



Институт проблем промышленной экологии Севера
ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты



Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,
г. Москва

Формирование и разложение древесного опада в
северотаёжных сосновых лесах
при аэротехногенном загрязнении
Отчет за 1 год

Аспирант: Иванова Екатерина
Александровна

Научный руководитель: д.б.н., проф.,
член-корр. РАН Лукина Наталья
Васильевна

Апатиты-Москва

2020



- **Актуальность:** изучение процессов формирования и разложения опада и оценка влияния на данные процессы природных и антропогенных факторов в лесах на северном пределе распространения необходимы для оценки и прогноза динамики биогеохимических циклов в лесах при глобальных изменениях климата и окружающей среды в условиях возрастания антропогенных нагрузок на окружающую среду.
- **Новизна:** впервые проводятся оценка влияния микромозаичности растительного покрова на динамику массы древесного опада и его фракционный состав и оценка влияния качества опада и микромозаики растительного покрова на процессы разложения растительного опада на ранних стадиях в сосняках на северном пределе распространения в естественных условиях и в условиях аэротехногенного загрязнения, в.т.ч. сравнительная оценка скорости разложения растительных остатков в сосняках и ельниках.

Цель и задачи

Цель исследований: выявить особенности формирования и разложения опада в северотаежных сосновых лесах, подверженных воздушному промышленному загрязнению.

Задачи исследований:

- оценка массы, фракционного и химического состава древесного опада на разных стадиях дигрессии с учетом внутрибиогеоценотического пространственного варьирования в сезонной и многолетней (за 20 лет) динамике;
- сравнительная оценка изменения химического состава хвои сосны и листьев березы, формирующих активную фракцию древесного опада, на разных стадиях техногенной дигрессии - сравнение данных 1997 и 2014-2017 гг при разном уровне загрязнения.
- оценка влияния микромозаики растительного покрова, качества опада, климатических условий (температура воздуха и почвы, количество осадков) и воздушного промышленного загрязнения на скорость разложения растительных остатков в сосновых лесах на северном пределе распространения на разных стадиях техногенной дигрессии;
- оценка химического состава горизонта опада (L горизонт) в еловых и сосновых лесах на разных стадиях техногенной дигрессии;
- сравнительная оценка скорости разложения в сосновых и еловых лесах с учетом внутрибиогеоценотического варьирования в естественных условиях и в условиях аэротехногенного загрязнения.

План на 1 год

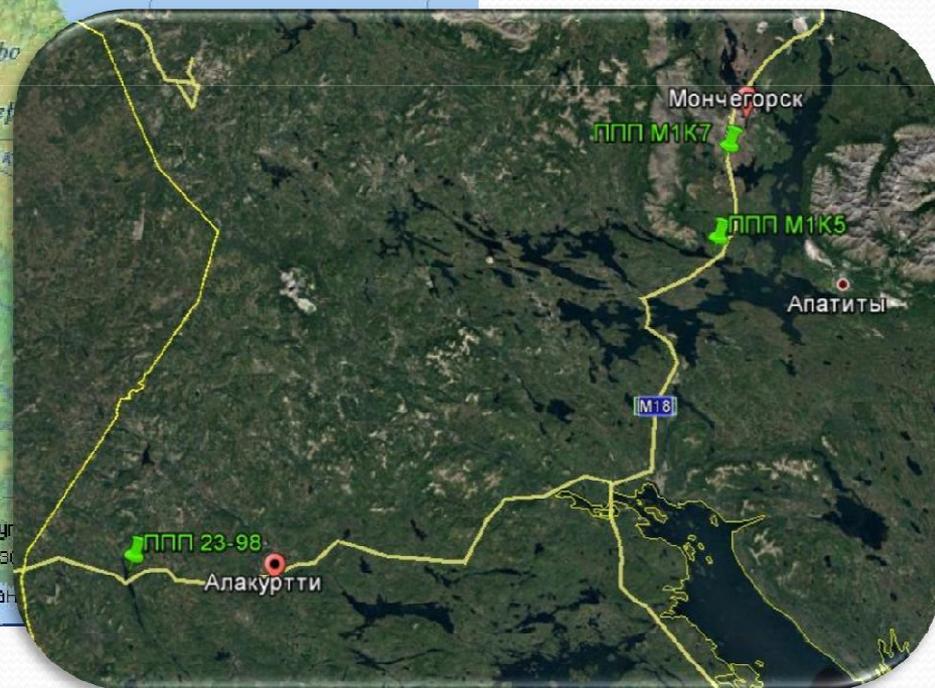
- **Обработка данных и написание статьи по разложению неактивных фракций опада (древесина, кора) и подстилки.**
- **Обработка данных по химическому составу** древесного опада (1997 и 2014 гг), **опада хвой сосны и листьев березы (1997 и 2014-2017 гг.),** ассимилирующих органов деревьев и кустарничков (2005-2007 гг – литературные данные), горизонта L подстилки (2005-2007 гг).
- Анализ существующих методов проведения инкубационных методов по разложению. **Обсуждение и разработка методики проведения опыта по разложению,** подготовка необходимого оборудования.
- Выезды на стационарные пробные площади:
- **май-июнь – отбор проб древесного опада.**
- **Август-сентябрь – оценка возможности отбора проб растительного опада.**
- **Начало октября – отбор проб древесного опада на ППП.**

