

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

Заведующий кафедрой  
д.б.н., доцент  
А.В. Синдирева

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
магистра

**ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В  
УСЛОВИЯХ НАДЫМСКОГО РАЙОНА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО  
АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

05.04.06 Экология и природопользование  
Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнила работу  
студентка 2 курса  
очной формы обучения

Бормотина  
Мария  
Александровна

Научный руководитель  
д.б.н., доцент

Арефьев  
Станислав  
Павлович

Рецензент  
к.г.н., н.с. ТюмНЦ СО РАН

Тигеев  
Александр  
Анатольевич

Тюмень  
2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЫМСКОГО РАЙОНА .....	6
1.1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ.....	6
1.2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И РЕЛЬЕФ .....	6
1.3. КЛИМАТ .....	8
1.4. ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ.....	10
1.5. ПОЧВЫ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ .....	11
1.6. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ.....	13
1.7. ЖИВОТНЫЙ МИР.....	17
ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В СВЯЗИ С ОСВОЕНИЕМ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА.....	19
2.1. ЛЕСА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА .....	20
ГЛАВА 3. ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД.....	24
3.1. ИСТОРИЯ И ЗАДАЧИ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ .....	24
3.2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ .....	26
3.3. СТРУКТУРА И ПРИЗНАКИ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ .....	28
3.4. ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ В ДРЕВЕСИНЕ.....	31
3.5 ДЕНДРОИНДИКАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ .....	36
3.6. МЕТОДИКА ОТБОРА ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ.....	37
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	48

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. На протяжении столетий лесные пожары являлись регулирующим фактором лесных экосистем. В настоящее время пожары расцениваются как катастрофические события, т.к. наносят экологический и экономический ущерб. При пожарах выделяется большое количество парниковых газов в атмосферу, ухудшаются средообразующие функции природной среды, уничтожаются естественные местообитания растений и животных. Огнем повреждается большое количество ценной древесины, а тушение пожаров сопровождается огромными затратами [Davis, Brown, 1973; Фуряев, 1996].

Увеличение частоты и площадей лесных пожаров, отмечаемое в ряде регионов, в связи с потеплением климата является важной проблемой, отмеченной в ряде важнейших международных документов, в частности в «Рамочной конвенции ООН об изменении климата», в «Заявлении по лесам», принятых Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (1992).

Происходящие в лесах процессы обычно повторяются во времени. На практике это проявляется в цикличности процессов, в нашем случае – пожаров. Чем больше промежуток времени, привлеченный для анализа, тем точнее возможно установить причины и повторяемость лесных пожаров. Именно поэтому необходимо восстановить хронологии лесных пожаров за большой интервал времени. Широкие возможности для этого представляет дендроиндикация. Используя древесные растения, можно оценить состояние и изменения окружающей среды под воздействием различных факторов [Methods..., 1990].

Современная дендрохронология располагает большим арсеналом методов изучения различных природных процессов и явлений [Douglass, 1919; Шиятов, 1986; Methods..., 1990]. Особенно широко известны исследования, установившие связь роста деревьев с изменениями

температуры за последние тысячелетия, в частности на севере Западной Сибири [Briffa et al., 2013].

Новизна. Значительный интерес для исследований по индикации лесных пожаров на севере Западной Сибири представляет территория Надымского района, история нефтегазопромыслового освоения которого насчитывает несколько десятков лет (месторождение Медвежье и др.). Это позволяет отследить в дендрохронологических рядах влияние на частоту пожаров антропогенного фактора. Кроме того, существенную специфику пожаров на территории Надымского района определяет его нахождение в зоне многолетней мерзлоты. Поэтому, на наш взгляд, целесообразно проводить исследования по дендрохронологической индикации лесных пожаров на базе Надымского Арктического стационара ТюмГУ.

Цель – провести реконструкцию частоты низовых пожаров в суходольных лесах окрестностей Надымского стационара дендрохронологическим методом в периоды до и после начала нефтегазопромыслового освоения.

Задачи:

1. Проанализировать опубликованные данные по пирогенной обстановке в Надымском районе за предыдущие годы;
2. Используя материалы космосъемки и документальные источники, отобрать в окрестностях Надымского стационара тест-полигоны, ранее подвергавшиеся пожарам;
3. Согласно методике, отобрать на тест-полигонах керновые образцы древесины растущих деревьев;
4. По данным измерения годичных колец сформировать репрезентативные древесно-кольцевые хронологии (TRW) по каждому тест-полигону;
5. На основе полученных хронологий датировать качественные признаки пожаров (пожарные подсушины);

6. Датировать пожары статистическим методом анализа TRW;
7. Провести сравнительный анализ полученных датировок.

