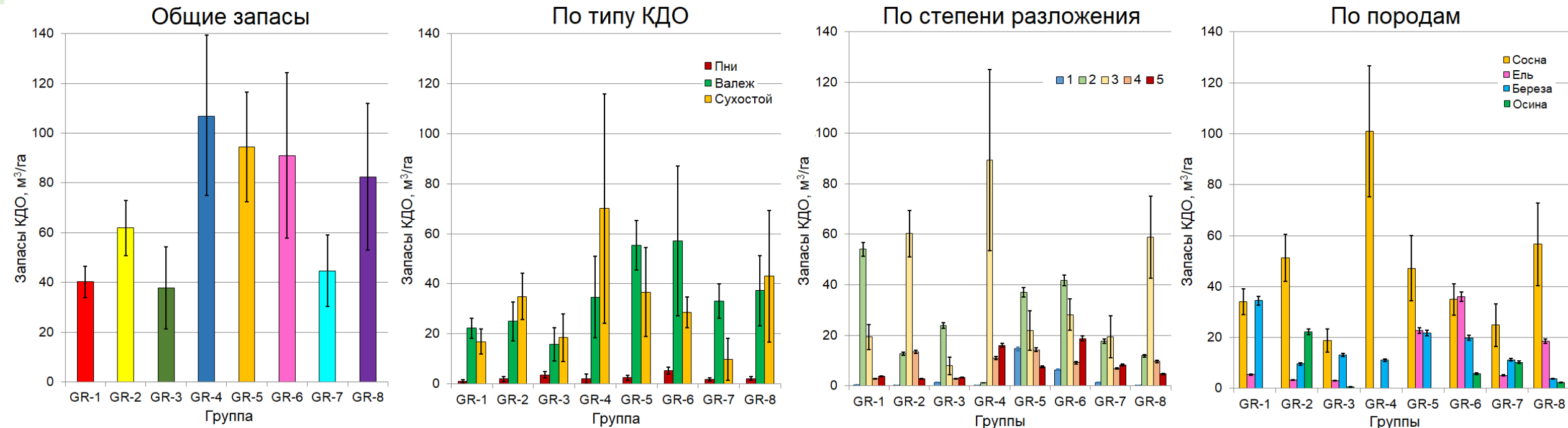
Запасы КДО по группам ПП

Наименьшие запасы КДО отмечены в группах GR-2, GR-3, GR-7, наибольшие – на ПП групп 4, 5 и 6. В группе 4 на фоне ПП других групп, выделяется ПП №216, запасы КДО на которой достигали 234 м³/га – периодические подтопления.

В сравнении с другими типами КДО, запасы пней были наименьшими и варьировали от 1 (группа 1) до 5 м³/га (группа 6). Запасы валежа варьировали от 16 (группа 3) до 57 м³/га (группа 6). Запасы сухостоя редко превышали значение 40 м³/га и в среднем варьировали от 10 (группа 7) до 70 м³/га (группа 4), за исключением ПП №198 (67 м³/га), №273 (72 м³/га), №133 (92 м³/га) и №216 (161 м³/га).

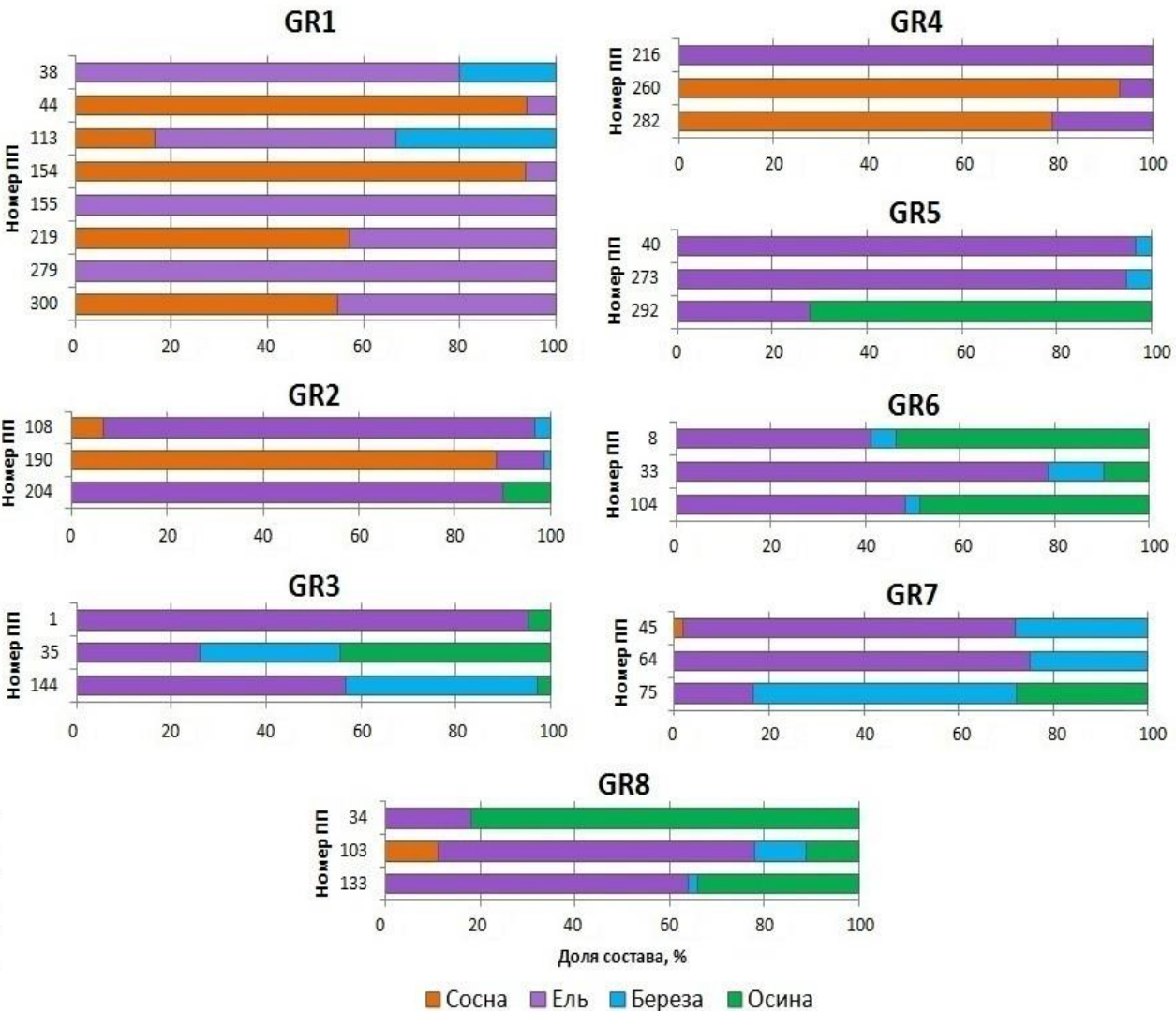
Распределение по классам разложения было неравномерным в рамках каждой группы ПП. Во всех группах ПП наиболее представлены КДО 2-го и 3-го классов разложения, доля которых варьировалась от 62 (группа 5) до 91% (группа 1).

По породному составу во всех группах ПП преобладали КДО сосны: ее доля варьировала от 35 (группа 6) до 90% (группа 4).





Естественное возобновление по группам ПП



Подрост представлен в основном экземплярами средней категорией крупности по высоте (0.5–1.5 м). Его совокупное количество по всем группам составляло 52% (вариации по группам от 39 до 66%). Среднее количество мелкого (до 0,5 м) и крупного подроста (более 1.5 м) было соответственно 28 и 20%.

Численность жизнеспособного подроста на ПП колебалась от 0.2 до 8.1 тыс. шт./га. Из числа обследованных ПП в 57% случаев в составе подроста преобладала ель, в 23% – сосна, чуть реже осина (17%) и довольно редко береза (3%).