Объекты

Расположение постоянных пробных площадей



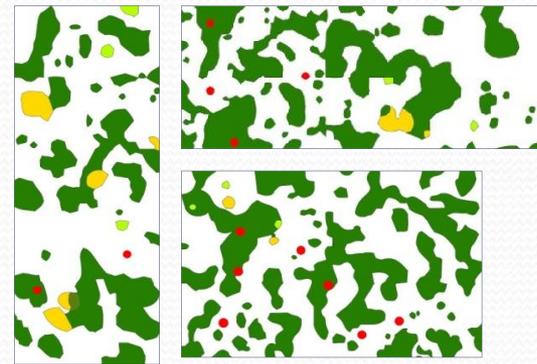
Район исследований:
Мурманская область
(Мончегорский,
Кандалакшский р-н)



Объекты

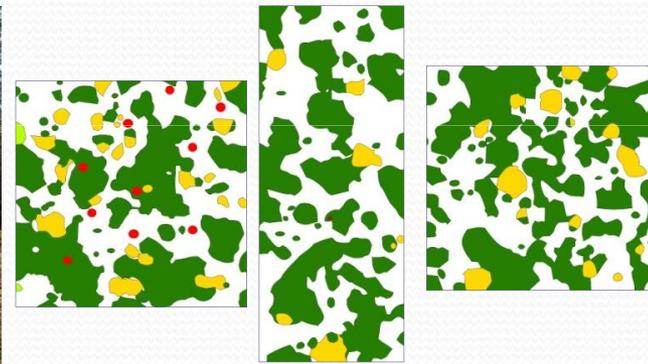
ППП 23-98
Фон 100-200 км
Сосняки лишайниково-кустарничково-зеленомошные

Возраст сосны	91 год
Диам. сосны (деревья)	12.6 см
Деревья и подрост ($d \geq 2.5$ см)	473 шт
Площадь ПК	38%



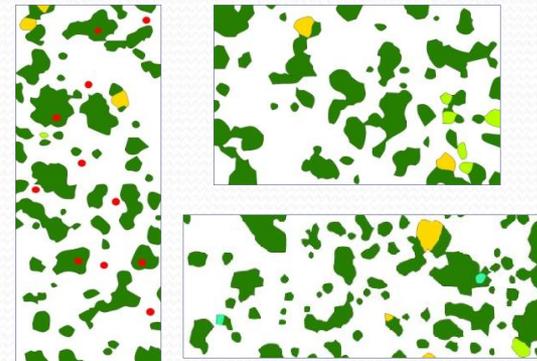
ППП М1К5
Дефолирующий лес 20-30 км
Сосняки кустарничково-лишайниковые

Возраст сосны	58 лет
Диам. сосны (деревья)	11.6 см
Деревья и подрост ($d \geq 2.5$ см)	507 шт
Площадь ПК	53%



ППП М1К7
Техногенное редколесье 7-10 км
Сосновое кустарничковое редколесье

Возраст сосны	68 лет
Диам. сосны (деревья)	11.5 см
Деревья и подрост ($d \geq 2.5$ см)	336 шт
Площадь ПК	31%