Объект исследования - леса, подвергавшиеся пожарам.

Предмет исследования - дендрохронологическая индикация лесных пожаров.

Защищаемые положения:

1. Статистический анализ древесно-кольцевых хронологий позволяет реконструировать частоту лесных пожаров в условиях Надымского района на длительных временных отрезках векового масштаба, не обеспеченных документальными материалами.
2. Низовые пожары в окрестностях Надымского стационара происходили на всем протяжении XX-XXI вв., однако наибольшее число пожаров приходится на период нефтегазопромыслового освоения района.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка. Общий объем работы без приложений составляет 53 страницы. Библиографический список включает 55 источников.

# ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЫМСКОГО РАЙОНА

## 1.1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Территория исследования находится в Надымском районе Ямало-Ненецкого автономного округа, в подзоне северной тайги Западно-Сибирской равнины. Ширина подзоны северной тайги составляет 300-500 км. Леса, произрастающие в данном районе, достаточно часто подвергаются пожарам, как природного, так и техногенного характера, именно поэтому изучаемый район благоприятен для проведения дендрохронологических исследований.

## 1.2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И РЕЛЬЕФ

Чередование процессов ледниковых и межледниковых процессов, регрессии и трансгрессии моря определяет структуру ландшафтов Надымского района [Архипов, 1971; Лазуков, 1972].

Изучаемый район находится на территории Надымской низменности, относящейся к денудационно-аккумулятивной увалисто-холмистой равнине Танопчинско-Ярудейской возвышенности [Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа, 2004]. Перепад высот составляет 5-10 метров, средняя густота линейного расчленения – 1,2-1,8 метров. Большое количество озерных котловин и высокая степень озерного расчленения объясняются развитием термокарстовых процессов в бассейне р. Надым [Атлас Тюменской области, 1971].

В морфоскульптурном плане для территории исследования характерны флювиальные формы рельефа – долины, аллювиальные равнины, надпойменные террасы. Такие формы рельефа создаются при участии водных (речных) потоков, влияния атмосферных осадков.

В раннем и среднем палеогене на территории Западной Сибири преобладал континентально-морской переменный режим. Регрессия палеогенового моря отмечалась в середине олигоцена и способствовала постепенному формированию современной речной сети. Усиление эрозии, формирование озерных систем и становление режима озерно-аллювиальной аккумуляции наблюдалось в позднем палеогене и неогене. В позднем плейстоцене увеличивалась активность неотектонических поднятий, а рельеф был близок к современному. Консервация и выравнивание территории, процесс торфонакопления характерны для эпохи голоцена [Западно-Сибирская равнина, 1970].

Территория Западной Сибири характеризуется равнинно-волнистый рельефом [Коронатова, 2004]. Для Сибирских Увалов, входящих в подзону северной тайги Западно-Сибирской равнины, характерно наличие небольших возвышенностей и понижений, которые характеризуются структурной неоднородностью [Архипов, 1968]. Для отдельных геоморфологических элементов Сибирских Увалов характерна разная история развития и геологического возраста, наличие денудационных процессов и накапливание материала [Западно-Сибирская равнина, 1970].

Существенное влияние на формирование рельефа равнины оказали ледниковые покровы. Досамаровский рельеф погребен и относительно сглажен отложениями ледникового материала [Лазуков, 1972]. Наличие самаровских ледниковых оледенений с различным аккумулятивным рельефом прослеживается на территории Сибирских Увалов. Измененный делювиально-солифлюкционными процессам волнистый рельеф встречается в междуречьях. Мелкие моренный и камовые холмы, крупные массивы холмов и гряды отмечаются вследствие различных ледниковых фаций. Склоны и понижения (депрессии) Сибирских Увалов заняты слабобрасчлененными, плоскими, наклонными песчаными

флювиогляциальными равнинами, подверженными заболачиванию и имеют достаточно много озер реликтового и термокарстового происхождения.

Наиболее слаборасчлененной и низкой частью Сибирских Увалов является заболоченный Увал Нумто. Для него характерно слабое линейное расчленение и большая заозеренность территории. Речные долины представлены довольно развитой поймой и двумя плоскими надпойменными террасами. Формы аккумуляции и речной эрозионной деятельности отмечаются только на первой террасе, на второй эрозионная деятельность и аккумуляция развиты слабо. [Атлас Тюменской области, 1971].

