



Лаборатория мониторинга углеродного баланса наземных экосистем



МОНИТОРИНГ ПУЛОВ И БАЛАНСА УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ И БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ЗООГЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ СУКЦЕССИЙ

Результаты работы второго этапа
выполнения проекта **FWRG - 2022-0001**

Керчев Иван Андреевич*, Никонова Л.Г., Бисирова Э.М.,
Климова Н.В., Никифоров А.Н., Грачев И.Г., Смирнов Н.А.,
Елисеев А.О., Калашникова Д.А.

*E-mail: ivankerchev@gmail.com



План научно-исследовательских работ ЛМУБНЭС на 2023 г. по проекту FWRG - 2022-0001

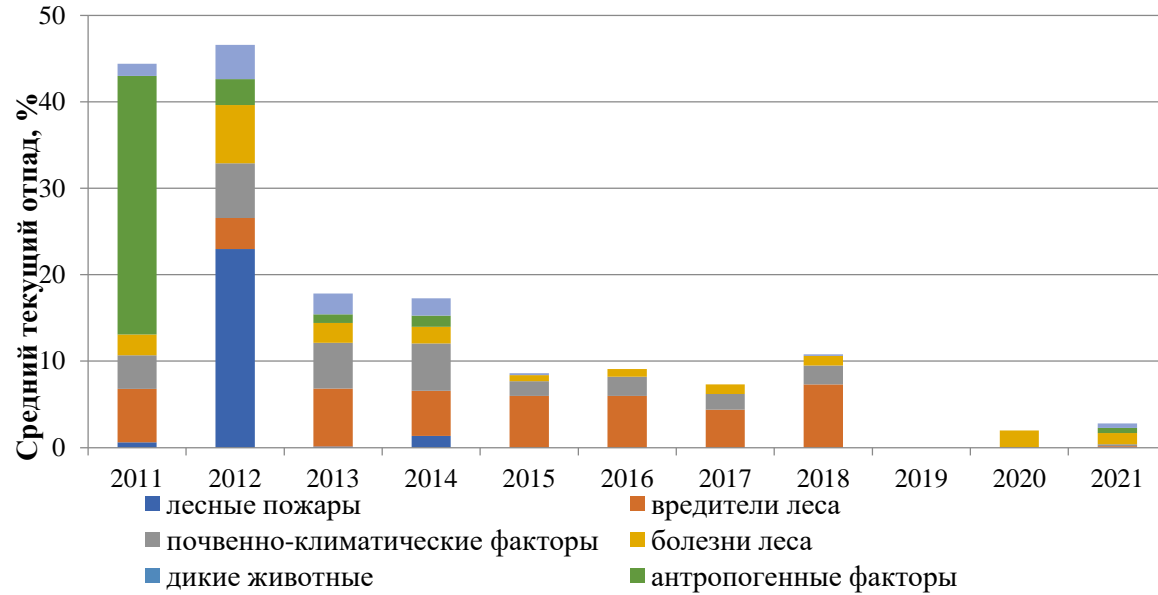
Цель проекта: исследование продукционных и деструкционных процессов в лесных и болотных экосистемах Западной Сибири, находящихся на разных стадиях естественных сукцессий и антропогенных трансформаций. Оценка углеродного пула в лесных и болотных экосистемах на юго-востоке таежной зоны Западной Сибири.

Содержание работы в 2023 г.:

- 1. Проведение апробации поликомпонентного подхода мониторинга углеродного баланса в наземных (лесных и болотных) экосистемах с учетом региональной специфики и разной степени нарушенности в результате воздействия антропогенного и зоогенного факторов в южно-таежной подзоне Западной Сибири на постоянных пробных площадях (уже существующих и с закладкой новых).**
- 2. Проведение дистанционного зондирования модельных участков и получение индексов вегетационной активности для них с помощью БПЛА с мультиспектральной камерой.**
- 3. Определение запасов фитомассы, органического вещества почв в лесных экосистемах, запасов фитомассы и мортмассы на модельных участках в болотных экосистемах.**
- 4. Химический анализ образцов растительного опада основных видов растений-торфообразователей из краткосрочного полевого эксперимента по скорости деструкции в болотных экосистемах.**

Блок 1

- На начало 2022 г. площадь земель лесного фонда ТО 28,7 млн га. (67 %.)

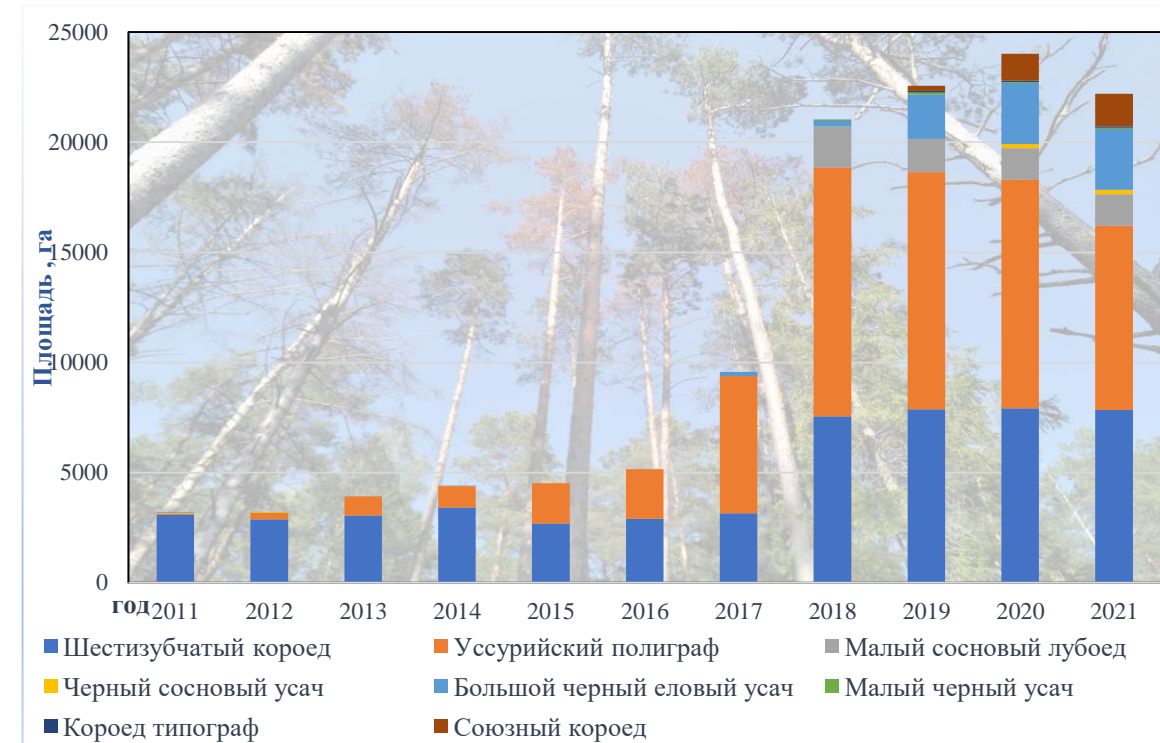
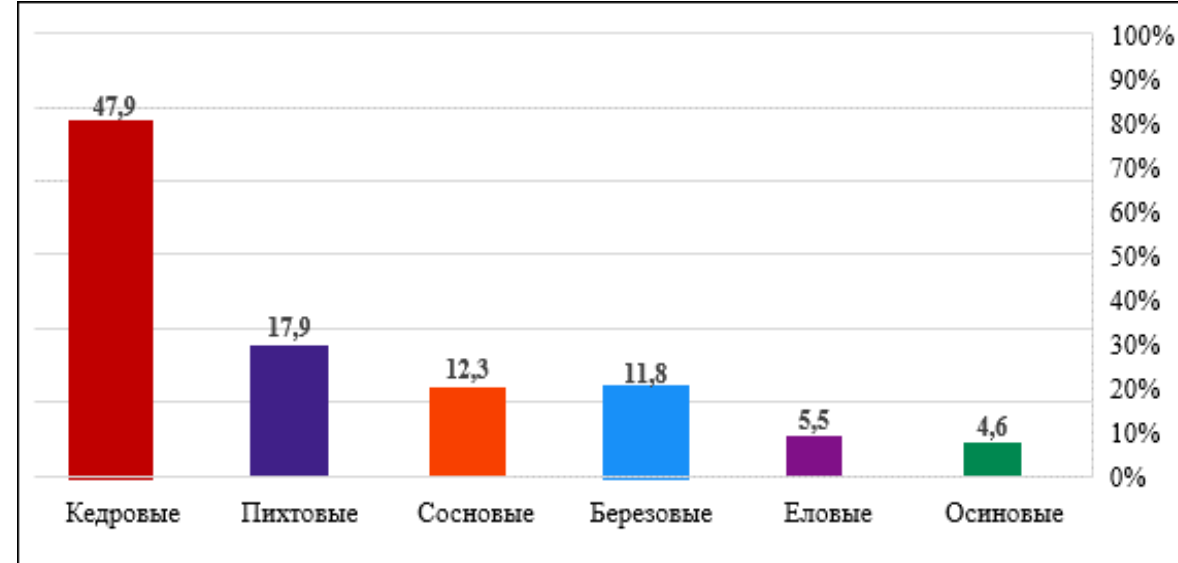


