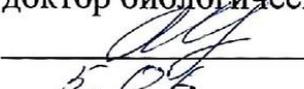


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ  
Кафедра геоэкологии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ  
В ГЭК  
Заведующий кафедрой  
доктор биологических наук, доцент  
 А.В. Синдирева  
5.06 2023 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
магистерская диссертация

ПОСЛЕПОЖАРНАЯ ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ В СУБАРКТИКЕ  
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

05.04.06 Экология и природопользование

Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнили работу  
(групповой проект)  
студентки 2 курса  
очной формы обучения


Омарова Дарина Альбертовна

Полухина Арина Михайловна

Руководитель  
к.г.н., доцент



Жеребятцева Наталья Владимировна

Рецензент  
к.г.н., доцент  
Руководитель Высшей  
экологической школы ЮГУ



Антюфеева Татьяна Валерьевна

Тюмень

2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	6
1.1. ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ЭКОСИТЕМЫ СУБАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ .....	6
1.1.1. Особенности постпирогенных сукцессий и динамики биомассы гипоарктических сообществ .....	9
1.2. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОЖАРОВ НА ДИНАМИКУ УГЛЕРОДА В СУБАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ ..	17
ВЫВОДЫ.....	23
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ .....	25
2.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ И ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	25
2.1.1. Географическое положение гарей.....	25
2.1.2. Геология и рельеф.....	26
2.1.3. Климат.....	27
2.1.4. Гидрография .....	28
2.1.5. Почвенно-растительный покров .....	29
2.1.6. Техногенное воздействие .....	30
2.2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	31
2.2.1. Полевые методы.....	31
2.2.2. Лабораторные методы .....	32
ВЫВОДЫ.....	38
ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ПОСТПИРОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ЯНАО .....	39
ВЫВОДЫ.....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	73
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	84

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность работы**

Лесные пожары оказывают долгосрочное и существенное влияние на сукцессионную динамику растительных сообществ, являясь важным эволюционным и экологическим фактором. Особое значение это приобретает в районах с экстремальными условиями среды, например в условиях Арктики, где растительные сообщества характеризуются слабой устойчивостью к внешнему воздействию. Изучение сукцессионной динамики растительных сообществ арктических и субарктических районов становится все более актуальным с ростом числа природных пожаров и отмечаемыми климатическими изменениями в высоких широтах. Причины возникновения пожара носят как природный, так и антропогенный характер и полностью исключить их возникновение невозможно. Даже при хорошо организованной профилактике возникновения лесных пожаров всегда будет существовать опасность их появления от естественных источников возгорания, в частности от сухих гроз [Иванов, 1996]. При этом низовые пожары слабой интенсивности часто могут способствовать возобновлению леса, повышать его продуктивность и видовое разнообразие. В то же время низовые пожары средней и сильной интенсивности, торфяные и верховые пожары вызывают повреждение или гибель большинства компонентов леса [Маслов, Маслова, 2020] и несут угрозу для производственных и гражданских объектов, в том числе объектов нефтегазовой отрасли. Однако и сами предприятия отрасли выступают в качестве пожароопасных объектов для природной среды [Гордиенко, 2018]. На данный момент вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов нефтегазового комплекса стоят как никогда остро.

**Цель исследования** - анализ структуры и состава экосистем на начальных стадиях восстановительных пирогенных сукцессий в субарктике Западной Сибири.

**Задачи:**

1) Проанализировать существующие исследования по постпирогенной динамике субарктических экосистем в лесотундре и подзоне северной тайги;

2) Построить пирогенные сукцессионные ряды для экосистем разных природных зон субарктики и проанализировать динамику структуру и состава фитоценозов;

3) Оценить динамику наземной фитомассы и запасов углерода в ней на начальных стадиях пирогенных сукцессий.

**Объект исследования** - субарктические экосистемы Ямало-Ненецкого автономного округа.

**Предмет исследования** - постпирогенная динамика тундровых и лесных фитоценозов.

**Защищаемые положения:**

1. При разной интенсивности пожаров меняется продолжительность стадии сукцессионного развития для одних и тех же сообществ.

2. На начальных стадиях послепожарной сукцессии снижается риск повторного возгорания за счет увеличения увлажнения территории и доли влаги в составе фитомассы.

3. С возрастом гарей происходит равномерное перераспределение пулов углерода в мохово-лишайниковом и травяно-кустарничковом ярусе.

**Методы исследования**

В работе использовались следующие методы:

- анализ;
- сравнительный;
- литературный;
- сравнительно-географический;
- экспедиционный;
- полевой геоботанический;
- лабораторный.

**Апробация результатов**

По результатам исследования были опубликованы тезисы в одном сборнике конференции «Актуальные вопросы устойчивого развития регионов, отраслей, предприятий» [Жеребятъева, Омарова, Полухина, с. 130–135].

### **Структура и объем диссертации**

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и 4 приложения. Текст работы изложен на 60 страницах печатного текста, включая библиографический список, содержит 33 рисунка, 10 таблиц. Библиографический список включает в себя 92 источников.

В первой главе анализируются литературные источники на тему влияния пожаров на территории субарктики, а также существующие исследования по послепожарной динамике растительности в лесотундре и подзоне северной тайги. Во второй главе дается физико-географическая характеристика районов исследования, а также описание использованных методов исследования. В третьей главе построены постпирогенные сукцессионные ряды для лесотундры и северной тайги Западной Сибири, проанализирована динамика структуры и состава фитоценозов, а также динамика наземной фитомассы и запасов углерода в ней.

Ответственные за главы:

Омарова Д.А. - глава 1, глава 3 (послепожарные сукцессионные ряды, динамика структуры и состава фитоценозов);

Полухина А.М. - глава 1, глава 2, глава 3 (динамика наземной фитомассы, запасы углерода в фитомассе на начальных стадиях постпирогенных сукцессий).

## ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

### 1.1. ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ЭКОСИТЕМЫ СУБАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Природные пожары являются одним из основных факторов, дестабилизирующим лесные экосистемы и регулирующий формирование новых послепожарных биогеоценозов [Курбатский, 1964; Валендик, 1996; Korovin, 1996; Sannikov, Goldammer, 1996; Furyaev et al., 2001]. Они оказывают долгосрочное и существенное влияние на сукцессионную динамику растительных сообществ, являясь важным эволюционным и экологическим фактором. Пожары видоизменяют структуру и состав леса, воздействуют на растительность и среду обитания животных, нарушают почвенный покров территории, а также регулируют широкий спектр экосистемных процессов [Попов, 1982; Санников, 1973]. Воздействие пожаров на растительность проявляется по-разному: как в результате прямого воздействия на растительные сообщества во время пожара, так и косвенно - через пирогенную (послепожарную) сукцессию.

Помимо отрицательного характера пожары могут выступать основным экологическим фактором, определяющим структуру, состав и производительность насаждений. Например, они способствуют ускорению процесса восстановления в погибших от насекомых вредителей лесах. Также благодаря систематически повторяющимся пожарам во многих экотопах обеспечивается существование светлохвойных высокопроизводительных насаждений, за счет уничтожения огнем подроста ели [Санников, 1992; Фуряев, 1996; Фуряев и др., 2014; Шубин, Залесов, 2016]. Факт благоприятного влияния низовых пожаров на возобновление леса, в частности на хвойные породы деревьев, отмечается во многих исследованиях [Санников, 1964, 1973, 1976, 1981; Коновалов, Луганская, 1962; Бойченко, 1980; Данчева, Залесов, 2017, 2018]. В научной литературе рассматриваются и другие

положительные последствия низовых пожаров, однако в целом лесные пожары, особенно верховые и торфяные, приводят к повреждению или гибели большинства компонентов лесных насаждений. В результате гибнут деревья, сгорает подрост, подлесок, лесная подстилка и живой напочвенный покров [Шубин, Залесов, 2013].

Причины возникновения пожара носят как природный, так и антропогенный характер и полностью исключить их возникновение невозможно. Даже при хорошо организованной профилактике возникновения пожаров всегда будет существовать опасность их появления от естественных источников возгорания, в частности от сухих гроз [Иванов, 1996]. В субарктических тундровых экосистемах природные пожары относительно редки по сравнению с другими биомами, в большинстве случаев пожары в тундре возникают с потеплением климата [Viereck and Schandelmeier 1980, Archibald et al. 2013]. Крупные пожары в тундре происходят в течение продолжительных теплых периодов без осадков, когда растительность и подстилка сухие [Hu et al., 2015, Masrur et al., 2018]. С изменением климата лето становится более засушливым, а продолжительность вегетационного периода увеличится, что приводит к более высокой вероятности возгорания, увеличению размеров и интенсивности пожаров в тундре [Moritz et al., 2012, Young et al., 2016].

Запас горючих материалов и их влагосодержание в наземной биомассе является важным фактором, влияющим на возникновение и распространение природных пожаров. Лесной горючий материал (ЛГМ) – это растения и их остатки различной степени разложения, которые могут гореть при пожарах и признаются достаточно однородными [Курбатский, 1972]. При этом ЛГМ образует структурный слой, по которому происходит распространение огня [Курбатский, 1970].

Лесные горючие материалы подразделяются на различные категории в соответствии с их способностью вызывать горение, расположением в биогеоценозе и их функциями во время пожара. Существуют проводники

горения, которые способствуют распространению огня, такие, которые задерживают его, а также ЛГМ поддерживающие горение [Курбатский, 1970]. В американской и канадской системах классификации пожарной опасности все наземные горючие материалы также разделены на группы в зависимости от их местоположения в биогеоценозе: почвенные, напочвенные и кроновые [Alexander, Lawson, 1984; Deeming, Burgan, 1978].

Формирование запасов ЛГМ зависит от различных экологических факторов [Буряк, Лузганов и др, 2003; Диченков, 1992; Иванова, 2014, 2016; Курбатский, 1970; Albin, 1976; Anderson, 1982]. При анализе литературных источников относительно формирования ЛГМ следует отметить следующее из факторов:

- В каждом биогеоценозе формируется свой собственный набор горючих материалов. Запасы ЛГМ определяются типом растительности, уровнем влажности и лесными пожарами. В зависимости от роли этих материалов в возникновении и распространении огня, они могут быть разделены на группы [Курбатский, 1970]. Запасы ЛГМ изменяются в течение сезона, и их функции также могут меняться [Курбатский, Иванова, 1987].

- Основные проводники горения, такие как опад и подстилка, играют важную роль в процессе горения. Количество подстилки варьирует в зависимости от типа леса и влияет на пирологические характеристики. Поступление опада и его разложение сбалансированы, обеспечивая относительную стабильность запаса подстилки в течение вегетационного периода.

- Запас надземной растительной фитомассы зависит от типа леса, возраста деревьев и сомкнутости древостоя. Внутри однородных лесных участков запасы ЛГМ варьируют из-за разнообразия растительного покрова, вызванного неоднородностью полога леса.

Исследования Ивановой Г.А. и Иванова В.А. [Иванова, Иванов, 2020] показывают, что запасы и структура напочвенных ЛГМ определяются не только типом растительности и влажностью, но также зональностью и

периодичностью лесных пожаров. Наблюдается тенденция увеличения запасов подстилки от лесостепи к северной тайге. Повторяющиеся лесные пожары влияют на накопление напочвенных ЛГМ, а интенсивность пожаров влияет на количество сгоревших горючих материалов и послепожарные процессы. Если в напочвенном покрове длительное время отсутствуют пожары, со сменой доминантов происходит снижение продуктивности травяно-кустарничкового яруса, изменение состава опада и увеличение биогенности подстилки.

Экспериментальные данные показывают, что уже через 2-3 года после пожара запасы напочвенных ЛГМ достигают уровня, который может поддерживать возникновение и распространение повторных пожаров, что является частым явлением [Иванова, Иванов, 2020].

#### 1.1.1. Особенности постпирогенных сукцессий и динамики биомассы гипоарктических сообществ

Изучением послепожарной восстановительной динамики лесов занимались многие отечественные и зарубежные авторы. В северных районах Западной Сибири такими исследованиями с 30-х годов XX в. занимались Б. Н. Городкова, В. С. Говорухина, А. П. Тыртикова и др.

В лесотундре и северной тайге восстановительная динамика леса после пожара часто происходит в условиях полного уничтожения растительности. Лыткина Л. П. отмечает, что в результате низовых пожаров в лиственничных лесах происходит полная трансформация состава и структуры растительности [Лыткина, 2009]. В ходе восстановления каждая стадия характеризуется присутствием определенных сообществ растений, где последовательность видов определяется их жизненными стратегиями.

Согласно исследованиям Т. А. Замараевой, полное восстановление растительного покрова может занимать до 150 лет [Замараева, 2012]. Для гари, на первой стадии восстановления, в первые 4–5 лет характерна стадия

березняка и восстановление *Larix sibirica*, *Betula tortuosa*, *Betula nana* и *Salix dasyclados*. Также начинает восстанавливаться травяно-кустарничковый покров, доминирующее положение в котором занимает *Ledum palustre*. На наиболее выгоревших участках встречаются пионерные виды *Chamaenerion angustifolium*, *Calamagrostis purpurea*, *Polytrichum juniperinum* [Абдульманова, 2010]. Мохово-лишайниковый покров возобновляется под кронами деревьев, кустарников, на открытых местах.

На второй стадии восстановления, через 4–50 лет, продолжается восстановление *Betula tortuosa* и *Larix sibirica*. В кустарниковом ярусе преобладает *Betula nana*. В травяно-кустарничковом ярусе все также преобладает *Ledum palustre*. Для второй стадии характерно наибольшее видовое разнообразие среди лишайников [Абдульманова, 2010].

На третьей стадии восстановления, через 50–100 лет после пожара, происходит окончательный выход лиственницы в первый ярус, полное восстановление кустарников, мхов и лишайников рода *Cladonia* [Замараева, 2011].

На последней стадии, через 100–150 лет после пожара, растительность достигает климаксного состояния, восстанавливаются молодой лиственничный лес, лесные мхи, с преобладанием в лишайниковом ярусе *Cladonia rangiferina* и значительным снижением видового разнообразия лишайников [Абдульманова, 2010]. На гарях возраста свыше 150 лет восстанавливаются практически все характерные элементы лиственничного леса [Замараева, 2011].

В своей работе А.М. Матвеев, Т.А. Матвеева и Е.О. Бакшеева отмечают положительное влияние пожаров на возобновление лиственницы самосевом при неполном выгорании подстилки [Матвеев, Матвеева, Бакшеева, 2012].

Согласно работе Московченко Д.В. с соавторами по лесотундре, возникновение пожаров в большинстве случаев происходит в кустарниковых лишайниково-моховых тундрах, редколесьях с кустарничково-лишайниковым покровом, на плоскобугристых мохово-лишайниковых болотах. Индикатором

повышенной пожароопасности является доминирование в структуре растительного покрова эпигейных кустистых лишайников [Московченко и др., 2020].

В работе Абдульмановой С. Ю. и Эктовой С. Н. представлена восстановительная динамика растительных сообществ по северной тайге Западной Сибири [Абдульманова, Эктова, 2015]. Описание растительного покрова в работе представлено для 5–150-летних гарей (рис.1). Для гари 5–20 лет характерна стадия березняка, при этом начинает восстанавливаться травяно-кустарничковый покров. На гари 25–35 лет продолжает восстанавливаться древесный ярус, с доминированием в кустарничковом ярусе *Betula nana*. Начинают восстанавливаться пирофитные лишайники. На 40–60-летних гарях окончательно восстанавливается лиственница, полное восстановление кустарников, кустистых лишайников, мхов, аборигенных видов растительности. На последней стадии восстановления 100–150 лет сообщество достигает климаксного сообщества.

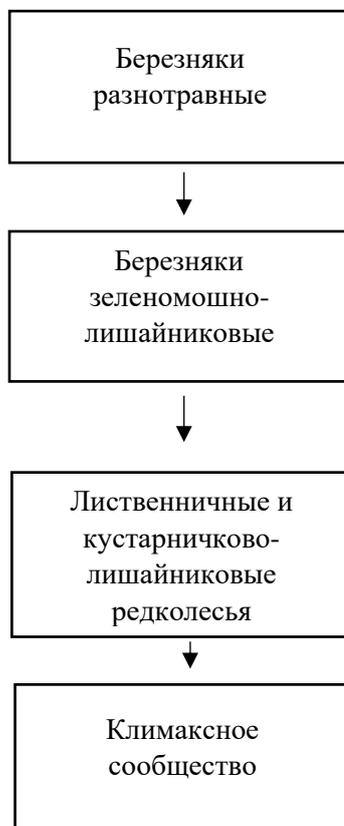


Рис. 1. Сукцессионный ряд на гарях разных лет (северная тайга)

[Абдульманова, Эктова, 2014]

Маслов М.Н с соавторами рассматривали восстановление растительных сообществ для гари 1, 2, 3, 12 и 60 лет в южной тундре в Хибинском горном массиве (Мурманская область) [Маслов и др., 2019].

Согласно исследованиям, растительные сообщества после пожара наследуют видовой состав ненарушенных фитоценозов и относятся к ассоциации *ArctooEmpetretum hermaphroditi*, последовательно проходя фазы от доминирования мхов до восстановления доминирования кустарничков. Постпирогенные фитоценозы существенно различаются по видовой структуре (рис.2).

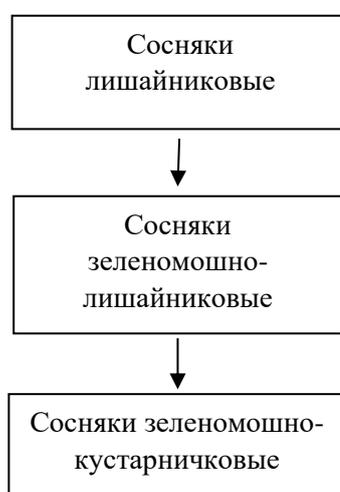


Рис. 2. Сукцессионный ряд на гаях разных лет (южная тундра)  
[Маслов и др., 2019]

На первой стадии сукцессии после пожара восстановление надземной биомассы происходит интенсивно за счет сохранившихся подземных побегов кустарничков и заселения гарей мхами и травянистыми растениями. В дальнейшем, при увеличении доминирования кустарничков, скорость восстановления общих запасов надземной биомассы снижается, и гари 3- и 12-летней давности по этому показателю не различаются. Восстановление запасов надземной биомассы до значений, статистически не отличающихся от контрольного участка, происходит только на гари 60-летнего возраста [Маслов и др., 2019].

В работах Прокушкина С. Г. с соавторами по северной тайге и Маслова М. Н. по южной тундре [Прокушкин и др., 2010; Маслов и др., 2019] представлена динамика наземной биомассы в послепожарных биоценозах схожих с участками нашего исследования.

В работах рассматриваются разновременные гари после пожара средней и высокой интенсивности, а также экосистемы с разными сроками постпирогенного самовосстановления фитоценозов и почв. Для северной тайги исследованы однолетние (2005 г.), 12-летние (1993 г.), 13-летние (1994 г.), 17-летние (1990 г.), 25-летние (1981 г.), 56-летние (1951 г.) гари и соответствующие им не поврежденные пожаром насаждения (фоновые участки) [Прокушкин и др., 2010]. Для территории южной тундры были исследованы гари 1, 2, 3, 12 и 60 лет [Маслов и др., 2019]. Подробная характеристика участков исследования представлена в работах.

Данные исследования показали существенное различие общих запасов наземной биомассы растений и ее структуры на разных стадиях постпирогенных фитоценозов. Заметна следующая тенденция: в первые годы после пожара восстановление надземной биомассы происходит интенсивно за счет сохранившихся подземных побегов кустарничков и заселения гарей мхами и травянистыми растениями (Рис.5). В дальнейшем, при увеличении доминирования кустарничков, скорость восстановления общих запасов надземной биомассы снижается, и гари 3- и 12–17-летней давности по этому показателю не различаются. Восстановление запасов надземной биомассы до значений, статистически не отличающихся от фоновых участков, происходит только на гари 56 и 60-летнего возраста (Рис. 3, 4).

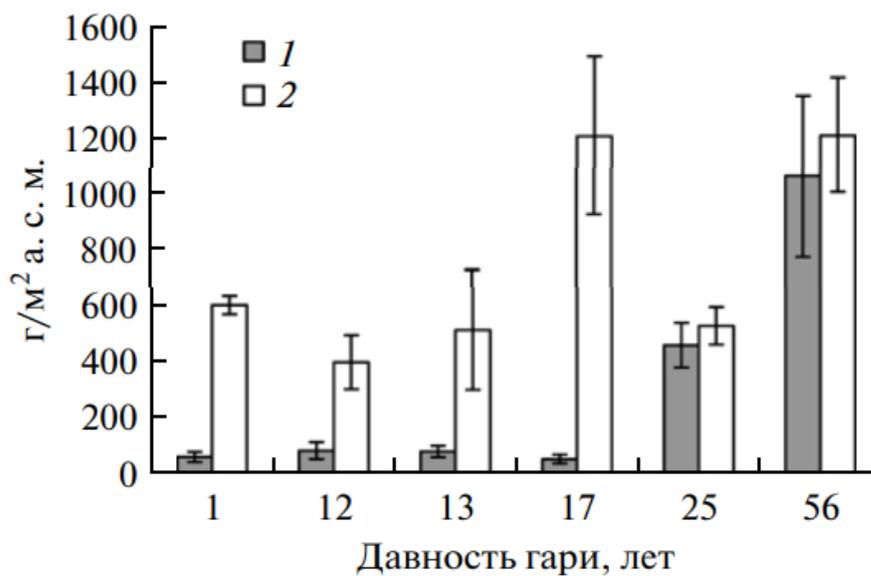


Рис. 3. Запасы живого почвенного покрова (ЖПН) на гаях и фонoвых участках в лиственничниках (северная тайга). 1 – гаяь, 2 – фон  
[Прокушкин и др., 2010]

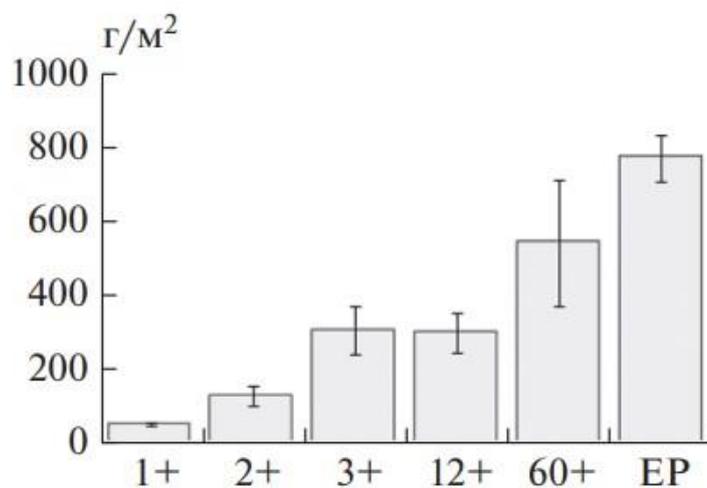


Рис. 4. Запасы надземной биомассы на разновременных гаях и фонoвом участке (EP – ерниковая экосистема) (южная тундра) [Маслов и др., 2019]

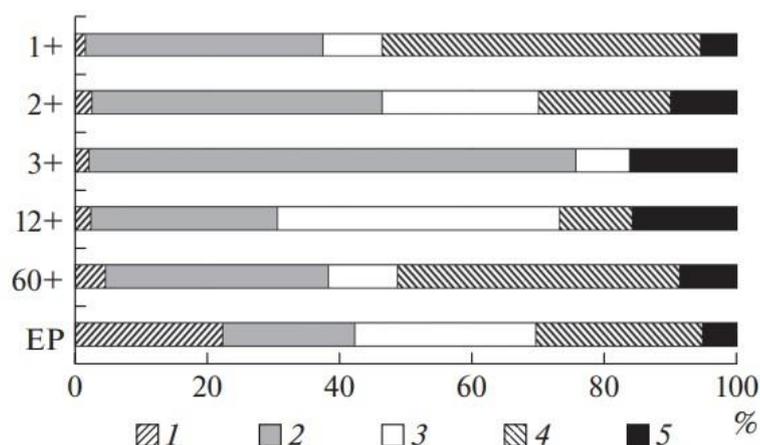


Рис. 5. Структура наземной биомассы растений на разновременных гарях и фоновом участке в % (южная тундра): 1 – лишайники, 2 – мхи, 3 – кустарнички вечнозеленые, 4 – кустарнички листопадные, 5 – травянистые растения [Маслов и др., 2019]

В целом, динамика послепожарного восстановления наземной биомассы на гарях идет медленно и для северотаежной территории на 17-летней гари ее запас составляет лишь 18.8%, а максимальное его восстановление происходит к 56-летнему возрасту и достигает примерно 87.6% от фонового участка (рис.3).

Что касается запасов углерода, то их содержание также существенно изменяется из-за воздействия пожаров. Так, в условиях криолитозоны выявлено, что содержание общего углерода ( $C_{\text{общ}}$ ) в подстилках лиственничников допожарной генерации изменяется от 30.7 до 43.1% и от 16.8 до 38.4% – на гарях (рис. 6). Резкое снижение концентрации ( $C_{\text{общ}}$ ) на гарях, и особенно в первые годы, связано в основном с эмиссией углекислого газа в атмосферу при действии высоких температур, изменением фракционного состава подстилки (Рис.7). В частности, в них возрастает количество обугленных остатков («черный» углерод) и снижается содержание свежего опада с высоким содержанием углерода – хвои, листьев, мелких веток. Кроме того, вполне вероятно, что снижение углерода связано и с его потерями в результате высокой интенсивности минерализации подстилок в

послепожарный период и вымывания осадками. В дальнейшем с увеличением срока давности пожара происходит постепенное восстановление листовенных фитоценозов и, как следствие, восстановление качественного состава подстилок и концентрации углерода в них (рис. 6).

Рассматривая влияние низовых пожаров и их последствия на запасы органического углерода в органогенных горизонтах на гарях разной давности, отмечено их резкое снижение, особенно в первые годы после пожара, что обусловлено уничтожением огнем значительной части органогенного горизонта и снижением концентрации углерода в нем. С возрастом гарей запасы углерода постепенно увеличиваются и через 56 лет после пожара за счет накопления количества подстилки и содержания углерода полностью восстанавливаются и превышают контрольные насаждения [Прокушкин и др., 2010].