Методы

Пример опадоуловителей и схема пробоподготовки по ICP Forests

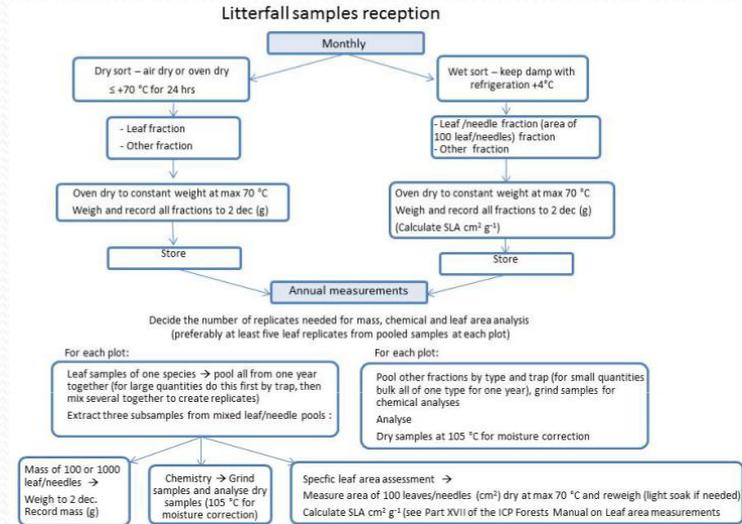


Figure 2. Procedural flow diagram for pretreatment of litter samples



Хвоя сосны



**Ветки
(d ≤ 0,5 см)**



**Микростро-
билы**



**Семена
сосны**



**Эпифитные
лишайники**



Кора



Шишки



**Листья
березы**



Листья осины



**Неид-
остатки**

Методы

Методики выявления особенностей

процессов разложения:

- оценка потерь массы при разложении (в %),
- коэффициент обогащения,
- оценка потерь элементов питания и лигнина с учетом темпов потери массы (в %) через 1 или 2 года, соответственно.

Статистические методы:

- Описательная статистика и корреляционный анализ (MS Excel)
- U-тест Манна-Уитни (Statistica)
- V-критерий (R)
- Метод главных компонент - PCA (R)

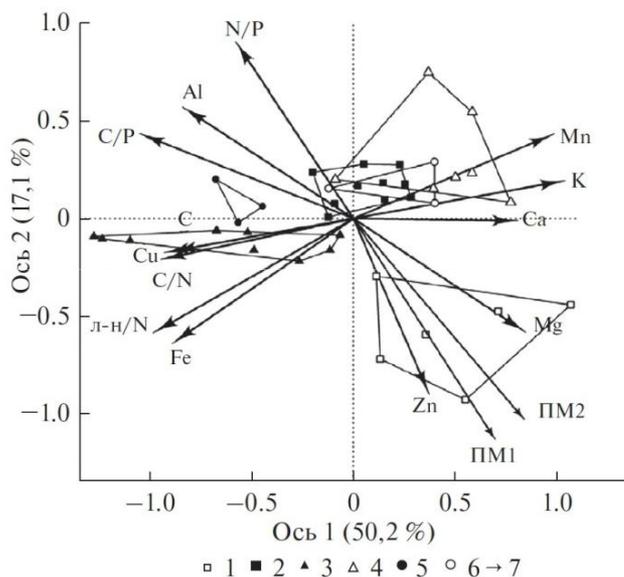


- Оценка зависимости скорости разложения растительных остатков в хвойных лесах на северном пределе распространения от содержания элементов питания и вторичных метаболитов, соотношения элементов, уровня аэротехногенного загрязнения.
- Оценка особенностей химического состава опада хвои сосны на разных стадиях техногенной дигрессии.
- Выявление особенностей пространственной изменчивости поступления древесного опада в условиях аэротехногенного загрязнения.

Результаты исследования

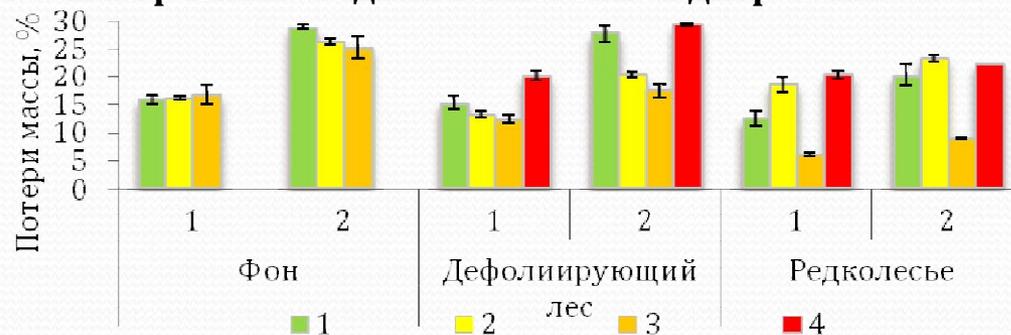
Зависимость скорости разложения активных фракций опада от исходных концентраций элементов питания и соотношений лигнин/N, C/N и N/P в хвойных лесах (Иванова и др., 2019)

Положение смешанных образцов опада в пространстве двух первых осей анализа главных компонент (PCA)



1 – листья березы, 2 – листья брусники, 3 – листья вороники, 4 – листья черники, 5 – хвоя сосны, 6 – хвоя ели, 7 – векторы переменных. Обозначения: л-н – лигнин, ПМ1 и ПМ2 – потери массы за первый и второй год.