На территории Западной-Сибирской равнины многолетняя мерзлота распространена до 61-62° с.ш. Максимальная мощность сезонно талого слоя для северной тайги составляет 2 м. [Западная Сибирь, 1963]. Южнее многолетнемерзлые породы распространены преимущественно в торфяниках и на безлесных территориях. Формирование бугров пучения на заболоченных территориях объясняется неравномерным промерзанием массивов торфов и отложений, подстилающих их. Увеличение глубины сезонного протаивания происходит при изменении теплообмена в поверхностных горизонтах почвы. При этом отмечаются начальные этапы термокарстовых процессов и постепенное формирование озер. Образование гряд, бугров и кочек связаны с процессами заболачивания и нарастания мощности торфа. Эоловые процессы незначительны, для них характерно наличие разреженной растительности и небольшое видовое богатство [Западная Сибирь, 1963].

### 1.3. КЛИМАТ

Район исследований характеризуется достаточно суровыми климатическими условиями. Удаление от океанов и положение во внутренней части северной Евразии обуславливает континентальность климата. Из-за открытости территории с севера, наблюдается проникновение арктических воздушных масс, характеризующихся большой сухостью и

низкими температурами [Западная Сибирь, 1963; Атлас Тюменской области, 1971].

В таблице 1 приведены климатические характеристики для территории северной тайги [Коронатова, 2004].

Таблица 1

## Климатические показатели подзоны северной тайги

Показатель	Значение
Средняя температура января, °С	-22..-26
Средняя температура июля, °С	15..16
Среднегодовая температура, °С	-2..-5
Продолжительность зимнего периода, дни	185
Продолжительность весеннего периода, дни	60
Продолжительность летнего периода, дни	70
Продолжительность осеннего периода, дни	50
Безморозный период, дни	80-90
Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом, дни	200-220
Число дней с температурой выше 10°С	60-80
Сумма температур выше 10°С	800-1200
Количество осадков, мм в год	450-525
Количество осадков с апреля по октябрь, мм	350-400
Среднегодовая величина испарения, мм в год	250-300
Среднегодовой коэффициент увлажнения	1.5 - 2.1
Суммарная солнечная радиация. ккал/см <sup>2</sup>	70-80
Радиационный баланс, ккал/см <sup>2</sup>	9-18

По данным метеостанции г. Надым установлено, что средняя годовая температура воздуха составляет  $-6.7^{\circ}\text{C}$ , средняя температура января  $-23.1^{\circ}\text{C}$ , средняя температура июля  $+17.1^{\circ}\text{C}$ , сумма осадков составляет 455 мм. Устойчивый снежный покров наблюдается 220 дней. Зима холодная, суточные колебания температуры воздуха достигают более  $20^{\circ}$ . Преобладают западные, северо-западные и южные ветры [www.world-weather.ru]. Весна

наступает долго, большая часть энергии солнечного света расходуется на протаивание торфяных массивов и таяние глубокого снежного покрова, что замедляет повышение температуры воздуха.

Для территории исследования характерно избыточное увлажнение и недостаточная теплообеспеченность. Максимальная величина испарения и основная масса осадков отмечаются в теплое время года [Западная Сибирь, 1963],[Атлас Тюменской области, 1971].

#### 1.4. ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ

Избыточное увлажнение и повсеместное распространение многолетнемерзлых пород является определяющим фактором развития гидрологической сети. Поздона северной тайги характеризуется застойным, труднопромывным гидрологическим режимом, коэффициент стока больше или равен единице. Речная сеть густая (1 км/км<sup>2</sup>). Реками первого порядка являются – р.Обь, р.Надым, р.Пур, р.Таз [Атлас Тюменской области, 1971].

Самая крупная река в районе исследования – Надым. Длина реки составляет 545 км. Берет свое начало из озера Нумто, расположенного на территории Сибирских Увалов. Река характеризуется большим количеством притоков. Основные притоки: левые – Хейгияха, Левая Хетта, Ярудей; правые – Симиеган, Татлягаяха, Танлова, Большой Ярудей, Правая Хетта [Лёзин, 2000].