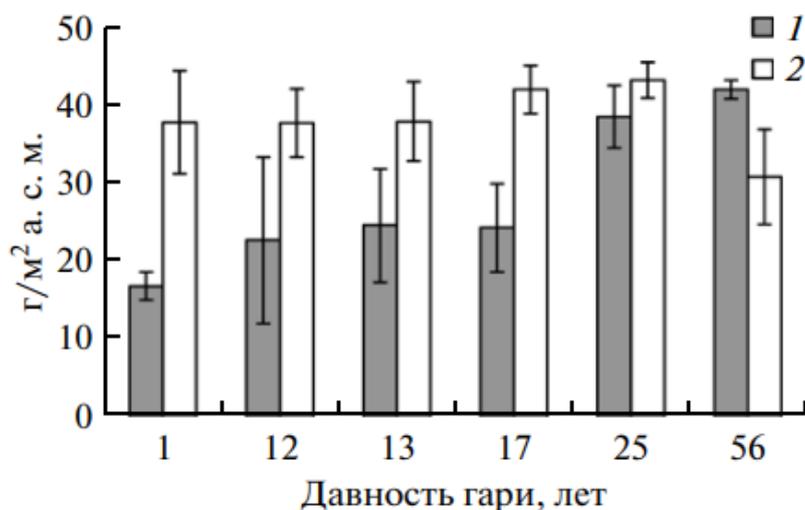


Рис. 6. Концентрация общего органического углерода ( $C_{\text{общ}}$ ) в подстилках на гарях и неповрежденных листовенных насаждениях (северная тайга) [Прокушкин и др., 2010]

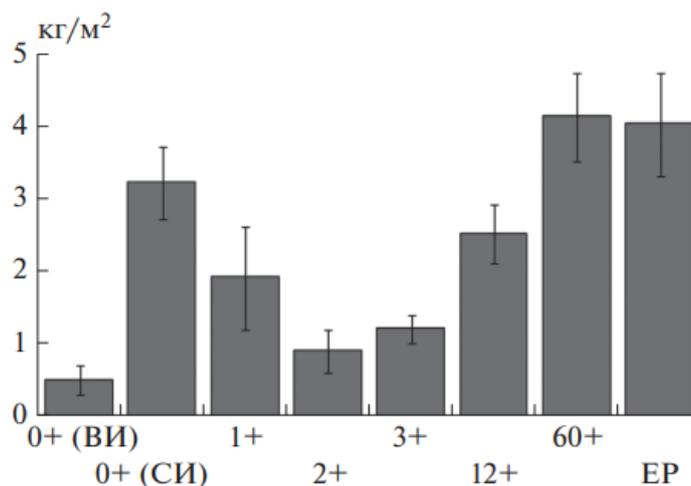


Рис. 7. Динамика запасов органического углерода в органогенном (пирогенном) горизонте на участках разновременных гарей и фоне (южная тундра): 0+ (ВИ) – почва после пожара высокой интенсивности; 0+ (СИ) – почва после пожара средней интенсивности. [Маслов и др., 2019]

## 1.2. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОЖАРОВ НА ДИНАМИКУ УГЛЕРОДА В СУБАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Исследования, связанные с долгосрочными последствиями тундровых пожаров, до недавнего времени проводились редко, и поэтому влияние пожаров на динамику углерода тундровых экосистем остается до конца не изученным [Mask, 2011].

Оценкой прямых пирогенных эмиссий углерода в лесах занимаются многие авторы [Ping, 2008; McGuire, 2009; Boby, Schuur, Mack, Johnstone, Verbyla, 2010; Turetsky, 2011; Ершов, Сачилова, 2020 и др.]. Согласно анализу работ зарубежных и отечественных исследователей, во время пожара углерод напрямую выбрасывается в атмосферу через сжигание надземного и приземного топлива. Количество выбрасываемого углерода зависит от силы пожара, которая может значительно варьироваться от региона к региону. Понимание влияния пожара на накопление углерода важно, потому что слой

почвы содержит значительную часть углерода. В краткосрочной перспективе увеличение числа пожаров в будущем приведет к общему уменьшению запасов углерода в приземном слое. Потенциал увеличения выброса углерода в атмосферу, как прямо, так и косвенно, может иметь серьезные последствия для климатической системы [Ping, 2008].

Согласно исследованиям, проведенным на Аляске вблизи реки Анактувук, экосистемы тундры потеряли в результате пожара  $2\ 016 \pm 435$  г С м<sup>-3</sup>, что в два раза выше годового обмена углерода в ненарушенной тундре. В масштабах всей сгоревшей территории пожар выбросил в атмосферу примерно 2,1 тераграмма углерода, что по величине аналогично годовому поглощению углерода для всей биомассы арктической тундры, усредненному за последнюю четверть двадцатого века [McGuire, 2009]. Потери углерода в результате пожара значительно больше, чем ежегодные поступления или выбросы в ненарушенной тундре. Потери углерода были примерно в пять раз больше, чем годовая чистая первичная продуктивность влажной кислой тундры (450 г /куб. м<sup>2</sup>;) и на два порядка превышают годовой баланс между производством и разложением (чистый обмен углеродом в экосистеме, 29,5 г / куб. м<sup>2</sup>).

Ландшафты арктической тундры накапливают большие запасы углерода в богатых органикой поверхностных горизонтах почвы, которые накапливались на протяжении тысячелетий [Harden, Sundquist, Stallard, Mark, 1992], а органические почвы торфяников, по крайней мере в бореальных и умеренных экосистемах, в сухом состоянии могут легко воспламеняться и могут сильно гореть [Boby, Schuur, Mack, Johnstone, Verbyla, 2010; Turetsky, 2011]. До 18% почвенного пула углерода глубиной в один метр в арктической тундре может быть подвержено прямой потере в результате сжигания, поскольку он содержится в поверхностных органических горизонтах [Ping, 2008]. Эта доля была тщательно подсчитана для содержания 100 Мкг углерода в арктических почвах Северной Америки и, вероятно, аналогична для 496 Пг углерода, накопленных в регионе циркумарктической вечной мерзлоты.

Таким образом, если почвы тундры сгорят, увеличение количества пожаров в этом биоме может быстро перенести значительное количество углерода в атмосферу, сократив запасы углерода в ландшафте, увеличив уровень атмосферного CO<sub>2</sub> и усиливая потепление климата.

Нарушение экосистем, в частности лесные пожары, является главным фактором баланса углерода. Исследования показывают, что в течение нескольких лет после пожара происходит существенная потеря почвенного углерода и питательных веществ. Согласно экспериментам, проведенными канадскими исследователями, в 1980-е годы лесные экосистемы Канады из стоков углерода трансформировались в эмиттеры. Это подтверждается последней статистикой пожаров [Arctic Climate Impact Assessment, 2005]. Исследования моделей в бореальных лесах Северной Америки показали, что потери углерода вследствие пожаров не компенсируются более интенсивным ростом. Лишь очень сильное увеличение темпов роста лесов может восполнить потерю углерода из-за изменения характера нарушений [Kurz, 2008].

Лесные пожары играют решающую роль в динамике углерода в субарктическом поясе не только во время непосредственного горения, но и потом. После низового пожара может произойти отпад древостоя, что приведет к выбросу углерода при отмирании хвои и листьев, так как эти части разлагаются наиболее быстро [Arctic Climate Impact Assessment, 2005]. Согласно исследованиям, приведенным выше по бореальным лесам Канады, существует прямая корреляция между балансом углерода и нарушениями в экосистемах, вызванных пожарами, которые произошли с 1948 по 2005 год [Bond Lamberty, 2007]. Так называемые «язвы», которые остались после пожаров в лесных ландшафтах, остаются нетто эмиттерами углерода даже спустя десятилетия.

Результаты исследований в субарктических лесах Аляски показывают, процент почвенного углерода, который стимулируется нагреванием почвы при пожаре [Arctic Climate Impact Assessment, 2005]. Эмиссия углерода после

лесных пожаров в Канаде с 1959 по 1999 год составляла 0,027 Гт ежегодно, в некоторые годы превышая 0,1 Гт. В Сибири с 1998 по 2002 год она достигала в среднем 0,2 Гт [Spracklen, 2008].

Объемы выбросов, возникающих вследствие воздействия огня на субарктические леса, превышают 20 % от общего объема эмиссий из-за сгорания биомассы на всей планете. Оценка потенциального воздействия изменения климата в Арктике, опубликованная Арктическим советом в 2005 году подтвердила, что воздействие пожаров снижает сток углерода. Согласно результатам, потепление на 5 °С приведет к уменьшению почвенного стока углерода на 6–20 % в течение 25 лет [Arctic Climate Impact Assessment, 2005].

Огонь усиленно влияет на вторичные сукцессионные процессы и поэтому контролирует долгосрочные закономерности накопления углерода в ландшафте. Множественные пожары являются важным фактором при определении углеродного баланса бореальных лесов. Используется чистый баланс углерода экосистемы в наземных экосистемах, как мера чистой скорости накопления (или потери) углерода в экосистемах [McGuire, 2004]. Он зависит от разницы между чистой первичной продукцией, гетеротрофным дыханием ( $R_h$ ) и общими потерями углерода во время пожара. Чистый баланс углерода может быть положительным, т. е. он указывает на поглотитель углерода или отрицательный, указывающий на источник углерода в атмосфере. Сразу после пожара чистый баланс углерода низкий из-за низкой биомассы растительности, в то время как  $R_h$  часто увеличивается из-за более благоприятного условия для разложения (от повышенной температуры почвы) и больше мертвой органики (растительности, погибшей от пожара). В результате  $R_h$  приводит к потерям углерода в атмосфере на ранних стадиях вторичной сукцессии. В начале-середине сукцессии чистая первичная продукция начинает опережать потери углерода в результате  $R_h$  и приводит к чистому поступлению углерода растительностью. Для правильной оценки баланса углерода необходимо учитывать состояние ландшафта до

возникновения пожара [McGuire, 2004], поскольку это основной фактор, влияющий на динамику углерода [Курц и Аппс, 1999; Чен и др., 2002, 2003].

Темпы потерь углерода в почве на единицу сгоревшей площади были более быстрыми, чем в других климатических условиях, которые могут повлиять на баланс углерода в экосистеме тундры в будущем. Потери при горении были в 30-50 раз быстрее, чем связанные с разложением механизмы, такие как стимулирование разложения органического вещества почвы в результате повышения среднегодовой температуры на 5 °С [Luo, 2017], обусловленное температурой увеличение доступности азота, которое может непосредственно стимулировать активность микроорганизмов [Mack, Schuur, Bret-Harte, Shaver, Chapin, 2004], или проседание грунта в результате таяния вечной мерзлоты и грунтового льда [Schuur, 2009]. Как в местном, так и в региональном масштабах выбросы от пожаров такого масштаба могут мгновенно компенсировать или обратить вспять процессы круговорота углерода, которые, согласно гипотезе, отрицательно влияют на потепление, такие как озеленение Арктики [Sturm, Racine, Tape, 2001].

Исследования в Арктике показали, что относительно молодой возраст утраченного углерода в почве и высокая выживаемость злаковых растений (осоки) при пожаре на реке Анактувук создают потенциал для замещения потерь углерода в растениях и почве за счет производства новых растений до следующего пожара, предполагая, что период возврата огня составит 80-150 лет, аналогичный периоду в бореальных лесах [Balshi, 2009]. Однако это время замещения подразумевает, что переход к новому режиму пожаротушения будет способствовать чистому переносу углерода из экосистем в атмосферу, поскольку последующие пожары переводят никогда не горевшую тундру в экосистемы ранней сукцессии с меньшим запасом углерода.

Анализ работ соотечественников также показал потерю углерода субарктических экосистем после пожаров. В исследовании, проведенном Честных О.В. с соавторами [Честных, Лопес де Греню, 2003], была выявлена потеря 2 кг углерода на м<sup>2</sup> после пожаров в южной тундре (близкой по

условиям к лесотундре). Запасы наземного растительного углерода восстанавливаются на 50 % и 110 % за 8 и 15 лет соответственно, тогда как запасы почвенного углерода за 11 лет восстанавливаются лишь на 20 %. Также было отмечено, что выбросы углерода в результате пожаров являются основным фактором, приводящим к неопределенности в оценке параметров углеродного цикла экосистем лесов Сибири (включая лесотундру) [Леса и болота..., с. 641-645].

Именно пожары, по мнению Д. Г. Замолодчикова (2013), являются главной причиной межгодовых вариаций углеродного баланса бореальных лесов России.

В литературных источниках чаще указывается о негативном влиянии лесных пожаров на депонирование углерода. Основная причина — это сокращение надземной биомассы [Барталев и др., 2015; Ершов, Соколова, 2020]. Другие источники считают, причиной сжигание органического вещества почвы [Walker et al., 2018, 2019].

Общий объем эмиссии углерода после пожара в бореальных лесах России оцениваются в 35–93 млн. т углерода. Это эквивалентно от 128 до 340 млн тонн  $\text{CO}_2$  ежегодно выбрасываемого в атмосферу. Используя косвенные оценки лесных пожаров, некоторые авторы оценивают, что ежегодные выбросы от пожаров в России составляют более 150 млн. тонн углерода [Isaev, Korovin, 2005].

Согласно данным на 2020 год лидирующее место в России по горимости лесов занимает Республика Саха (Якутия) [О состоянии и об охране окружающей среды..., 2020].

Интересные данные приведены в работе Ершова Д.В. и Соколовой Е.Н. по эмиссии  $\text{CO}_2$  в Республике Саха (Якутия). Анализируются 2003 и 2012 года, в которые абсолютные размеры пирогенных эмиссий составляли 127,1 МтС и 83,8 МтС соответственно. Интенсивность прямых пирогенных выбросов углерода после 2012 года увеличились в 1,4 раза. До этого средняя площадь

поврежденных лесов и размеры эмиссий составляли 3,95 млн. га и 29,2 МтС, а за последние 9 лет – 5,7 млн. га и 41,1 МтС [Ершов, Сочилова, 2020].

Кукавская Е.А. в своей работе по балансу углерода в Западной Сибири приходит к выводу, что «эмиссия углерода при горении составляет значительный вклад в общий баланс». Эмиссия зависит от интенсивности пожара, но в любом случае она превосходит ежегодные потери углерода от разложения органического вещества [Кукавская, 2006].

Куликова М.А. и Соромотин А.В. [Куликова, Соромотин, 2023] в своей работе пришли к выводу что деградация растительного покрова, в частности в лесотундре Западной Сибири, приводит к снижению фиксации углерода в экосистемах подвергнутых пожарами. По мере активной сукцессии фитомассы первичная продуктивность увеличивается и может превысить таковую на нетронутым пожарами участке.

Число пожаров в субарктических лесах за последние несколько десятков лет возросло [Korovin, 1996]. Более того это число может еще более возрастать в условиях продолжающегося пирогенного нарушения экосистем [Furyaev et al., 2001; Krawchuk, Dimming, Flannigan, 2009].

Таким образом, исследования по оценке динамики и балансу углерода при пожарах углерода являются актуальными. Все источники литературы сходятся на том, что пожары в субарктическом поясе по всему миру потенциально могут высвободить большое количество углерода и уменьшать запасы углерода в ландшафте, оказывая непосредственное воздействие на атмосферный углерод и климат, которое является быстрым по сравнению с другими потенциальными последствиями изменения климата в экосистемах тундры.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, анализ литературных источников показывает, что лесные пожары в субарктике оказывают долгосрочное и существенное

влияние на сукцессионную динамику растительных сообществ. Пожары видоизменяют структуру и состав растительного покрова. В результате гибнут деревья, сгорает подрост, подлесок, лесная подстилка и живой напочвенный покров. Индикатором повышенной пожароопасности является наличие запаса лесных горючих материалов в наземной биомассе. Полное восстановление растительного покрова может занимать до 150 лет.

Изучив литературные данные по тематике пирогенных сукцессий, мы пришли к выводу что общие запасы наземной биомассы растений и ее структуры на разных стадиях постпирогенных фитоценозов существенно различаются. В первые годы после пожара восстановление надземной биомассы происходит интенсивно за счет сохранившихся подземных побегов кустарничков и заселения гарей мхами и травянистыми растениями. Восстановление запасов надземной биомассы до значений, статистически не отличающихся от фоновых участков, происходит только через 60 лет.

Лесные пожары играют решающую роль в динамике углерода в субарктическом поясе. Увеличение числа пожаров в будущем приведет к общему уменьшению запасов углерода в приземном слое. Выбросы углерода в результате пожаров являются основным фактором, приводящим к неопределенности в оценке параметров углеродного цикла. Пожары в субарктическом поясе потенциально могут высвободить большое количество углерода и уменьшать запасы углерода в ландшафте, оказывая непосредственное воздействие на атмосферный углерод систем лесов Сибири.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### 2.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ И ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в редколесных лиственничных и березово-лиственничных фитоценозах в районе пгт. Тазовский и г. Надым Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). Согласно физико-географическому районированию Тюменкой области данные территории расположены в лесотундровой и лесной широтно-зональной области, Нижнетазовской и Надымской провинции [Гвоздецкий и др., 1973].

#### 2.1.1. Географическое положение гарей

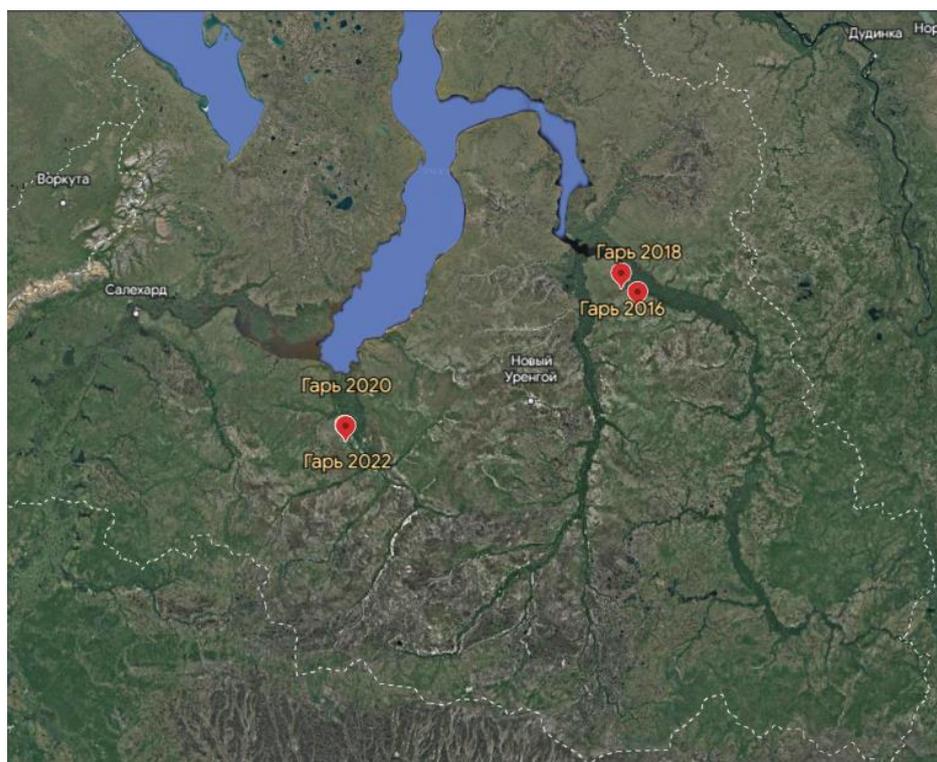


Рис. 8. Расположение исследуемых участков [google.maps] (составлена автором)

Исследуемые участки, подвергшиеся возгоранию, расположены в Тазовском и Надымском районах ЯНАО. Первый и второй участок находятся в Тазовском районе в 30 и 60 км к северо-востоку от поселка Тазовский (координаты участков  $67^{\circ} 11' 21''$  с.ш.,  $78^{\circ} 53' 26''$  в.д. и  $66^{\circ} 59' 57''$  с.ш.,  $79^{\circ} 18' 04''$  в.д.), установлено, что пожары на участках произошли в 2016 и 2018 годах соответственно. Третий и четвертый исследуемый участок расположен в 13 и 11 км к западу от города Надым ( $65^{\circ} 32' 58''$  с.ш.  $72^{\circ} 15' 52''$  в.д. и  $65^{\circ} 32' 56''$  с.ш.  $72^{\circ} 15' 52''$  в.д.), пожары на данных территориях произошли в 2020 и 2022 году соответственно (Рис.8).

### 2.1.2. Геология и рельеф

В геологическом отношении районы исследования находятся в пределах Евразийской литосферной плиты, которая находится в составе протяженного Урало-Монгольского складчатого пояса, в основании лежит эпигерцинская Западно-Сибирская плита.

В геологическом строении территории дочетвертичные породы в основном представлены верхнеолигоценными зеленоватыми озерными алевритами с хлоритом. Четвертичные отложения сложены в основном верхнеоплейстоценовыми озерно-аллювиальными отложениями второй надпойменной террасы (супеси, пески, суглинки) и аллювиальными отложениями первой надпойменной террасы (супеси, пески, суглинки, торф). Также широко распространены современные аллювиальные отложения, представленные хорошо сортированными мелкозернистыми песками [Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа, 2004].

Фундамент перекрыт в стратиграфической последовательности морскими и континентальными осадочными образованиями юрской, меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем, слагающих мощный мезозойско-кайнозойский платформенный чехол [Бакулин, Козин, 1996]. Также на территории распространены многолетнемерзлые породы.

Территория Надымского района расположена на севере Западно-Сибирской равнины, в пределах Надымской низменности, где абсолютные отметки высот колеблются в пределах от 15-20 до 50 м. Тазовский район сочетает слабо поднятые возвышенности (Гыданская, Юрибейская) и низменности (Северо-Гыданская, Южно-Гыданская и Мессояхская) [Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа, 2004]. Рельеф территории плоский и пологоволнистый со скоплениями бугров и гряд многолетнего пучения. На Тазовском полуострове распространены низменные плоские морские равнины, заболоченные в низких местах.

### 2.1.3. Климат

Исследуемые территории находятся в различных климатических поясах: умеренном, субарктическом и арктическом. Климат Надымского района – умеренно -континентальный, тогда как исследуемые участки в Тазовском районе относятся к атлантической области субарктического климата и арктическому климатическому поясу. Продолжительность солнечного сияния составляет от 1100 до 1600 часов в год, изменяясь с севера на юг. Суммарная солнечная радиация колеблется в диапазоне от 65 до 80 ккал/см<sup>2</sup> [Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа, 2004].

Согласно архивным данным метеостанции г. Надыма [Архив погоды], среднегодовая температура в этом районе составляет около -7 °С. Средняя температура в январе составляет примерно -23 °С, а в июле около +15 °С. Наименьшее количество осадков обычно выпадает в феврале и составляет в среднем 20 мм, в то время как наибольшее количество осадков наблюдается в августе и составляет около 70 мм. В среднем за год в Надыме выпадает около 500 мм осадков. В среднем за год в Надыме выпадает около 500 мм осадков.

Относительно п. Тазовский, данные метеостанции показывают, что среднегодовая температура составляет -7,9 °С [Архив погоды]. Самым холодным месяцем является январь со средней температурой -27.2 °С, а самым

теплым месяцем является июль с температурой около 15.5 °С. Среднегодовое количество осадков составляет 450 мм. Наибольшее количество осадков наблюдается в августе, а наименьшее в феврале. Снежный покров обычно устанавливается во второй декаде октября и имеет толщину от 30 до 70 см. В среднем снежный покров держится до середины мая (220–240 дней) [Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа, 2004].

Климатические особенности исследуемых районов сильно зависят от их северного положения, низкой солнечной радиации, высокой циклонической активности и равнинного рельефа территории. Зимой в атмосферной циркуляции основную роль играет Азиатский антициклон, и его ослабление приводит к преобладанию западного циклонического переноса, что способствует проникновению влажных воздушных масс с Атлантики, сопровождающихся потеплением и снегопадами. В теплый период года усиливается меридиональный перенос воздушных масс.

#### 2.1.4. Гидрография

Гидрографическая сеть территории Тазовского района представлена бассейном р. Таз в южной части, р. Мессояха в центральной, р. Юрибей в северной, а также многочисленными мелкими реками и озерами [Компаниец, 2015]. Гидрографическая сеть в этом районе хорошо развита. Реки получают питание в основном от снега (54%) и в значительной степени от грунтовых вод (27%). Период половодья в верхнем течении реки Таз наступает с конца апреля до сентября, в низовьях – с конца мая до сентября. Самый многоводный месяц – июнь (около 40% от годового стока). Реки замерзают в октябре и вскрываются в конце мая – начале июля [Лёзин, 2000]. Характерным для долин рек и заболоченных низин является наличие множества небольших озер. В этом регионе характерным является замедленный сток и низкий естественный дренаж грунтовых вод. Это связано с плоским рельефом, присутствием

депрессий, небольшими впадинами речных долин и горизонтальным залеганием осадочных пород.

Гидрографическая сеть в окрестностях города Надым состоит в основном из реки Надым. В бассейне реки Надым присутствует множество водотоков, озер и болот. Основные притоки реки включают Левую Хетту, Хейгияху, Ярудей с левой стороны и Татлягаяху, Симиеган, Танлову, Правую Хетту, Большой Ярудей с правой стороны. Самый многоводный месяц – июнь (одна треть от общего объема годового стока), а самый маловодный месяц – март (2,7% от годового стока) [Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа, 2004]. Питание реки в основном осуществляется за счет талых снеговых вод (54%). Период половодья начинается во второй половине апреля и мае, завершается в июне-июле. Летне-осенняя межень часто нарушается дождевыми паводками. Уровень минерализации воды реки Надым остается низким на протяжении всего года. Процентное соотношение заозерности в речном бассейне Надыма составляет 8,7% [Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа, 2004]. Подземные воды на исследуемой территории относятся к Западно-Сибирскому артезианскому бассейну, который включает два гидрологических горизонта: верхний (с пресными водами) и нижний (с солеными водами).

#### 2.1.5. Почвенно-растительный покров

Территория исследования по классификации Н. А. Гвоздецкого и Н. И. Михайлова расположена в тундровой, лесотундровой и лесоболотной зоне [Гвоздецкий, Михайлов, 1978]. Так Тазовский и Надымский районы расположены в Тазовской, Надым-Пурской и Обско-Тазовской провинции.

Изучаемый участок, расположенный в Тазовской провинции, имеет более северное положение и находится в зоне тундры. Здесь преобладают разнообразные кустарниковые тундры на тундрово-глеевых почвах, а также встречаются редкостные лиственничные подлески, расположенные в долинах

рек. Однако на более северных территориях значительные площади занимают заболоченные моховые и лишайниковые тундры. Для территории Надым-Пурской провинции характерны плоские заозеренные равнины с мохово-лишайниковыми и кустарниковыми тундрами на тундрово-глеевых почвах с листовенничными и елово-лиственничными редколесьями. Массивы редкостойных северотаежных елово-березовых и елово-лиственничных лесов на слабоподзолистых и глееподзолистых почвах встречаются в более южных районах на склонах с южной экспозицией, а также в речных долинах.

Обско-Тазовская провинция находится в северотаежной подзоне Западной Сибири и характеризуется наличием листовенничных, елово-лиственничных и кедровых лесов с низким бонитетом (IV-V). Почвы в этой провинции представлены супесчаными, песчаными подзолисто-болотными или глеево-подзолистыми типами. Характерной особенностью провинции являются обширные массивы верховых сфагновых болот и крупнобугристых торфяников, а также наличие множества болот и речных долин [Гвоздецкий, Михайлов, 1978].