Скорость потерь массы опада доминирующих видов растений через 1 и 2 года разложения в сосновых лесах на разных стадиях техногенной дигрессии.



Опад: 1 – хвоя сосны, 2 – листьев брусники, 3 – листьев вороники, 4 – листьев черники.

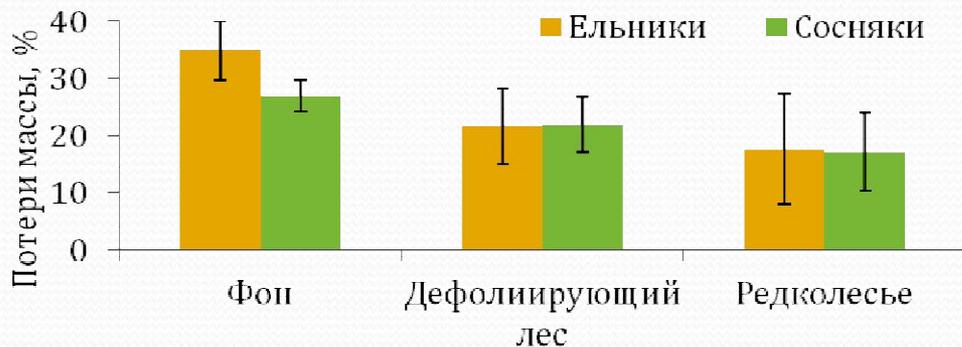
❖ В исходном составе растительных остатков в сосновых лесах в условиях воздушного загрязнения по сравнению с фоном содержание Ca, Mg, K, Mn снижается, соотношения лигнин/N, C/N, N/P - возрастают.

❖ На стадиях техногенной дигрессии по сравнению с фоном в процессе разложения наблюдаются накопление Fe, Al, Ni и Cu и потери Ca, K, Mg и Mn.

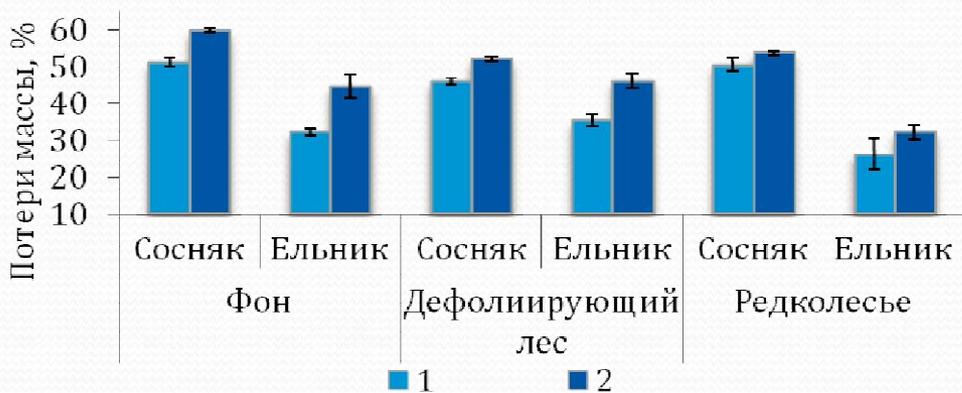
Снижение скорости разложения опада листьев вечнозеленых кустарничков и хвоя сосны с 27% в фоновых условиях до 17% в техногенных редколесьях,

Потери массы, элементов питания и коэффициенты обогащения элементами растительных остатков вечнозеленых видов растений в еловых и сосновых лесах на разных стадиях дигрессии (Иванова и др., 2019)

Потери массы вечнозеленых растений в еловых и сосновых лесах через 2 года разложения



Потери массы листьев березы через (1) и (2) года разложения в сосновых и еловых лесах на разных стадиях техногенной дигрессии.