В сосняках черничных на песках и супесях (группы 1, 2 и 4) на части ПП наряду с елью содоминантом выступала сосна. В сосняках черничных на суглинках и в смешанных сосново-еловых древостоях (группы 3, 5–8) в составе молодого поколения древесных пород отмечено высокое участие лиственных пород (до 50–80%), причем в группах 3, 7 – за счет березы и осины, а в группах 6, 8 – за счет осины.



Учет подлеска

Подлесок присутствовал не на всех ПП.

Из 30 обследованных опытных объектов он произрастал лишь на 23. Видовое разнообразие подлеска было представлено такими видами как рябина обыкновенная, ольха серая, можжевельник обыкновенный, ива козья, жимолость обыкновенная, шиповник иглистый.

Густота и встречаемость видов подлеска в группах сильно варьировала и зависела, в большинстве случаев, от состава древесного полога.

В сосняках на песках и супесях (группы 1, 2, 4) подлесок преимущественно редкий (0,1–1,2 тыс. шт./га, встречаемость от 1 до 10%), представлен в основном рябиной, реже в совокупности с шиповником.

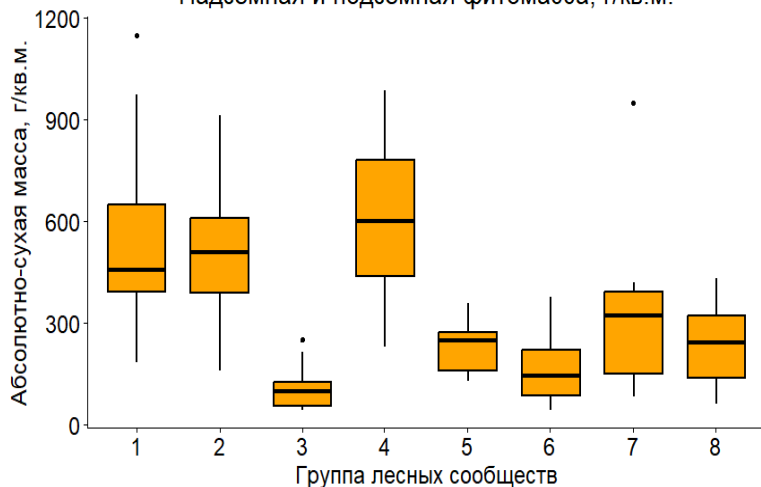
Значительно более густой подлесочный ярус сформировался в **смешанных сосново-еловых сообществах** (группы 3, 5, 6, 8). Густота подлеска этих групп составляла от 1.9 до **14.6 тыс.** шт./га. Основной полог здесь образован рябиной и шиповником.

№ группы	№ ПП	Густота, тыс.шт./га	Количество жизнеспособных растений, тыс.шт./га					
			Встречаемость, %					
			Рябина	Ольха	Можжевельник	Ива	Жимолость	Шиповник
1	38	-	-	-	-	-	-	-
	44	-	-	-	-	-	-	-
	113	0.1	0.1/1	-	-	-	-	-
	154	-	-	-	-	-	-	-
	155	-	-	-	-	-	-	-
	219	-	-	-	-	-	-	-
	279	1.2	1.1/10	-	-	-	-	-
	300	0.1	-	0.1/1	-	-	-	-
2	108	0.4	0.2/1	-	-	-	-	0.2/2
	190	0.1	-	0.1/1	-	-	-	-
	198	0.2	0.1/1	0.1/1	-	-	-	-
	204	2.3	0.5/5	-	1.0/6	-	-	0.8/7
3	1	8.3	0.6/6	-	0.6/3	0.1/1	-	7.0/35
	35	6.5	0.2/2	0.2/2	0.2/1	-	-	5.9/30
	144	3.3	0.8/7	0.3/3	-	0.5/5	-	1.7/10
4	216	0.2	0.1/1	0.1/1	-	-	-	-
	260	-	-	-	-	-	-	-
	282	-	-	-	-	-	-	-
5	40	6.2	2.8/15	-	0.1/1	-	-	3.3/14
	273	14.6	5.8/19	0.1/1	0.4/3	-	-	8.3/36
	292	1.9	0.6/6	0.1/1	-	-	1.0/6	0.2/2
6	8	7.1	3.2/23	1.5/12	1.2/3	-	-	1.2/7
	33	10.2	5.8/36	0.2/2	-	-	-	4.2/29
	104	5.2	1.7/5	-	-	-	-	3.5/20
7	45	0.5	0.1/1	0.1/1	-	0.3/3	-	-
	64	2.4	1.8/13	0.4/2	0.1/1	0.1/1	-	-
	75	1.3	0.9/7	-	0.1/1	0.3/1	-	-
8	34	2.9	1.4/8	0.4/3	-	-	-	1.1/6
	103	11.8	0.7/6	0.5/3	2.0/2	-	-	8.6/39
	133	13.4	3.2/24	1.0/9	-	0.1/1	-	9.1/44

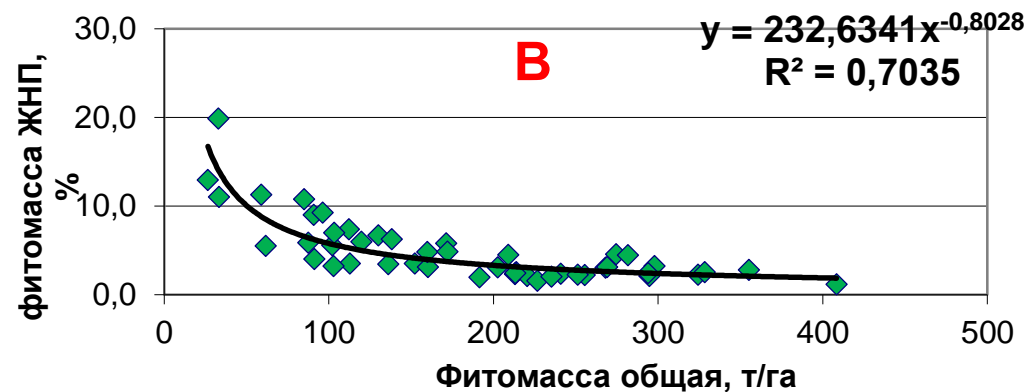
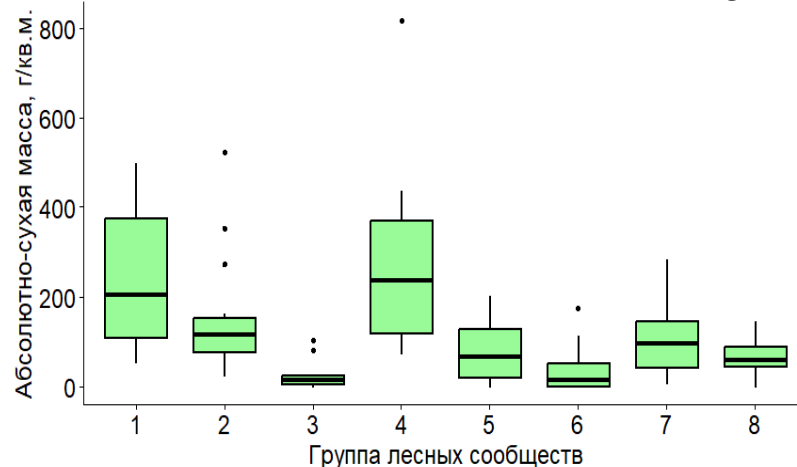


Результаты по основным пулам углерода / напочвенный покров

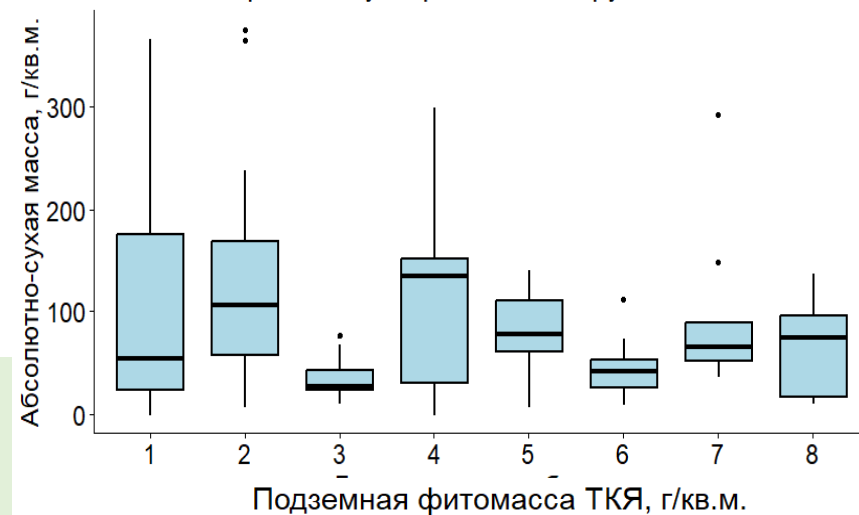
Надземная и подземная фитомасса, г/кв.м.