#### 2.1.6. Техногенное воздействие

В настоящее время нефтегазовые компании активно вовлечены в разработку месторождений в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО), что приводит к возникновению техногенных нарушений и негативно сказывается на экологическом состоянии региона. Процесс освоения этих месторождений сопровождается нарушением почвенного и растительного покрова, а также деградацией многолетней мерзлоты. Наиболее значительное воздействие наблюдается в период строительства и инфраструктурного обустройства месторождений.

Также предприятия нефтегазовой отрасли выступают в качестве пожароопасных объектов для природной среды [Гордиенко, 2018]. На данный момент вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов нефтегазового

комплекса стоят как никогда остро, поскольку происходит резкий скачок роста строительства объектов нефтегазовой промышленности. Это развитие привело к росту количества и масштабов пожаров и объемных взрывов топливовоздушных смесей (ТВС), наносящих ущерб как самим предприятиям, так и окружающим сооружениям, населенным пунктам, а также природной среде [Мастепанов, 2019].

Анализ произошедших пожаров на объектах нефтегазового комплекса как в России, так и за рубежом позволяет выделить три основные взаимосвязанные группы причин, способствующих возникновению и развитию пожаров: возникновение пожаровзрывоопасной ситуации вследствие отказа оборудования; возникновение пожаровзрывоопасной ситуации вследствие ошибок персонала; нерасчетные внешние воздействия природного и техногенного характера. Наиболее вероятными сценариями развития аварийной ситуации являются взрыв ПВС (49%) и пожар пролива (36%). При этом данные сценарии сопровождаются крупным материальным ущербом, что объясняется проливом нефти на большие площади, для них характерны сложные процессы развития и затяжной характер ликвидации [Халиков, 2017].

## 2.2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.2.1. Полевые методы

В ходе полевых работ в июле-августе 2022 г. на территории Тазовского и Надымского районов были выбраны близкие по структуре и видовому составу фоновые участки и участки гарей разных лет 2016, 2018 (Тазовский) и 2020, 2022 гг. (г. Надым), для дальнейшей оценки состава и структуры лесных фитоценозов на разных стадиях пирогенной сукцессии.

На фоновых и пирогенных участках были заложены мониторинговые площадки 10x10 м. Малый размер площадок был обусловлен низкой

сомкнутостью крон (0,1–0,3), относительно однородным характером напочвенного покрова и небольшой площадью гарей. На фоновых и пирогенных площадках проводился полный пересчет всех сохранившихся деревьев, количество, возраст и высота, жизненное состояние подроста и подлеска и полное описание видового состава наземных ярусов [Раменский, 1937]. Перечислительная таксация деревьев была проведена согласно общепринятым методам [Оценка продуктивности древостоев, 2011]. Также был произведен отбор проб биомассы методом конверта, по углам площадки и в центре. В дальнейшем производилось ее взвешивание в сыром и сухом виде. После это биомасса была направлена в лабораторию для дальнейшего определения зольности и потерь при прокаливании.

#### 2.2.2. Лабораторные методы

Определение зольности отобранных образцов производилось в лаборатории НИИ экологии и РИПР, по стандартной методике определения зольности биомассы (ГОСТ Р 56881-2016). Сам метод основан на сжигании биомассы в муфельной печи при температуре  $575\pm 25^\circ\text{C}$ . Для этого необходимы следующие материалы и оборудование: 1) тигель для озоления, 2) эксикатор, 3) муфельная печь, 5) аналитические весы, 6) сушильный шкаф.

В предварительно прокаленный и взвешенный тигель отвешивают на аналитических весах 0,5-1 г пробы и взвешивают с точностью до 0,1 мг. Перед этим проба должна быть высушена в сушильном шкафу при температуре  $105^\circ\text{C}$  для удаления содержащейся в ней влаги (Рис.8). Массу тигля с навеской, высушенной при  $105^\circ\text{C}$ , записывают как начальную массу (масса тигля плюс масса навески). Затем открытый тигель с навеской ставят в холодную муфельную печь и постепенно нагревают ее до  $575\pm 25^\circ\text{C}$ , постепенное нагревание необходимо для избежания воспламенения пробы в печи (Рис. 10). После трехчасового прокаливании тигель вынимают из муфеля, ставят на асбестовый лист, закрывают крышкой и охлаждают 5 мин. Затем тигель

помещают в эксикатор на 30 минут для его полного охлаждения. Охлажденный тигель взвешивается, а результат записывается.



Рис. 9. Сушильный шкаф с образцами биомассы (1) и аналитические весы с прокаленным тиглем (2) (фото сделано автором)



Рис. 10. Муфельная печь (фото сделано автором)

Краткая характеристика дровостоя приведена в таблице 1. Для определения возраста деревьев и динамики пожаров были отобраны керны у лиственницы и кедра с гари 2020 и 2022 года.

Для расчета фитомассы древостоя, были использованы степенные уравнения, рассчитанные по регрессионным уравнениям зависимости массы отдельных компонентов фитомассы от диаметра ствола дерева на высоте 1,3 м, использованные из работ Осипова А.Ф. и Кутявина И.Н. для территории северной тайги [Осипов, Кутявин, 2022]. Коэффициенты необходимые для данной территории представлены в таблице 2. Сами регрессионные уравнения связи морфометрических и продукционных показателей деревьев были получены на основании биометрических признаков модельных деревьев [Усольцев, 2007]. Исследования, по данной тематике, подтверждают точность применения степенных уравнений для оценки фитомассы древостоя [Усольцев, 2007; Payne, Allan Cameron, 2019].

Таблица 1

## Краткая таксационная характеристика древостоя

Состав древостоя	Порода	Возраст (лет)	Кол-во деревьев, экз./га	Среднее	
				Диаметр (см)	Высота (м)
Фоновый участок 2020					
10Б+Л	Береза		771	3,77	5,30
	Лиственница		50	9,5	21,45
Участок гарь 2020					
10Б+Л	Береза		800	3,63	5,55
	Лиственница	200	25	7,5	15,9
Фоновый участок 2022					
10+ЛК	Береза		1700	7,26	8,18
	Кедр		100	4	5,2
	Лиственница		100	6	5,1
Участок гарь 2022					
5Б3К2Е+ Л	Береза		1275	4,20	6,01
	Лиственница	105	175	6,25	9,23
	Кедр	69	75	6,83	12,06
	Ель		100	9,23	5,25

Запасы отдельных фракций рассчитывались по следующим уравнениям:

В качестве функции, аппроксимирующей зависимость массы фракции дерева от его линейных размеров, представлена зависимость

$$y = a(d^2h)^b,$$

где  $y$  – это фитомасса фракции, кг абсолютно сухого вещества;  $d$  – диаметр ствола на высоте 1,3 м, см;  $h$  – высота, м,  $a$  и  $b$  – коэффициенты уравнения регрессии [Уткин и др., 1996; Zianis et al., 2005].

Данное уравнение применимо только для расчёта фитомассы отдельных фракций березы, для сосны и ели включение фактора  $h$  в уравнение признано нецелесообразным, и аппроксимацию зависимости массы фракции дерева от его линейных размеров проводили с использованием уравнения

$$y = ad^b.$$

Таблица 2

Характеристика уравнений ( $y = aD^b$ ) зависимости массы отдельных фракций фитомассы ( $y$ , кг) от диаметра ствола ( $D$ , см) на высоте 1,3 м.

Порода	Фракция	Коэффициенты			SEE
		$a$	$B$	детерминации ( $R^2$ )	
Сосна (зеленомошная группа типов леса)	Хвоя	0,0052	1,971	0,91	0,45
	Ветви	0,0022	1,9176	0,86	0,14
	Древесина ствола	0,0251	1,544	0,81	0,62
	Кора ствола	0,001	1,77	0,77	0,06
Ель (зеленомошная группа типов леса)	Хвоя	0,2264	1,3548	0,91	1,25
	Ветви	0,1234	1,6137	0,86	2,31
	Древесина ствола	0,0477	2,5061	0,99	4,04
	Кора ствола	0,0143	2,2103	0,98	0,75
Лиственница (зеленомошная группа типов леса)	Хвоя	0,002	2,4308	0,91	0,31
	Ветви	0,0051	2,0606	0,96	0,19
	Древесина ствола	0,0011	2,1357	0,93	0,11
	Кора ствола	0,0006	1,7866	0,56	0,04
Береза (зеленомошная группа типов)	Листья	0,0347	1,3883	0,98	0,04
	Ветви	0,0038	2,0267	0,63	0,14
	Древесина ствола	0,0002	2,1299	0,73	0,01
	Кора ствола	0,0003	2,4745	0,63	0,04

Расчёт запасов углерода в фитомассе травяно-кустарничкового и древесного яруса производились по методике №371 количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов [Приказ Минприроды России от 27.05.2022 N 371].

Расчет запаса углерода в пуле надземной травянистой биомассы проводят путем умножения абсолютного сухого веса пробы на среднее содержание углерода, которые принимается равным 50%. Расчет запаса углерода в травянистой биомассе с учетом надземной и подземной частей проводят по следующим формулам:

$$C_{\text{биомасса}} = C_{\text{надз.биомасса}} + C_{\text{подз.биомасса}} \quad (2.1)$$

$$C_{\text{надз.биомасса}} = \text{Вес} * 0,04 * 0,5 \quad (2.2)$$

$$C_{\text{подз.биомасса}} = [a * (C_{\text{надз.биомасса}} * 20) + b] * 0.45/10, \quad (2.3)$$

где  $C_{\text{биомасса}}$  - запас углерода в пуле биомассы на рекультивированных землях, тонн С га<sup>-1</sup>;

$C_{\text{надз.биомасса}}$  - запас углерода в надземной биомассе, тонн С га<sup>-1</sup>;

$C_{\text{подз.биомасса}}$  - запас углерода в подземной биомассе, тонн С га<sup>-1</sup>;

Вес - средний вес отобранных образцов травянистой биомассы с площади 50 x 50 см, в г;

0,04 и 10 - коэффициенты для перевода в единицы запаса тонн на гектар, не имеет размерности;

0,5 и 0,45 - коэффициенты для перевода в единицы углерода массу надземной части биомассы и корней, не имеет размерности;

20 - пересчетный коэффициент, не имеет размерности;

a и b - пересчетные коэффициенты: при значении  $C_{\text{надз.биомасса}}$  более 1,75 тонн С га<sup>-1</sup> значения a и b принимаются равными 1 и 15 соответственно; при значении  $C_{\text{надз.биомасса}}$  менее 1,75 тонн С га<sup>-1</sup>, значения a и b принимаются равными 0,8 и 11, соответственно.

Количество углерода в пуле биомассы древостоя рассчитывается для каждой древесной породы по следующей формуле:

$$C_{\text{биомасса}} = \sum(a(d_i^2 h_i)^b), \quad (2.4)$$

где  $C_{\text{биомасса}}$  – углерод в биомассе древостоя, в кг абсолютного сухого вещества;

0,5 - коэффициент пересчета биомассы в углеродные единицы;

$d_i$  - диаметр ствола  $i$  на высоте 1,3 м, в см;

$h_i$  - высота дерева  $i$ , в м;

$a$  и  $b$  - коэффициенты аллометрического уравнения для разных фракций и древесных пород (табл. 3).

Таблица 3

Значения коэффициентов аллометрического уравнения для определения абсолютно сухой биомассы фракций древостоев в зависимости от диаметра и высоты деревьев

Фракции фитомассы	Коэффициент	Значения коэффициентов регрессионных уравнений по породам		
		Ель	Сосна	Береза
Надземная часть	a	0,0533	0,0217	0,5443
	b	0,8955	0,9817	0,6527
Корни	a	0,0239		0,0387
	b	0,8408		0,7281
Всего	a	0,1237		0,0557
	b	0,8332		0,9031

Расчет количества углерода в надземной биомассе для каждого вида подроста и подлеска осуществляется по формуле:

$$C_{\text{надз\_биомасса}} = 0,5 \sum(a h_i^b), \quad (2.5)$$

где  $C_{\text{надз\_биомасса}}$  — это количество углерода в надземной биомассе подроста/подлеска, кг;

0,5 - коэффициент пересчета биомассы в углеродные единицы;

$h_i$  - высота стволов подроста деревьев/кустарников, м;

$a$  и  $b$  - коэффициенты аллометрического уравнения для надземной биомассы (табл.3)

## ВЫВОДЫ

Районы исследования расположены в лесотундровой и северотаежной природной зоне Западной Сибири. Исследуемые разновременные гари находятся в субарктическом климатическом поясе, вблизи крупных рек. Суровые природные условия субарктических территорий играют важную роль в послепожарном восстановлении растительного покрова. Нехватка продолжительного лета сказывается на вегетирующих способностях высших сосудистых растений. Помимо этого, погодные условия территории являются одним из факторов возникновения природных пожаров. Техногенное освоение территории также способствует увеличению пожаров.

В ходе полевых работ была произведена оценка состава и структуры лесных фитоценозов на разных стадиях послепожарных сукцессий, произведено полное описание растительности и древостоя, отобрана биомасса. Ее последующий анализ в лаборатории позволил получить достоверные данные о динамике биомассы на фоновых участках и разновременных гаях.

### ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ПОСТПИРОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ЯНАО

При проведении геоботанических исследований типичных участков гари и не горевшей лесотундры и северной тайги нами было оценено общее проективное покрытие и видовой состав растительного покрова. В ходе описаний было выявлено 67 видов растительности в южной тундре и 52 вида растительности в северной тайге.

В ходе лабораторных исследований, отобранной биомассы с гарей и фоновых участков, были полученные результаты по запасу влаги и содержанию зольности в наземной фитомассе. Данные по исследованию представлены в таблицах в приложении. Также была рассчитана фитомасса древостоя с ее перераспределением по фракциям и определен общий запас пулов углерода наземной фитомассы.

#### *Сукцессионные ряды*

Одним из наиболее распространенных методов исследований изучения динамики сообществ пирогенных сукцессий является единовременное наблюдение на однотипных территориях с разной давностью пожара. Построение сукцессионных рядов для территории северной тайги до стадии 3-х лет показало, что при разной интенсивности пожара сукцессионные ряды различаются и развиваются с разной скоростью (рис.11).

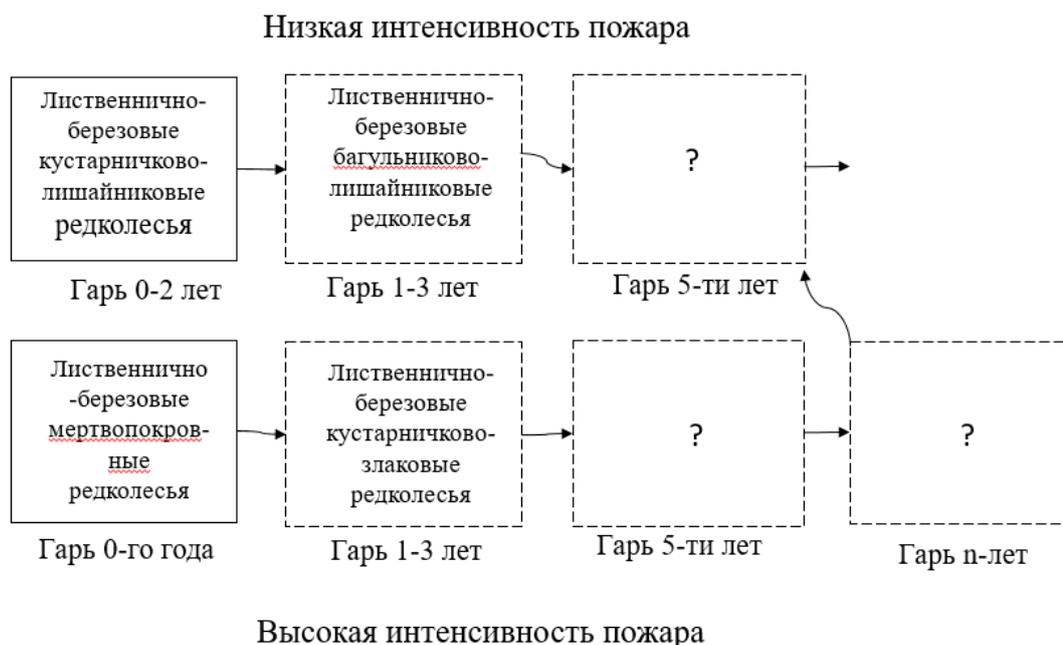


Рис. 11 Сукцессионные ряды для северной тайги

Можно увидеть, что при разной интенсивности пожара ряды будут отличаться, и достижение одного и того же состояния займет разное количество лет. Например, восстановление багульниково - лишайниковых редколесий на участках гарей с низкой и высокой интенсивностью пожара по возрасту будут отличаться. На гари с низкой интенсивностью это восстановление может занять 5 лет, тогда как на гари с высокой интенсивностью этот период займет 15 лет. Это создает определенные сложности с определением фоновых участках и возраста гарей. Как показали исследования на других территориях сосняки лишайниковые, так же как лиственничники лишайниковые становятся относительно устойчивыми сообществами только при частой повторяемости пожаров [Маслов и др., 2019]. При долгом отсутствии они восстанавливаются до сосняков зеленомошно-кустарничковых. Тогда возникает вопрос что считать за фоновое сообщество: устойчивые лишайниковые сосняки или сосняки зеленомошники.

Структура напочвенного покрова при сильной интенсивности пожара значительно меняется относительно фоновых участках и относительно гарей тех же возрастов при более низкой интенсивности пожара.

Предположительно, восстановление структуры напочвенного покрова, в частности по соотношению кустарничков, трав, лишайников и мхов, возможно к 5–6-летнему возрасту в условиях северной тайги. Но при сильной интенсивности пожара этот срок отодвигается на неопределенное время. С какого-то момента их восстановление будет идти параллельно.

На определение возраста гари по видовому составу и по соотношению доли участия разных ярусов в стадии растительных сообществ будут оказывать влияние повторные пожары.

Существует вероятность, что через какое-то количество лет сукцессионные ряды при высокой интенсивности пожара по своему видовому составу и структуре будут близки к сукцессионной стадии гарей 5 лет при низкой интенсивности пожара. В таком случае существует ряд рисков, например, недооцененность интенсивности пожара и нарушение предшествующих сукцессионных процессов повторными пожарами. Поэтому для изучения сукцессий важно знать время, интенсивность и повторность пожара на исследуемой территории.

### Южная тундра

Зона южных тундр представлена кустарничково-моховыми и лишайниковыми тундрами; полигональные торфяники; и кустарничково-лишайниковые редколесья. Растительное сообщество лесотундры представлено лиственничными и елово-лиственничными, кустарничково-моховыми редколесьями и кустарничково-лишайниковыми тундрами

#### **Гарь и фоновый участок 1990 г. р-н Тазовский (гарь 32-х лет)**

##### *Видовой состав и проективное покрытие*

Участок представлен кустарниковой кустарничково-лишайниково-моховой бугорковатой тундрой.

На фоновом участке основу растительного покрова составляет лишайниковый покров (ОПП 65%), состоящий из видов *Cladonia stellaris*,

*Cladonia rangiferina* и *Flavocetraria nivalis*. Травяно-кустарничковый ярус представлен слабо, его основу составляет *Ledum palustre* (40%).

Растительность на гари представлена злаками рода *Arctagrostis* (20%), *Calamagrostis* и *Agrostis*. Кустарники представлены *Ledum* (15%), *Betula*, *Vaccinium* и *Arctostaphylos*. Травы немногочислены. Появляются виды, которые не встречаются на фоновом участке, например, *Agrostis stolonifera*, *Vaccinium myrtillus.*, *Salix arctica*, *Equisetum pratense*, *Calamagrostis epigeios*. На гари тридцати двух лет условия становятся более благоприятными для произрастания лишайников. Мохово-лишайниковый ярус отличается видовым разнообразием лишайников рода *Cladonia*, проективное покрытие которых составило около 50%. В моховом покрове характерны *Polytrichum commune* (20%) и *Pleurozium schreberi*. На площадке встречаются единичные особи лиственницы и ивы. Прослеживается положительное влияние пожара на биоразнообразие лишайников, мхов и злаков. На гарях их видовое богатство выше, чем на негоревших участках. В целом, согласно нашим наблюдениям, количество видов в разных ярусах на гари больше, чем на контрольном участке.

#### *Экологические группы.*

Данные о соотношении экологических групп на гари 1990 года и фоновом участке представлены на рисунке 12 и в приложении 2.

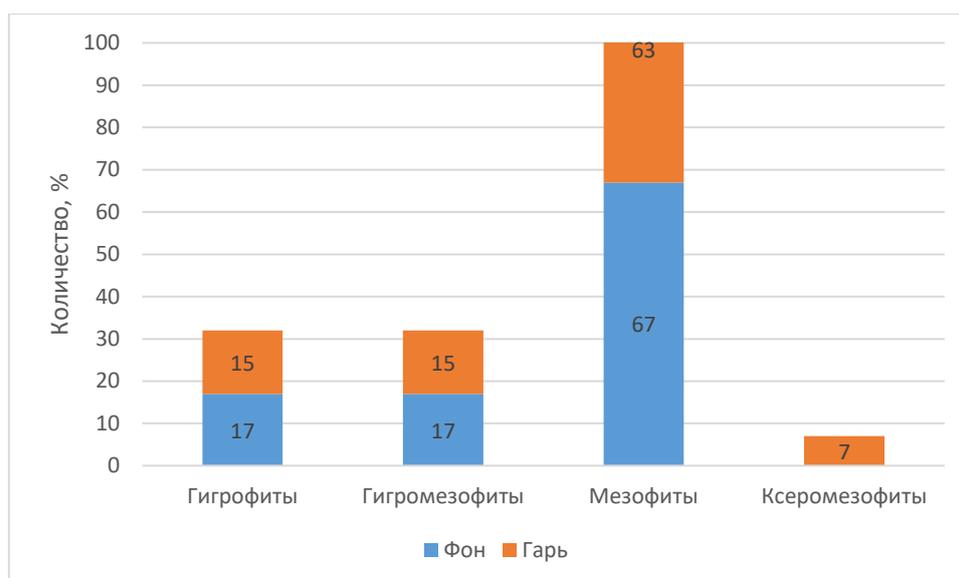


Рис. 12. Соотношение экологических групп растений на участках 1990 г. в р-н Тазовский (гарь 32-х лет)

Доля экологических групп на гари больше. Наблюдается смещение в сторону ксеромезофитизации. По отношению к фактору увлажнения среди растений преобладают мезофиты. Типичные ксерофиты отсутствуют. Мезофиты встречаются среди 67% видов растений на фоне и 63% видов на гари. Гигрофитов на фоновом участке 17%, а на горевшем участке 15%. Гигромезофиты встречаются среди 17% видов на фоновом участке и среди 15% на гари. Ксеромезофиты на фоне отсутствуют, на гари их количество составляет 7%. Наблюдается смещение в сторону ксеромезофитизации.

#### *Генетические группы*

Сравнение соотношения широтных географических элементов показывает, что с большим перевесом в видовом составе преобладают гипоарктические и бореальные виды.

Таблица 4

Генетические группы растений на участках 1990 г. в р-н Тазовский (гарь 32-х лет)

Генетические группы	Фон, кол-во видов	Гарь, кол-во видов
Арктические	1	3

Гипоарктические	7	15
Аркто-бореальные	1	2
Бореальные	4	7
всего	13	27

### Гарь и фоновый участок 2016 г. п. Заполярный (гарь 6-и лет)

Участок представлен ерниково-ивняково багульниково-лишайниковым злаковым редколесьем.

На фоновых территориях основу растительного покрова составляют кустарники *Betula nana* (30%), *Ledum sp.* (20%). Разнотравье и злаковые представлены небольшим количеством видов. В лишайниковом покрове преобладают *Cladonia stellaris* (40%) и *Cladonia rangiferina* (20%). Мхи редки, наиболее постоянными являются мхи рода *Polytrichum*.

Растительность на гари представлена кустарниково-злаковыми сообществами, среди которых доминируют *Arctagrostis arundinacea* (40%) и *Calamagrostis epigeios* (20%). В кустарниковом ярусе доминирует *Betula nana* (15%) в сочетании с *Ledum palustre* (15%). В разнотравье доминирует *Chamerion angustifolium* (5%). В мохово-лишайниковом ярусе преобладают мхи вида *Polytrichum* (80%). Лишайники представлены *Cladonia stellaris* (20%), единичны *Cladonia arbuscula*, *Cladonia rangiferina*.

#### Экологические группы

Данные о соотношении экологических групп на гари 2016 года в п. Заполярный и фоновом участке представлены на рисунке 13 и в приложении 2.

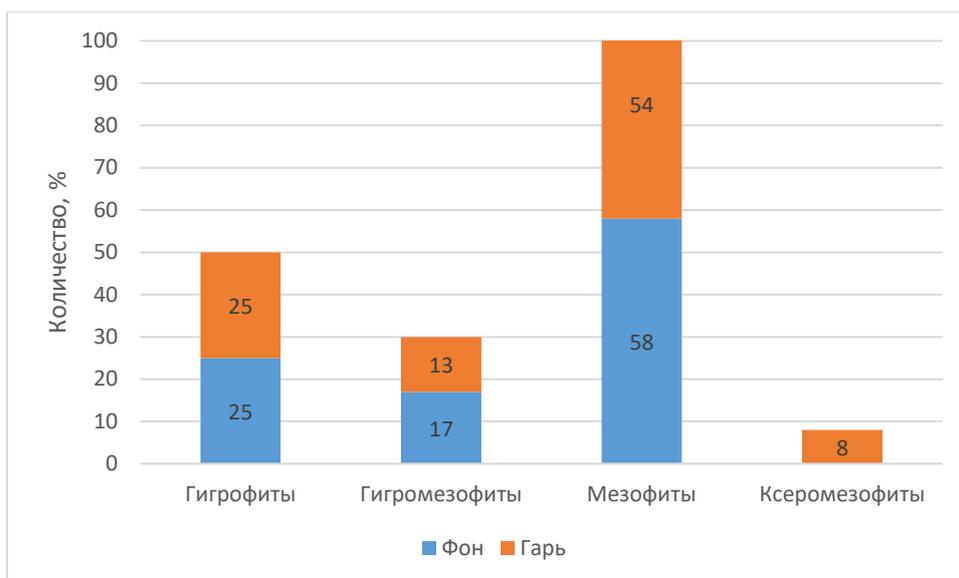


Рис. 13. Соотношение экологических групп растений на участках 2016 г. в п. Заполярье (гарь 6-и лет)

По отношению к фактору увлажнения среди растений преобладают виды, предпочитающие экотопы с умеренным увлажнением (мезофиты). Типичные ксерофиты отсутствуют. Наблюдается смещение в сторону ксеромезофитизации. Равное количество гигрофитов на обоих участках – 25%. К гигромезофитам на ненарушенном участке относится 17% и 13% на сгоревшем участке. Количество мезофитов на фоне составило 58%, а на гари 54%. Около 8% выявленных видов на гари относятся к группе ксеромезофитов.