- ❖ В течение двух лет опад вечнозеленых растений еловых лесов в фоновых условиях разлагался значительно быстрее, чем сосновых.
- ❖ Опад листьев березы в фоновых условиях быстрее разлагается в сосновых лесах по сравнению с еловыми (60 против 45% в сосняках).
- ❖ В дефолирующих еловых лесах по сравнению с сосновыми значительны потери Ca и Mn.
- ❖ В опаде еловых техногенных редколесий по сравнению с сосновыми через 2 года разложения наблюдаются более высокие уровни накопления N, P, Al, Zn, Fe, Ni и Cu.

Потери массы, коэффициенты обогащения и потери/аккумуляция Ni и Cu неактивными фракциями опада в еловых и сосновых лесах на разных стадиях дигрессии

Потери массы, %

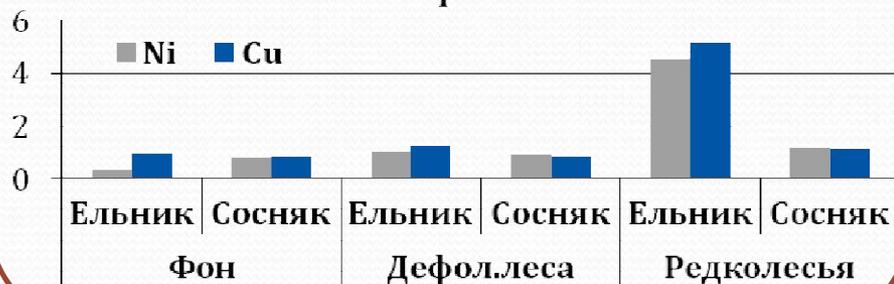


Коэффициенты обогащения

Древесина



Кора



Потери/аккумуляция Ni и Cu

Древесина



Кора



Химический состав опада хвои сосны в сосновых лесах на разных стадиях дигрессии (по данным 1997, 2014-2017 гг)

	Среднее		
	Фон	Дефол.леса	Редкол.
Ca	4397,9	3875,4	5055,9
Mg	444,9	310,7	407,1
K	684,2	725,2	658,3
Al	375,8	548,9	558,1
Fe	135,0	212,9	356,2
Mn	1072,3	754,9	366,7
Zn	941,4	776,4	427,5
Ni	3,9	69,2	386,7
Cu	2,4	20,1	78,2
S	207,0	411,2	596,5
P	306,9	370,8	267,3
N	3433,6	3598,5	3155,9
C%	56,7	57,0	55,7
C/N	210	173	196
C/P	1982	1618	2199
N/P	11	10	12

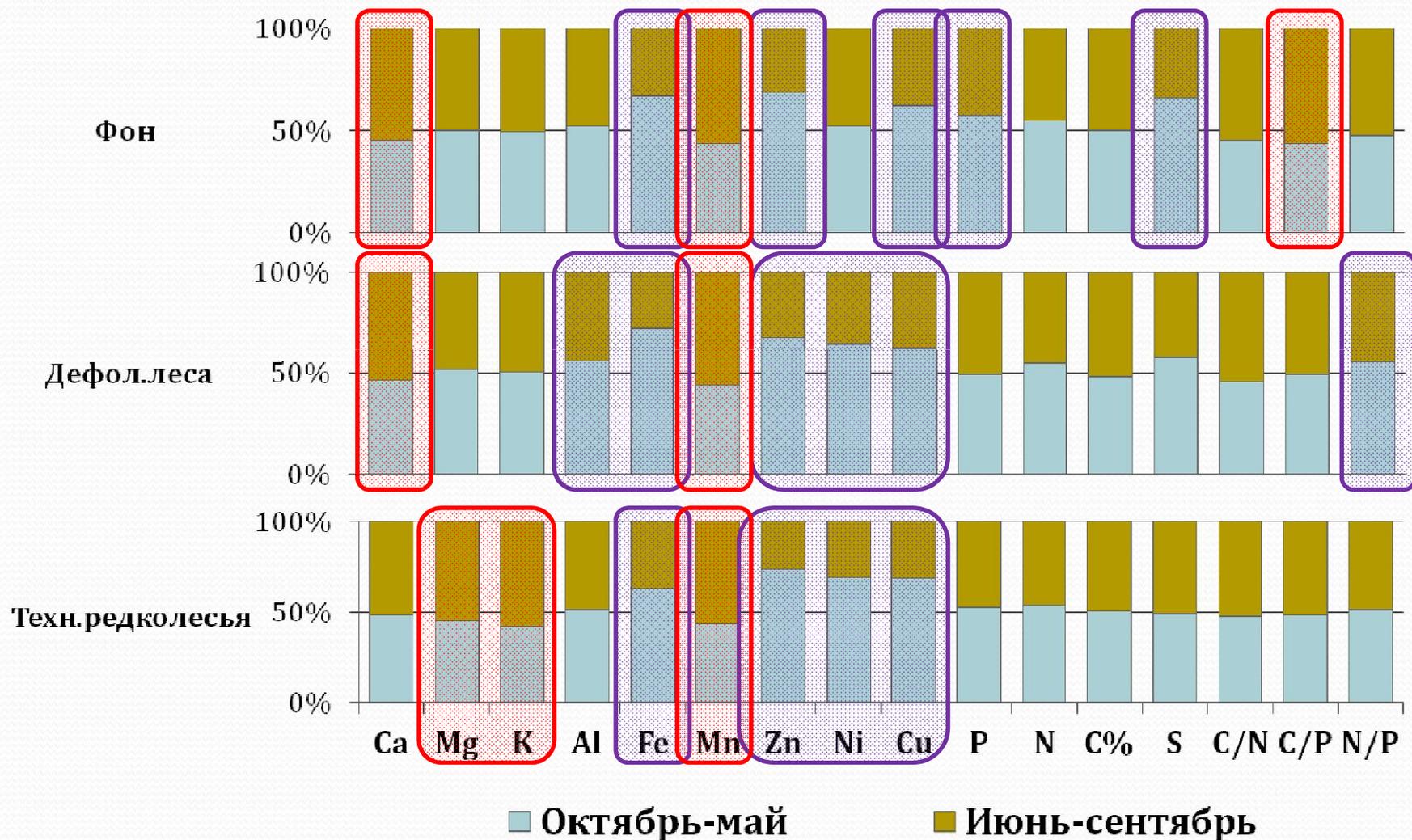
❖ Опад хвои сосны в фоновых условиях характеризуется относительно высоким содержанием Mg, Mn и Zn и низким – Al, Fe, Ni, Cu, S ($p < 0,05$).