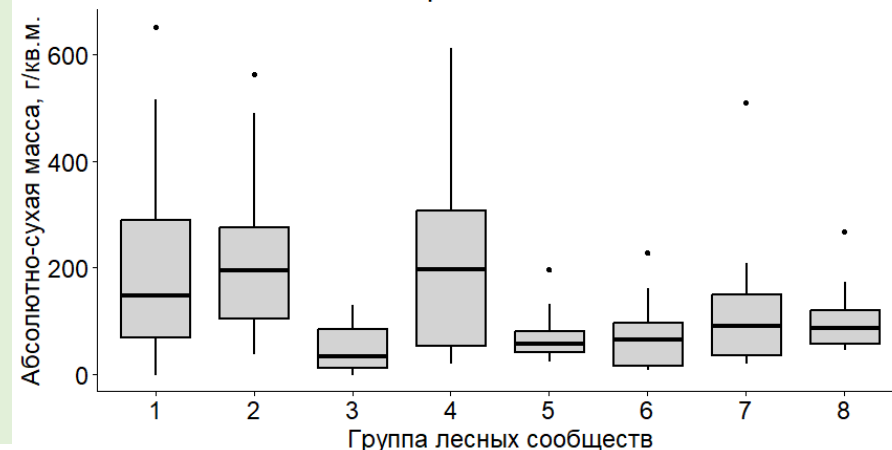
Мохово-лишайниковый ярус, г/кв.м.



Травяно-кустарничковый ярус, г/кв.м.



Подземная фитомасса ТКЯ, г/кв.м.



В среднем наибольшие значения абсолютно-сухой фитомассы отмечены для групп ПП NoNo1, 2, 4. Эти группы соответствуют соснякам черничным и брусничным 180–190 лет на песчаных и супесчаных почвах. В этих сообществах в напочвенном покрове доминируют лесные кустарнички *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, зеленые мхи и лишайники. Остальные лесные сообщества (на глинистых пелоземах, суглинках и торфяных почвах) характеризуются низкими значениями надземной и подземной фитомассы напочвенного покрова

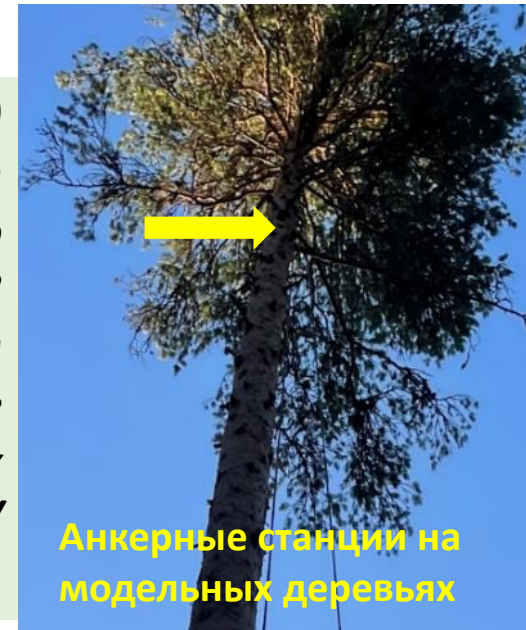


Модельные деревья на ПП тестового полигона



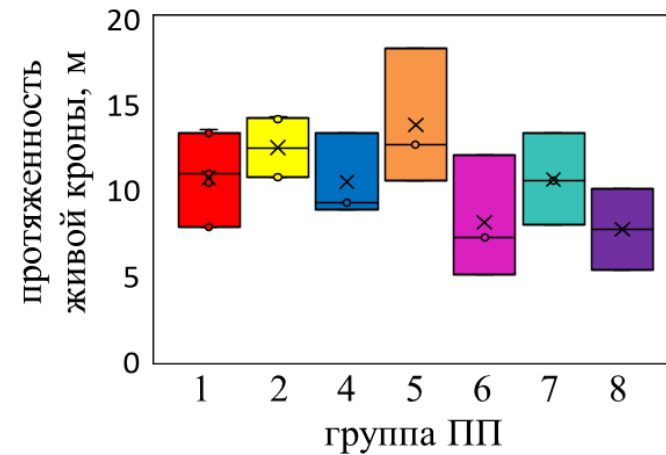
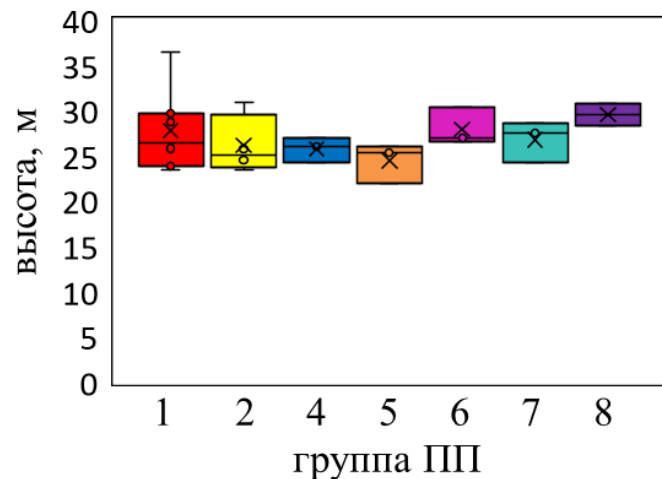
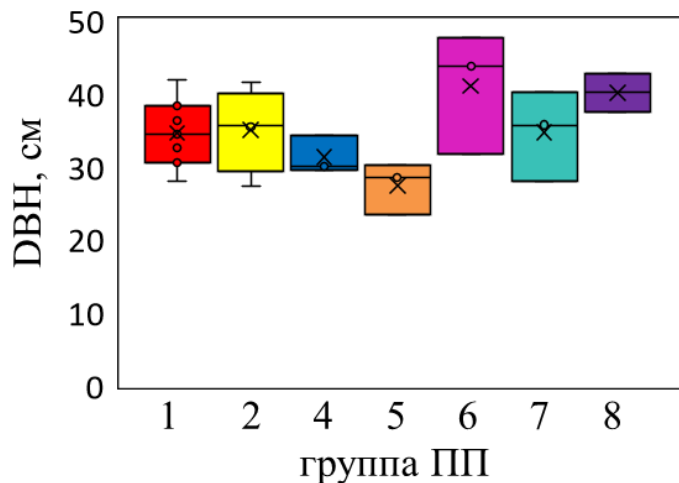
- -гр. 1, СЧ на песчаных подзолах;
- -гр. 2, СЧ на супесчаных подзолах;
- -гр. 3, смеш. чернич. на глинистых пелоземах;
- -гр. 4, СБ на песчаных подзолах;
- -гр. 5, смеш. чернич. на глинистых пелоземах;
- -гр. 6, СЧ на суглинистых подзолистых почвах;
- -гр. 7, смеш. чернич. на торфяных почвах;
- -гр. 8, смеш. на глинистых пелоземах

Модельное дерево (1) соответствует средним значениям по диаметру на высоте 1.3 м (DBH), рассчитанным для каждой ПП; (2) не содержит видимых повреждений ствола / кроны и т.д.