#### *Генетические группы*

Сравнение соотношения широтных географических элементов показывает, что с большим перевесом в видовом составе преобладают гипоарктические виды растительности. На гари представлены виды типичные для арктических и субарктических зон.

Генетические группы растений на участках 2016 г. в п. Заполярный  
(гарь 6-и лет)

Генетические группы	Фон, кол-во видов	Гарь, кол-во видов
Арктические	1	3
Арктоальпийские	-	1
Гипоарктические	8	12
Аркто-бореальные	2	1
Бореальные	1	6
всего	12	24

**Гарь и фоновый участок 2016 г. р-н Тазовский (гарь 6-и лет)**

Участок представлен ерниково-багульниковой мохово-лишайниковой тундрой.

На фоновом участке из кустарников доминирует *Betula nana* около 30%. Травяно-кустарничковый ярус представлен злаками рода *Arctagrostis* и *Luzula*, кустами *Ledum palustre* (20%), *Arctostaphylos uva-ursi* (15%). Мохово-лишайниковый ярус представлен лишайниками рода *Cladonia*, *Peltigera*, *Flavocetraria*, где доминирует *Cladonia rangiferina* (60%), и мхами рода *Dicranum*.

Гарь характеризуется практически полной утратой древостоя. Травяно-кустарничковый ярус представлен *Arctagrostis arundinacea* (30%), *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*. Среди кустарников доминирует *Arctostaphylos uva-ursi* (60%). Сохранилась *Betula nana* (5%). Травы представлены родом *Carex* и *Equisetum palustre*. На гарь восстанавливаются лишайники рода *Cladonia* и мох *Pleurozium schreberi*. В нарушенном сообществе присутствуют виды растительности характерные и для естественного сообщества. Но есть и виды отсутствующие в естественном сообществе, например такие как

*Vaccinium uliginosum*, травы рода *Carex*, *Equisetum palustre*, из мхов *Pleurozium schreberi*.

#### Количество биомассы

По полученным результатам количество фитомассы отобранной с территории исследования составило 0,79 т/ га на гари и 2,86 т/ га на фоновом участке. Из этого наибольшее количество от общей массы наблюдается у мхов и лишайников, их доля равна 72,5% (0,57 т/га) на гари и 91,5% (2,62 т/га) на фоне. Наименьшее количество массы приходится на травы - 0,01 т/ га (участок гари) и 0,03 т/га (фоновый участок). Средние показатели фитомассы наблюдаются у кустарничков: для фона эти показатели равны 0,12 т/га (ветки) и 0,09 т/га (листья); для гари - 0,16 т/га (листья) и 0,05 т/ га (ветки).

Средние показатели массы с одной фоновой точки для мхов и лишайников составили 104,6460 гр. (фон) и 28,5760 гр (гарь). Второе место по количеству занимают кустарнички. На гари масса листьев кустарничков в почти в двое превышает массу ветвей - 6,2282 гр (листья) и 3,6899 гр (ветви). На фоновом участке преобладание в массе наоборот наблюдается у ветвей – 4,6467 гр, листья – 2,108 гр. Травы представлены в меньшем объеме (1,3487 гр. и 0,4027 гр. на фоне и гари соответственно) (Рис. 14).

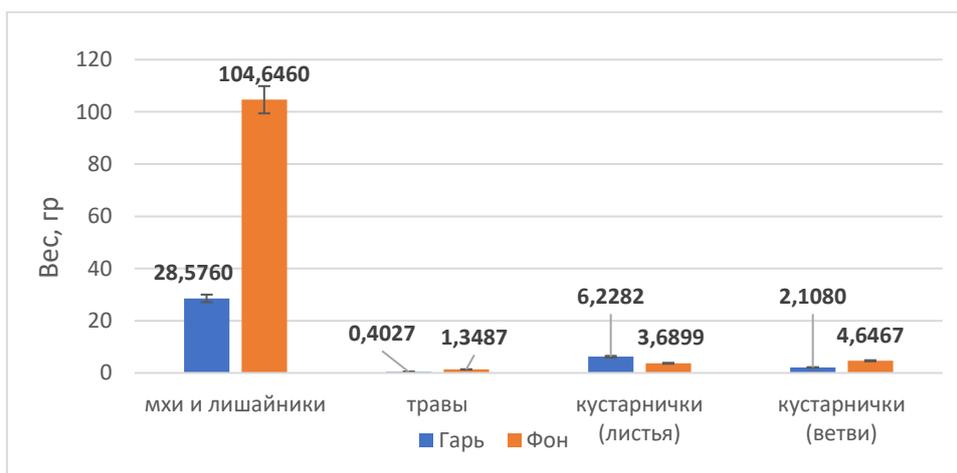


Рис.14. Среднее количество влажной фитомассы на фоновом участке и гари 2016 года, в районе п. Тазовский (гарь 6-ти лет)

### Экологические группы

Данные о соотношении экологических групп на гари 2016 года в р-не Тазовский и фоновом участке представлены на рисунке 15 и в приложении 2.

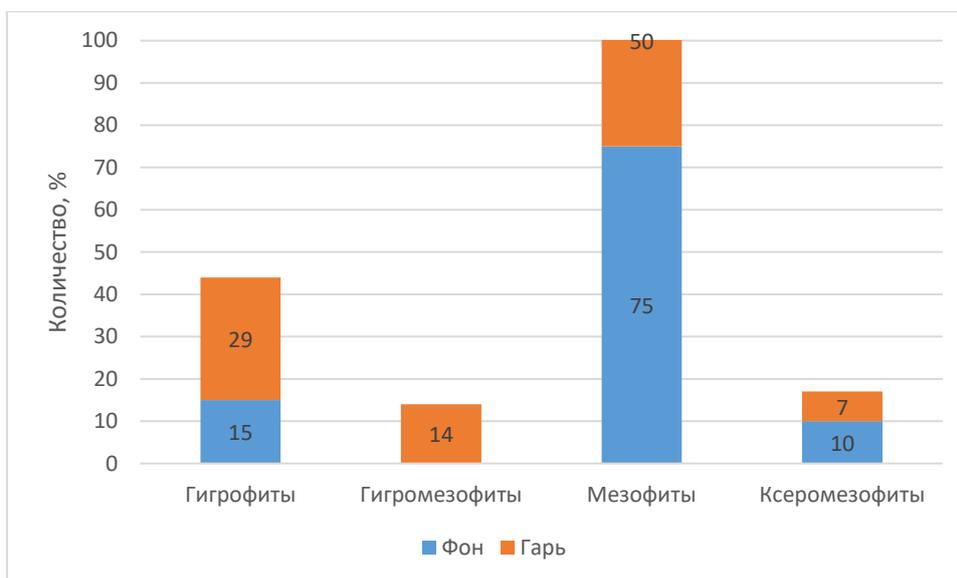


Рис. 15. Соотношение экологических групп растений на участках 2016 г. в р-не Тазовский (гарь 6-и лет)

По отношению к фактору увлажнения среди растений преобладают мезофиты. Около 75% видов растений встречается на фоновом участке, ровно половина растений на гари относится к той же экологической группе. К влаголюбивым растениям – гигрофитам – относится 15% видов на фоне и 29% на гари. К ксеромезофитам относится 10% на фоне и 7% на гари. К гигромезофитам относится 14% от общего числа видов на гари.

### Запас влаги в наземной фитомассе

После использования сушильного шкафа наибольшая потеря влаги наблюдается у образцов с территории подвергшейся возгоранию. В среднем запас влаги в образцах с гари составляет 9,2%, в тоже время для фонового участка процент равен 6,4. Средний процент для мхов и лишайников составил 11,25 % на гари и 7,46% на фоновом участке, для трав этот показатель варьирует от 5,5 % до 9%, для кустарничков 6-8,5% (листья) и 6,5-7,8% (ветви) (Рис. 16).

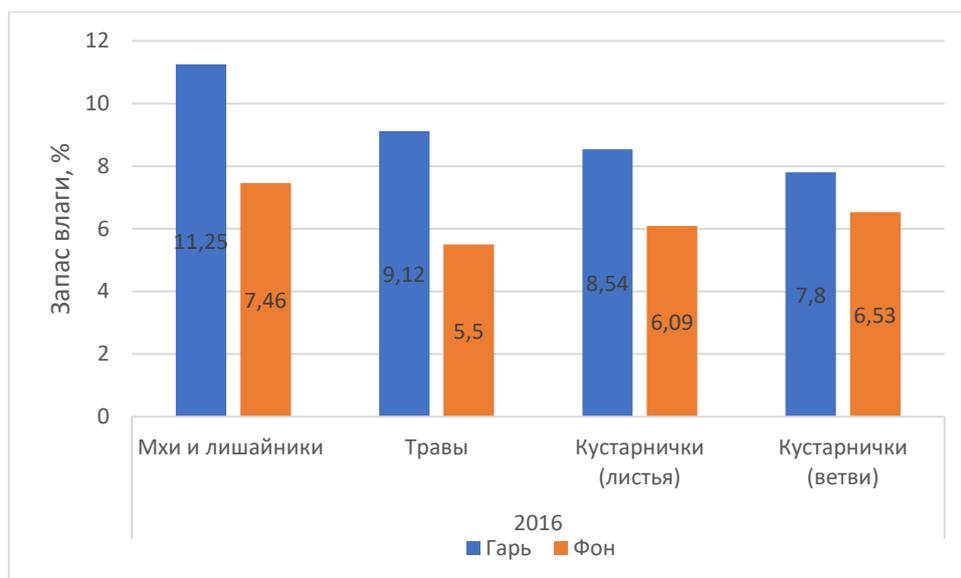


Рис. 16. Запас влаги в наземной фитомассе на фоновом участке и гарь 2016 года, вблизи п. Тазовский (гарь 6-и лет)

#### Генетические группы

Сравнение соотношения широтных географических элементов показывает, что с большим перевесом в видовом составе преобладают гипоарктические виды. Присутствуют рудеральные виды типичные для луговых сообществ (*Chamerion angustifolium*).

Таблица 6

Генетические группы растений на участках 2016 г. в р-н Тазовский (гарь 6-и лет)

Генетические группы	Фон, кол-во видов	Гарь, кол-во видов
Арктические	1	2
Арктоальпийские	1	-
Гипоарктические	13	8
Аркто-бореальные	1	2
Бореальные	4	2
всего	20	14

#### Содержание минерального и органического вещества в фитомассе

По произведенным расчетам зольности, преобладание минерального вещества наблюдается в образцах с участков гарь, в среднем этот показатель для данной территории равен 6,08%, на фоновом участке зольность составляет 5,68%. Однако наблюдается преобладание зольности на фоне для трав (12,25%), для гарь зольность трав равна 8,78 % (Рис. 17). Наименьшие показатели содержания минерального вещества характерны для кустарничков, в частности ветвей (2,65% на гарь и 2,48% на фоне) (Приложение 4).

Что касается органического вещества, то его преобладание наблюдается в образцах с фоновых участков (94,32% фон, 93,92% гарь). Наибольшее количество наблюдается у кустарничков 97,52% (ветви) и 97,17% (листья). На гарь наибольшая концентрация органического вещества также характерна для кустарничков – 97,35% (ветви), 95,86% (листья) (Рис. 17).



Рис. 17. Средняя зольность и содержание органического вещества в фитомассе в % на фоновом участке и гарь 2016 года, в районе п. Тазовский (гарь 6-и лет)

### Гарь и фоновый участок 2018 г. р-н Тазовский (гарь 4-х лет)

Участок представлен лиственничным ерниково-мохово-лишайниковым редколесьем. На фоновом участке по проективному покрытию доминирует травяно-кустарничковый ярус, с преобладанием трав рода *Carex* и *Equisetum*.

На гари практически полностью отсутствует древостой, отдельно стоящие деревья лиственницы представлены сухостоем. Единично встречаются *Salix bebbiana* и *Salix triandra*. Восстановление растительного покрова гари в период от 4 лет проходит стадию с участием березы. Кустарниковый ярус из березы карликовой сохранился на отдельных участках, в напочвенном покрове доминирует травяно-кустарничковый ярус (ОПП 60%). В частности, такие виды как *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Carex brunnescens*, злаки рода *Calamagrostis*. Мохово-лишайниковый ярус слабо выражен (ОПП 30%). Представлен мхами рода *Polytrichum*. Политриховые мхи *Polytrichum juniperinum* и *Polytrichum commune* рассеяны среди лишайников отдельными пятнами. Восстанавливаются лесные мхи — *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*. Лишайниками рода *Cladonia*: *Cladonia rangiferina*, *Cladonia stellaris* и *Cladonia arbuscula* встречаются небольшими группами.

#### *Количество биомассы*

Среднее количество биомассы на фоновом участке и четырехлетней гари составило 3,43 т/га и 0,53 т/га соответственно. Так травы на гари составили 0,14 т/га, на фоновом участке 0,02 т/га. Среднее количество мхов и лишайников на гари равно 0,11 т/га, на фоне 2,92 т/га. Наибольшее количество биомассы на гари приходится на кустарнички (ветви) - 0,15 т/га (около 28 % от общего количества), кустарнички (листья) составляют 0,13 т/га. Масса кустарничков на участке неподвергшегося возгоранию преобладает и равна 0,33 т/га (ветви) и 0,16 т/га (листья).

Средняя доля в общей биомассе мхов и лишайников составляет 110,2397 гр. на фоне и 5,3978 гр. на гари. Второе место по запасам занимают кустарнички (ветви), у которых средний вес абсолютно сухой биомассы составляет 12,5792 гр. на фоновом участке и 7,0216 гр. на гари (Рис. 18). Средняя доля кустарничков (листья) на гари составила 6,0030 гр. и 6,0938 гр. на фоне соответственно. Травы в общем запасе биомассы представлены в меньшем объеме. Их доля составила на фоне 1,1580 гр. и 5,3645 гр. на гари.

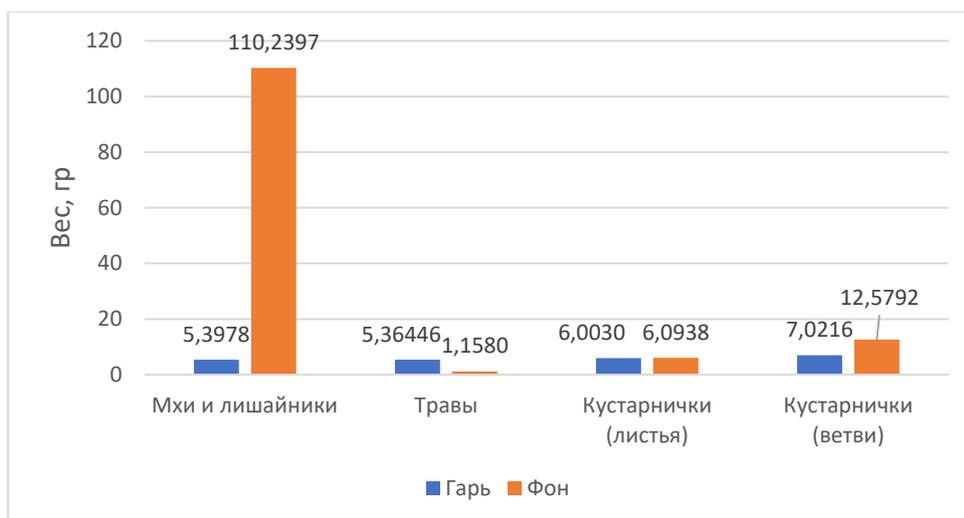


Рис. 18. Среднее количество сухой фитомассы на фоновом участке и гари 2018 года, в районе п. Тазовский (гарь 4-х лет)

### Экологические группы

Данные о соотношении экологических групп на гари 2018 года в р-не Тазовский и фоновом участке представлены на рисунке 19 и в приложении 2.

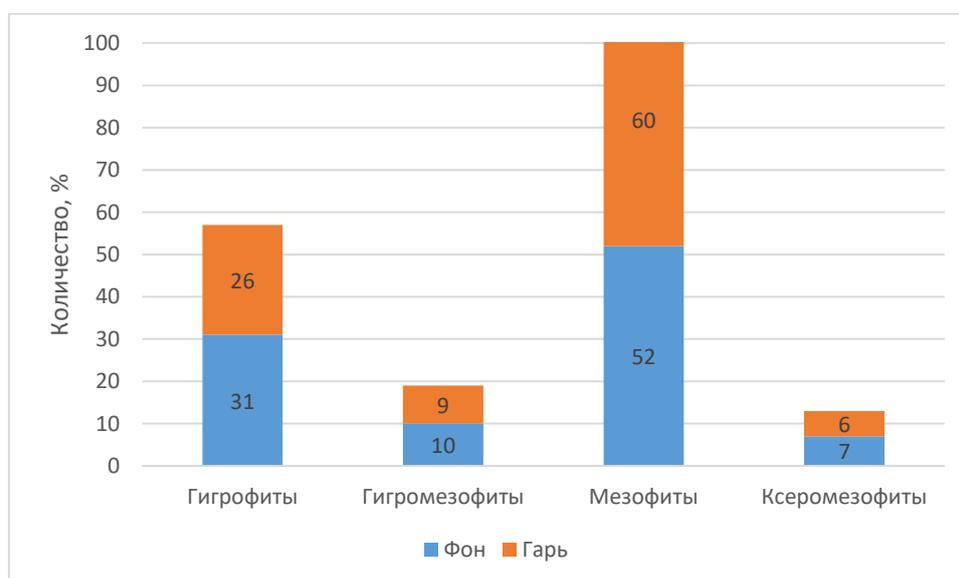


Рис. 19. Соотношение экологических групп растений на участках 2018 г. в р-не Тазовский (гарь 4-х лет)

Около 31 % выявленных видов в ненарушенном экотопе в южной тундре относится к группе гигрофитов. На сгоревшем участке 26%. Количество гигромезофитов на фоне и на гари практически одинаково – 10% на фоне и 9%

на гари. Около 52% видов растений на фоне относится к мезофитам, на гари эта экологическая группа составляет 60%. Всего данная группа включает более половины от общего числа выявленных таксонов. Количество видов ксеромезофитов на гари и фоне практически одинаково – 6% и 7% соответственно.

#### *Запас влаги в наземной фитомассе*

Наибольший запас влаги наблюдается у образцов не подвергшимся возгоранию, процент в среднем составляет 5,5%, для гари этот показатель равен 4,9%. В среднем процент потери для мхов и лишайников составил от 5,75 % на гари и 5,53% на фоновом участке, для травы этот показатель варьирует от 4,2 % до 5%, кустарнички 4,9-5,4% для листьев и 3,8-3,9% для ветвей (Рис. 20).

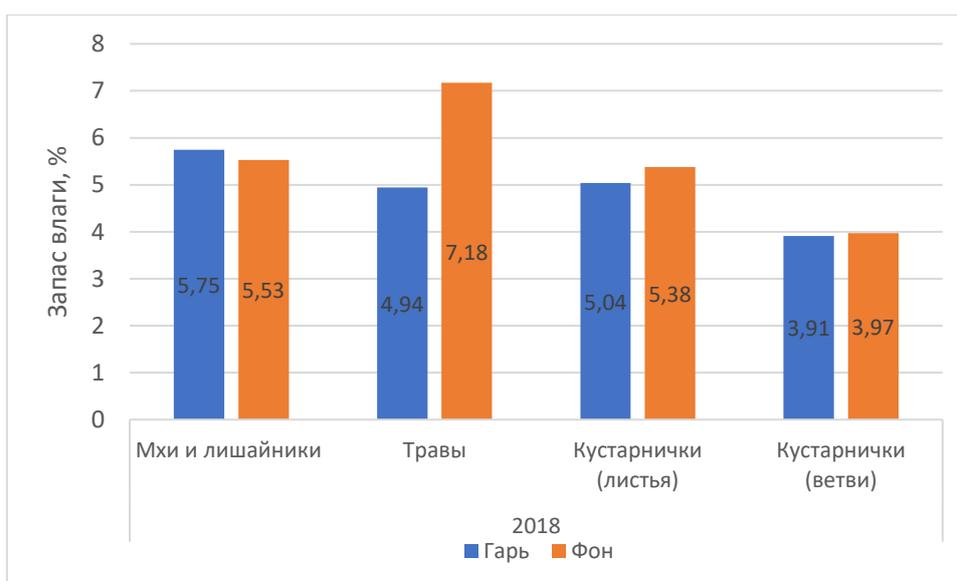


Рис. 20. Запас влаги в наземной фитомассе на фоновом участке и гари 2018 года, вблизи п. Тазовский (гарь 4-х лет)

#### *Генетические группы*

Сравнение соотношения широтных географических элементов показывает, что на фоновом участке бореальных видов больше, тогда как на гари количество гипоарктических видов растений увеличивается.

Генетические группы растений на участках 2018 г. в р-н Тазовский  
(гарь 4-х лет)

Генетические группы	Фон, кол-во видов	Гарь, кол-во видов
Арктические	1	1
Арктоальпийские	-	1
Аркто-гольцовые	1	-
Голоарктические	-	2
Гипоарктические	11	13
Аркто-бореальные	3	5
Бореальные	14	11
всего	29	33

*Содержание минерального и органического вещества в фитомассе*

Содержание минерального вещества по полученным данным преобладает в образцах неподвергшихся возгоранию, среднее значение зольности на фоновом участке равно 5,86%, для участка подвергшегося пожару этот показатель равен 5,23% (Приложение 4). Однако, наибольшее количество минерального вещества наблюдается на гари в травах (8,16%), а также в мхах и лишайниках (4,89%) (Рис. 21). На фоне зольность составила в среднем 3,5 %, наибольшее количество также наблюдается в травах (3,88%).

Органическое вещество преобладает в образцах с участков гари, в среднем значения составляют 94,77%, для фона показатель равен 94,23% (Рис. 21). Наибольшее количество наблюдается у кустарничков 98,12 % (ветви) и 96,69 % (листья). На фоновом участке наибольшая концентрация органического вещества также характерна для кустарничков (Приложение 4).

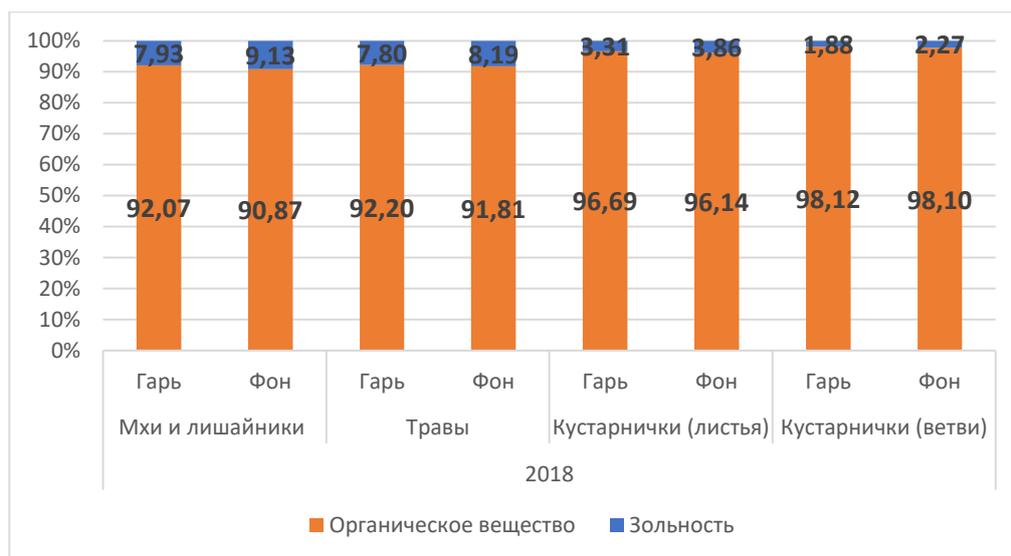


Рис. 21. Средняя зольность и содержание органического вещества в фитомассе в % на фоновом участке и гари 2018 года, в районе п. Тазовский (гарь 4-х лет)

### **Запасы углерода в фитомассе травяно-кустарничкового яруса с фоновом участка и гари 2016 и 2018г. р-н Тазовский (гарь 6-и и 4-х лет)**

Пул углерода в надземной фитомассе, исследуемых территорий лесотундры, составил для гари и фоновом участка 2016 г – 1,96 и 2,77 т С/га, для участков 2018 г. – 2,16 и 3,88 т С/га соответственно. Запасы углерода на фоне в среднем превышают в 1,5 раза его содержание на гари.

Наибольшее количество углерода на фоновом участке 2016 г. наблюдается у мхов и лишайников, их доля от общей фитомассы равна 35,03% (0,97 т С/га), в свою очередь на гари наблюдается преобладание углерода у кустарничков 0,69 т С/га (листья) и 0,56 т С/га (ветви). Масса трав на гари составила 26% от общей доли, на фоне их количество ниже 19,4%. Доля мхов и лишайников на гари меньше всего 0,2 т С/га, около 10% от общей массы. Кустарнички на фоновом участке находятся в пределах 22-23%. (Рис. 22)

Что касается участка 2018г, то для него также характерно преобладание мхов и лишайников на фоновом участке (29% от общей доли), на участке гари наибольший запас углерода также наблюдается у кустарничков и составляет 1,4 т С/га (51,3% от общей доли). Запас углерода у мхов и лишайников на гари

равен 0,04 т С/га. Доля углерода у трав равна 0,68 т С/га (гарь) и 0,72 т С/га (фон).

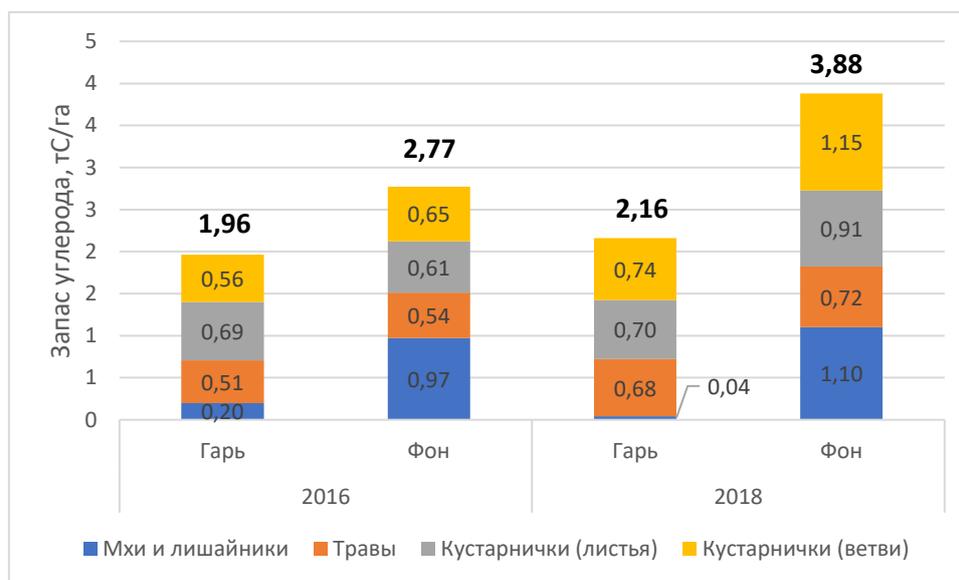


Рис. 22. Запас углерода наземной фитомассы в т С/га на фоновом участке и гари 2016 и 2018 года, вблизи п. Тазовский (гарь 6-и и 4-х лет)

### Северная тайга

Северная тайга представлена лиственничными и елово-лиственничными кустарничковыми и мохово-лишайниковыми лесами и кустарничково-мохово-лишайниковыми болотами на равнинной или холмистой местности.