По состоянию на 01.01.2022 год площадь насаждений с нарушенной устойчивостью в Томской области составила 278809,03 га.

зона слабой лесопатологической угрозы - 2592,671 тыс. га. (9 %)

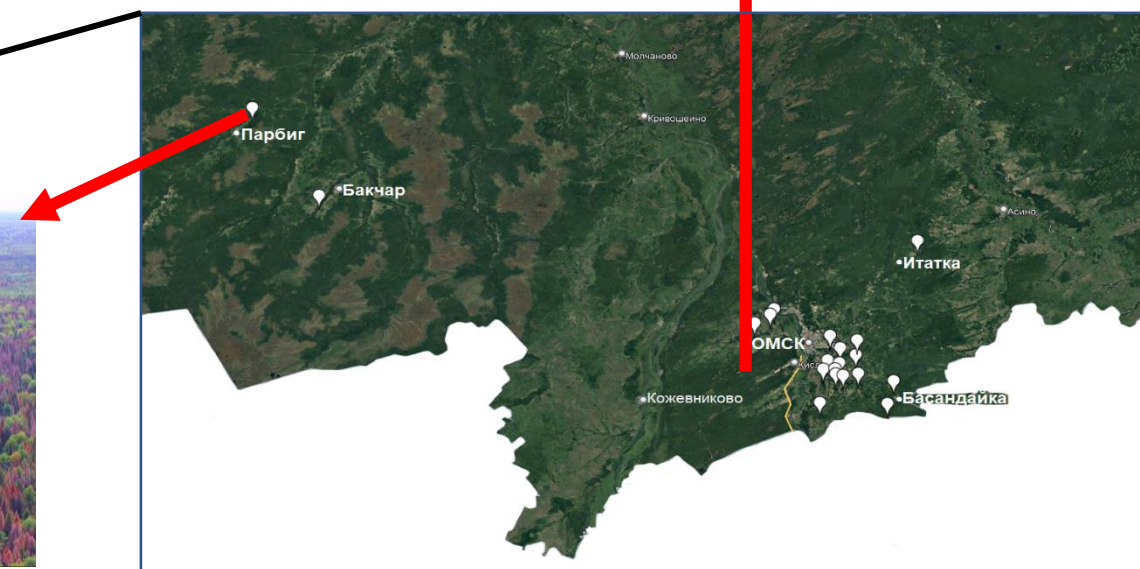
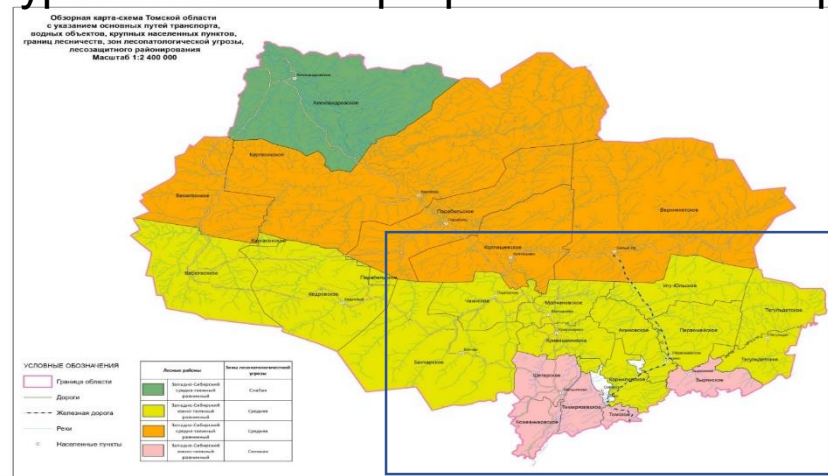
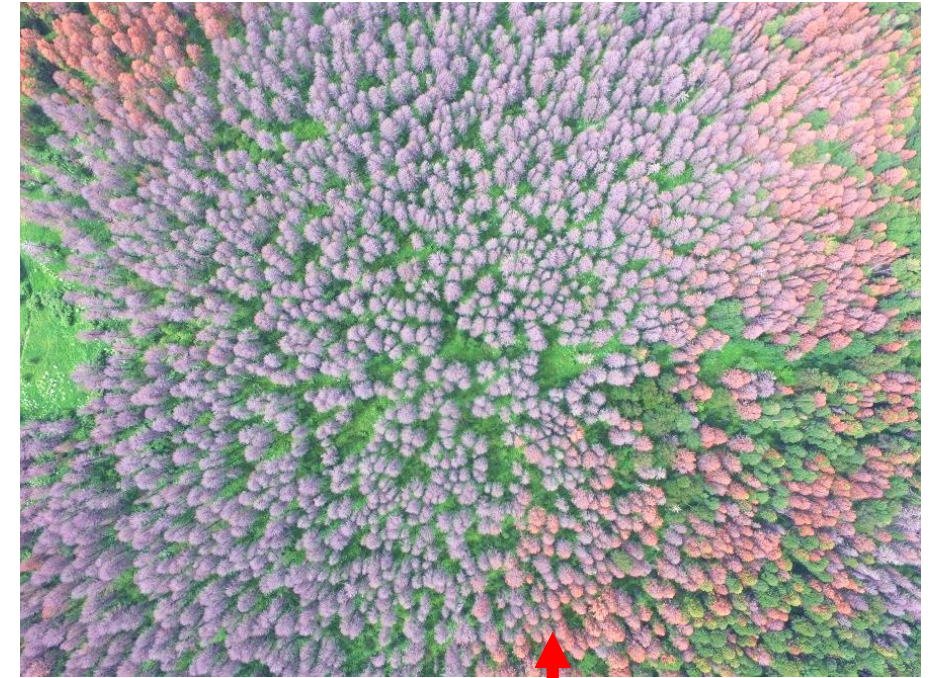
зона средней лесопатологической угрозы – 25097,55 тыс. га. (87,3 %)