Анкерные станции на модельных деревьях

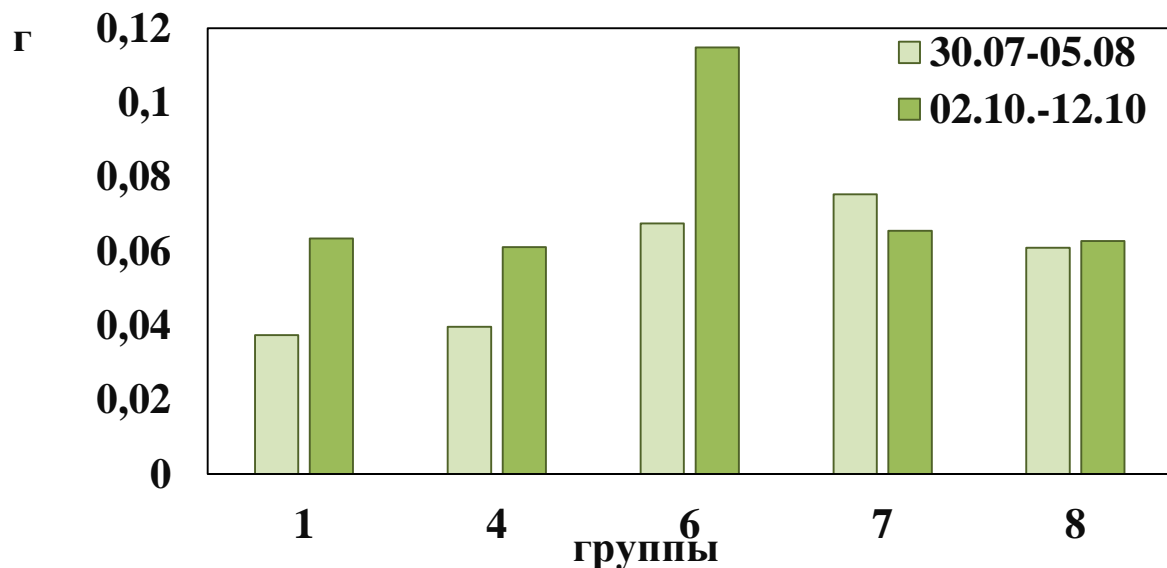
В группах 1-4 и 6-8 в качестве модельных деревьев выбрана сосна, в группе 5 – ель. На ПП 133 (гр. 8) два модельных дерева – сосна и ель, обе породы были представлены в верхнем пологе и близки по доле в запасе стволовой древесины





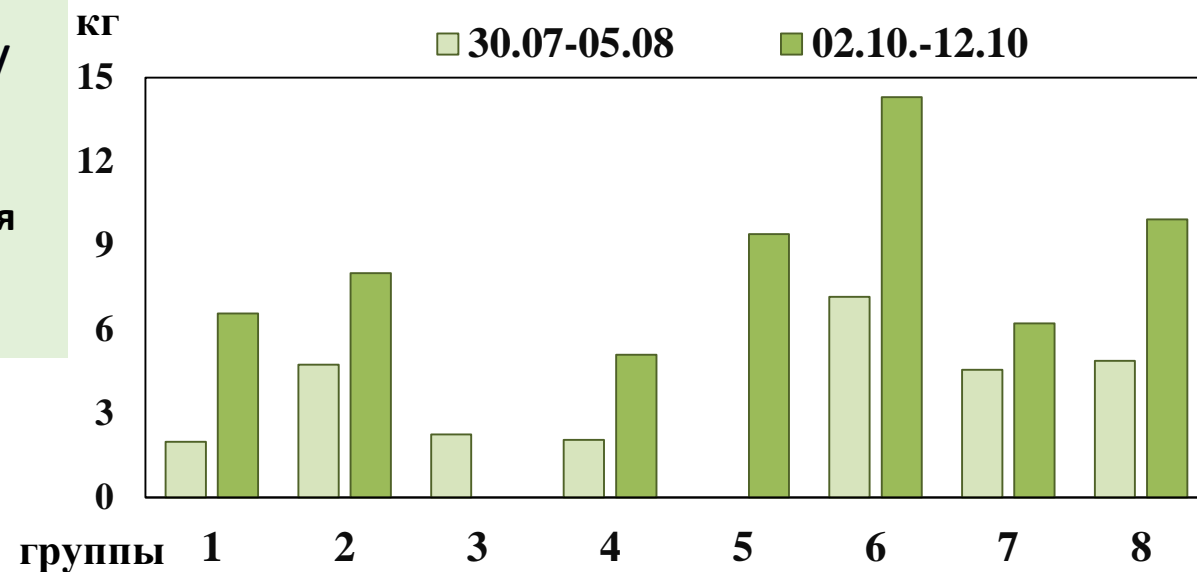
Годичная продукция фотосинтезирующих органов у модельных деревьев

Отбор ветвей в два этапа: с 18 модельных деревьев согласно методики Консорциума в период 01-05.08.2023 (у древесных растений ростовые процессы закончены, но активно идут фотосинтез и процессы, связанные с оттоком ассимилятов в ствол / корни и др.) и с 21 модельного дерева в период 02-14.10.2023. Данные по годичной продукции в начале августа для некоторых групп ПП были ниже, по сравнению началом октября. Эти различия связаны с (1) продолжающимся ростом хвои в августе и (2) динамикой отпада хвои.



Для некоторых групп ПП мы показали разницу в массе десяти хвоинок между двумя этапами отбора хвои.

Годичная продукция хвои изменялась в зависимости от лесорастительных условий



Исходя из полученных данных, с целью оценки годичной продукции фотосинтезирующих органов у модельных деревьев лесных биогеоценозов тестового полигона, в 2024 году предполагается отобрать хвою **в конце августа – начале сентября.**

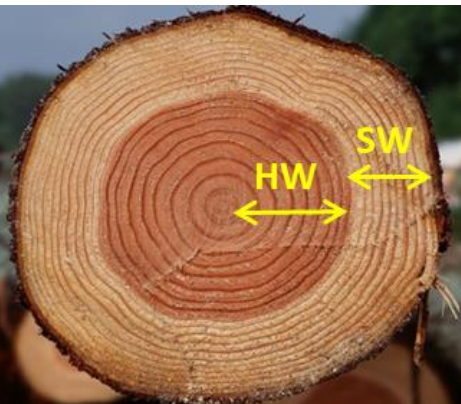


Оценка доли ядровой древесины и содержания в ней углерода

Мы в рамках ВИП ГЗ в 2022 г. показали, что содержание углерода в стволовой древесине изменяется в широтном градиенте (моделирование изменения климата) и зависит от лесорастительных условий и фитосоциального статуса дерева