#### Гарь и фоновый участок 2019 г. г. Надым (гарь 3-х лет)

Участок представлен лиственнично-березовым кустарничково-лишайниковым редколесьем.

На фоновом участке большее общее проективное покрытие у мохово-лишайникового яруса 50%, в котором доминирует *Cladonia stellaris* (30%). Древесный ярус представлен *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica* в подросте и *Lárix sibirica*. Среди кустарников большее проективное покрытие у *Ledum palustre* (5%) и *Arctostaphylos uva-ursi* (5%). Травы отмечаются богатым видовым разнообразием.

Гарь представляет собой участок, подвергшийся низовому пожару слабой интенсивности, благодаря чему в напочвенном покрове сохранилось

достаточно большое количество недогоревших пятен лишайников, проективное покрытие, которых местами достигает 10-50% (*Cladonia stellaris*, *Cladonia rangiferina*) и плохо прогоревших пятен мхов. Среди трав восстанавливаются *Equisetum sylvaticum* (5%), *Carex adelostoma* (5%), *Carex ericetorum* (5%). Отмечается увеличение проективного покрытия у кустарников *Ledum palustre* (25%), *Vaccinium uliginosum* (20%) и *Vaccinium myrtillus* (5%). В древостое сохранились наиболее крупные экземпляры *Lárix sibirica* и подрост *Betula czerepanovii*.

#### Экологические группы.

Данные о соотношении экологических групп на гари 2019 года в г. Надым и фоновом участке представлены на рисунке 23 и в приложении 2.

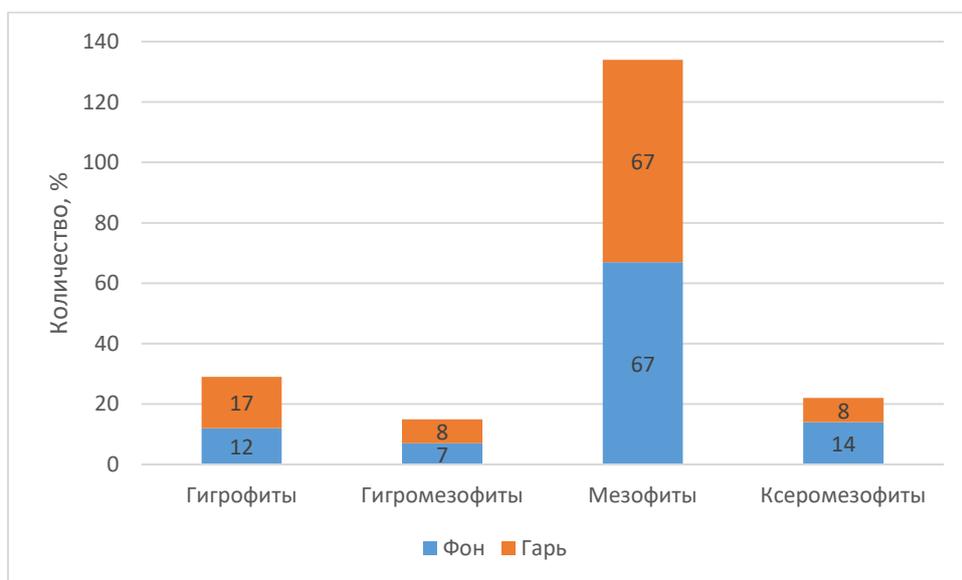


Рис. 23. Соотношение экологических групп растений на участках 2019 г. в г. Надым (гарь 3-х лет)

На гари гигрофитов больше, чем на фоне – 17%. К гигромезофитам относится 7% от общего числа видов растений на фоновом участке. Количество видов, относящихся к мезофитам на обоих участках одинаково – 67%. Ксеромезофитов и мезогигрофитов на гари одинаковое количество – 8%.

### Генетические группы

Сравнение соотношения широтных географических элементов показывает, что с большим перевесом в видовом составе преобладают гипоарктические и бореальные виды.

Таблица 8

#### Генетические группы растений на участках 2019 г. в г. Надым

Генетические группы	Фон, кол-во видов	Гарь, кол-во видов
Арктические	1	1
Гипоарктические	21	10
Бореально-монтанные	1	-
Бореальные	18	11
всего	40	22

#### Гарь и фоновый участок 2020 г. г. Надым (гарь 2-х лет)

Участок представлен лиственнично-березовым ерниково-багульниково-лишайниковым редколесьем.

Видовой состав и структура растительного покрова на фоновом участке одинакова с растительным покровом на фоновом участке 2020 года.

В возобновляющемся травяно-кустарничковом покрове преобладают кустарнички *Vaccinium vitis-idaea* (3%), *Arctostaphylos uva-ursi* (3%) и *Vaccinium myrtillus* (3%). Среди кустарников преобладает *Betula nana*, ее проективное покрытие составляет 15%. Травы не выделяются видовым разнообразием. В древесном ярусе сохранилась *Picea obovata*, подрост *Betula pubescens*, *Larix sibirica* и *Salix lapponum*. На двухлетней гари из лишайников возобновляется только *Cladonia rangiferina*. Восстанавливаются лесные мхи — *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum* и политриховые мхи *Polytrichum juniperinum*. Отмечается появление *Juniperinum commune*, наличие которого не выявлено на фоне.

### Количество биомассы

Среднее количество биомассы на фоновом участке и двухлетней гари составило 5,05 т/га и 3,33 т/га соответственно. Наибольшее количество биомассы на гари приходится на опад 3,26 т/га (98% от общей массы), травы составляют 0,02 т/га, кустарнички 0,06 т/га. Масса лишайников на фоне преобладает и равна 4,07 т/га, на опад приходится 0,88 т/га, на кустарнички 0,11 т/га.

На фоновом участке наибольшая доля сухой биомассы приходится на лишайники 162,83 гр., в свою очередь на участке гари лишайников не наблюдается. На гари наибольшее среднее количество сухой биомассы наблюдается у опада 130,2 гр., на фоне показатель равен 35,1 гр. Кустарнички составили 3,3 гр. и 4,2 гр. на гари и фоновом участке соответственно (Рис. 24).

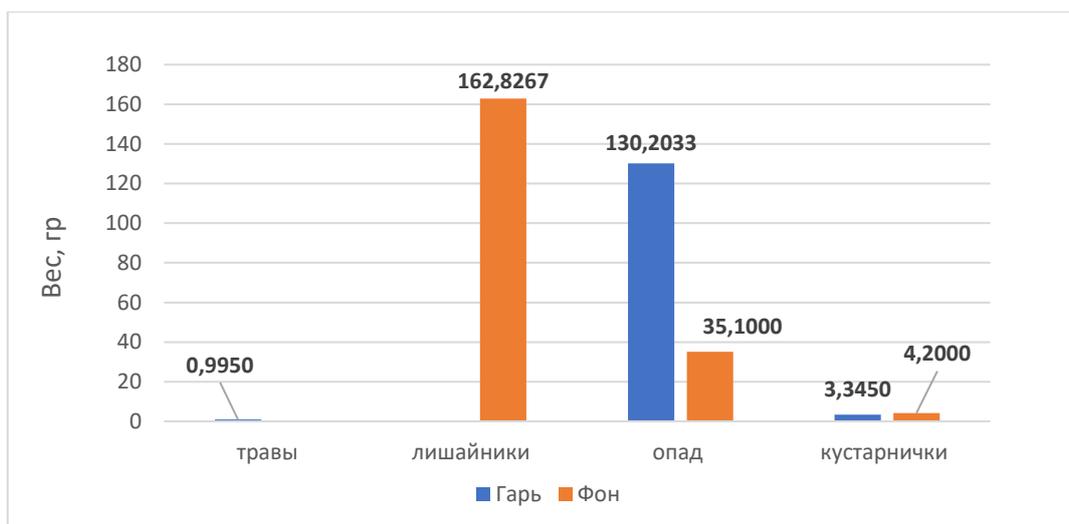


Рис. 24. Среднее количество сухой фитомассы на фоновом участке и гари 2020 года, в районе г. Надым (гарь 2-х лет)

Общее количество фитомассы древостоя на участке гари 2020 года составило 149,39 т/га, из которых фитомасса березы равна 149,3 т/га, и 0,09 т/га лиственницы. Более высокие показатели фитомассы древостоя наблюдаются на фоновом участке - 177,59 т/га, из которых 98% массы приходится на березу (177,22 т/га) и 2% также приходится на лиственницу (0,36 т/га).

На исследуемых участках основной фракцией, в которой сосредоточена примерно половина (44–50 %) органического вещества, накопленного древостоями, является стволовая древесина и ветви. (рис. 25).

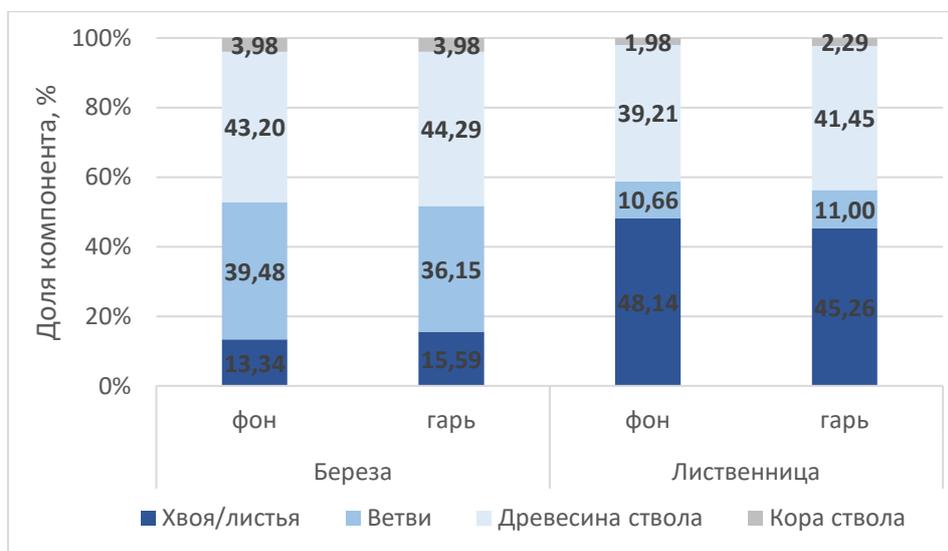


Рис. 25. Вклад отдельных фракций в общие запасы фитомассы древостоя на участках 2020 года, в районе г. Надым (гарь 2-х лет)

На двухлетней гари на долю листвы у березы приходится 16% (931 кг сухой массы), коры – 4% (237,6 кг), ветвей – 36% (2158 кг), для лиственницы эти показатели равны для хвой – 45% (2 кг сухой массы), коры – 2% (0,08 кг) и ветвей 11% (0,4 кг). Остальная фитомасса приходится на стволовую древесину. Для фонового участка доля фитомассы больше для фракции листвы/хвой и ветвей на 3-5%. Также половина органического вещества сосредоточена в древесине ствола (береза – 43,2%, лиственница – 39,2%).

#### *Экологические группы*

Данные о соотношении экологических групп на гари 2020 года в г. Надым и фоновом участке представлены на рисунке 26 и в приложении 2.

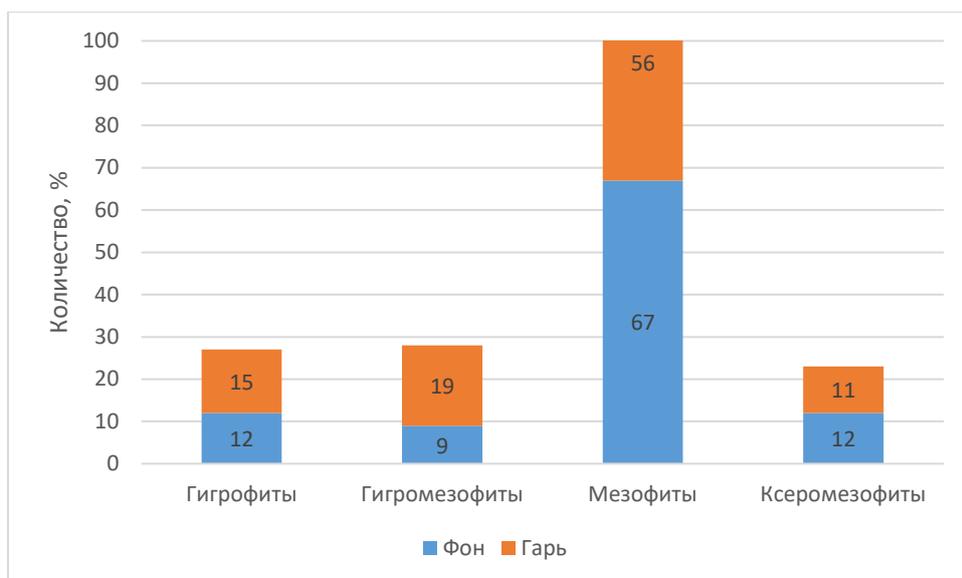


Рис. 26. Соотношение экологических групп растений на участках 2020 г. в г. Надым (гарь 2-х лет)

На горевшем участке возрастает количество видов гигромезофитов – 19%, тогда как на фоне их количество 9%. Видов гигрофитов на горевшем участке больше (15%), чем на фоновом участке (12%). К мезофитам на фоне относится 67% всех видов, на гари 56%. Ксеромезофитов на фоне 12%, на гари - 11%.

#### *Запас влаги в наземной фитомассе*

Наибольшая потеря влаги по результатам исследования образцов за 2020 год, наблюдается на гари. Фитомасса отобранная с этого участка обладает большим влагозапасом (Рис. 27). Средний процент потери влаги для трав составил 4,35%, для опада 5,05% и для кустарничков 6,71%. Для образцов с фоновом участка потеря влаги, после сушильного шкафа, меньше в два раза. При этом наибольшая потеря с фона наблюдается у лишайников (3,46%), для опада и кустарничков этот показатель варьирует в пределах 2- 2,5%.

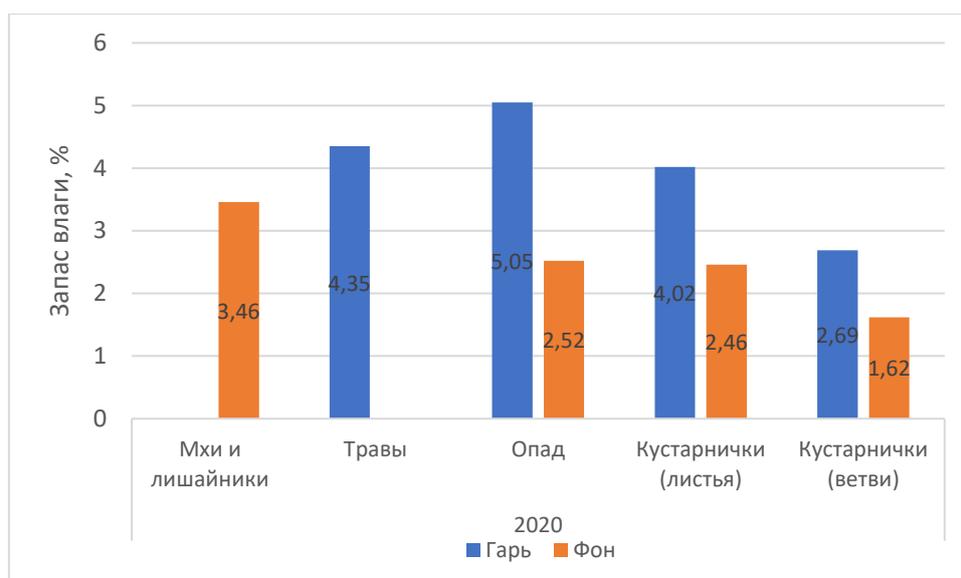


Рис. 27. Запас влаги в наземной фитомассе на фоновом участке и гари 2020 года, вблизи г. Надым (гарь 2-х лет)

#### *Генетические группы.*

Сравнение соотношения широтных географических элементов показывает, что с большим перевесом в видовом составе преобладают гипоарктические и бореальные виды растительности на контроле, на гари их соотношение одинаково.

Таблица 9

Генетические группы растений на участках 2020 г. в г. Надым (гарь 2-х лет)

Генетические группы	Фон, кол-во видов	Гарь, кол-во видов
Арктические	1	1
Гипоарктические	21	11
Аркто-бореальные	1	2
Бореальные	18	11
Бореально-монтанные	1	1
всего	40	25

*Содержание минерального и органического вещества в фитомассе*

По полученным данным преобладание минерального вещества наблюдается в образцах с территории подвергшейся пожару. В среднем этот показатель на данной территории равен 5,51%, на фоновом участке зольность в два раза меньше, около 2,4%. Наибольшие значения зольности характерны для трав 12,27% на гари, на фоне эта фракция отсутствует. (Рис.26) Показатели для опада и кустарничков на гари варьируют в пределах от 3 до 3,5%, на фоне от 2,4 до 3,2%. Лишайники на участке гари отсутствуют, на фоновом участке они составляют 0,93% (Приложение 4).

Органическое вещество преобладает в фоновых образцах биомассы (97,6% фон, 94,49% гарь). Наибольшее количество органического вещества находится у лишайников с фоновой участка – 99,07%. Показатели у кустарничков на гари находятся в пределах 96,42% для листьев и 96,9% для ветвей. Количество вещества кустарничков с фона в среднем больше на 0,6%. Концентрация для опада варьирует в пределах 96,7-96,9% (Рис.28).



Рис. 28. Средняя зольность и содержание органического вещества в фитомассе в % на фоновом участке и гари 2020 года, в районе г. Надым (гарь 2-х лет)

## Гарь и фоновый участок 2022 г. г. Надым (гарь 0-го года)

Участок представлен лиственнично-березовой кустарничково-лишайниково-зеленомошной тайгой.

На фоновом участке в травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Vaccinium myrtillus* и *Empetrum nigrum*. Их проективное покрытие составляет 25% и 31% соответственно. Единично встречаются злаки рода *Arctagrostis*, *Calamagrostis epigeios*, *Solidago virgaurea*, *Antennaria dioica*, кустарнички рода *Arctous*. В мохово-лишайниковом ярусе преобладают мох *Pleurozium schreberi* (40%) и лишайники рода *Cladonia* (18%). Единично встречаются лишайники *Stereocaulon alpinum* и *Flavocetraria nivalis*. Древесный ярус представлен *Picea obovata*, *Betula pubescens*, *Larix sibirica*.

Для гари северной тайги характерно практически полное уничтожение напочвенного покрова молодого подроста и кустарников. Дрevesтой сохранился, но часть деревьев не жизнеспособна. Единично встречаются подрост *Betula pubescens*, *Picea obovata*, *Cedrus*, *Larix sibirica* и *Pinus sibirica*. Идет процесс интенсивного заселения гари пионерными древесными видами – лиственницей и березой.

### Количество биомассы

За 2022 год были рассмотрены образцы биомассы травяно-кустарничкового яруса отобранные только с фонового участка, поскольку гарь этого года является довольно свежей и растительный покров не успел восстановиться.

Среднее количество биомассы составило 2,57 т/га, из которых 1,14 т/га приходится на мхи и лишайники, 0,6 т/га на кустарнички и 0,7 т/га на опад.

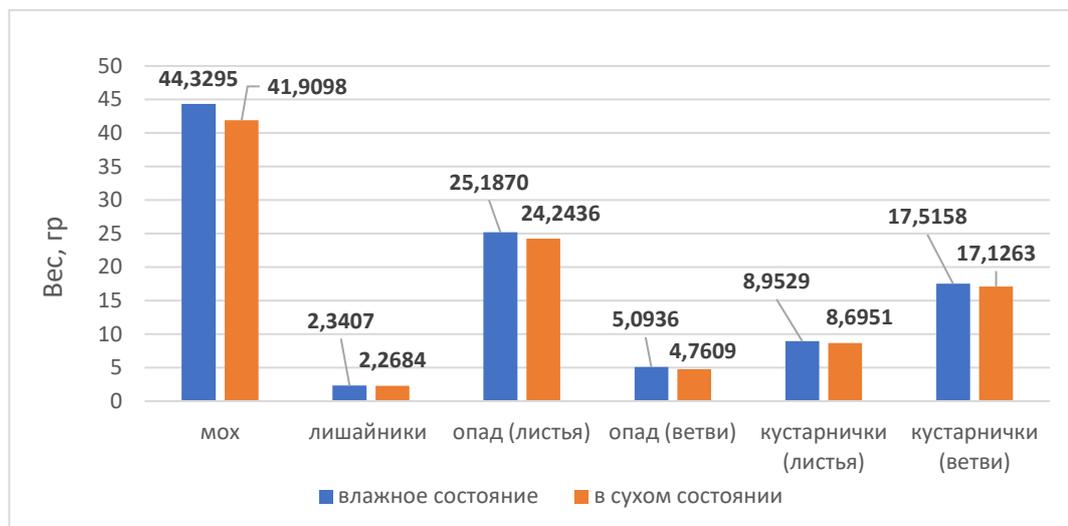


Рис. 29. Среднее количество влажной и сухой биомассы на фоновом участке 2022 г, вблизи г. Надым

### Экологические группы

Данные о соотношении экологических групп на гари 2022 года в г. Надым и фоновом участке представлены на рисунке 30 и в приложении 2.

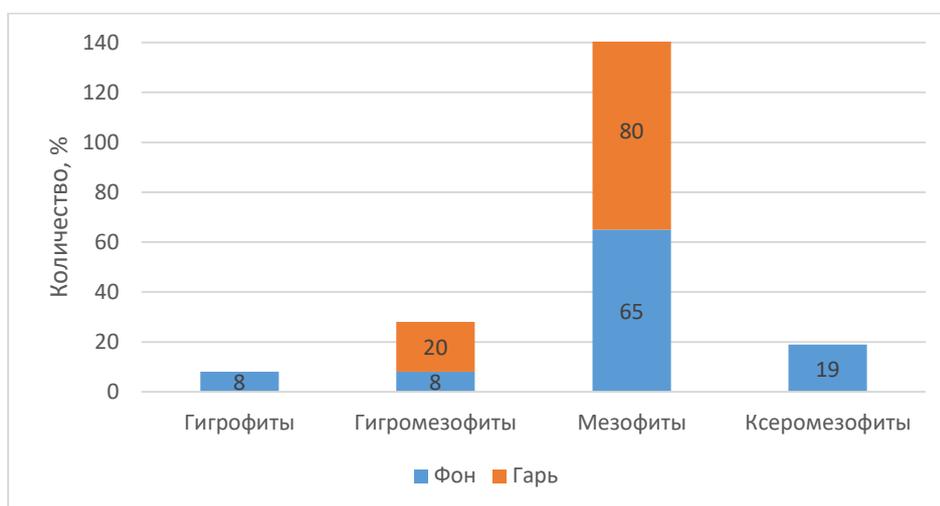


Рис. 30. Соотношение экологических групп растений на участках 2022 г. в г. Надым (гарь 0-го года)

На гари сохранились только некоторые деревья и кустарники, которые относятся к мезофитам и мезогигрофитам – 80% и 20% соответственно. На

фоне процент гигрофитов достигает 8%, гигромезофитов – 8%, мезофитов – 65% и ксеромезофитов – 19%.

#### *Запас влаги в наземной фитомассе*

Наибольшая потеря влаги наблюдается у мхов, она составляет 5,76%, наименьшая у кустарничков 1,93%. Для опада, кустарничков (листья) и лишайников потеря влаги варьирует от 2 до 3,5 %. Наибольшее среднее количество о влажной и сухой биомассы приходится на мхи и опад (листья) (Рис. 31).

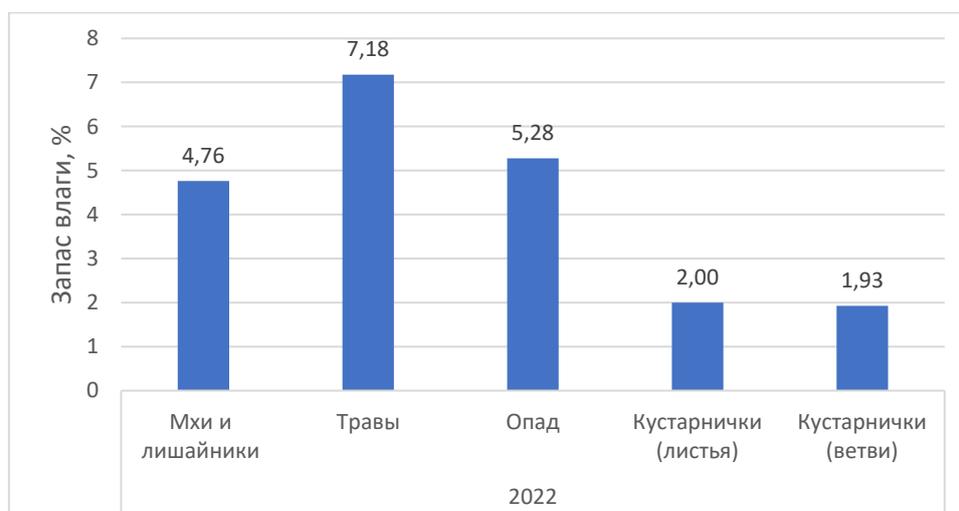


Рис. 31. Запас влаги в наземной фитомассе на фоновом участке 2022 года, вблизи г. Надым

#### *Генетические группы*

Сравнение соотношения широтных географических элементов показывает, что в видовом составе преобладают бореальные виды растений на контроле и на гари.

Таблица 10

Генетические группы растений на участках 2022 г. в г. Надым (гарь 0-го года)

Генетические группы	Контроль, кол-во видов	Гарь, кол-во видов
Арктические	1	-
Гипоарктические	9	-
Бореально-монтанные	1	2

Бореальные	15	4
всего	16	6

### *Содержание минерального и органического вещества в фитомассе*

Содержание минерального вещества на фоновом участке 2022 года варьирует в пределах 3-3,8% для большинства образцов, однако наименьшее количество наблюдается в опаде (ветви) 1,51% и кустарничках (ветви) 1,46% (Рис.32). Что касается органического вещества, то наибольшее содержание наблюдается у кустарничков  $0,97 \pm 0,12$  -  $1 \pm 0,49$  гр. и опада (листья)  $0,97 \pm 0,13$  гр. Значение для мхов и лишайников варьирует в пределах  $0,45 \pm 0,13$  -  $0,49 \pm 0,11$  гр (Приложение 4).