❖ В дефолирующих лесах опад хвои сосны отличается высоким содержанием P и самым низким содержанием Ca, Mg.

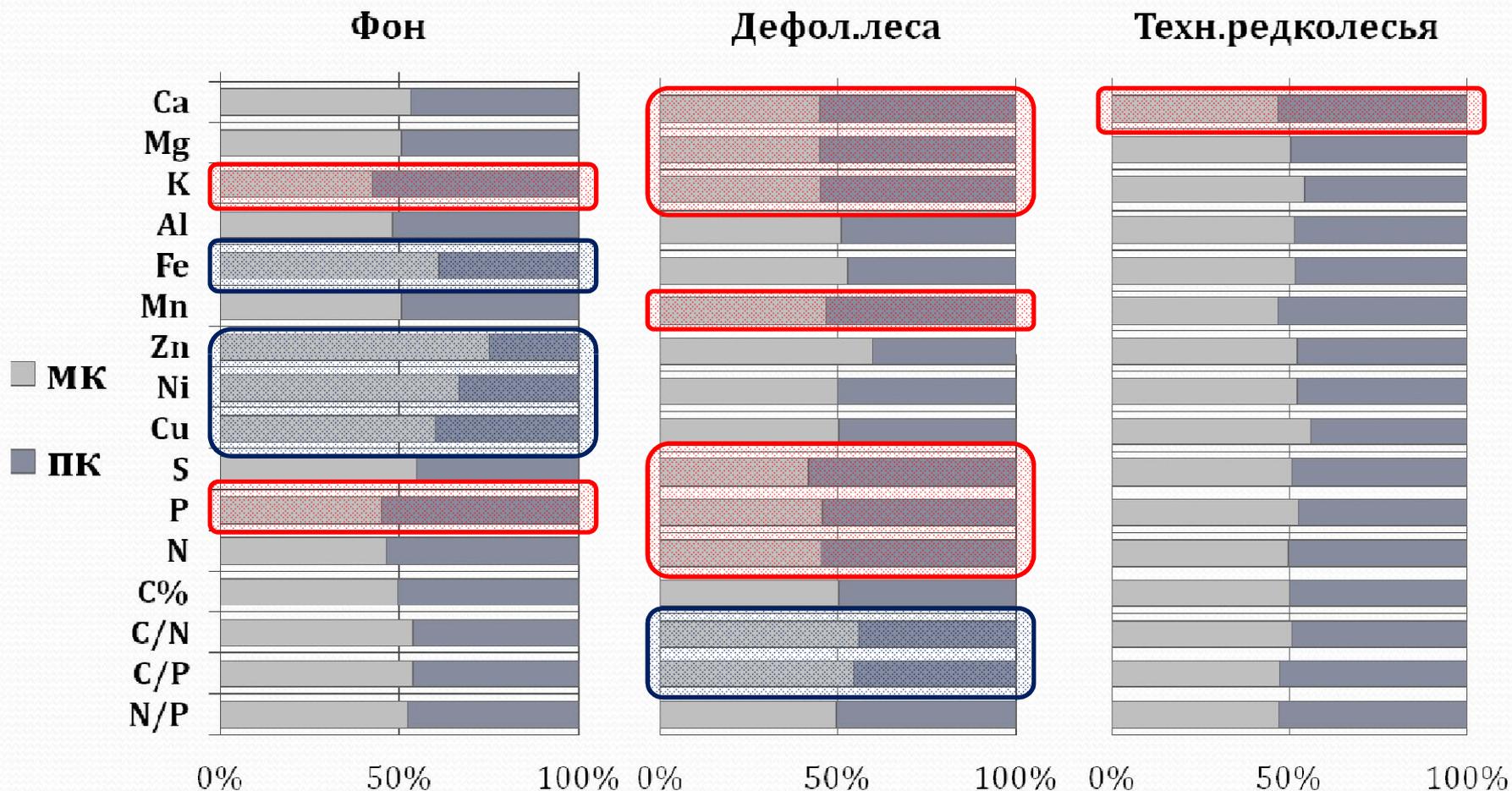
❖ В техногенных редколесьях - высокими концентрациями Ca, Al, Fe, Ni, Cu, S и низкими – Mn, Zn и P.