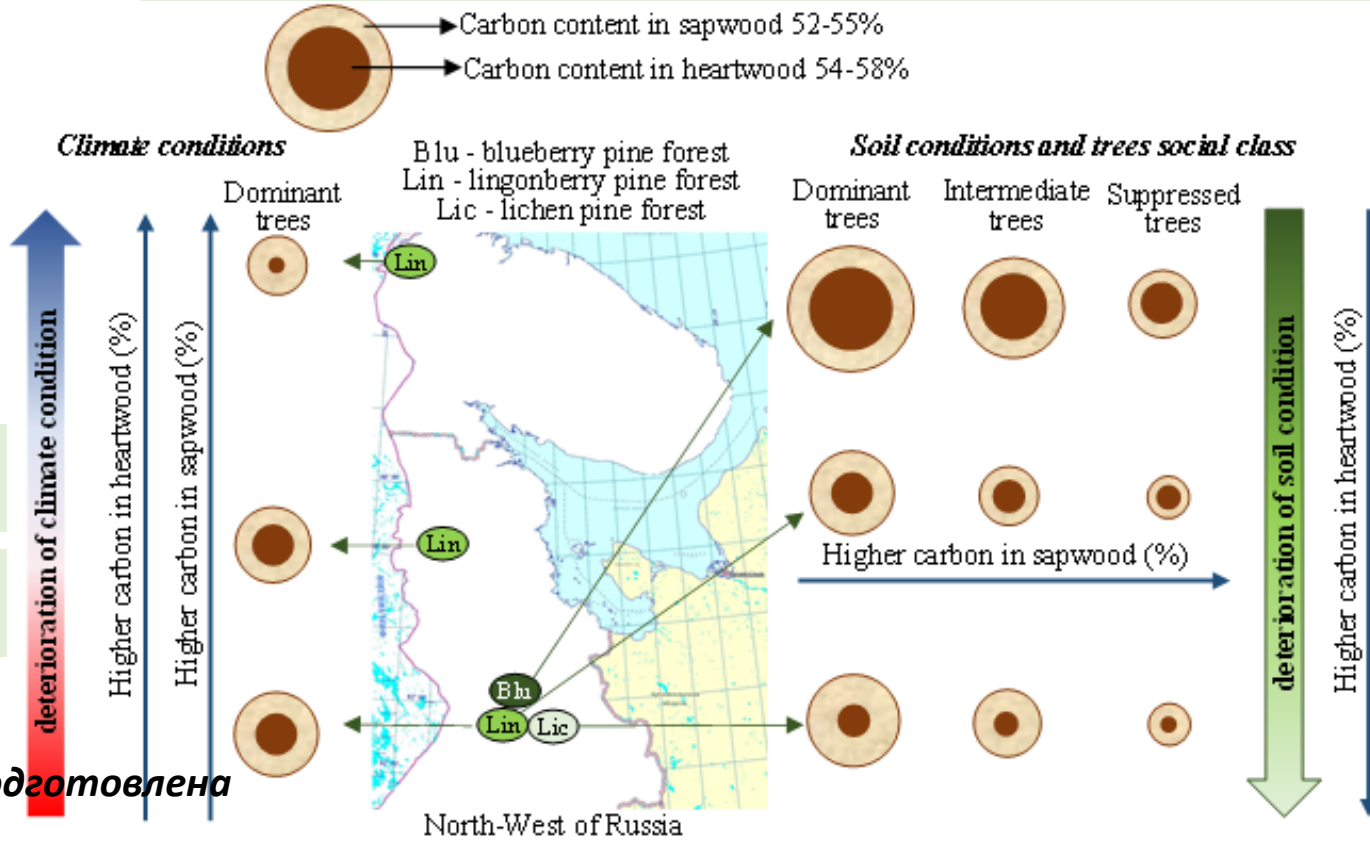
При перерасчете стволовой фитомассы в запасы углерода принято исходить из массового содержания С в стволовой древесине – 50 %, но эта оценка требует дополнительного изучения и корректировки. В ряде работ (Lamtom, Savidge, 2003; Zhang, 2009; Jones, O’Hara, 2012 и др.) показано значительное (до 8%) отклонение в этом показателе.

В ядровой древесине (HW) накапливается большое количество полимеров фенольной природы, в результате чего % С в ней выше. Эти отличия колеблются от < 1% до ~7% (Thomas and Martin 2012) и были обнаружены для голосеменных и для покрытосеменных растений (Bert and Danjon 2006; De Aza et al., 2011; Peri et al., 2010).



в заболонной древесине (SW) экстрактивные в-ва (4.4 ± 0.5 %)
в ядровой древесине (HW) экстрактивные в-ва (8.9 ± 1.4 %)

По результатам исследований подготовлена статья в Forest Ecosystem (Q1)



Carbon content in sapwood 52-55%
Carbon content in heartwood 54-58%

Climate conditions

Soil conditions and trees social class

Dominant trees

Blu - blueberry pine forest
Lin - lingonberry pine forest
Lic - lichen pine forest

Dominant trees

Intermediate trees

Suppressed trees

deterioration of climate condition

Higher carbon in heartwood (%)

Higher carbon in sapwood (%)

Higher carbon in sapwood (%)

deterioration of soil condition

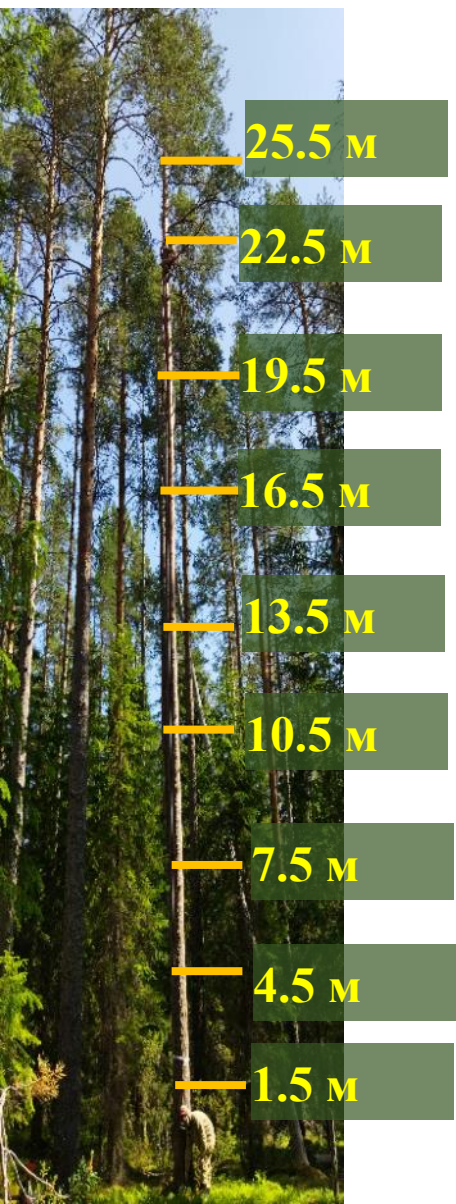
Higher carbon in heartwood (%)

North-West of Russia

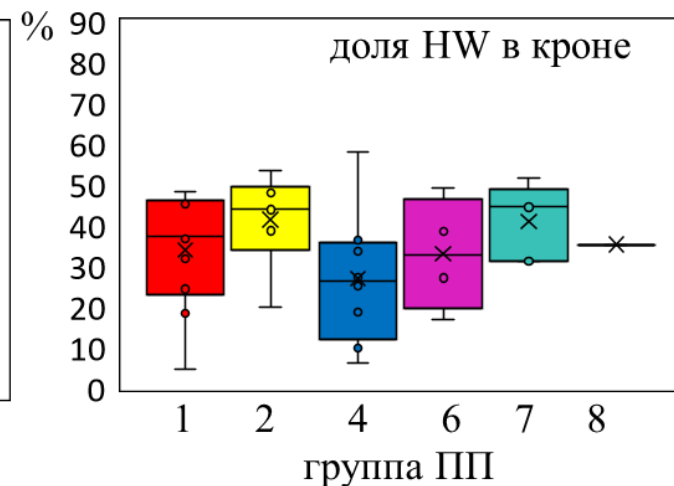
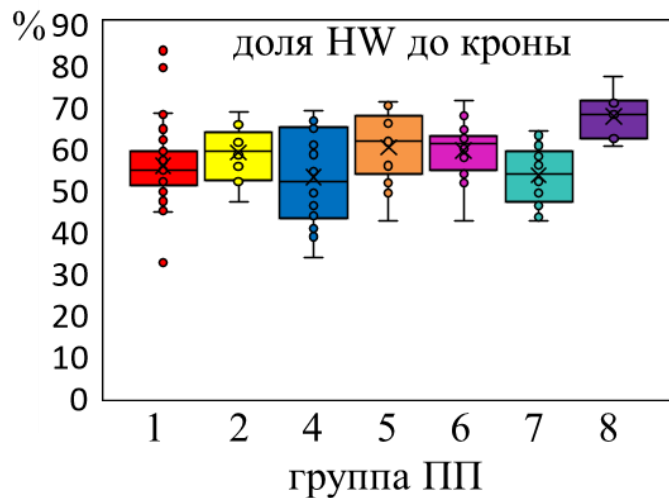
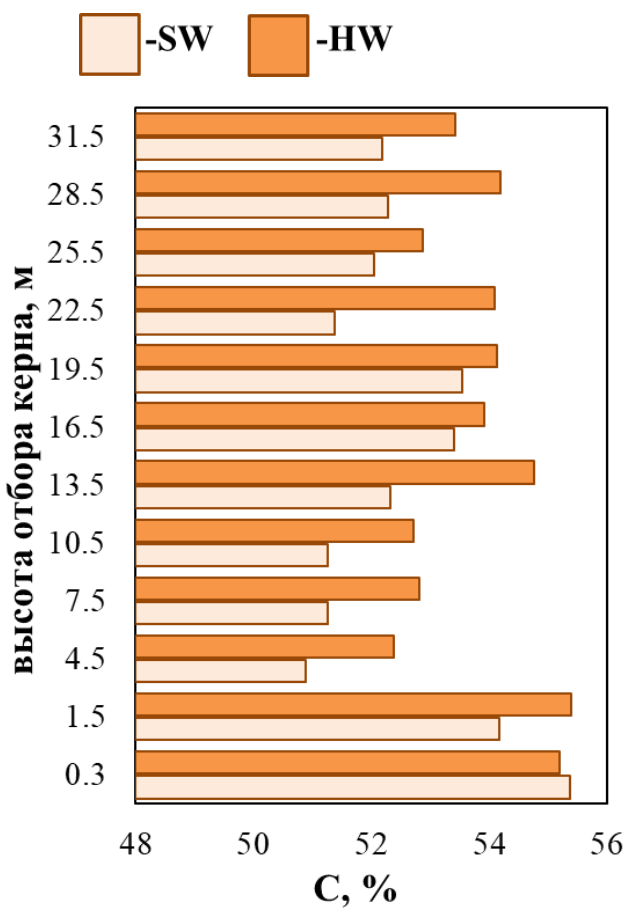