зона сильной лесопатологической угрозы - 1054,871 тыс. га. (3,7 %)

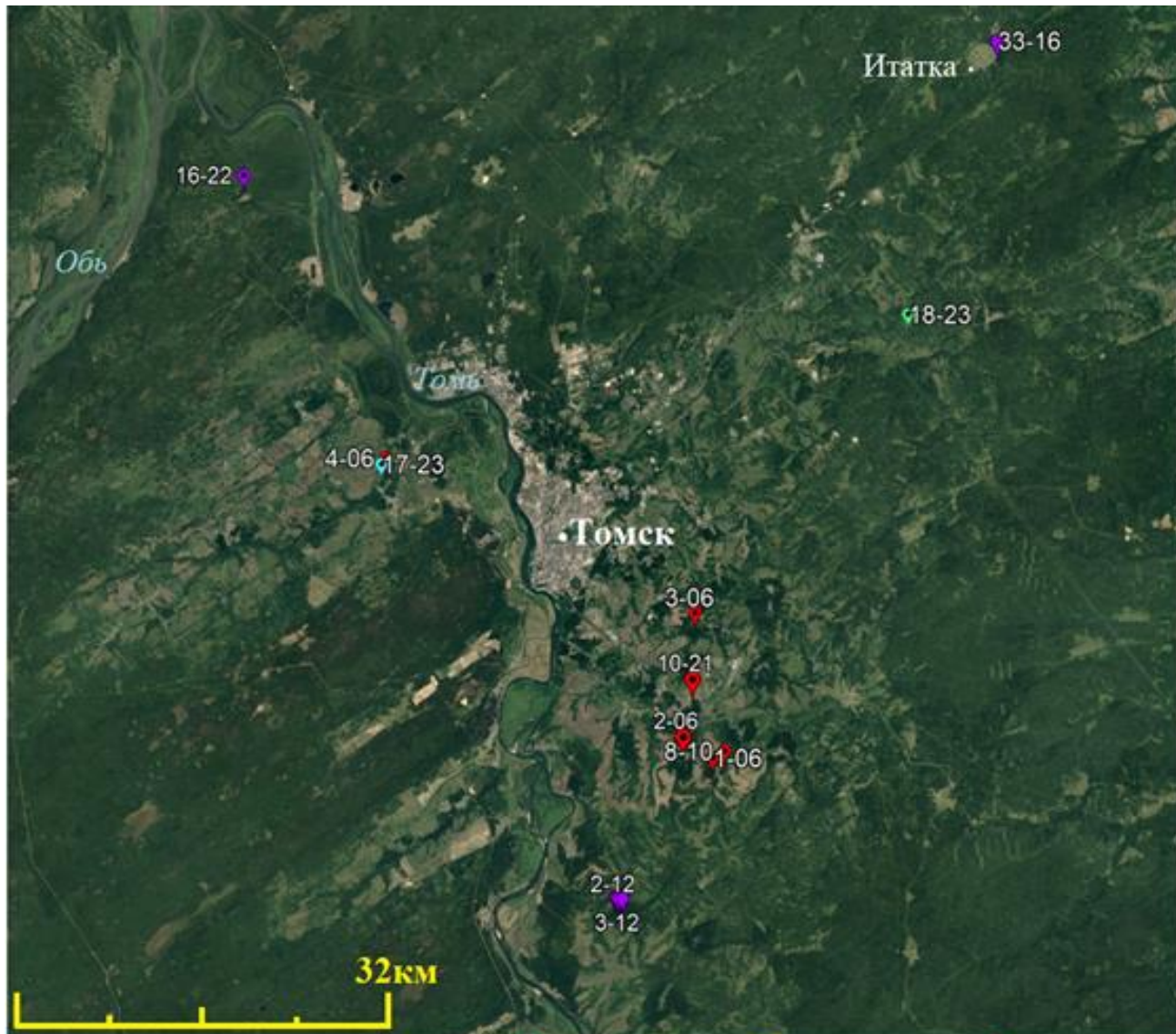





Размещение пунктов мониторинга (ППП) на территории Томской области

Анализ архивных данных лесного реестра и лесопатологической обстановки лесных экосистем на юго-востоке таёжной зоны Западной Сибири выявил стремительный рост в последнее десятилетие значимости зоогенного фактора в деградации насаждений и снижении их углерод-депонирующей функции, обусловленный воздействием двух агрессивных инвазионных вредителей – уссурийского полиграфа и союзного короеда



Расположение постоянных пробных площадей в лесных экосистемах



Пробные площади, заложенные в  кедровниках  пихтарниках  осинниках  березняках

Апробации поликомпонентного подхода мониторинга углеродного баланса лесных экосистемах разной степени нарушенности в результате воздействия зоогенного фактора в южнотаежной подзоне Западной Сибири