❖ Опад хвои сосны в дефолирующих лесах характеризуется самыми низкими значениями соотношений C/P и N/P, в редколесьях наблюдаются высокие значения соотношений C/P и N/P.

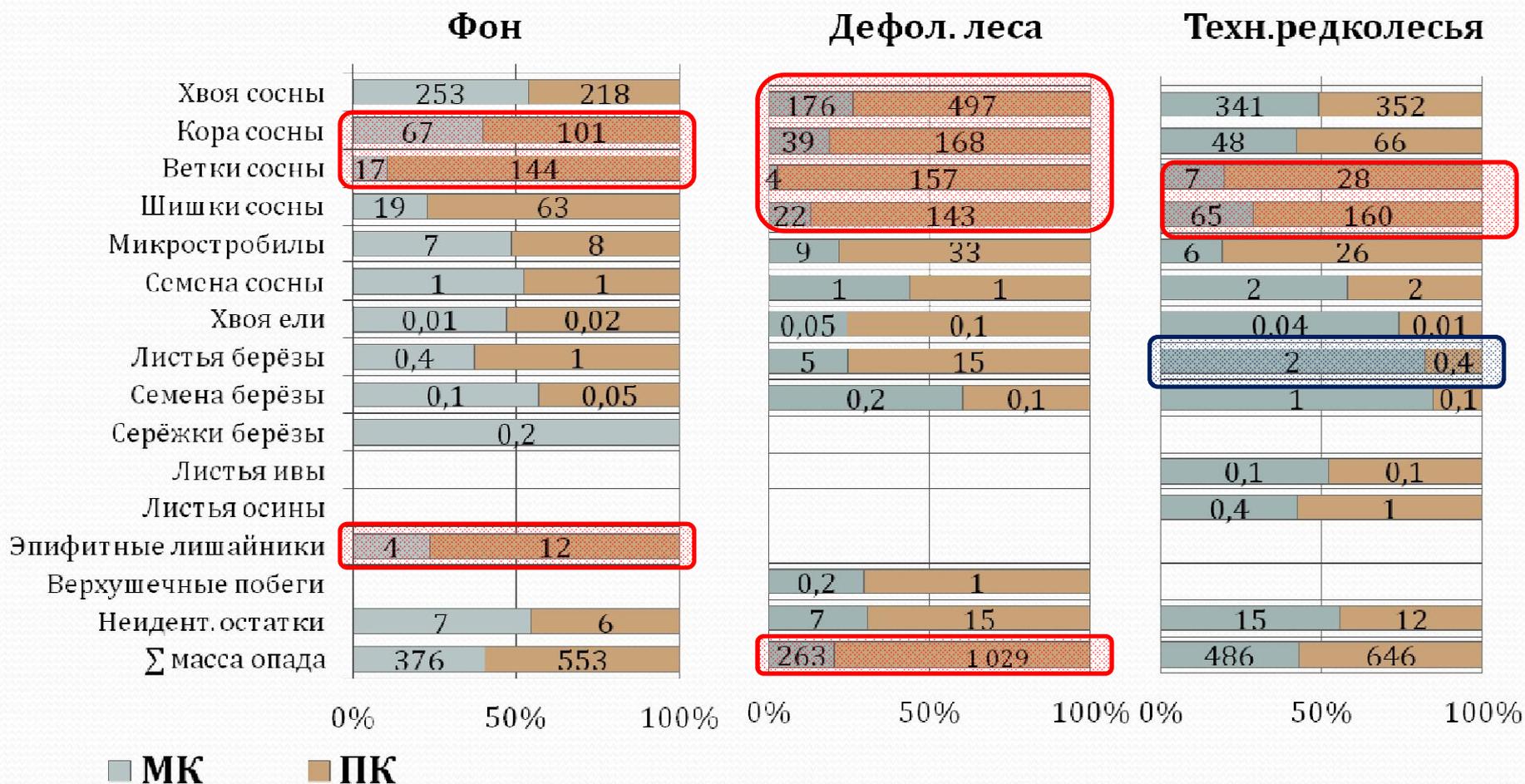
Сезонная изменчивость химического состава опада хвои сосны в сосновых лесах на разных стадиях дигрессии (по данным 1997, 2014-2017 гг)