Оценка содержания углерода в ядровой и заболонной древесине у модельных деревьев лесных биогеоценозов на тестовом полигоне

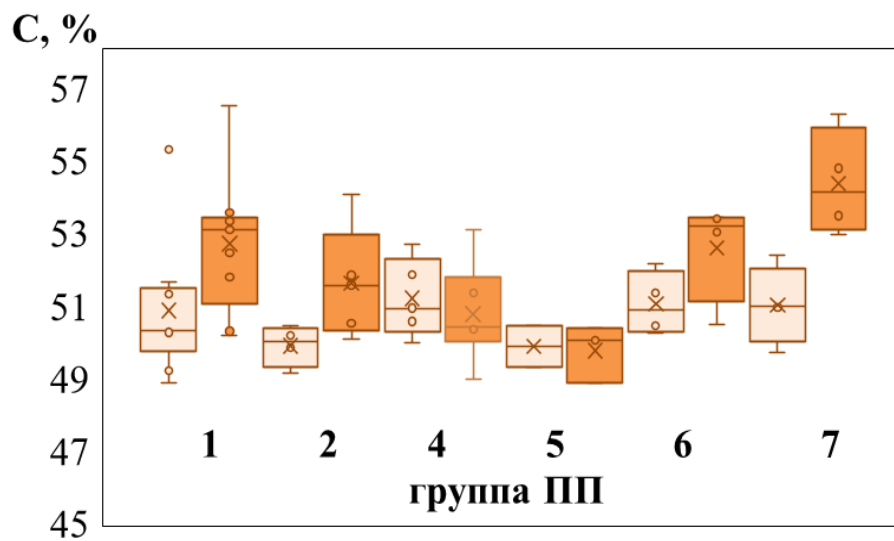
Доля ядровой древесины (НВ) в зависимости от лесорастительных условий



Изменения в содержании С в SW и HW на разной высоте ствола



Разница в содержании С между SW и HW на высоте 1.5 м



В среднем 2.1 %
(от 0.03 % до 5.3 %)

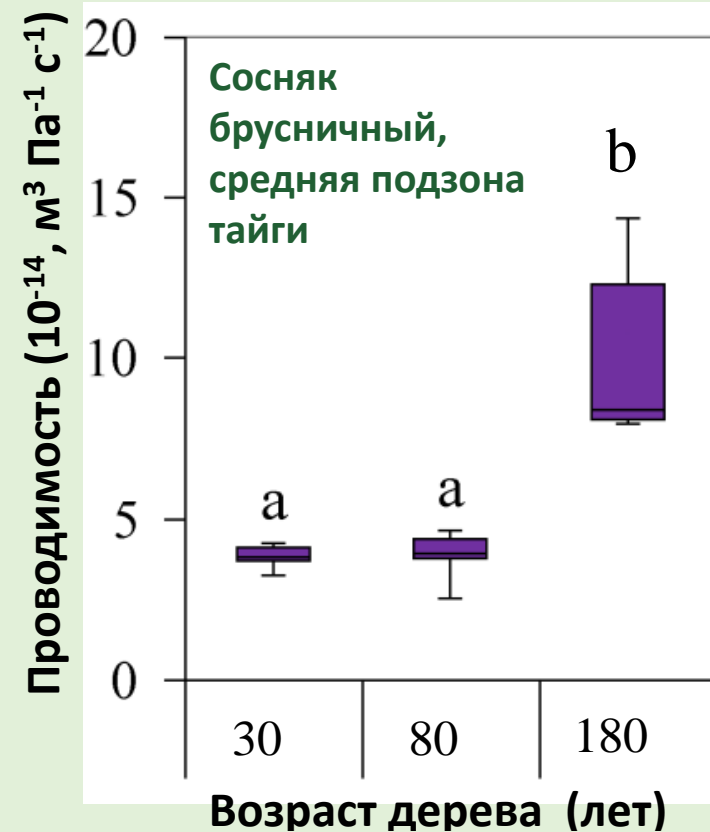
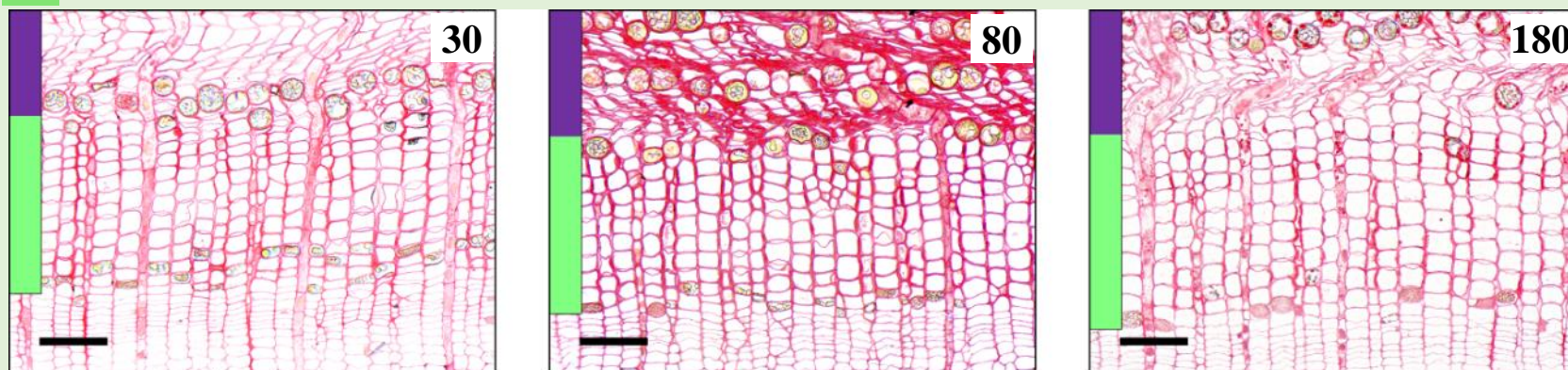


Оценка транспорта углерода по проводящей флоэме в корневые системы/почву

Транспорт зафиксированного углерода от кроны к подземным органам осуществляется по проводящей флоэме, скорость флоэмного транспорта определяет связь между фотосинтезом и почвенным дыханием. Масса углерода, которая может быть транспортирована за единицу времени, определяется анатомическими особенностями проводящей флоэмы.