Почвенный анализ



Геоботаническое описание и укосы



Анализ с помощью элементного CHNS-O анализатора ЕМА 502



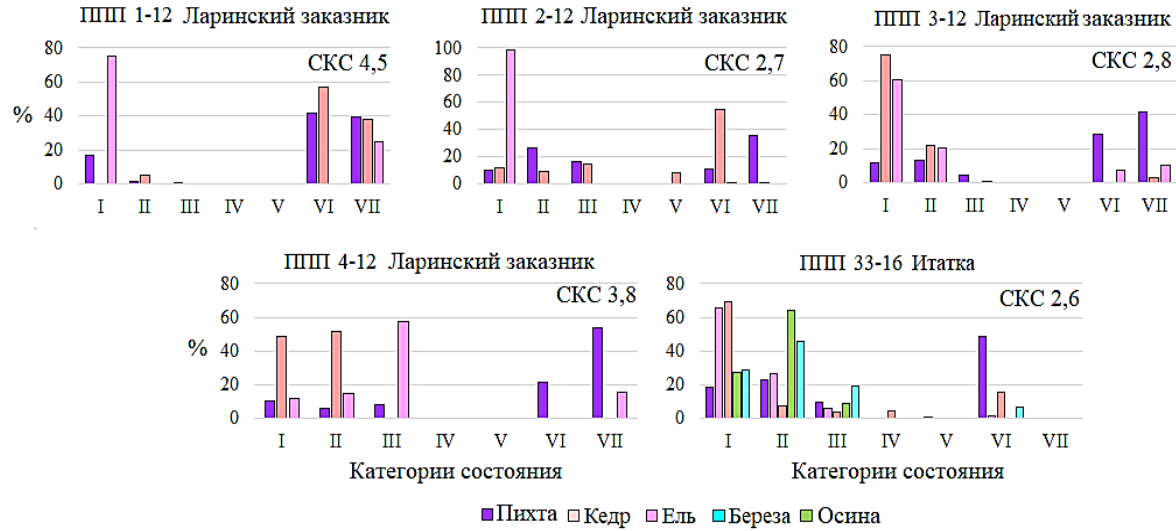
Таксационная характеристика древостоев



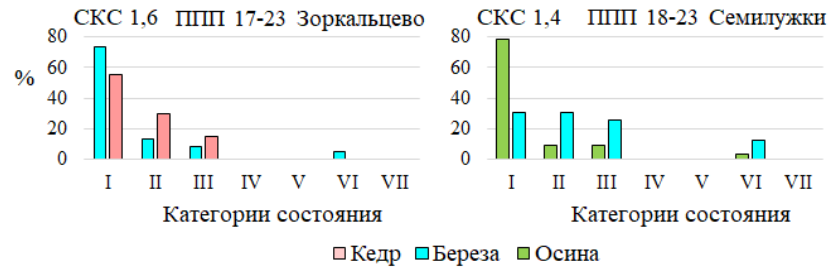
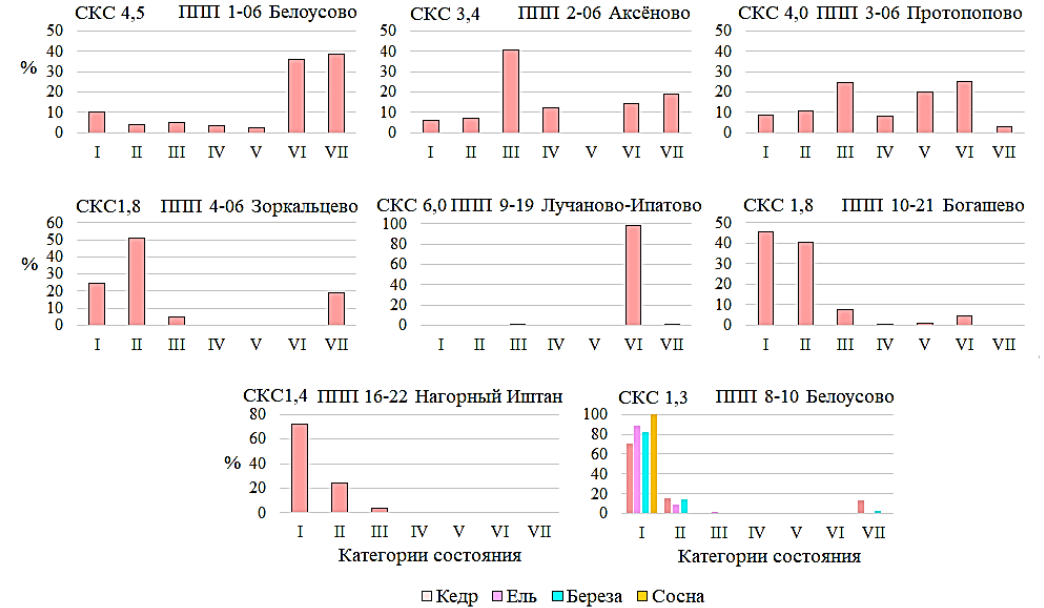
Учет КДО

Оценка жизненного состояния древостоев на модельных участках

Виталитетные спектры темнохвойно-пихтовых древостоев на ППП



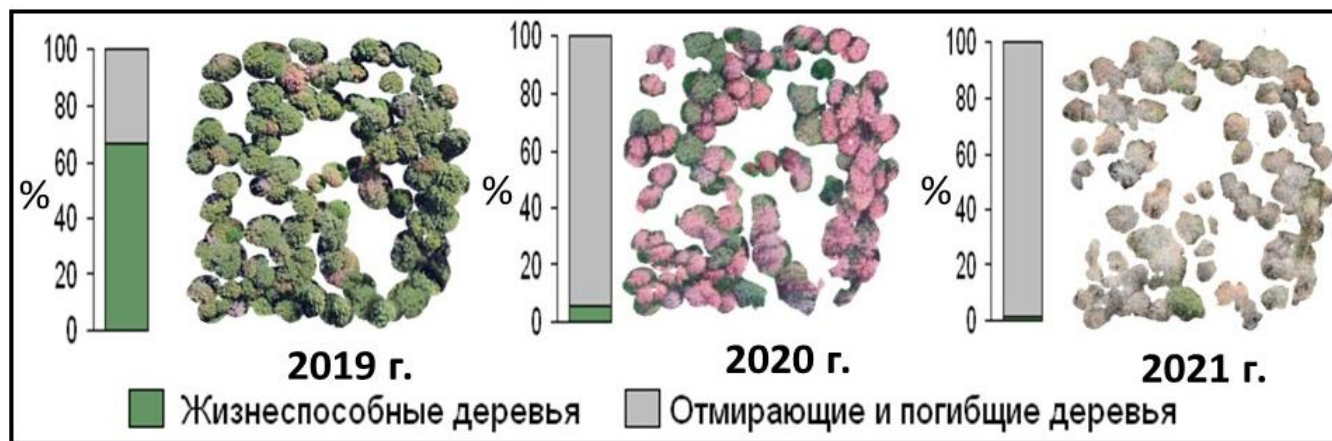
Виталитетные спектры насаждений в припоселковых кедровниках на ППП



Виталитетные спектры производных лиственных древостоев

на ППП

Использование БПЛА при мониторинге состояния насаждений



Динамика отмирания деревьев кедра сибирского на пробной площади в Лучаново-Ипатовском кедровнике

Наиболее интенсивный очаг массового размножения союзного короеда с почти полной гибелью древостоя сформировался в Лучаново-Ипатовском припоселковом кедровнике, после вспышки массового размножения сибирского шелкопряда *Dendrolimus sibiricus* Tschetv. при 10-кратном увеличении площади очага за 3 года (Керчев и др., 2021).

Наблюдения на пробной площади в Лучаново-Ипатовском кедровнике показали изменение количества жизнеспособных деревьев с 70% до почти полного их усыхания в течение трех лет.

За период 2021-2023 гг. текущий отпад деревьев:

- I категории – 18,1 %
- II категории – 45,3 %
- III категория – 62,5 %

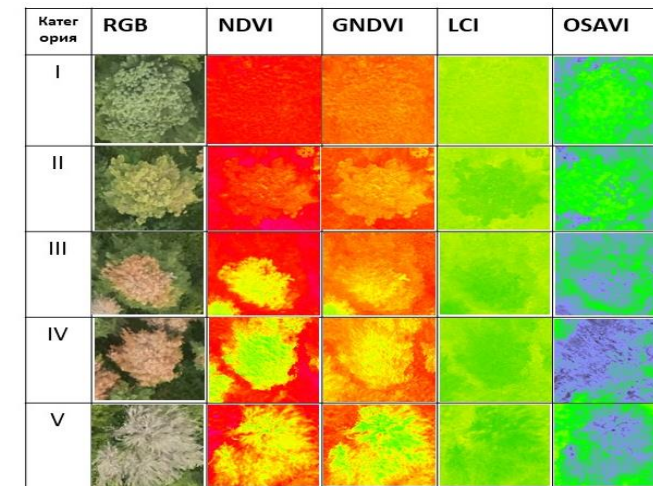


Разработка алгоритмов ИИ для дешифрирования мультиспектральной ортофотосъемки насаждений, поврежденных лесными вредителями на примере очагов союзного короеда в припоселковых кедровниках

Автор: Керчев И.А., Мачука К.Р., Токарева О.С. Марков Н.Г.