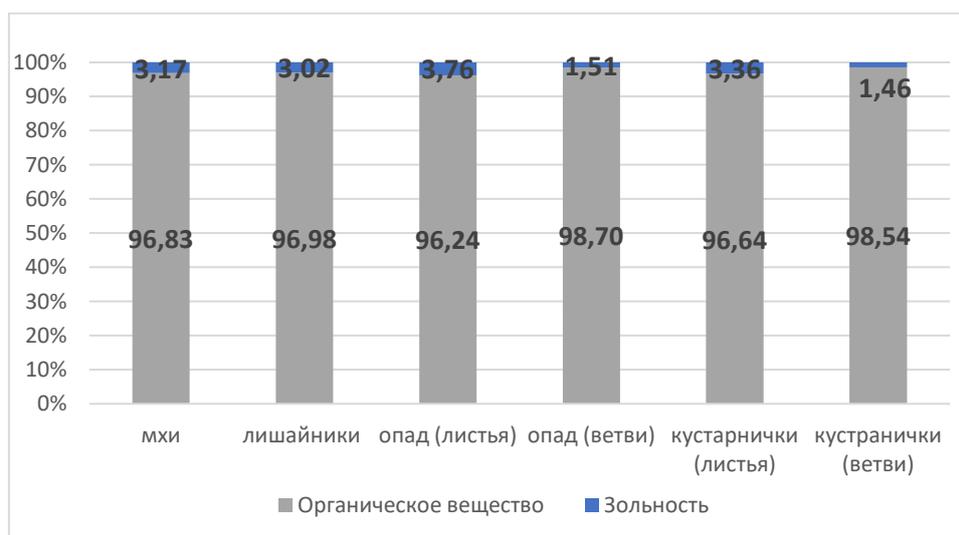


Рис. 32. Средняя зольность и содержание органического вещества в фитомассе в % на фоновом участке 2022 года, вблизи г. Надым

### **Запасы углерода в фитомассе с фонового участка и гари 2020 и 2022 г. вблизи г. Надым (гарь 2-х и 0-го года)**

#### *Травяно-кустарничковый ярус*

Запас углерода в надземной фитомассе для участка гари и фона 2020 г. составил 1,13 и 2,21 т С/га соответственно, для контроля 2022 г. показатель равен 2,31 т С/га.

Наибольшая количество углерода для фоновых участков. приходится на мхи и лишайники, их доля от общей фитомассы равна 71% (участок 2020г.) и 40% (фон 2022г.). Масса травяно-кустарничкового яруса двухлетней гари составила 1,13 т С/га, для фоновых участков показатели равны 0,64 т С/га (2020г.) и 1,87 т С/га (2022г.).

#### *Древесный ярус и подрост*

Пул углерода в древостое 2020 года составил 4,1 т С/га для фонового участка и 1,4 т С/га для участка гари, показатели для 2022 года равны 3,3 т С/га и 4,2 т С/га соответственно. Заметно преобладание запасов углерода в древостое не подвергшегося возгоранию.

На фоне 2020 года основной запас приходится на лиственницу и березу – 2 и 1,8 т С/га. Подрост березы составляет 5% от общей доли и равен 0,2 т С/га. На гари также наблюдается преобладание лиственницы и березы их доля от общего запаса углерода равна 43% и 36%. Подрост березы также не значителен.

На фоновом участке 2022 года основной запас углерода у березы (более 98%), наблюдаются небольшие показатели у подростка березы и лиственницы – 0,02 и 0,01 т С/га. На участке гари большой запас сосредоточен у березы и кедра 1,51 и 1,2 т С/га, лиственница составила 0,14 т С/га. На долю подростка приходится всего 2%.

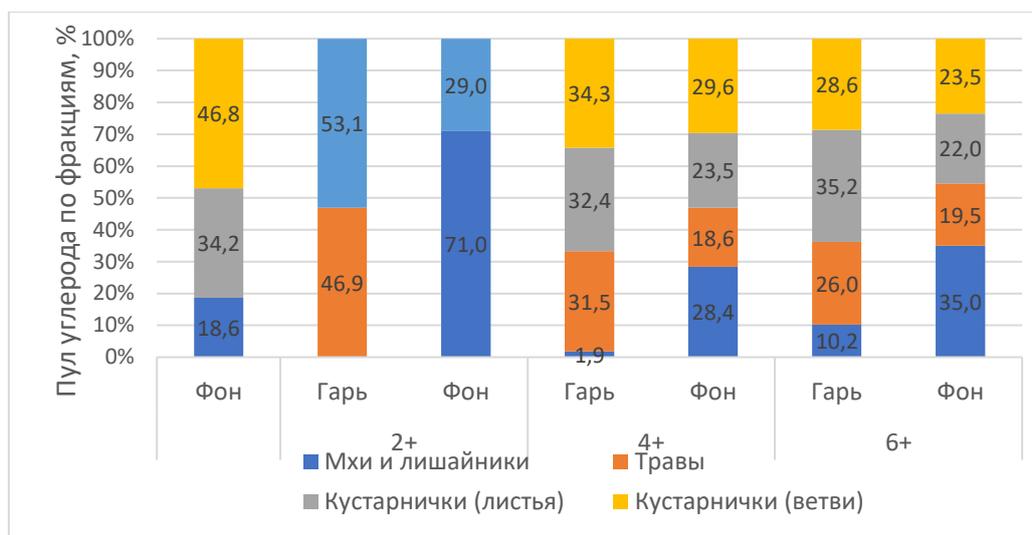


Рис. 33. Перераспределение углерода наземной фитомассы по фракциям в %, для всех исследуемых гарей и фоновых участков

## ВЫВОДЫ

Единовременное наблюдение на однотипных территориях с разной давностью пожара является одним из распространенных методов изучения восстановительной динамики сообществ после пожара.

Сукцессионные ряды для одних и тех же сообществ, при низкой и высокой интенсивности пожара, будут отличаться. Восстановление видового состава и структуры при высокой интенсивности пожара может занять 15 лет, в то время как на гари с низкой интенсивностью этот период займет 5 лет.

Сравнение хода восстановления растительного покрова после пожара в разных ландшафтных условиях и природных зонах позволило выявить некоторые общие черты. На всех исследованных площадках на первых стадиях восстановления растительности в покрове доминируют травы, преимущественно злаки или кустарники, которые не сгорели во время пожара. По мере развития сукцессии появляются кустарнички, лишайники и бореальные мхи, подрост деревьев. Медленнее всего восстанавливается лишайниковый покров. Восстановление растительности идет за счет возобновления видов, ранее составлявших фитоценоз, внедрение новых видов

отмечается не всегда. Из наиболее постоянных, адвентивных видов, можно назвать Иван-чай узколистый. Положительная реакция на действие пожара, проявляющаяся в увеличении встречаемости, проективного покрытия, всегда наблюдалась у пушиц, осок, вороники, арктополевицы, толочнянки и политриховых мхов, которые относятся к группам гигрофитов и мезогигрофитов. Это показывает, что на ранних стадиях восстановительной сукцессии наблюдается увеличение влажности местообитания, что может быть связано с более активным протаиванием многолетних мерзлых пород и перехода влаги в почву из талого слоя.

По результатам исследования наземная фитомасса с территории, подвергшейся воздействию огня в 3–4 раз меньше, чем количество фитомассы с фоновых участков. Так общая величина массы травяно-кустарничкового покрова с территории п. Тазовский за 2016–2018 гг. практически схожа как для участков гари, так и для фоновых участков и находится в пределах 0,5–0,8 т/га и 2,7–3,4 т/га соответственно. Для естественных экосистем северной тайги показатели наземной фитомассы примерно в 2–3 раза выше, чем в южной тундре, это связано с изменением климатических условий, т.е. увеличением продолжительности вегетационного периода у сосудистых растений и количеством поступающей солнечной радиации, также эти изменения можно связать с появлением деревьев и увеличением количества ярусов в северной тайге. Потери наземной фитомассы на гари по сравнению с фоновыми участками составляет около 50%. На гари шестилетней давности (2016 г.) можно заметить почти полное восстановление мохово-лишайникового покрова. Это подтверждается тем, что доля мхов и лишайников в фитомассе составляет 72,5%. На всех фоновых участках доля мхов и лишайников более 90% от общей фитомассы. На более молодых гарях 4, 2 лет в напочвенном покрове характерно преобладание кустарничков и трав 78,5 и 71% соответственно.

По сравнению с 2020 годом, результаты за 2022 превышают значения почти в двое как для участка гари, так и на фоновых участках. Это превышение

можно сопоставить с разницей в густоте самого древостоя и выпадением деревьев после пожара.

Распределение фитомассы древостоя по фракциям зависит от возраста лиственно-хвойного насаждения. Известно, что на ранних стадиях формирования древесного яруса доля фитомассы, аккумулируемой в стволе и ветвях, значительно меньше, чем в листве (хвое) и корнях. При достижении лиственными насаждениями возраста 45–50 лет и более устанавливается стабильность в соотношении структурных компонентов фитомассы [Родин, Базилевич, 1965; Казимиров и др., 1978]. На исследуемых участках основной фракцией, в которой сосредоточена примерно половина (44–50 %) органического вещества, накопленного древостоями, является стволовая древесина и ветви.

На участках гарей формируется напочвенный покров с большим запасом влаги в наземной фитомассе (в среднем на 5–10%), таким образом, на ранних стадиях восстановления снижается пожароопасность напочвенного покрова.

Зольность фитомассы выше на гари и составляет 5–8%, что на 1–2% выше, чем на фоновых участках. Это связано с тем, что на начальных стадиях сукцессии доминируют злаки, а также мхи другого вида. Наибольшие значения показателя зафиксированы в травах, а также мхах и лишайниках. Количество органического вещества в свою очередь преобладает на фоновых участках и в среднем равно 94–98%

Общие запасы пулов углерода наземной фитомассы для территории южной лесотундры составили 1,96 и 2,77 т С/га (участок гари и фона 2016 г.), 2,16 и 3,88 т С/га (2018 г. соответственно). Запасы углерода территории северной тайги в среднем превышают в 1,5–2 раза показатели лесотундры, это связано с появлением древесного яруса, в котором сосредоточена основная часть в накопленного углерода. Запасы на фоновых участках 2020 и 2022 составили 5,7 и 6,3 т С/га, на участках гари показатели равны 2,5 и 4,2 т С/га соответственно. Запасы углерода в фитомассе нижних ярусов лесотундры на гарях преобладает у кустарничков, на фоновых участках наибольший запас

углерода сосредоточен в мхах и лишайниках. Для северной тайги также характерно преобладание углерода в мохово-лишайниковом ярусе для фоновых участков и преобладание запаса углерода у кустарничков для участков гари. Наблюдается равномерное перераспределение пулов углерода в мохово-лишайниковом и травяно-кустарничковом ярусе с возрастом гари.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ данных полученных нами и данных других авторов показал, что послепожарное восстановление растительности занимает период не менее 45 лет. На гарях на месте южных тундр и северотаёжных редколесьях развитие послепожарных сукцессий происходит с усилением роли кустарникового яруса (*Betula nana*, кустарниковые формы *Larix*, которые сохранились после пожара).

2. Результаты оценки видового разнообразия на начальных стадиях восстановительных пирогенных сукцессий показали, что восстановление лесных сообществ идет со сменой видового состава. На начальных стадиях увеличивается доля луговых и лугово-болотных видов.

Медленнее всего восстанавливается лишайниковый покров. В мохово-лишайниковом покрове на ранних стадиях сукцессии увеличивается роль мхов рода *Polytrichum*, увеличивается разнообразие лишайников, особенно рода *Cladonia*.

Динамика сукцессионных рядов с высокой интенсивность пожара идет медленнее, чем на гарях с низкой.

3. В результате проведенных исследований установлено, что после пожара запасы напочвенного покрова снизились в среднем на 85% в сравнении с фоновым участком. Увеличение запасов влаги в фитомассе на гарях является одним из важных сдерживающих факторов возникновения повторного возгорания. На начальных стадиях восстановительной сукцессии снижаются запасы органического вещества в фитомассе, что коррелируется со сменой видового состава. Запасы углерода на гарях уменьшились в 1,5–2 раза по сравнению с фоновыми участками. С возрастом гарей наблюдается равномерное перераспределение пулов углерода по фракциям в мохово-лишайниковом и травяно-кустарничковом ярусе. Преобладание запасов углерода в северной тайге связано с появлением древесного яруса, в котором сосредоточена основная часть в накопленного углерода.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ACIA, Arctic Climate Impact Assessment 2005: Chapter 14: Juday, G et al: Forests, Land management and Agricultur.
2. Albini F.A. Estimating Wildfire Behavior and Effects. USDA Forest Service. General Technical Report INT-30. Ogden, UT, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1976. 92 p
3. Alexander M.E., Lawson B.D., Stocks B.J., Van Wagner C.E. User Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System: Rate of Spread Relationships. Ottawa, ON, Canadian Forest Service Fire Danger Group, 1984. 73 p.
4. Anderson H.E. Aids to Determining Fuel Models for Estimating Fire Behavior. General Technical Report INT-122. Ogden, UT, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1982. 22 p.
5. Archibald, S. et al. 2013. Defining pyromes and global syndromes of fire regimes. - Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 110: 6445–6447
6. Balshi, M. S. et al. Vulnerability of carbon storage in North American boreal forests to wildfires during the 21st century. Glob. Change Biol. 15, 1491–1510 (2009).
7. Boby, L. A., Schuur, E. A. G., Mack, M. C., Johnstone, J. F. & Verbyla, D. L. Quantifying fire severity, carbon and nitrogen emissions in Alaska’s boreal forests. Ecol. Appl. 20, 1633–1647 (2010).
8. Bond.Lamberty, B. et al 2007: Fire as the dominant driver of central Canadian boreal forest carbon balance. Nature, vol. 450:7166, p. 89.
9. Chen, W., J. M. Chen, D. T. Price, and J. Cihlar (2002), Effects of stand age on net primary productivity of boreal black spruce forests in Ontario, Canada, Can. J. For. Res., 32, 833-842.
10. Deeming J.E., Burgan R.E., Cohen J.D. The National Fire-Danger Rating System. General Technical Report INT-39. Ogden, UT, USDA Forest Service, 1978. 66 p. Буряк Л.В., Лузганов А.Г., Матвеев П.М., Каленская

- О.П. Влияние низовых пожаров на формирование светлохвойных насаждений юга Средней Сибири. Красноярск: СибГТУ, 2003. 195 с.
11. Flannigan, M. et al 2009: Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest. *Global Change Biology*, vol. 15:3, p. 549–560.
  12. Furyaev V.V., Vaganov E.A., Tchebakova N.M., Valendik E.N. Effect of fire and climate on successions and structural changes of the Siberian boreal forest // *Eurasian J. For. Res.* 2001. № 2. P. 1–15.
  13. Hu, F. S. et al. 2015. Arctic tundra fires: Natural variability and responses to climate change. - *Front. Ecol. Environ.* 13: 369–377.
  14. Isaev A., Korovin G. et al.: 1995, 'Carbon Stock and Deposition in Phytomass of the Russian Forests', *Water Air Soil Pollut.* 82, 247–256.
  15. Isaev A., Korovin G. et al.: 1995, 'Carbon Stock and Deposition in Phytomass of the Russian Forests', *Water Air Soil Pollut.* 82, 247–256.
  16. Isaev, A. S., Korovin, G. N., Sukhikh, V. I., Titov, S. P., Utkin, A. I., Gulub, A. A., Zamolodtchikov, D. G., and Priazhnikov, A. A.: 1995, *Ecological Problems of Carbon Dioxide Sequestration through Reforestation and Afforestation in Russia*, Analytical Research, Centre of Russian Ecological Policy, Moscow, 155 p.
  17. Kurz, W. A. and M. J. Apps (1999), A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector, *Ecol. Appl.*, 9(2), 526-547.
  18. Luo, Y. Q. Terrestrial carbon-cycle feedback to climate warming. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 38, 683–712 (2017).
  19. Mack, M. C., Schuur, E. A. G., Bret-Harte, M. S., Shaver, G. R. & Chapin, F. S., III Ecosystem carbon storage in Arctic tundra reduced by long-term nutrient fertilization. *Nature* 431, 440–443 (2004).
  20. Masrur, A. et al. 2018. Circumpolar spatio-temporal patterns and contributing climatic factors of wildfire activity in the Arctic tundra from 2001–2015. - *Environ. Res. Lett.* 13: 14019. Moritz, M. A. et al. 2012. Climate change and disruptions to global fire activity. – *Ecosphere* 3: 1–22.

21. McGuire, A. D. et al. Sensitivity of the carbon cycle in the Arctic to climate change. *Ecol. Monogr.* 79, 523–555 (2009).
22. Payne N.J., Allan Cameron D., Leblane J.-D., Morrison I.K. Carbon Storage and Net Primary Productivity in Canadian Boreal Mixedwood Stands. *Journal of Forestry Research*, 2019, vol. 30, pp. 1667-1678.
23. Ping, C. L. et al. High stocks of soil organic carbon in the North American Arctic region. *Nature Geosci.* 1, 615–619 (2008).
24. Sannikov S.N., Goldammer J.G. Fire ecology of pine forests of Northern Eurasia // *Fire in ecosystems of Boreal Eurasia* / Eds Goldammer J.G., Furyaev V.V. / Dordrecht; Boston; London: Forestry Sci., 1996. V. 48. P. 151–167.
25. Schuur, E. A. G. et al. The effect of permafrost thaw on old carbon release and net carbon exchange from tundra. *Nature* 459, 556–559 (2009).
26. Spracklen, D. et al 2008: Boreal forests, aerosols and the impacts on clouds and climate. *Philosophical Transactions of the Royal Society A — Mathematical Physical And Engineering Sciences*, vol. 366:1885, p. 4613–4626.
27. Sturm, M., Racine, C. & Tape, K. Climate change—increasing shrub abundance in the Arctic. *Nature* 411, 546–547 (2001).
28. Turetsky, M. R. et al. Recent acceleration of biomass burning and carbon losses in Alaskan forests and peatlands. *Nature Geosci.* 4, 27–31 (2011).
29. Viereck, L. A. and Schandelmeier, L. A. 1980. Effects of fire in Alaska and adjacent Canada: a literature review. - US Department of the Interior, Bureau of Land Management, Alaska State Office
30. Walker X. J. Rogers B. M., Baltzer J. L., Cumming S. G., Day N. J., Goetz S. J., ... & Mack M. C. Cross-scale controls on carbon emissions from boreal forest megafires // *Global Change Biology*. 2018. Vol. 24. No. 9. P. 4251–4265.

31. Walker X. J., Baltzer J. L., Cumming S. G., Day N. J., Ebert C., Goet, S., ... & Mack M. C. Increasing wildfires threaten historic carbon sink of boreal forest soils // *Nature*. 2019. Vol. 572. No. 7770. P. 520–523.
32. Young, A. M. et al. 2016. Climatic thresholds shape northern high-latitude fire regimes and imply vulnerability to future climate change. - *Ecography (Cop.)*. 39: 1–12.
33. Zamolodtchikov, D. G., and Priazhnikov, A. A.: 1995, *Ecological Problems of Carbon Dioxide Sequestration through Reforestation and Afforestation in Russia*, Analytical Research, Centre of Russian Ecological Policy, Moscow, 155 p.
34. Zianis D., Muukkonen P., Mäkipää R., Mencuccini M. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica Monogr.* 2005 V. 4 Tampere, Finland. 63 p.
35. Абдульманова С. Ю. Зональные особенности динамики видового состава лишайников в ходе пирогенных сукцессий // *Экология от южных гор до северных морей*. - 2010. - С. 7.
36. Абдульманова С.Ю., Эктова С.Н. Изменение скорости роста кустисто-разветвленных лишайников рода *Cladonia* в ходе пирогенных сукцессий на севере Западной Сибири / С.Ю. Абдульманова, С.Н. Эктова // *Сибирский экологический журнал*. - 2015. - Т. 22, № 3. - С. 398-412.
37. Архив погоды <https://rp5.ru> (дата обращения 20.12.2022)
38. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. Салехард, Тюмень: ФГУЛ «Омская картографическая фабрика», 2004. – 303 с.
39. Бакулин В.В., Козин В.В. География Тюменской области: Учеб. пособие. Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1996. – 235 с.
40. Барталев С. А., Стыщенко Ф. В., Егоров В. А., Лупян Е. А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров // *Лесоведение*. 2015. № 2. С. 83–94.

41. Бойченко, А. Естественное возобновление сосны в лесах северотаежного Зауралья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Свердловск, 1980. 23 с
42. Валендик Э.Н. Экологические аспекты лесных пожаров в Сибири // Сиб. экол. журн. 1996. Т. III. № 1. С. 18.
43. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. М., Мысль, 1978
44. Гордиенко Д.М. Пожарная безопасность особо опасных и технически сложных производственных объектов нефтегазового комплекса / Д.М. Гордиенко // Автореферат дисс... д-ра техн. наук. – Москва, 2018. – 48 с.
45. Гордиенко Д.М. Пожарная безопасность особо опасных и технически сложных производственных объектов нефтегазового комплекса / Д.М. Гордиенко // Автореферат дисс... д-ра техн. наук. – Москва, 2018. – 48 с.
46. ГОСТ Р 56881-2016 Биомасса. Определение зольности стандартным методом действует.
47. Данчева, А.В. Особенности лесовозобновления гарей в условиях сухих сосняков Казахского мелкосопочника (на примере Баянаульского ГНПП) / А.В. Данчева, С.В. Залесов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 1918. Вып. 224. С. 150-160.
48. Диченков Н.А. Географичность запасов лесных горючих материалов // Лесохоз. информ. 1992. Вып. 257. С. 156–160.
49. Ершов Д. В. Сочилова Е. Н. Количественные оценки прямых пирогенных эмиссий углерода в лесах России по данным дистанционного мониторинга 2020 года // Вопросы лесной науки. 2020. Т. 3 № 4.
50. Жеребятьева Н.В., Омарова Д.А., Полухина А.М. Природные пожары в субарктических лесах Западной Сибири в контексте устойчивого развития территории // Актуальные вопросы устойчивого развития

- регионов, отраслей, предприятий: материалы Международной научно-практической конференции. Т.IV/ отв. ред. А.В. Воронин – Тюмень: ТИУ, 2023. – С. 130-135.
51. Замараева Т. А. Восстановление растительного покрова багульниково-лишайниковых лиственничных лесов после пожаров в лесотундровой зоне Западной Сибири //Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. - 2011. - №. 11.
  52. Замараева Т. А. Возобновление шиловидных и бокальчатых лишайников после пожаров в лиственничных лесах лесотундры Западной Сибири //Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. - 2012. - №. 6.
  53. Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Шуляк П. П., Честных О. В. Влияние пожаров и заготовок древесины на углеродный баланс лесов России // Лесоведение. 2013. № 5. С. 36–49.
  54. Запасы и структура фитомассы древостоев северотаежных сосняков Республики Коми / А. Ф. Осипов, И. Н. Кутявин, А. В. Манов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2022. – № 4(388). – С. 25-38. – DOI 10.37482/0536-1036-2022-4-25-38. – EDN VTJUWN.
  55. Иванов, В.А. Механизм возникновения лесного пожара от молний / В.А. Иванов // Сибирский экологический журнал, Т. 3. 1996. № 1. С. 103-107
  56. Иванова Г.А., Жила С.В., Кукавская Е.А., Иванов В.А. Постпирогенная трансформация фитомассы древостоя в насаждениях Нижнего Приангарья // Изв. вузов. Лесн. журн. 2016. № 6. С. 17–32
  57. Иванова Г.А., Иванов В.А. Зональность лесных горючих материалов и их пирогенная трансформация в сосняках Средней Сибири // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 4. С. 9–26.
  58. Иванова Г.А., Конард С.Г., Макрае Д.Д., Безкоровайная И.Н., Богородская А.В., Жила С.В., Иванов В.А., Иванов А.В., Ковалева Н.М., Краснощекова Е.Н., Кукавская Е.А., Орешков Д.Н., Перевозникова В.Д.,

- Самсонов Ю.Н., Сорокин Н.Д., Тарасов П.А., Цветков П.А., Шишкин А.С. Воздействие пожаров на компоненты экосистемы среднетаежных сосняков Сибири. Новосибирск: Наука, 2014. 232 с
59. Компаниец А.С. Схема территориального планирования Тазовского района. Магнитогорск, 2015. 313 с.
60. Коновалов, Н.А. О роли огня в возобновлении лиственницы Сукачева на Среднем Урале / Н.А. Коновалов, В.Д. Луганская // Лесной журнал, 1962. № 5. С. 15-18.
61. Кукавская, Е.А. Воздействие лесных пожаров на биомассу сосновых насаждений Средней Сибири /Е.А. Кукавская, Г.А. Иванова //Вестник КрасГАУ, вып. 12. — 2006. - С. 156—162. (по перечню ВАК).
62. Куликова М.А., Соромотин А.В. Оценка потоков углекислого газа постпирогенных геосистем на севере Западной Сибири // В сборнике: Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе. Материалы Международной научно-практической конференции. Отв. редактор Ю.В. Сивков. Тюмень, 2023. С. 86-89.
63. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопр. лесн. пирологии. Красноярск: ИЛиД, 1970. С. 5–58.
64. Курбатский Н.П. Пожары тайги, закономерности их возникновения и развития: Автореф. дис. докт. с.-х. наук. Красноярск: ИЛиД СО РАН, 1964. 38 с.
65. Курбатский Н.П. Терминология лесной пирологии // Вопр. лесн. пирологии. Красноярск: ИЛиД, 1972. С. 171–231.
66. Курбатский Н.П., Иванова Г.А. Пожароопасность сосняков лесостепи и пути ее снижения. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1987. 113 с.
67. Лёзин В.А. Реки Ямало-Ненецкого автономного округа. Справочное пособие. Изд-во «Вектор Бук». Тюмень, 2000. – 142 с.

68. Лыткина, Л. П. Послепожарная сукцессия в лесах криолитозоны (на примере центральной Якутии) / Л. П. Лыткина, С. И. Миронова // Экология. – 2009. - № 3. – с. 168-173.
69. Магомедова М.А. Восстановление лишайникового покрова на горях в предтундровых лесах Западной Сибири // Биота ямала и проблемы региональной экологии. научный вестник. 2006. Вып. 1 (38). с. 27-38.
70. Манаков К.Н. Элементы биологического круговорота на Полярном Севере. Л.: Наука, 1970.- 160 с.
71. Маслов, М. Н. Динамика общего и лабильного пулов органического углерода почв при постпирогенной сукцессии экосистем горной тундры Хибин / М. Н. Маслов, О. А. Маслова, Е. И. Копейна // Почвоведение. – 2020. – № 3. – С. 330-339.
72. Мастепанов А.М. О некоторых итогах 2018 г. и перспективах развития НГК России // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2019. –№ 1(169). – С. 5-7.
73. Матвеев А. М., Матвеева Т. А., Бакшеева Е. О. Влияние пожаров на возобновление лиственницы в разных орографических условиях // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - №. 5. - С. 383.
74. Московченко Д.В. Особенности многолетней динамики растительности Бованенковского месторождения (полуостров Ямал)// Вестник ТюмГУ. Экология (№12). 2013. С. 57-66.
75. Московченко Д.В., Арефьев С.П., Московченко М.Д., Юртаев А.А. Пространственно-временной анализ природных пожаров в лесотундре Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2020. Т. 27. № 2. С. 243-255.
76. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. 864 с.
77. Оценка продуктивности древостоев / Д. В. Тишин. – Казань: Казанский университет, 2011 – 31 с.