Строение флоэмы у деревьев сосны разного возраста

■ -проводящая и ■ -непроводящая флоэма



Мы показали, что на стадии активного прироста биомассы (30-80 лет) проводимость флоэмы у деревьев сосны поддерживается на уровне примерно $3.8 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3 \text{ Па}^{-1} \text{ с}^{-1}$.

У старовозрастных деревьев (180 лет) значения проводимости флоэмы были выше более, чем в 2 раза, по сравнению с деревьями двух других возрастных групп. Этот факт указывает на то, что старовозрастные деревья более активно транспортируют углерод в корневые системы.



Оценка транспорта углерода по проводящей флоэме в корневые системы/почву

5 групп ПП, различающихся по лесорастительным условиям:

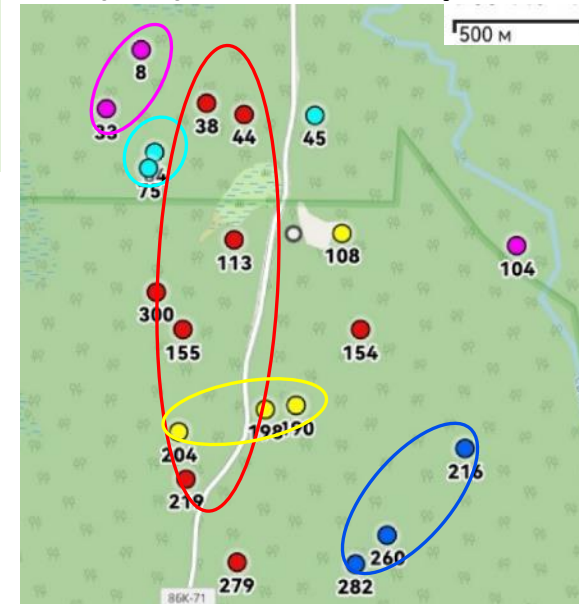
В 2023 году отбор образцов проводили 19-24 июня (фаза утолщения вторичных клеточных стенок ранних трахеид) и 29 июля – 5 августа (фаза окончания камбиального роста). В 2024 году – середина мая (фаза активного камбиального роста).

Образцы отбирали для следующих исследований:

- Характеристика строения проводящей флоэмы (46 образцов). Продолжается камеральная обработка образцов.
- Определение осмоляльности флоэмного экссудата (184 образца). Продолжается камеральная обработка образцов.
- Определение содержания сахаров во флоэмном экссудате (106 образцов). Получены результаты.
- Определение водных потенциалов охвоенных побегов (140 образцов). Получены результаты.

В результате будет определено количество углерода транспортируемого деревом в корневые системы и почву в зависимости от лесорастительных условий и стадии вегетации

180 (150)-200-летние древостои



- группа 1 – сосняки черничные на песчаных подзолах;
- группа 2 – сосняки черничные на супесчаных подзолах;
- группа 4 – сосняки брусничные на песчаных подзолах;
- группа 6 – сосняки черничные на суглинистых подзолистых почвах;
- группа 7 – смешанные сосново-еловые черничные насаждения на торфяных почвах и торфяно-глееземах.





Организация работ по оценке эмиссии углекислого газа с поверхности почвы на площадках постоянного наблюдения (ППН) тестового полигона

Сотрудники ИЛ КарНЦ РАН в рамках работы экспертной группы по оценке эмиссий парниковых газов из почв приняли участие в разработке методического руководства «Краткая инструкция по определению эмиссии CO₂ из почв камерным методом». Затем при проведении работ по организации мониторинга руководствовались этим изданием.



А



Б



В

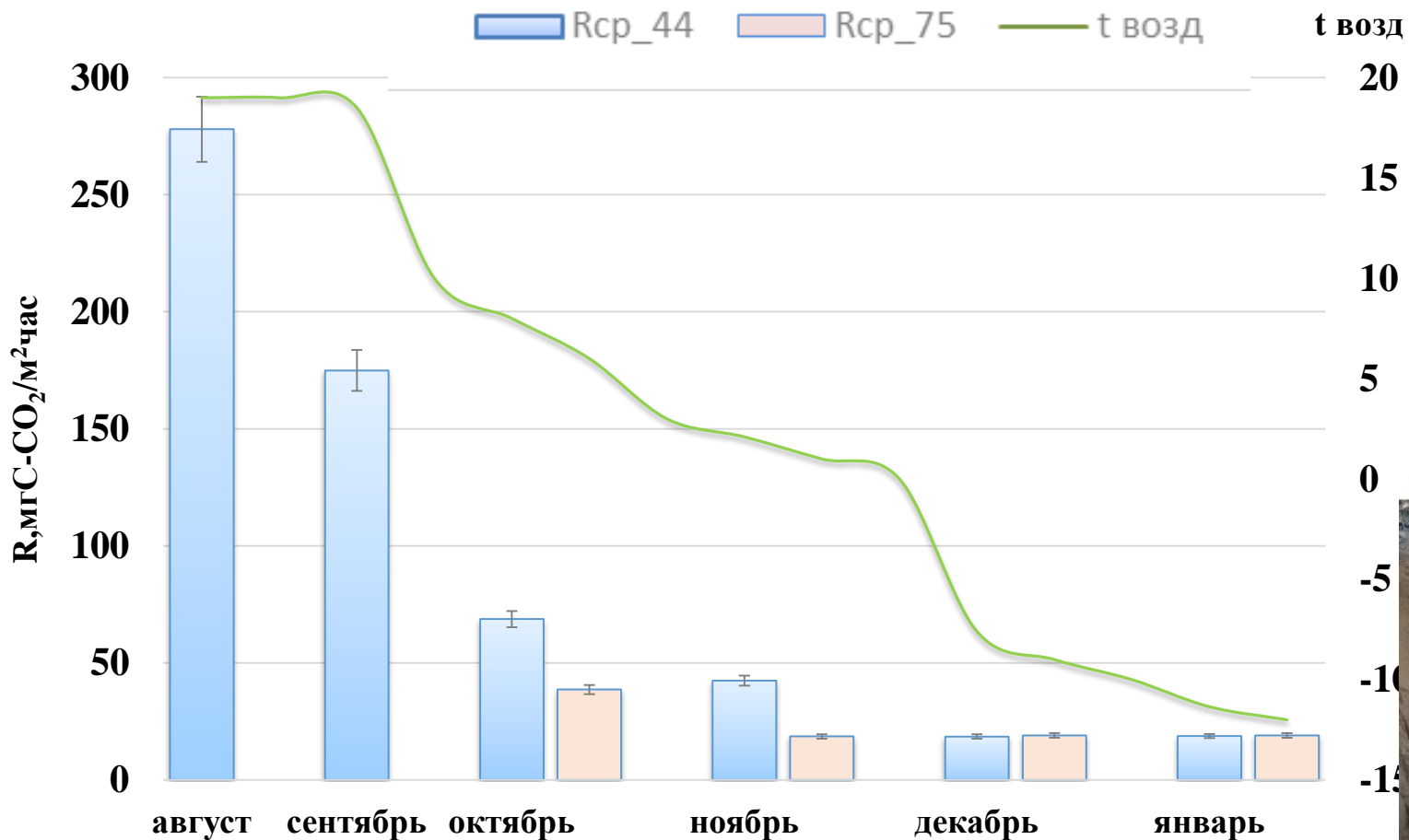


Проведение количественной оценки эмиссии углекислого газа с поверхности почвы на ППН тестового полигона проводится с использованием разного оборудования: (А) LI-8100А (LI-Cor Inc., США); (Б) портативные газоанализаторы на основе АЗ (AZ Instrument Corp., Тайвань) и (В) газовый хроматограф Кристалл люкс (Россия).