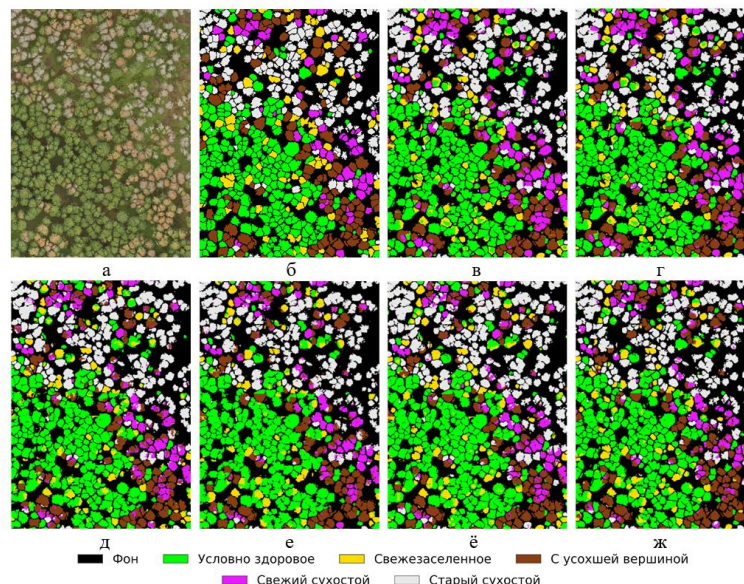
Композиция снимков с БПЛА DJI P4 Multispectral крон сосны сибирской разных категорий состояния

Мультиспектральные данные показывают лучшую разделяемость. Необходимо использовать модели глубокого обучения, способные учитывать текстуры и формы объектов, для решения поставленной задачи классификации деревьев кедра. Наиболее эффективными для дифференциации деревьев разного жизненного состояния являются видимый спектр RGB и NDVI. Использование БПЛА позволяют получать снимки высокого разрешения и актуальности, что в итоге помогает повысить эффективность оценки состояния деревьев и лесных насаждений.



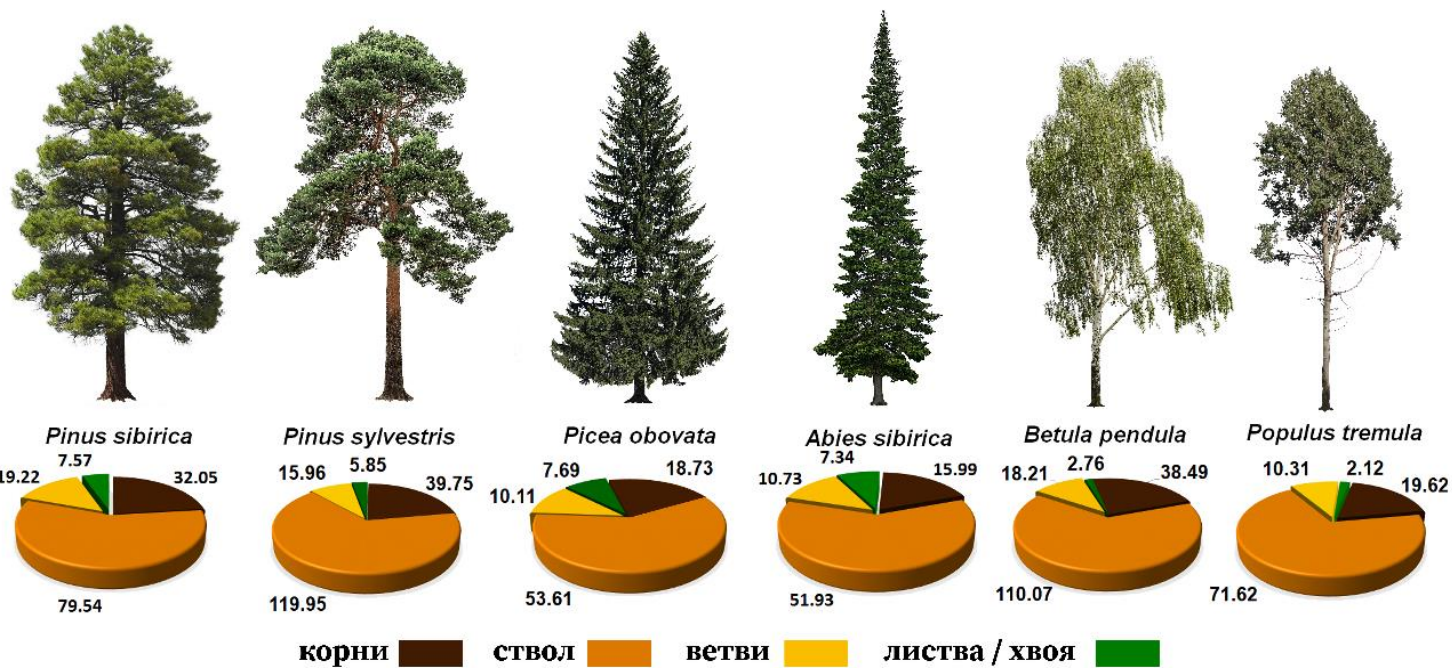
Количественные результаты сегментации с помощью нейросетей

Модель нейронной сети	Каналы	IoU						mIoU Test
		Фон	Условно здоровое	Свежезаселённое	С усохшей вершиной	Свежий сухой	Старый сухой	
U-Net	RGB	0.819	0.640	0.314	0.468	0.404	0.603	0.58
MH-U-Net		0.813	0.636	0.257	0.479	0.379	0.598	0.56
MH-Res-U-Net		0.825	0.641	0.258	0.505	0.379	0.615	0.57
U-Net	Мультиспектрал.	0.776	0.702	0.297	0.582	0.467	0.727	0.59
MH-U-Net		0.800	0.716	0.325	0.571	0.415	0.731	0.59
MH-Res-U-Net		0.801	0.713	0.347	0.579	0.428	0.744	0.60



- а – Изображение тестового участка (RGB-композиция)
- б – Эталонная карта сегментации
- в – U-Net RGB
- г – MH-U-Net RGB
- д – MH-Res-U-Net RGB
- е – U-Net мультиспектральная
- ё – MH-U-Net мультиспектральная
- ж – MH-Res-U-Net мультиспектральная

Определение содержания углерода в основных древесных породах юго-востоке таежной зоны Западной Сибири



Порода	Фракция	Среднее значение С, %	Среднее значение по породе, %
Береза	Ствол	46,96820	47,41
	Ветки	50,11382	
	Листья	46,73186	
	Корень	45,83282	
Ель	Ствол	48,11803	48,85
	Ветки	48,28587	
	Хвоя	47,44070	
	Корень	51,54453	
Пихта	Ствол	46,76737	49,14
	Ветки	48,85170	
	Хвоя	51,22855	
	Корень	49,73230	
Кедр	Ствол	50,60090	51,47
	Ветки	53,45648	
	Хвоя	51,05883	
	Корень	50,77840	
Осина	Ствол	48,95080	47,76
	Ветки	48,66423	
	Листья	48,45910	
	Корень	44,95070	
Сосна	Ствол	50,35818	48,76
	Ветки	52,63315	
	Хвоя	42,54190	
	Корень	49,49117	

Среднее значение содержания углерода в различных фракциях лесообразующих древесных пород региона исследований



Апробации поликомпонентного подхода мониторинга углеродного баланса лесных экосистемах разной степени нарушенности в результате воздействия зоогенного фактора в южно-таежной подзоне Западной Сибири

Авторы: Керчев И.А., Бисирова Э.М., Грачев И.Г., Никифоров А.Н., Калашикова Д.А., Елисеев А.О., Климова Н.В.