78. Попов Л.В. Южнотаежные леса Средней Сибири: монография / Л. В. Попов ; науч. ред. Л. К. Поздняков. - Иркутск: Издательство Иркутского университета, 1982. - 330 с.
79. Приказ Минприроды России от 27.05.2022 N 371 "Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов"(Зарегистрировано в Минюсте России 29.07.2022 N 69451)
80. Прокушкин С.Г. Послепожарное восстановление органического вещества в напочвенном покрове лиственничников криолитозоны центральной Эвенкии / С. Г. Прокушкин, В. В. Богданов, А. С. Прокушкин, И. В. Токарева // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2011. – № 2. – С. 227-234.
81. Родин Л.Е. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара : научное издание / Л. Е. Родин, Н. И. Базилевич ; отв. ред. Е. М. Лавренко ; Академия наук [АН] СССР. Ботанический институт им. В.Л.Комарова. - Ленинград : Наука, 1965. - 254 с.
82. Санников С.Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье // Горение и пожары в лесу. Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1973 С. 236–277.
83. Санников, С.Н. Возрастная биология сосны обыкновенной в Зауралье / С.Н. Санников // Восстановительная и возрастная динамика лесов на Урале и в Зауралье. - Свердловск: УФ АН СССР, 1976. Вып. 101. С. 124-165.
84. Санников, С.Н. Естественное возобновление в сосняках северной тайги Зауралья / С.Н. Санников // Природа и растительность северной части Свердловской области. - Свердловск: УФАН СССР. Вып. 1. 1964. С. 117-129.

85. Санников, С.Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры возобновления и эволюции биогеоценозов / С.Н. Санников // Экология, 1981. № 6. С. 24-33.
86. Санников, С.Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье / С.Н. Санников // Горение и пожары в лесу. - Красноярск: 1973. С. 236-277.
87. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 637 с.
88. Уткин А. И., Замолодчиков Д. Г., Гульбе Т. А., Гульбе Я. И. Аллометрические уравнения для фитомассы по данным деревьев сосны, ели, березы и осины в европейской части России // Лесоведение. 1996 № 6 С. 36–46.
89. Халиков В.Д. Совершенствование метода расчета площади аварийного 152 пролива нефти для технологических трубопроводов / В.Д. Халиков // Автореферат дисс... канд. техн. наук. – Уфа, 2017. – 24 с.
90. Халиков В.Д. Совершенствование метода расчета площади аварийного 152 пролива нефти для технологических трубопроводов / В.Д. Халиков // Автореферат дисс... канд. техн. наук. – Уфа, 2017. – 24 с.
91. Честных О. В., Лопес де Греню В. О. Послепожарные изменения углеродного цикла в субарктической тундре северо-востока Европейской части России // Эмиссия и сток парниковых газов на территории северной Евразии: тез. докл. 2-й Междунар. конф., 16 – 20 июня 2003. — Пущино.
92. Шубин, Д.А. Влияние пожаров на компоненты лесного биогеоценоза в Верхне-Обском боровом массиве / Д.А. Шубин, А.А. Малиновских, С.В. Залесов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2013. № 6 (44). С. 205-208.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

Таблица 1

## Проективное покрытие растительного покрова, %

		Фон 1990 р-н. Тазов ский	Гарь 1990 р-н. Тазовс кий	Фон 2016 п.Заполя рный	Гарь 2016 п.Заполя рный	Фон 2016 р-н. Тазовс кий	Гарь 2016 р- р-н. Тазовс кий	Фон 2018 р-н. Тазовс кий	Гарь 2018 р-н. Тазовс кий	Фон 2019 г. Над ым	Гарь 2019 г. Над ым	Фон 2020 г. Над ым	Гарь 2020 г. Надым	Фон 2022 г. Над ым	Гарь 2022 г. Над ым
Арктополевица тростниковидная	<i>Arctagrostis arundinacea</i>	+	20	10	20-40	5	30						+	+	
Арктоус альпийский	<i>Arctous alpina</i>					+									
Арктоус арктический	<i>Arctostaphyl os uva-ursi</i>							+						+	
Багульник болотный	<i>Ledum palustre</i>	40	15	20	15	20	10	+	+	5	25	5	+++	4	
Баранец арктический	<i>Huperzia arctica</i>							+							
Баранец обыкновенный	<i>Huperzia selago</i>							+							
Береза карликовая	<i>Betula nana</i>	10	10	30	15	3	50	+	+	+	+	+	15		
Береза пушистая	<i>Betula pubescens</i>									+		+	+	+	+
Береза Черепанова	<i>Betula czerepanovii</i>									+	sp	+			
Болотница болотная	<i>Eleocharis palustris</i>								+						
Брусника	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1	5	+	+	5	+	+	+	5	3	5	3	7	
Вейник наземный	<i>Calamagrosti s epigeios</i>		+	+	20				+		+			+	
Вейник тростниковидный	<i>Calamagrosti s arundinacea</i>								+						

## Продолжение таблицы 1

Вороника черная	<i>Empetrum nigrum</i>	1	20		+	+	5	+		2	1	2		31	
Голубика	<i>Vaccinium uliginosum</i>	+	2	2	+		+	+	+	2	20	2	+	8	
Горец	<i>Polygonum</i>								+						
Дикранум многоножковый	<i>Dicranum polysetum</i>					+		+	+	+		+	1		
Ель сибирская	<i>Picea obovata</i>												5 шт.	+	+
Золотарник обыкновенный	<i>Solidago virgaurea</i>									+		+		+	
Ива арктическая	<i>Salix arctica</i>		+		+										
Ива Бебба (кустарниковая)	<i>Salix bebbiana</i>			5	+	10		+	+						
Ива карликовая	<i>Salix herbacea</i>	5	2			+			+		+				
Ива лапландская	<i>Salix lapponum</i>	+	+	5									+		
Ива полярная	<i>Salix polaris</i>		+												
Ива трехтычинковая	<i>Salix triandra</i>							+	+	+		+			
Иван-чай узколистный	<i>Chamerion angustifolium</i>				5				+	+		+	+		
Кедр	<i>Cedrus</i>									sp		sp	1 шт.	+	+
Кладония бахромчатая	<i>Cladonia fimbriata</i>		5							+		+			
Кладония бесформенная	<i>Cladonia deformis</i>									1		1			
Кладония бокальчатая	<i>Cladonia pyxidata</i>		5			+				+		+			
Кладония звездчатая	<i>Cladonia stellaris</i>	50	5	40	20	40	+++	+	+	30	50	30	60	13	
Кладония красноплодная	<i>Cladonia coccifera</i>		5							+		+			



## Продолжение таблицы 1

Пельтигера собачья	<i>Peltigera canina</i>				?	+				1		1			
Плаун сплюснутый	<i>Diphasiastrum complanatum</i>									+		+	+	4	
Плевроциум Шребера	<i>Pleurozium schreberi</i>		+				+	++	+	20	10	20	+	40	
Подбел многолистный	<i>Andromeda polifolia</i>							+		+		+			
Полевица побегообразующая	<i>Agrostis stolonifera</i>		+												
Политрихум можжевельниковый	<i>Polytrichum juniperinum</i>				10			+++	+	+		+	+		
Политрихум обыкновенный (кукушкин лен)	<i>Polytrichum commune</i>		20		40				+				+		
Политрихум сжатый	<i>Polytrichum strictum</i>				30										
Пушица влагалищная	<i>Eriophorum vaginatum</i>		20						+						
Ситник короткоприцветниковый	<i>Juncus brachyspathus</i>								+						
Ситник нитевидный	<i>Juncus filiformis</i>				+								+		
Ситник трехраздельный	<i>Juncus trifidus</i>				+										
Смолевка обыкновенная	<i>Silene vulgaris</i>													+	
Сосна обыкновенная	<i>Pinus sylvestris</i>									+		+			
Сосна сибирская	<i>Pinus sibirica</i>														+
Стереокаулон альпийский	<i>Stereocaulon alpinum</i>									1	+	1		+	

## Продолжение таблицы 1

Сфагнум бурый	<i>Sphagnum fuscum</i>												+		
Тимофеевка	<i>Phleum pratense</i>							+							
Толокнянка	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>		5		3	15	60	+	+	5	5	5	3	2	
Тофилдия ярко-красная	<i>Tofieldia coccinea</i>					1									
Флавоцетрария снежная	<i>Flavocetraria nivalis</i>	5		1		+			+	1		1		+	
Хамедафне болотная, кассандра	<i>Chamaedaphne calyculata</i>							+							
Хвощ луговой	<i>Equisetum pratense</i>		+						+	+		+	+		
Хвощ болотный	<i>Equisetum palustre</i>						+		+						
Хвощ комышковый	<i>Equisetum scirpoides</i>				+			+	+						
Хвощ лесной	<i>Equisetum sylvaticum</i>									+	5	+	+		
Цетрария исландская	<i>Cetrária islándica</i>					+			+	+	+	+			
Черника	<i>Vaccinium myrtillus</i>		+						+	+	5	+	3	25	
Шиповник блестящий	<i>Rōsa nitida</i>							sp	+	+	+	+	+		

## Экологические и генетические группы изучаемых участков

Вид	Экологическая группа	Генетическая группа	
Арктополевица тростниковидная	Arctagrostis arundinacea	МФ	ГА-М
Арктоус альпийский	Arctous alpina	ксМФ	ГипА
Арктоус арктический	Arctostaphylos uva-ursi	ксМФ	Б
Багульник болотный	Ledum palustre	Гг	ГипА
Баранец арктический	Huperzia arctica	МФ	МА
Баранец обыкновенный	Huperzia selago	МФ	Б
Белокрыльник болотный	Calla palustris	Гг	Б
Береза карликовая	Betula nana	Гг	ГипА
Береза пушистая	Betula pubescens	меГИ	Б
Береза Черепанова	Betula czerepanovii	МФ	Б
Болотница болотная	Eleocharis palustris	Гг	ГА
Брусника	Vaccinium vitis-idaea	МФ	ГипА
Вейник наземный	Calamagrostis epigeios	МФ	Б
Вейник тростниковидный	Calamagrostis arundinacea	МФ	Б
Вороника черная	Empetrum nigrum	МФ	Б
Голубика	Vaccinium uliginosum	меГи	ГипА
Горец	Polygonum	МФ	ГА
Дикранум многоножковый	Dicranum polysetum	МФ	ГипА
Ель сибирская	Picea obovata	МФ	Б
Золотарник обыкновенный	Solidago virgaurea	МФ	Б
Ива арктическая	Salix arctica	МФ	А
Ива Бебба	Salix bebbiana	Гг	АБ
Ива карликовая	Salix herbacea	МФ	Б
Ива лапландская	Salix lapponum	меГИ	АБ
Ива полярная	Salix polaris	гиМЕ	А
Ива трехтычинковая	Salix triandra	меГи	Б

## Продолжение таблицы 1

Иван-чай узколистный	<i>Chamerion angustifolium</i>	МФ	Б
Кедр	<i>Cedrus</i>	МФ	Б-М
Кладония бахромчатая	<i>Cladonia fimbriata</i>	МФ	ГипА
Кладония бесформенная	<i>Cladonia deformis</i>	МФ	ГипА
Кладония бокальчатая	<i>Cladonia pyxidata</i>	МФ	ГипА
Кладония звездчатая	<i>Cladonia stellaris</i>	МФ	ГипА
Кладония красноплодная	<i>Cladonia coccifera</i>	МФ	ГипА
Кладония лесная	<i>Cladonia arbuscula</i>	МФ	ГипА
Кладония неприглаженная	<i>Cladonia portentosa</i>	МФ	ГипА
Кладония оленья	<i>Cladonia rangiferina</i>	МФ	ГипА
Кладония рогатая	<i>Cladonia cornuta</i>	МФ	ГипА
Кладония стройная	<i>Cladonia gracilis</i>	МФ	ГипА
Кладония шишконосная	<i>Cladonia coniocraea</i>	МФ	ГипА
Кошачья лапка двудомная	<i>Antennaria dioica</i>	кМФ	Б
Лиственница сибирская	<i>Larix sibirica</i>	МФ	Б
Минуарция	<i>Minuartia</i>	МФ	АЛ
Можжевельник обыкновенный	<i>Juniperus communis</i>	кМФ	Б
Мытник болотный	<i>Pedicularis palustris</i>	ГГ	Б
Овсяница овечья	<i>Festuca ovina</i>	МФ	Б
Ожика волосистая	<i>Luzula pilosa</i>	МФ	Б
Осока бледноватая	<i>Carex pallescens</i>	МФ	АБ
Осока буроватая	<i>Carex brunnescens</i>	меГИ	АБ
Осока верещатиковая	<i>Carex ericetorum</i>	кМФ	Б
Осока влагалищная	<i>Carex vaginata</i>	ГГ	ГА-М
Осока двудомная	<i>Carex dioica</i>	ГГ	Б
Осока двурядная	<i>Carex disticha</i>	ГГ	Н
Осока неясноусая	<i>Carex adelostoma</i>	ГГ	ГА-М
Пельтигера пупырчатая	<i>Peltigera aphthosa</i>	МФ	ГипА
Пельтигера собачья	<i>Peltigera canina</i>	МФ	ГипА
Плаун сплюснутый	<i>Diplazium complanatum</i>	кМФ	Б
Плевроциум Шребера	<i>Pleurozium schreberi</i>	МФ	ГипА

## Продолжение таблицы 1

Подбел многолистный	<i>Andromeda polifolia</i>	Гг	Б
Полевица побегообразующая	<i>Agrostis stolonifera</i>	Гг	Б
Политрихум можжевельниковый	<i>Polýtrichum juniperinum</i>	МФ	ГипА
Политрихум обыкновенный	<i>Polytrichum commune</i>	меГИ	ГипА
Политрихум сжатый	<i>Polytrichum strictum</i>	меГИ	ГипА
Пушица влагалищная	<i>Eriophorum vaginatum</i>	Гг	ГипА
Ситник короткоприцветниковый	<i>Juncus brachyspathus</i>	Гг	Б
Ситник нитевидный	<i>Juncus filiformis</i>	Гг	Б
Ситник трехраздельный	<i>Juncus trifidus</i>	Гг	АЛ
Смолевка обыкновенная	<i>Siléne vulgáris</i>	МФ	Б
Сосна обыкновенная	<i>Pinus sylvestris</i>	ксМФ	Б
Сосна сибирская	<i>Pinus sibirica</i>	МФ	Б
Стереокаулон альпийский	<i>Stereocaulon alpinum</i>	МФ	ГипА
Сфагнум бурый	<i>Sphagnum fuscum</i>	Гг	ГипА
Тимофеевка	<i>Phleum pratense</i>	МФ	Б
Толокнянка	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	ксМФ	Б
Тофельдия ярко-красная	<i>Tofieldia coccinea</i>	МФ	АЛ
Флавоцетрария снежная	<i>Flavocetraria nivalis</i>	МФ	ГипА
Хамедафне болотная	<i>Chamaedaphne calyculata</i>	Гг	Б
Хвощ луговой	<i>Equisetum pratense</i>	МФ	АБ
Хвощ болотный	<i>Equisetum palustre</i>	Гг	АБ
Хвощ комышковый	<i>Equisetum scirpoides</i>	МФ	АБ
Хвощ лесной	<i>Equisetum sylvaticum</i>	МФ	Б
Цетрария исландская	<i>Cetrária islándica</i>	МФ	ГипА
Черника	<i>Vaccinium myrtillus</i>	МФ	Б
Шиповник блестящий	<i>Rōsa nitida</i>	МФ	Б
Ясколка	<i>Cerastium</i>	МФ	АЛ

Примечание. 1) Гг-гигрофиты, меГИ-мезогигрофиты, МФ-мезофиты, ксМФ-ксеромезофиты, гиМЕ-гигромезофиты; 2) А-арктические, АЛ-арктоальпийские, ГипА-гипоарктические, АБ-арктобореальные, Б-бореальные.

Разница влажной и сухой биомассы, отобранной на гари и фоновом участке 2016 г. (Тазовский)

Исследуемая биомасса	масса образца (г)	масса образца после суш. шкафа (г)	Разница массы до и после суш. шкафа (г)	Квадратичное отклонение	Потеря массы в процентах
г-17 мхи к-1	3,6912	3,3448	0,3464	0,0600	10,36%
г-17 травы к-1	1,0571	0,9822	0,0749	0,0028	7,63%
г-17 кустарнички (листья) к-1	8,5526	7,6546	0,898	0,4032	11,73%
г-17 кустарнички (ветви) к-1	1,4856	1,3449	0,1407	0,0099	10,46%
г-17 мхи к-2	109,8275	95,6151	14,2124	100,9962	14,86%
г-17 травы к-2	0,0848	0,0771	0,0077	0,0000	9,99%
г-17 кустарнички (листья) к-2	1,2571	1,145	0,1121	0,0063	9,79%
г-17 кустарнички (ветви) к-2	0,3306	0,3023	0,0283	0,0004	9,36%
г-17 мхи к-3	0,4665	0,426	0,0405	0,0008	9,51%
г-17 травы к-3	0,3804	0,3457	0,0347	0,0006	10,04%
г-17 кустарнички (листья) к-3	3,2396	2,9316	0,308	0,0474	10,51%
г-17 кустарнички (ветви) к-3	0,9646	0,8804	0,0842	0,0035	9,56%
г-17 мхи к-4	0,3189	0,2892	0,0297	0,0004	10,27%
г-17 травы к-4	0,0887	0,0815	0,0072	0,0000	8,83%
г-17 кустарнички (листья) к-4	11,4483	10,8974	0,5509	0,1517	5,06%
г-17 кустарнички (ветви) к-4	5,0689	4,8414	0,2275	0,0259	4,70%
г-17 кустарнички (листья) к-5	6,6433	6,2911	0,3522	0,0620	5,60%
г-17 кустарнички (ветви) к-5	2,6901	2,5635	0,1266	0,0080	4,94%
к-17 лишайники к-1	118,3173	109,4628	8,8545	39,2011	8,09%
к-17 травы к-1	0,1056	0,0994	0,0062	0,0000	6,24%
к-17 кустарнички (листья) к-1	7,7608	7,3293	0,4315	0,0931	5,89%
к-17 кустарнички (ветви) к-1	5,8515	5,5408	0,3107	0,0483	5,61%
к-17 лишайники к-2	86,5523	80,1316	6,4207	20,6127	8,01%
к-17 травы к-2	0,4958	0,4668	0,029	0,0004	6,21%

Продолжение таблицы 1

к-17 кустарнички (листья) к-2	2,5047	2,3564	0,1483	0,0110	6,29%
к-17 кустарнички (ветви)к-2	0,7905	0,7327	0,0578	0,0017	7,89%
к-17 лишайники к-3	88,8761	83,8661	5,01	12,5500	5,97%
к-17 травы к-3	2,6034	2,4841	0,1193	0,0071	4,80%
к-17 кустарнички (листья) к-3	5,4001	5,1108	0,2893	0,0418	5,66%
к-17 кустарнички (ветви) к-3	15,5607	14,7574	0,8033	0,3226	5,44%
к-17 лишайники к-4	72,532	68,6161	3,9159	7,6671	5,71%
к-17 травы к-4	2,3909	2,2729	0,118	0,0070	5,19%
к-17 кустарнички (листья) к-4	0,6534	0,6159	0,0375	0,0007	6,09%
к-17 кустарнички (ветви) к-4	0,1687	0,1555	0,0132	0,0001	8,49%
к-17 лишайники к-5	156,9523	143,3102	13,6421	93,0534	9,52%
к-17 травы к-5	1,1478	1,0928	0,055	0,0015	5,03%
к-17 кустарнички (листья) к-5	2,1305	2,0001	0,1304	0,0085	6,52%
к-17 кустарнички (ветви) к-5	0,8619	0,8193	0,0426	0,0009	5,20%

Таблица 2

Разница влажной и сухой биомассы, отобранной на гари и фоновом  
участке 2018 г. (Тазовский)

Исследуемая биомасса	масса пустой чаши (г)	масса образца (г)	масса образца после суш. шкафа (г)	Разница массы до и после суш. шкафа (г)	Квадратич- ное отклонение	Потеря массы в процентах
г-18 мхи к-1	165,5538	11,6087	10,8608	0,7479	0,2797	6,89%
г-18 травы к-1	141,2435	5,2872	4,9231	0,3641	0,0663	7,40%
г-18 кустарнички к-1 (листья)	137,5574	11,8692	11,2771	0,5921	0,1753	5,25%
г-18 кустарнички к-1 (ветви)	178,8551	16,5802	15,9419	0,6383	0,2037	4,00%
г-18 мхи к-2	134,6264	1,0863	1,0301	0,0562	0,0016	5,46%
г- 18 травы к-2	178,8554	9,3956	9,0004	0,3952	0,0781	4,39%
г-18 кустарнички к-2 (листья)	132,3514	3,1579	3,0036	0,1543	0,0119	5,14%
г-18 кустарнички к-2 (ветви)	142,6193	4,0691	3,9135	0,1556	0,0121	3,98%

## Продолжение таблицы 2

г-18 травы к-3	123,7946	6,3494	6,1045	0,2449	0,0300	4,01%
г-18 кустарнички к-3 (листья)	138,7761	2,1762	2,0610	0,1152	0,0066	5,59%
г-18 кустарнички к-3 (ветви)	133,0855	1,6491	1,5794	0,0697	0,0024	4,41%
г-18 мхи к-4	161,5391	2,3467	2,2093	0,1374	0,0094	6,22%
г-18 травы к-4	138,4330	4,0887	3,9115	0,1772	0,0157	4,53%
г-18 кустарнички к-4 (листья)	153,9280	8,0733	7,6705	0,4028	0,0811	5,25%
г-18 кустарнички к-4 (ветви)	135,5414	6,9090	6,6515	0,2575	0,0332	3,87%
г-18 мхи к-5	164,6561	7,9280	7,4910	0,4370	0,0955	5,83%
г-18 травы к-5	197,3948	3,0482	2,8828	0,1654	0,0137	5,74%
к-18 лишайники к-1	708,6799	165,3455	156,7149	8,6306	37,2436	5,51%
к-18 кустарнички к-1 (листья)	134,6301	4,6149	4,3697	0,2452	0,0301	5,61%
к-18 кустарнички к-1 (ветви)	153,8968	3,5926	3,4533	0,1393	0,0097	4,03%
к-18 мхи/лишайники к-2	427,1485	61,7215	58,2441	3,4774	6,0462	5,97%
к-18 травы к-2	138,7425	0,7658	0,7275	0,0383	0,0007	5,26%
к-18 кустарнички к-2 (листья)	135,5304	13,6202	12,8836	0,7366	0,2713	5,72%
к-18 кустарнички к-2 (ветви)	159,6900	33,0472	31,7457	1,3015	0,8470	4,10%
к-18 мхи/лишайники к-3	770,8990	143,4569	134,7446	8,7123	37,9521	6,47%
к-18 травы к-3	142,8051	0,5589	0,5182	0,0407	0,0008	7,85%
к-18 кустарнички к-3 (листья)	187,0849	3,1740	3,0016	0,1724	0,0149	5,74%
к-18 кустарнички к-3 (ветви)	137,6599	3,0268	2,9086	0,1182	0,0070	4,06%
к-18 мхи/лишайники к-4	720,0595	152,4540	143,6926	8,7614	38,3811	6,10%
к-18 травы к-4	159,6985	0,3712	0,3283	0,0429	0,0009	13,07%
к-18 кустарнички к-4 (листья)	156,1118	1,6282	1,5400	0,0882	0,0039	5,73%

## Продолжение таблицы 2

к-18 кустарнички к-4 (ветви)	147,0044	3,5220	3,3719	0,1501	0,0113	4,45%
к-18 мхи/лишайники	556,7337	60,8270	57,8021	3,0249	4,5750	5,23%
к-5	148,2923	3,2143	3,0581	0,1562	0,0122	5,11%
к-18 травы к-5						
к-18 кустарнички к-5 (листья)	155,1035	9,1623	8,6741	0,4882	0,1192	5,63%
к-18 кустарнички к-5 (ветви)	144,7601	22,2819	21,4166	0,8653	0,3744	4,04%

Таблица 3

Разница влажной и сухой биомассы, отобранной на фоновом участке и гари 2021 г. (Надым)

Исследуемая биомасса	масса образца (г)	масса образца после суш. шкафа (г)	Разница массы до и после суш. шкафа (г)	Квадратичное отклонение	Потеря массы в процентах
к-21 лишайники к-1	165,28	159,38	5,9	17,405	3,70%
к-21 опад к-1	33,81	33,1	0,71	0,25205	2,15%
к-21 кустарнички к-1	1,84	1,79	0,05	0,00125	2,79%
к-21 лишайники к-2	200,35	193,66	6,69	22,37805	3,45%
к-21 опад к-2	23,14	22,55	0,59	0,17405	2,62%
к-21 кустарнички к-2	3,68	3,6	0,08	0,0032	2,22%
к-21 лишайник к-3	122,85	119,01	3,84	7,3728	3,23%
к-21 опад к-3	48,35	47,04	1,31	0,85805	2,78%
к-21 кустарнички к-3	7,08	6,92	0,16	0,0128	2,31%
г-21 травы к-1	1,54	1,48	0,06	0,0018	4,05%
г-21 опад к-1	161,29	157,84	3,45	5,95125	2,19%
г-21 кустарнички к-1	3,47	3,13	0,34	0,0578	10,86%
г-21 травы к-2	0,45	0,43	0,02	0,0002	4,65%
г-21 опад к-2	73,72	66,78	6,94	24,0818	10,39%
г-21 кустарнички к-2	3,22	3,14	0,08	0,0032	2,55%
г-21 опад к-3	155,6	151,7	3,9	7,605	2,57%

Разница влажной и сухой биомассы, отобранной на фоновом участке  
гари 2022 г. (Надым)