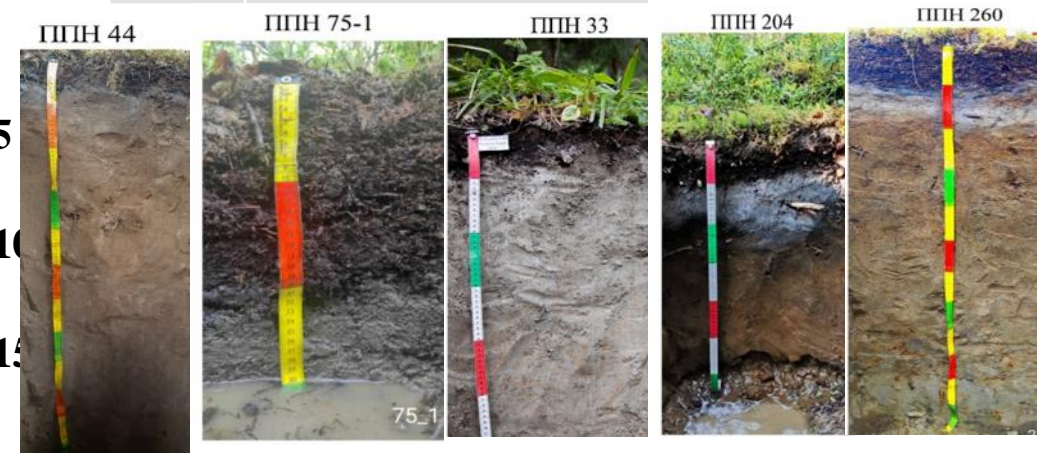


Проведена подготовка ППН для измерения эмиссии CO_2 с поверхности почв: установлены деревянные мостки и стационарные основания для измерительных камер в доминирующем элементе растительной мозаики

Получены предварительные данные по эмиссии CO_2 с поверхности почв 2 ПП: 1 группы (СЧ на песчаных почвах) и 7 группы (смешанные древостои на торфяных почвах).

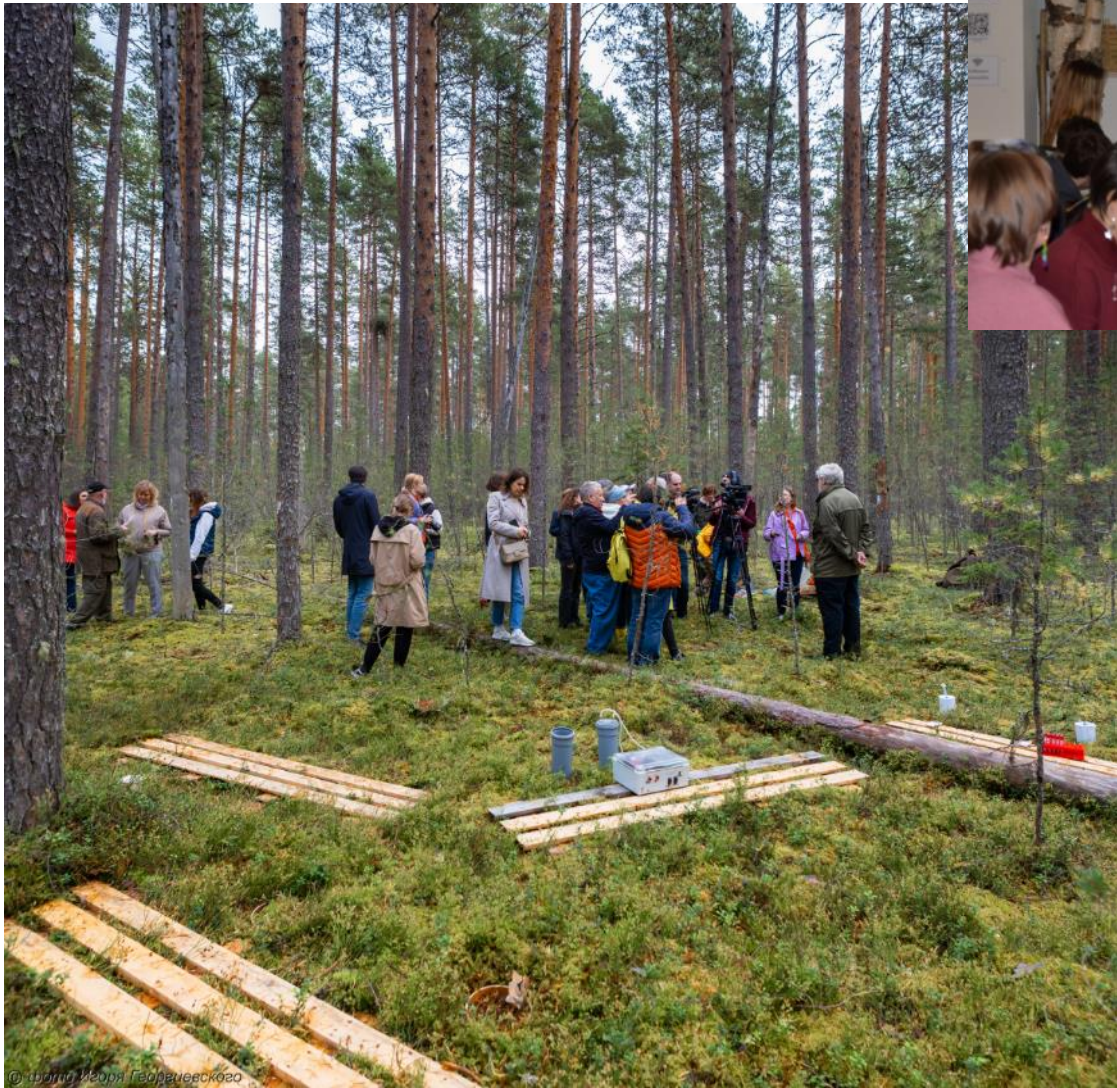


№ ПП	Характеристика
44	С. чернич., 190 лет, почва - подзол иллювиально-железистый на флювиогляциальных песчаных отложениях
75	С. чернич., 190 лет, почва серогумусовая глинисто-иллювирированная
33	С. чернич., 190 лет, торфяно-глеевая почва
204	С. чернич., 190 лет, почва - подзол супесчаный на двучленных отложениях
260	С. бруснич., 190 лет, почва - подзол иллювиально-железистый на флювиогляциальных песчаных отложениях

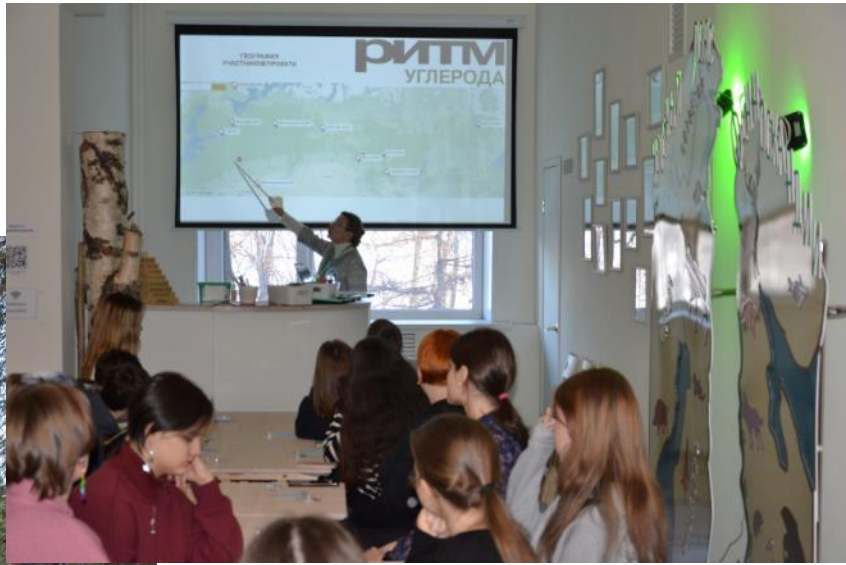




PR



© Юлия Игоря Георгиевского





Спасибо за внимание!