Проведена апробация методик определения запасов углерода в почве, КДО, напочвенном покрове, древесном ярусе, комбинированных с измерением индекса вегетационной активности (NDVI), с учетом региональных особенностей.

Эмпирически определено содержание углерода в живой и находящейся на разной стадии разложения древесине основных лесообразующих пород юга Западной Сибири.

Определено содержание углерода в доминантных видах травянистой растительности. Установлено увеличение углерод-запасающей функции напочвенного покрова в градиенте ухудшения состояния древесной растительности (в 3 и 18 раз для темнохвойно-пихтовых и темнохвойно-кедровых насаждений соответственно).

Выявлено увеличение депонирования углерода минеральными слоями почвы и снижение NDVI в сильно деградированных насаждениях, под воздействием чужеродных дендрофагов.

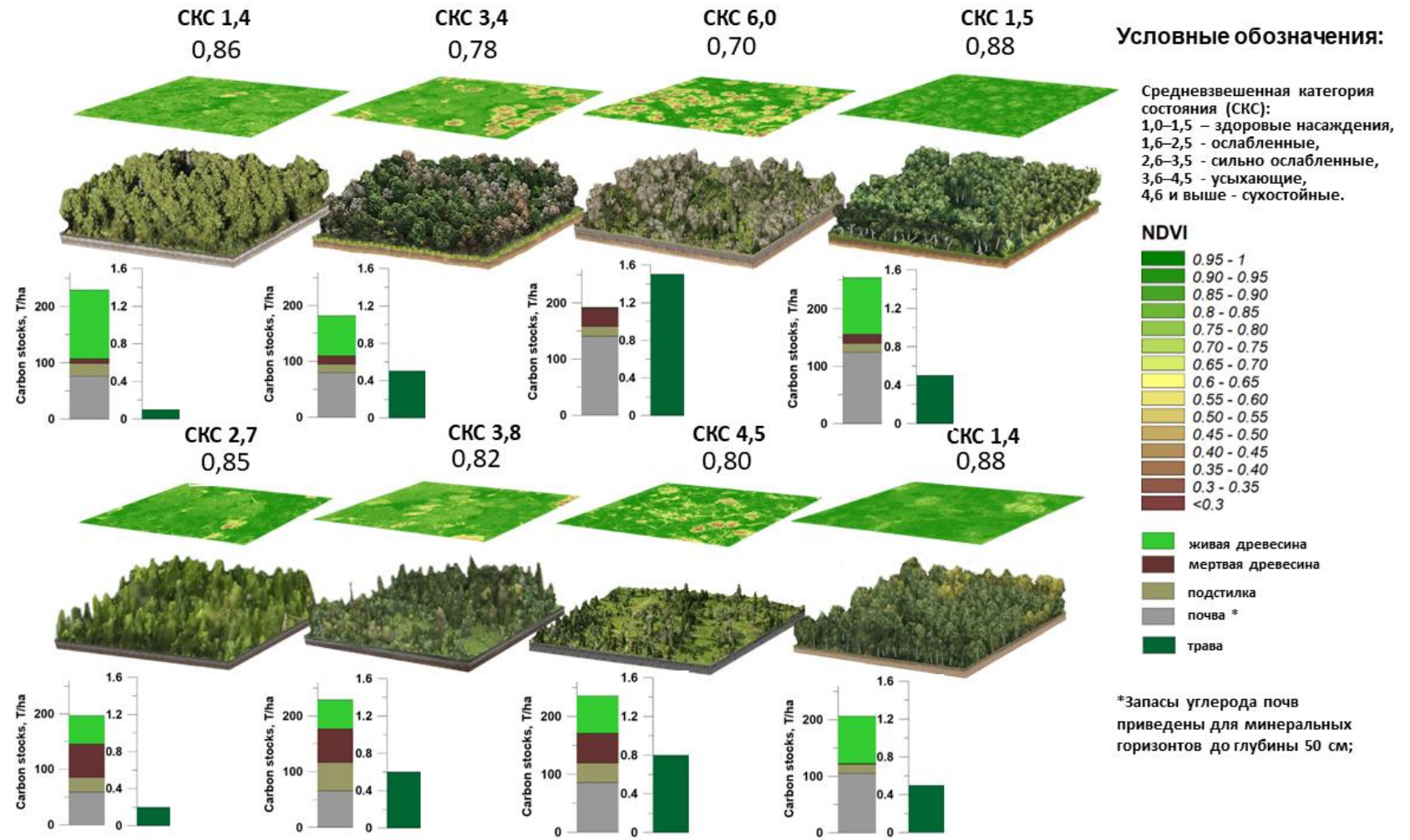
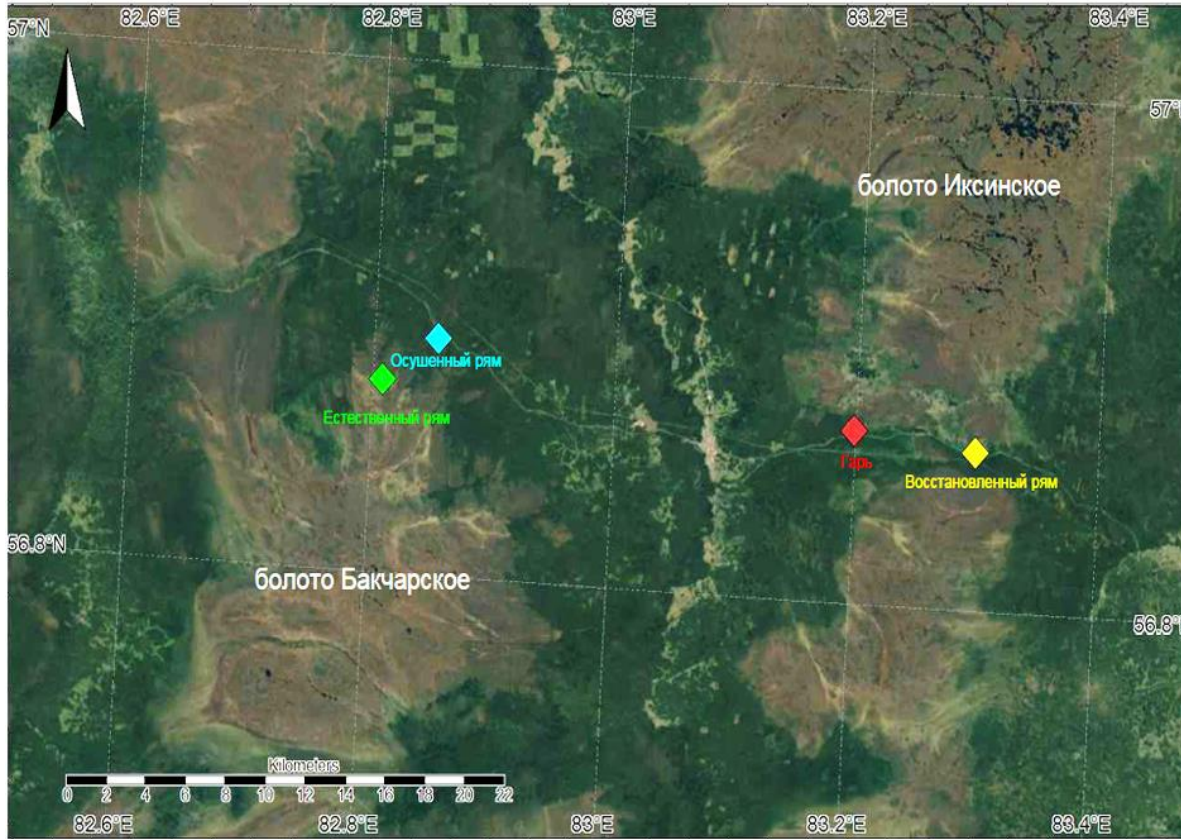


Рис. 1 Результаты оценки запасов углерода в лесных зоогенно трансформированных и производных лиственных экосистемах южно-таежной подзоны Западной Сибири, комбинированных с индексом вегетационной активности.