Исследуемая биомасса	масса образца (г)	масса образца после суш. шкафа (г)	Разница массы до и после суш. шкафа (г)	Квадратичное отклонение	Потеря массы в процентах
г-22 мох к-1	47,8290	45,3696	2,4594	3,0243	5,42%
г-22 листья к-1 (листья)	16,4631	16,2260	0,2371	0,0281	1,46%
г-22 листья к-1 (ветви)	4,8075	4,2670	0,5405	0,1461	12,67%
г-22 кустарнички к-1 (листья)	2,6897	2,6811	0,0086	0,0000	0,32%
г-22 кустарнички к-1 (ветви)	6,5596	6,4931	0,0665	0,0022	1,02%
г-22 лишайники к-2	2,0006	1,9310	0,0696	0,0024	3,60%
г-22 мох к-2	35,5916	33,6679	1,9237	1,8503	5,71%
г-22 листья к-2 (листья)	37,9924	35,9256	2,0668	2,1358	5,75%
г-22 листья к-2 (ветви)	5,6459	5,4302	0,2157	0,0233	3,97%
г-22 кустарнички к-2 (листья)	8,5843	8,4771	0,1072	0,0057	1,26%
г-22 кустарнички к-2 (ветви)	21,4180	21,1757	0,2423	0,0294	1,14%
г-22 лишайники к-3	2,6807	2,6057	0,0750	0,0028	2,88%
г-22 мох к-3	49,5679	46,6919	2,8760	4,1357	6,16%
г-22 листья к-3 (листья)	21,1055	20,5791	0,5264	0,1385	2,56%
г-22 листья к-3 (ветви)	4,8274	4,5856	0,2418	0,0292	5,27%
г-22 кустарнички к-3 (листья)	15,5847	14,9272	0,6575	0,2162	4,40%
г-22 кустарнички к-3 (ветви)	24,5699	23,7101	0,8598	0,3696	3,63%

Зольность биомассы, отобранной на гари и фоновом участке 2016 г.  
(Тазовский)

Исследуемая биомасса	масса пробы (г)	масса пробы после печи (г)	Зольность (%)	Ср. зольность (%)	Разница массы до и после печи (г)	Ср. значение
г-17 мхи к-1	1,0266	0,072	7,0134	6,9591	0,9546	0,9444
	1,0069	0,0743	7,3791			
	1,0116	0,0656	6,4848			
г-17 травы к-1	0,5033	0,0427	8,4840	8,5371	0,4606	0,4602
	0,5029	0,0432	8,5902			
г-17 кустарнички (листья) к-1	1,004	0,0256	2,5498	2,5649	0,9784	0,9851
	1,0141	0,0271	2,6723			
	1,0151	0,0251	2,4727			
г-17 кустарнички (ветви) к-1	0,5081	0,0145	2,8538	2,8820	0,4936	0,4920
	0,5051	0,0147	2,9103			
г-17 мхи к-2	1,0249	0,0453	4,4199	7,2376	0,9796	0,9520
	1,022	0,1171	11,4579			
	1,0317	0,0602	5,8350			
г-17 травы к-2	0,0868	0,0073	8,4101	8,4101	0,0795	0,0795
г-17 кустарнички (листья) к-2	0,5049	0,0147	2,9115	2,9115	0,4902	0,4902
г-17 кустарнички (ветви) к-2	0,5367	0,019	3,5402	3,5402	0,5177	0,5177
г-17 мхи к-3	0,444	0,0699	15,7432	15,7432	0,3741	0,3741
г-17 травы к-3	0,1078	0,0104	9,6475	9,6475	0,0974	0,0974
г-17 кустарнички (листья) к-3	1,0042	0,0914	9,1018	6,6712	0,9128	0,9383
	1,0052	0,038	3,7803			
	1,0068	0,0718	7,1315			
г-17 кустарнички (ветви) к-3	0,5083	0,012	2,3608	2,6514	0,4963	0,4412
	0,3977	0,0117	2,9419			
г-17 мхи к-4	0,2987	0,0149	4,9883	4,9883	0,2838	0,2838
г-17 травы к-4	0,0856	0,0073	8,5280	8,5280	0,0783	0,0783
г-17 кустарнички (листья) к-4	1,0395	0,0441	4,2424	3,4800	0,9954	0,9941
	1,0203	0,0352	3,4500			
	1,03	0,0283	2,7476			
г-17 кустарнички (ветви) к-4	1,0203	0,0192	1,8818	2,0082	1,0011	1,0000

## Продолжение таблицы 1

	1,0155 1,0257	0,0191 0,0232	1,8808 2,2619		0,9964 1,0025	
г-17 кустарнички (листья) к-5	1,0279 1,0237 1,0269	0,0485 0,0496 0,0581	4,7184 4,8452 5,6578	5,0738	0,9794 0,9741 0,9688	0,9741
г-17 кустарнички (ветви) к-5	0,5209 0,5178 0,5205	0,0113 0,0111 0,0115	2,1693 2,1437 2,2094	2,1741	0,5096 0,5067 0,5090	0,5084
к-17 лишайники к-1	1,0374 1,0122 1,0375	0,0902 0,0300 0,0530	8,6948 2,9638 5,1084	5,5890	0,9472 0,9822 0,9845	0,9713
к-17 травы к-1	0,0986	0,0137	13,8945	13,8945	0,0849	0,0849
к-17 кустарнички (листья) к-1	1,0266 1,0296 1,0343	0,0396 0,0332 0,0443	3,8574 3,2246 4,2831	3,7883	0,9870 0,9964 0,9900	0,9911
к-17 кустарнички (ветви) к-1	1,0106 1,0135 1,0113	0,0253 0,0188 0,0248	2,5035 1,8550 2,4523	2,2702	0,9853 0,9947 0,9865	0,9888
к-17 лишайники к-2	1,0224 1,0336 1,0234	0,1477 0,0753 0,0615	14,4464 7,2852 6,0094	9,2470	0,8747 0,9583 0,9619	0,9316
к-17 травы к-2	0,4823	0,0693	14,3687	14,3687	0,4130	0,4130
к-17 кустарнички (листья) к-2	0,5187 0,5294 0,5229	0,0127 0,0132 0,0122	2,4484 2,4934 2,3331	2,4250	0,5060 0,5162 0,5107	0,5110
к-17 кустарнички (ветви) к-2	0,5034 0,2533	0,0158 0,0098	3,1387 3,8689	3,5038	0,4876 0,2435	0,4876
к-17 лишайники к-3	1,0379 1,0142 1,014	0,0274 0,0210 0,0218	2,6399 2,0706 2,1499	2,2868	1,0105 0,9932 0,9922	0,9986
к-17 травы к-3	0,5226 0,5169 0,5187	0,0683 0,0612 0,0588	13,0693 11,8398 11,3360	12,0817	0,4543 0,4557 0,4599	0,4566
к-17 кустарнички (листья) к-3	1,0092 1,0093 1,0042	0,0284 0,0357 0,0272	2,8141 3,5371 2,7086	3,0199	0,9808 0,9736 0,9770	0,9771
к-17 кустарнички (ветви) к-3	1,0225	0,0128	1,2518	1,2989	1,0097	1,0031

Продолжение таблицы 1

	1,0146 1,0119	0,0142 0,0126	1,3996 1,2452		1,0004 0,9993	
к-17 лишайники к-4	1,0076 1,0182 1,0207	0,0393 0,0586 0,0505	3,9004 5,7553 4,9476	4,8677	0,9683 0,9596 0,9702	0,9660
к-17 травы к-4	0,5341 0,5291 0,5274	0,0519 0,0543 0,0566	9,7173 10,2627 10,7319	10,2373	0,4822 0,4748 0,4708	0,4759
к-17 кустарнички (листья) к-4	0,5294	0,0123	2,3234	2,3234	0,5171	0,5171
к-17 кустарнички (ветви) к-4	0,1615	0,0045	2,7864	2,7864	0,1570	0,1570
к-17 лишайники к-5	1,0344 1,0394 1,035	0,0424 0,0294 0,0487	4,0990 2,8286 4,7053	3,8776	0,9920 1,0100 0,9863	0,9961
к-17 травы к-5	0,5028 0,5135	0,0511 0,0573	10,1631 11,1587	10,6609	0,4517 0,4562	0,4539
к-17 кустарнички (листья) к-5	0,5104 0,514 0,5262	0,0126 0,0143 0,0132	2,4687 2,7821 2,5086	2,5864	0,4978 0,4997 0,5130	0,5035
к-17 кустарнички (ветви) к-5	0,5296 0,5168	0,0132 0,0134	2,4924 2,5929	2,5427	0,5164 0,5034	0,5099

Таблица 2

Зольность биомассы, отобранной на гари и фоновом участке 2018 г.  
(Тазовский)

Исследуемая биомасса	масса пустого тигля (г)	масса пробы (г)	масса пробы после печи (г)	Зольность (%)	Ср. зольность (%)	Разница массы до и после печи (г)	Ср. значение
Г-18 мхи к-1	20,6637	1,0270	0,0519	5,05	5,88	0,9751	0,9531
Г-18 мхи к-1	35,8525	0,9999	0,0517	5,17		0,9482	
Г-18 мхи к-1	33,5988	1,0109	0,0749	7,41		0,9360	
Г-18 травы к-1	20,6683	0,9385	0,0890	9,48	8,92	0,8495	0,9348
Г-18 травы к-1	35,8607	1,0815	0,0937	8,66		0,9878	
Г-18 травы к-1	33,6063	1,0585	0,0913	8,63		0,9672	
Г-18 кустарнички к-1 (листья)	22,6048	1,0052	0,0289	2,88	2,81	0,9763	0,9793

## Продолжение таблицы 2

г-18 кустарнички к-1 (листья)	20,6663	1,0045	0,0265	2,64		0,9780	
г-18 кустарнички к-1 (листья)	22,3385	1,0132	0,0296	2,92		0,9836	
г-18 кустарнички к-1 (ветви)	37,4590	1,0141	0,0139	1,37	1,30	1,0002	1,0179
г-18 кустарнички к-1 (ветви)	35,8548	1,0514	0,0146	1,39		1,0368	
г-18 кустарнички к-1 (ветви)	35,6635	1,0285	0,0117	1,14		1,0168	
г-18 мхи к-2	36,4894	0,5471	0,0594	10,86	9,56	0,4877	0,4690
г-18 мхи к-2	37,4578	0,4909	0,0406	8,27		0,4503	
г-18 травы к-2	37,4658	1,0675	0,0751	7,04	7,08	0,9924	0,9930
г-18 травы к-2	36,4982	1,0724	0,0802	7,48		0,9922	
г-18 травы к-2	36,8316	1,0663	0,0718	6,73		0,9945	
г-18 кустарнички к-2 (листья)	23,7733	0,5376	0,0249	4,63	4,60	0,5127	0,5305
г-18 кустарнички к-2 (листья)	22,3365	0,5718	0,0258	4,51		0,5460	
г-18 кустарнички к-2 (листья)	22,6032	0,5589	0,0261	4,67		0,5328	
г-18 кустарнички к-2 (ветви)	34,0540	0,9996	0,0133	1,33	1,89	0,9863	0,9820
г-18 кустарнички к-2 (ветви)	35,6692	0,9825	0,0171	1,74		0,9654	
г-18 кустарнички к-2 (ветви)	23,7256	1,0208	0,0265	2,60		0,9943	
г-18 травы к-3	23,7786	0,5731	0,0567	9,89	10,16	0,5164	0,5053
г-18 травы к-3	22,3416	0,5513	0,0551	9,99		0,4962	
г-18 травы к-3	22,6086	0,5630	0,0596	10,59		0,5034	
г-18 кустарнички к-3 (листья)	23,7748	0,5634	0,0191	3,39	2,82	0,5443	0,5358
г-18 кустарнички к-3 (листья)	22,3376	0,5401	0,0170	3,15		0,5231	
г-18 кустарнички к-3 (листья)	22,6041	0,5506	0,0106	1,93		0,5400	
г-18 кустарнички к-3 (ветви)	22,3378	0,5833	0,0104	1,78	3,04	0,5729	

## Продолжение таблицы 2

Г-18 кустарнички к-3 (ветви)	22,6041	0,5148	0,0127	2,47		0,5021	
Г-18 кустарнички к-3 (ветви)	23,7745	0,5000	0,0243	4,86		0,4757	
Г-18 мхи к-4	36,8236	0,5840	0,0255	4,37	4,89	0,5585	0,5332
Г-18 мхи к-4	33,5991	0,5306	0,0214	4,03		0,5092	
Г-18 мхи к-4	22,3376	0,5384	0,0247	4,59		0,5137	
Г-18 мхи к-4	20,6645	0,5904	0,0389	6,59		0,5515	
Г-18 травы к-4	37,4575	1,0247	0,0833	8,13	8,16	0,9414	0,9041
Г-18 травы к-4	36,4901	0,9686	0,0792	8,18		0,8894	
Г-18 травы к-4	36,8237	0,9600	0,0786	8,19		0,8814	
Г-18 кустарнички к-4 (листья)	20,6659	0,9804	0,0284	2,90	2,99	0,9520	0,9520
Г-18 кустарнички к-4 (листья)	35,8546	0,9862	0,0304	3,08		0,9558	
Г-18 кустарнички к-4 (листья)	23,7213	0,9772	0,0291	2,98		0,9481	
Г 18 кустарнички к-4 (ветви)	37,4593	1,0446	0,0129	1,23	1,28	1,0317	1,0220
Г 18 кустарнички к-4 (ветви)	36,4921	1,0135	0,0120	1,18		1,0015	
Г 18 кустарнички к-4 (ветви)	36,8259	1,0479	0,0150	1,43		1,0329	
Г-18 мхи к-5	34,0457	1,0267	0,1437	14,00	11,39	0,8830	0,8804
Г-18 мхи к-5	35,6608	1,0106	0,1385	13,70		0,8721	
Г-18 мхи к-5	23,7197	0,9474	0,0614	6,48		0,8860	
Г-18 травы к-5	22,3379	0,5275	0,0289	5,48	4,68	0,4986	0,5277
Г-18 травы к-5	22,6046	0,5479	0,0225	4,11		0,5254	
Г-18 травы к-5	23,7752	0,5852	0,0261	4,46		0,5591	
К-18 мхи/лишайники к-1	22,3401	0,5497	0,0121	2,20	2,11	0,5376	0,5215
К-18 мхи/лишайники к-1	23,7769	0,5233	0,0109	2,08		0,5124	

к-18 мхи/лишайники к-1	22,6066	0,5252	0,0108	2,06		0,5144	
к-18 кустарнички к-1 (листья)	22,3384	1,0108	0,0371	3,67	3,51	0,9737	0,9943
к-18 кустарнички к-1 (листья)	22,6053	1,0404	0,0367	3,53		1,0037	
к-18 кустарнички к-1 (листья)	20,6658	1,0402	0,0348	3,35		1,0054	
к-18 кустарнички к-1 (ветви)	33,6026	1,0161	0,0181	1,78	1,95	0,9980	0,9961
к-18 кустарнички к-1 (ветви)	23,7759	1,0089	0,0214	2,12		0,9875	
к-18 кустарнички к-1 (ветви)	36,8268	1,0226	0,0199	1,95		1,0027	
к-18 мхи/лишайники к-2	36,4943	1,0049	0,0453	4,51	4,09	0,9596	0,9635
к-18 мхи/лишайники к-2	37,4614	1,0070	0,0390	3,87		0,9680	
к-18 мхи/лишайники к-2	34,0521	1,0021	0,0391	3,90		0,9630	
к-18 травы к-2	22,3382	0,5462	0,0608	11,13	11,13	0,4854	0,4854
к-18 кустарнички к-2 (листья)	33,6022	1,0178	0,0351	3,45	3,48	0,9827	0,9922
к-18 кустарнички к-2 (листья)	23,7763	1,0122	0,0355	3,51		0,9767	
к-18 кустарнички к-2 (листья)	36,8272	1,0538	0,0367	3,48		1,0171	
к-18 кустарнички к-2 (ветви)	37,4603	1,0157	0,0215	2,12	3,97	0,9942	0,9988
к-18 кустарнички к-2 (ветви)	35,8558	1,0262	0,0224	2,18		1,0038	
к-18 кустарнички к-2 (ветви)	35,6646	1,0183	0,0200	1,96		0,9983	
к-18 мхи/лишайники к-3	23,7229	1,0610	0,0777	7,32	7,07	0,9833	0,9888
к-18 мхи/лишайники к-3	20,6667	1,0761	0,0765	7,11		0,9996	
к-18 мхи/лишайники к-3	33,6035	1,0548	0,0714	6,77		0,9834	
к-18 травы к-3	20,6652	0,5367	0,0480	8,94	8,94	0,4887	0,4887
к-18 кустарнички к-3 (листья)	34,0490	1,0134	0,0315	3,11	3,27	0,9819	0,9936
к-18 кустарнички к-3 (листья)	35,6636	0,9932	0,0301	3,03		0,9631	
к-18 кустарнички к-3 (листья)	33,6014	1,0753	0,0394	3,66		1,0359	

## Продолжение таблицы 2

к-18 кустарнички к-3 (ветви)	34,0484	0,9884	0,0167	1,69	2,01	0,9717	0,9576
к-18 кустарнички к-3 (ветви)	35,6629	0,9826	0,0212	2,16		0,9614	
к-18 кустарнички к-3 (ветви)	23,7211	0,9607	0,0209	2,18		0,9398	
к-18 мхи/лишайники к-4	35,6647	1,0388	0,0270	2,60	3,79	1,0118	0,9892
к-18 мхи/лишайники к-4	35,8555	1,0326	0,0358	3,47		0,9968	
к-18 мхи/лишайники к-4	36,8274	1,0126	0,0537	5,30		0,9589	
к-18 травы к-4	35,8547	0,3530	0,0137	3,88	3,88	0,3393	0,3393
к-18 кустарнички к-4 (листья)	34,0465	0,8811	0,0293	3,33	3,28	0,8518	0,7543
к-18 кустарнички к-4 (листья)	23,7200	0,6789	0,0220	3,24		0,6569	
к-18 кустарнички к-4 (ветви)	35,8529	0,9728	0,0114	1,17	1,38	0,9614	0,8415
к-18 кустарнички к-4 (ветви)	35,6620	1,0441	0,0119	1,14		1,0322	
к-18 кустарнички к-4 (ветви)	23,7733	0,5683	0,0102	1,79		0,5581	
к-18 кустарнички к-4 (ветви)	22,6037	0,8261	0,0117	1,42		0,8144	
к-18 мхи/лишайники к-5	37,4597	1,0363	0,2850	27,50	28,58	0,7513	0,7304
к-18 мхи/лишайники к-5	35,5800	1,0145	0,3674	36,21		0,6471	
к-18 мхи/лишайники к-5	35,6640	1,0168	0,2239	22,02		0,7929	
к-18 травы к-5	37,4589	1,0014	0,0819	8,18	8,81	0,9195	0,9483
к-18 травы к-5	36,4916	1,0201	0,0853	8,36		0,9348	
к-18 травы к-5	36,8252	1,0991	0,1086	9,88		0,9905	
к-18 кустарнички к-5 (листья)	34,0479	1,0347	0,0784	7,58	5,78	0,9563	0,9651
к-18 кустарнички к-5 (листья)	35,6631	1,0158	0,0533	5,25		0,9625	
к-18 кустарнички к-5 (листья)	33,6002	1,0226	0,0461	4,51		0,9765	
к-18 кустарнички к-5 (ветви)	20,6649	0,9774	0,0164	1,68	2,06	0,9610	0,9793

## Продолжение таблицы 2

к-18 кустарнички к-5 (ветви)	35,8545	0,9921	0,0236	2,38		0,9685	
к-18 кустарнички к-5 (ветви)	33,6003	1,0305	0,0220	2,13		1,0085	

Таблица 3

Зольность биомассы, отобранной на фоновом участке гари 2021 г.

(Надым)

Исследуемая биомасса	масса пробы (г)	масса пробы после печи (г)	Зольность (%)	Ср. зольность (%)	Разница массы до и после печи (г)	Ср. значение
г-21 травы к-1	0,5235	0,0511	9,76	9,96	0,4724	0,4532
	0,5092	0,0531	10,43		0,4561	
	0,4773	0,0463	9,70		0,4310	
г-21 кустарнички (листья) к-1	0,5396	0,0187	3,47	3,74	0,5209	0,5178
	0,5337	0,0190	3,56		0,5147	
	0,5405	0,0226	4,18		0,5179	
г-21 кустарнички (ветви) к-1	0,5077	0,0189	3,72	3,01	0,4888	0,4962
	0,5167	0,0158	3,06		0,5009	
	0,5105	0,0115	2,25		0,4990	
г-21 опад к-1	1,0247	0,0300	2,93	2,87	0,9947	1,0023
	1,0384	0,0369	3,55		1,0015	
	1,0328	0,0221	2,14		1,0107	
г-21 травы к-2	0,4207	0,0613	14,57	14,57	0,3594	0,3594
г-21 кустарнички (листья) к-2	0,5217	0,0173	3,32	3,42	0,5044	0,5036
	0,5068	0,0162	3,20		0,4906	
	0,5360	0,0201	3,75		0,5159	
г-21 кустарнички (ветви) к-2	0,5092	0,0144	2,83	3,22	0,4948	0,4903
	0,5021	0,0160	3,19		0,4861	
	0,5085	0,0185	3,64		0,4900	
г-21 опад к-2	1,0009	0,0339	3,39	3,56	0,9670	0,9728
	1,0170	0,0336	3,30		0,9834	
	1,0082	0,0403	4,00		0,9679	
г-21 опад к-3	1,0201	0,0316	3,10	2,81	0,9885	0,9980
	1,0291	0,0202	1,96		1,0089	
	1,0314	0,0347	3,36		0,9967	
к-21 лишайники к-1	1,0123	0,0083	0,8199	0,9215	1,0040	1,0102

## Продолжение таблицы 3

	1,0268 1,0196	0,0102 0,0097	0,9934 0,9514		1,0166 1,0099	
к-21 кустарнички (листья) к-1	0,5041 0,5096	0,0153 0,015	3,0351 2,9435	2,9893	0,4888 0,4946	0,4917
к-21 кустарнички (ветви) к-1	0,5307	0,0131	2,4684	2,4684	0,5176	0,5176
к-21 опад к-1	1,0279 1,0277 1,0367	0,0275 0,0274 0,0348	2,6754 2,6661 3,3568	2,8994	1,0004 1,0003 1,0019	1,0009
к-21 лишайники к- 2	1,0385 1,0295 1,0227	0,0081 0,0072 0,0095	0,7800 0,6994 0,9289	0,8028	1,0304 1,0223 1,0132	1,0220
к-21 кустарнички (листья) к-2	0,503 0,501 0,5044	0,0139 0,0139 0,0136	2,7634 2,7745 2,6963	2,7447	0,4891 0,4871 0,4908	0,4890
к-21 кустарнички (ветви) к-2	0,515 0,5018 0,5027	0,0128 0,0116 0,0118	2,4854 2,3117 2,3473	2,3815	0,5022 0,4902 0,4909	0,4944
к-21 опад к-2	1,012 1,0408 1,0066	0,0292 0,0323 0,0203	2,8854 3,1034 2,0167	2,6685	0,9828 1,0085 0,9863	0,9925
к-21 лишайники к- 3	1,0263 1,0283 1,0255	0,0095 0,0132 0,0099	0,9257 1,2837 0,9654	1,0582	1,0168 1,0151 1,0156	1,0158
к-21 кустарнички (листья) к-3	1,0139 1,008 1,0316	0,032 0,0307 0,0294	3,1561 3,0456 2,8499	3,0172	0,9819 0,9773 1,0022	0,9871
к-21 кустарнички (ветви) к-3	0,5198 0,518 0,5248	0,0123 0,0132 0,0144	2,3663 2,5483 2,7439	2,5528	0,5075 0,5048 0,5104	0,5076
к-21 опад к-3	1,0021 1,002 1,0018	0,0653 0,0374 0,026	6,5163 3,7325 2,5953	4,2814	0,9368 0,9646 0,9758	0,9591

## Зольность биомассы, отобранной на фоновом участке гари 2022 г.

(Надым)

Исследуемая биомасса	масса пробы (г)	масса пробы после печи (г)	Зольность (%)	Ср. зольность (%)	Разница массы до и после печи (г)	Ср. значение
г-22 мох к-1	0,5013	0,0161	3,21	3,23	0,4852	0,4881
	0,5061	0,0166	3,28		0,4895	
	0,5056	0,0161	3,18		0,4895	
г-22 листья к-1 (листья)	0,5369	0,0203	3,78	3,69	0,5166	0,5200
	0,5282	0,0193	3,65		0,5089	
	0,5547	0,0202	3,64		0,5345	
г-22 листья к-1 (ветви)	1,0419	0,017	1,63	1,54	1,0249	1,0183
	1,0269	0,0153	1,49		1,0116	
	1,0339	0,0156	1,51		1,0183	
г-22 кустарнички к-1 (листья)	0,5024	0,0214	4,26	3,74	0,481	0,4845
	0,5077	0,018	3,55		0,4897	
	0,5	0,0171	3,42		0,4829	
г-22 кустарнички к-1 (ветви)	1,0033	0,012	1,20	1,21	0,9913	0,9915
	1,0041	0,0122	1,22		0,9919	
	1,0034	0,0121	1,21		0,9913	
г-22 лишайники к-2	0,5261	0,0066	1,25	1,53	0,5195	0,5264
	0,5179	0,0088	1,70		0,5091	
	0,5597	0,0091	1,63		0,5506	
г-22 мох к-2	0,505	0,016	3,17	3,27	0,489	0,4896
	0,5037	0,0164	3,26		0,4873	
	0,5098	0,0172	3,37		0,4926	
г-22 листья к-2 (листья)	0,5053	0,0191	3,78	4,06	0,4862	0,4824
	0,502	0,0218	4,34		0,4802	
	0,501	0,0203	4,05		0,4807	
г-22 листья к-2 (ветви)	1,0016	0,0164	1,64	1,69	0,9852	0,9850
	1,0015	0,0173	1,73		0,9842	
	1,0026	0,0171	1,71		0,9855	
г-22 кустарнички к-2 (листья)	1,0003	0,0322	3,22	3,23	0,9681	0,9694
	1,0006	0,0304	3,04		0,9702	
	1,0044	0,0344	3,42		0,97	
г-22 кустарнички к-2 (ветви)	1,0008	0,0161	1,61	1,83	0,9847	0,9860
	1,0067	0,0189	1,88		0,9878	
	1,0057	0,0203	2,02		0,9854	
г-22 лишайники к-3	0,5447	0,0047	0,86	4,52	0,54	0,3652
	0,5117	0,006	1,17		0,5057	
	0,0564	0,0065	11,52		0,0499	
г-22 мох к-3	0,5073	0,0151	2,98	3,01	0,4922	0,4908

## Продолжение таблицы 4

	0,506 0,5047	0,0152 0,0154	3,00 3,05		0,4908 0,4893	
г-22 листья к-3 (листья)	1,0002 1,0046 1,0034	0,0311 0,0385 0,0364	3,11 3,83 3,63	3,52	0,9691 0,9661 0,967	0,9674
г-22 листья к-3 (ветви)	0,5251 0,5512 0,5161	0,0042 0,0088 0,0078	0,80 1,60 1,51	1,30	0,5209 0,5424 0,5083	0,5239
г-22 кустарнички к-3 (листья)	1,0005 1,0086 1,0085	0,0317 0,0305 0,0313	3,17 3,02 3,10	3,10	0,9688 0,9781 0,9772	0,9747
г-22 кустарнички к-3 (ветви)	1,0045 1,0056 1,0061	0,0229 0,0089 0,009	2,28 0,89 0,89	1,35	0,9816 0,9967 0,9971	0,9918