Пространственная изменчивость химического состава опада хвои сосны в сосновых лесах на разных стадиях дигрессии (по данным 1997, 2014-2017 гг)



Пространственные различия массы и фракционного состава древесного опада за период 2014-2019 гг., кг/га (Иванова, Лукина, Исаева, 2020)



Публикации за 2019-2020 уч.год

Статьи в журналах ВАК

Иванова Е. А., Лукина Н. В., Данилова М. А., Артемкина Н. А., Смирнов В. Э., Ершов В. В., Исаева Л. Г. Влияние аэротехногенного загрязнения на скорость разложения растительных остатков в сосновых лесах на северном пределе распространения // Лесоведение, 2019. № 6. С. 533–546.

Статьи в сборниках и трудах конференций

Иванова Е.А., Лукина Н.В., Исаева Л.Г. Пространственная изменчивость поступления древесного опада в сосновых лесах Кольского полуострова // Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии. Материалы XXXI молодёжной научной школы-конференции, посвящённой памяти член-корреспондента АН СССР К.О. Кратца (Санкт-Петербург, 5–9 октября 2020 г). Санкт-Петербург: Своё издательство, 2020. С. 93-96.

Иванова Е.А., Лукина Н.В., Данилова М.А., Артемкина Н.А., Смирнов В.Э., Ершов В.В., Исаева Л.Г. Оценка влияния аэротехногенного загрязнения на формирование и разложение древесного опада в северотаежных сосновых лесах // Научные основы устойчивого управления лесами. Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием. Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. М., 2020. С. 36-41.

План 2 года

- Обработка данных по химическому составу живой хвои сосны последних лет жизни, бурой хвоей и опада хвоей сосны.
- Оценка внутрисезонной динамики массы и фракционного состава древесного опада сосновых лесов (данные 2018 года).
- Подготовка необходимого оборудования для закладки опыта по разложению.
- Выезды на стационарные пробные площади: май-июнь – отбор проб древесного опада. Август-сентябрь – отборы проб растительного опада и их лабораторная обработка (подготовка к закладке проб, разбор на фракции). Начало октября – отбор проб древесного опада на ППП, закладка проб для разложения.

Запланированные публикации

- Иванова Е.А., Лукина Н.В., Смирнов В.Э. ... Влияние аэротехногенного загрязнения на химический состав опада хвои сосны в сосновых лесах на северном пределе распространения //
- Иванова Е.А., Лукина Н.В., Смирнов В.Э. Сухарева Т.А... Особенности химического состава живой и опадающей хвои сосны в сосновых лесах на северном пределе распространения при аэротехногенном загрязнении //
- Иванова Е.А., Лукина Н.В., ... Внутрисезонная динамика массы и фракционного состава древесного опада в северотаежных сосновых лесах в условиях воздушного промышленного загрязнения //

A composite image featuring the Aurora Borealis in a starry night sky above a landscape with a sunset or sunrise over a body of water. The aurora displays vibrant green and yellow-green curtains against a dark blue, star-filled sky. Below, a landscape of dark, silhouetted hills and a body of water is illuminated by the warm, orange and yellow glow of a low sun or moon, creating a serene and majestic scene.

Благодарю за внимание!