Определение запасов фитомассы и мортмассы на модельных участках в болотных экосистемах



Расположение постоянных пробных площадей на олиготрофных болотах



Естественный



Осушенный



Восстановленный



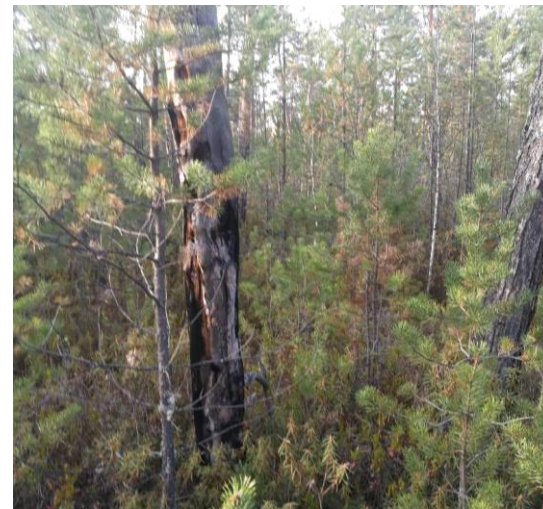
Гарь



Естественный



Осушенный



Восстановленный



Гарь

Территория исследования

Торфяное месторождение	Фитоценоз	
Васюганское	Ненарушенный сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз (рям)	Естественный
	Рям, расположенный вблизи осушительного канала	Осушенный
Иксинское	Рям с хорошо выраженным подростом сосны	Восстановленный
	Сосново-березово-пушицево-сфагновый фитоценоз	Гарь

Химический анализ образцов растительного опада основных видов растений- торфообразователей из краткосрочного полевого эксперимента по скорости деструкции в болотных экосистемах.

• Определение скорости разложения органического вещества в торфяной залежи методом закладки растительности в торф.

Расчет скорости разложения по формуле:

$$\text{Потери массы (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100$$

где W_0 вес исходного образца, W_1 вес образца через время экспонирования образцов

Определение содержания общего углерода, азота (методом Анстета в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой), зольных элементов (Методом сухого озоления).

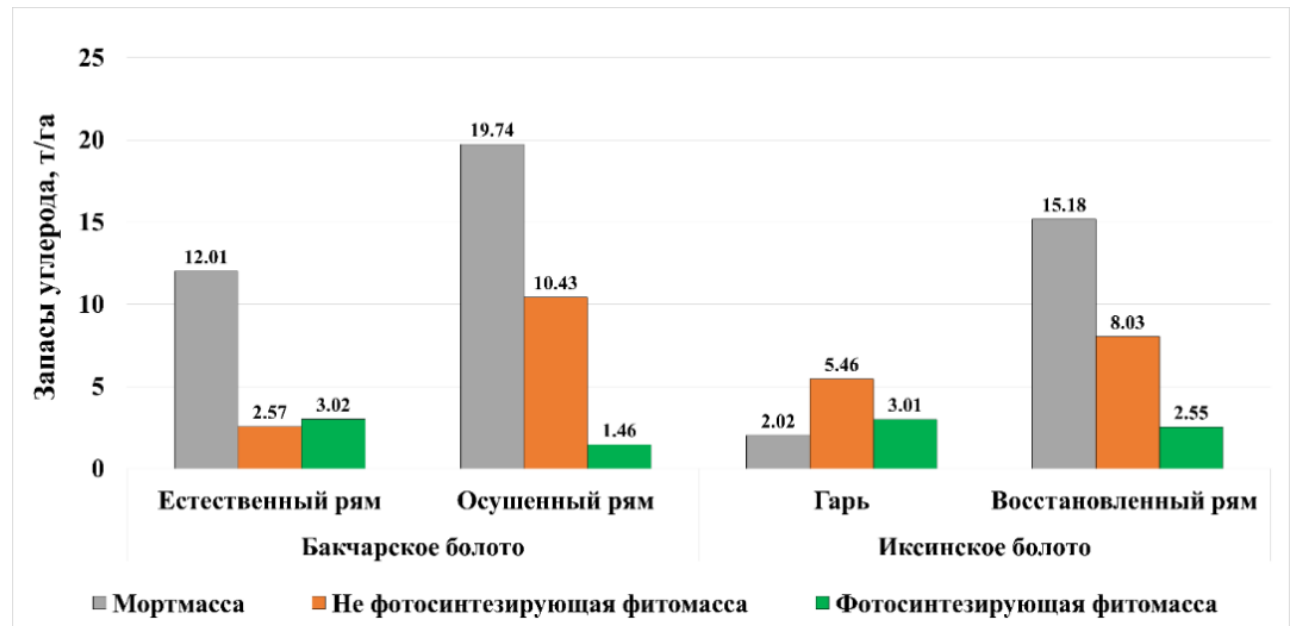
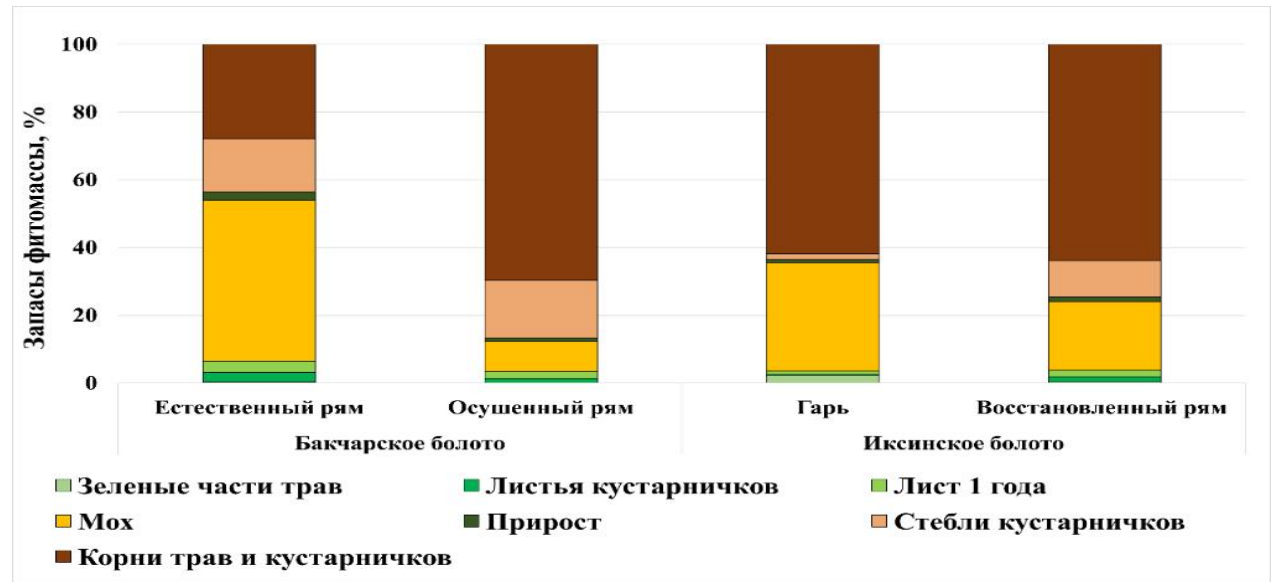




Вклад растительных фракций в фитомассу болот

В результате сравнительной оценки запасов углерода в олиготрофных болотных экосистемах южно-таежной подзоны Западной Сибири установлено, что доля мортмассы (ветошь трав, очес мха, опад) в естественном, осушенном и восстановленном яме в среднем в три раза больше, чем в условиях гари (63% и 19% соответственно).

Максимальные запасы углерода зафиксированы в условиях Осушенного яма (31,63 т/га), минимальные – Гари (10,56 т/га). Наибольший вклад в запасы углерода вносит мортмасса (19-68 % от общего количества углерода запасенного в растительном веществе) и не фотосинтезирующие части растений (от 15 до 52 % от общего количества углерода запасенного в растительном веществе).



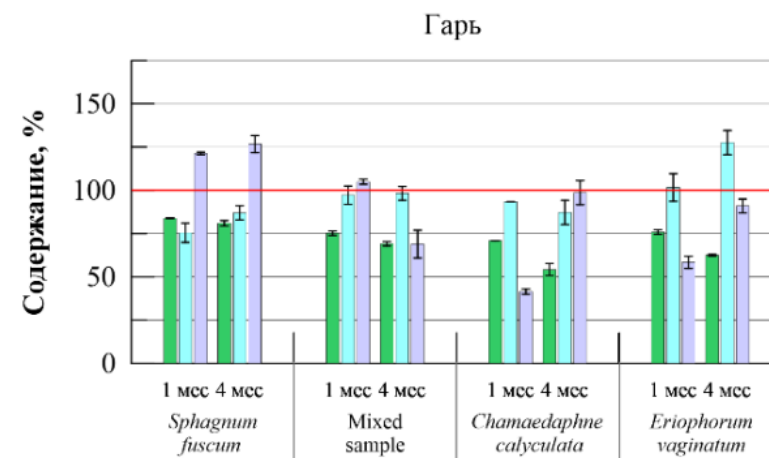
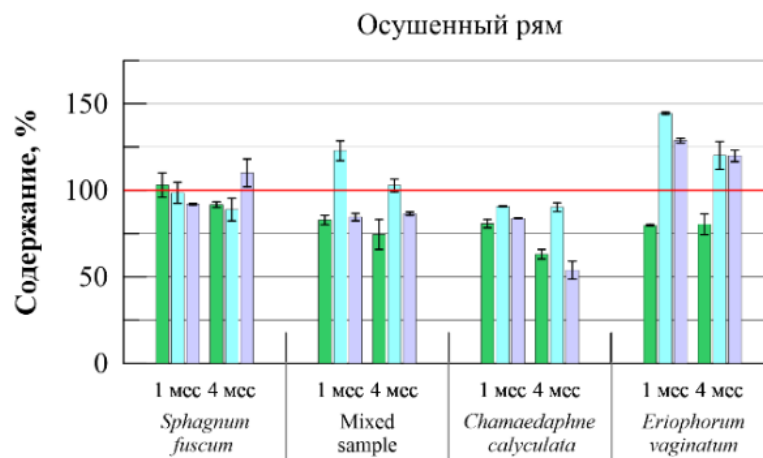
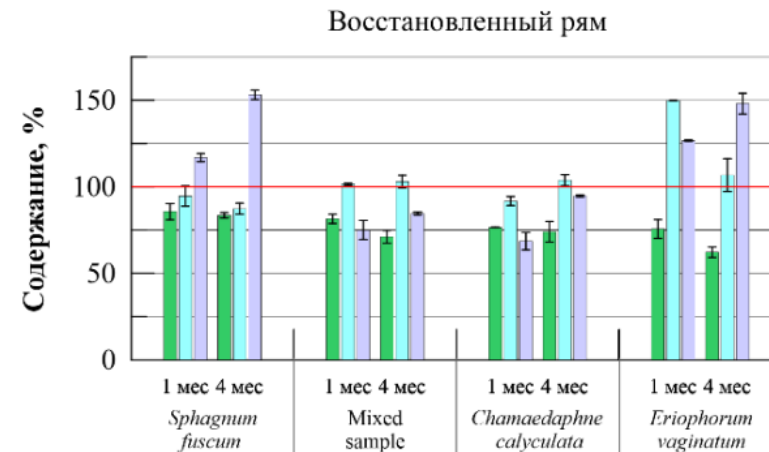
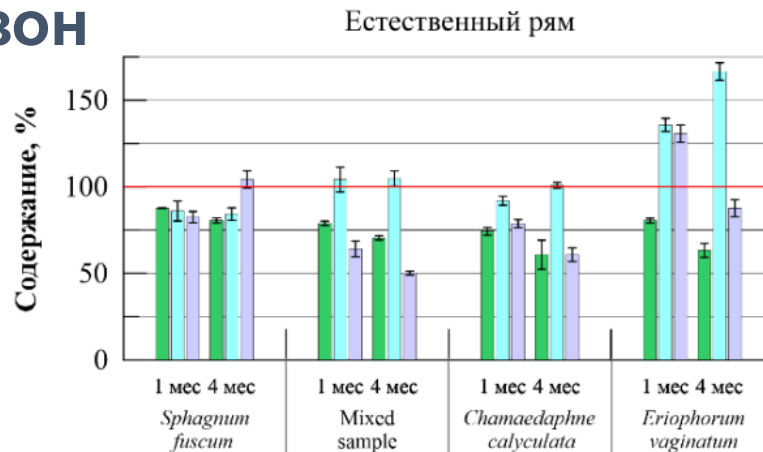


Оценка скорости деструкции органического вещества за вегетационный сезон

Установлена низкая скорость разложения для *S. fuscum* во всех изучаемых фитоценозах, максимальную – для *Ch. calyculata* в осушенном и горелом болоте, для *E. vaginatum* в естественном и восстановленном яме.

Вынос углерода коррелирует с потерями массы ($r=0.85$).

В ходе деструкции для некоторых образцов фиксируется иммобилизация азота (*E. vaginatum*) и зольных элементов (*S. fuscum*) во всех изучаемых фитоценозах. Выявлено, что на начальных этапах деструкции, при максимальных запасах в условиях осушенного яма происходит минимальный вынос углерода (25,54%) из смешанных образцов, а в условиях гари, с наименьшими запасами растительного вещества, зафиксированы наибольшие потери углерода (30,9%).



■ C, % ■ N, % ■ A, %

Содержание общего углерода (C) и азота (N) и зольных элементов (A) в растительных остатках на начальных этапах разложения в торфяной залежи (по отношению к исходному количеству, %)



Спасибо за
внимание !