Питание реки, преимущественно, дождевое, составляет около 54%. Половодье начинается во второй половине апреля – мае и характеризуется высоким и быстрым подъемом уровня воды и медленным спадом [Лёзин, 2000]. Средний многолетний годовой расход воды составляет 450 м<sup>3</sup>/с. Средний объем годового стока - 14,1 км<sup>3</sup>. Самый многоводный месяц - июнь, наиболее маловодный – март [Лёзин, 2011].

В начале октября на реках появляются первые ледяные образования. Толщина льда в период максимального влагозапаса – в марте-апреле

составляет около 90 см. Продолжительность ледостава в среднем составляет 220-230 дней.

В течение всего года характерна низкая минерализация воды. В половодье минерализация составляет 30-60 мг/л, в период межени – 2 – 4 раза выше. Вода мягкая, гидрокарбонатная, слабокислая, рН (водородный показатель) равен 6,4-6,9 [Лёзин, 2000].

Для рек территории северной тайги характерен западно-сибирский тип водного режима. На гидрографе отмечается пологое весенне-летнее половодье, низкий осенне-зимний меженный период. В период летней межени уровень определяется не величиной расхода воды, а уровнем Обской губы. По источнику питания реки относятся к смешанному снегово-дождевому типу. Процент дождевого питания на юге зоны больше, чем на севере.

Важную роль в формировании ландшафтов играет наличие многолетнемерзлых пород. В северной тайге Западной Сибири многолетнемерзлые породы распространены повсеместно. Мощность многолетнемерзлых пород на севере достигает 900 метров, при движении в южном направлении их мощность уменьшается, приблизительно до 300-400 метров. Распространение многолетнемерзлых пород не повсеместно, т.к. по природным или антропогенным причинам на небольших участках ММП могут отсутствовать.

## 1.5. ПОЧВЫ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ

Осадконакопление на севере Западной Сибири обусловлено тектоническим движением, трансгрессией и регрессией моря, периодами оледенения и эпохами межледниковья, а также аккумулятивной и эрозионной деятельностью рек [Атлас Тюменской области, 1971].

Почвы подзоны северной тайги относятся к Западно-Сибирской подзоне подзолистых и глееподзолистых иллювиально-гумусовых почв

[Почвенно-географическое районирование, 1962; Почвы, 1998]. Главными факторами в формировании почвенных горизонтов являются избыточное увлажнение и многолетнемерзлые породы. Многолетнемерзлые породы являются водоупорным горизонтом, что способствует распространению процесса оглеения почв. Подзолистый процесс в северной тайге несколько ослаблен по сравнению с более южными подзонами таёжной зоны. Встречаются торфяно-болотные и подзолисто-болотные почвы [Почвенно-географическое районирование, 1962].

Развитие подзолистых почв происходит под пологом хвойных таёжных лесов. После поступления и разложения малозольных органических остатков происходит образование фульвокислот. Подзолообразование проходит при постоянном или периодическом промывном водном режиме, выносе почвообразующих пород и бедности почвообразующих пород основаниями. Для почв подзолистого типа характерна кислая реакция, большая ненасыщенность основаниями, небольшое содержание гумуса [Классификация и диагностика..., 1977; Классификация и диагностика..., 1979; Диагностика и классификация..., 1981; Почвы, 1998]. Почвообразовательные процессы, проходящие на легкосуглинистых или супесчаных массивах, постилающихся песком на отметке 30 - 40 см, формируют поверхностно-подзолистые глубинно-глееватые почвы [Васильевская и др. 1986] или контактно-глеевые подзолы [Караваева, 1973].

Болотно-подзолистые почвы формируются под еловыми или сосново-еловыми заболоченными лесами мохово-лишайникового или травяно-кустарничкового типа на территориях со слаборазвитым дренажем и застоём верхних грунтовых вод. Эти условия способствуют развитию глеевых процессы, проявляющихся в виде ржавых, охристых, сизых пятен и примазок. При длительном избыточном увлажнении происходит образование торфа или перегнойного горизонта. На торфяно-болотных почвах отмечается мощный торфяной горизонт и процесс оглеения находящихся снизу

минеральных горизонтов [Почвы, 1998; Диагностика и классификация..., 1981; Классификация и диагностика..., 1977; Классификация и диагностика..., 1979].

## 1.6. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Заболоченные территории на северной части Западно-Сибирской занимают приблизительно 70 процентов площади подзоны северной тайги. Лесные массивы занимают около 30 процентов территории, а также небольшую площадь занимают заливные, пойменные луга [Западная Сибирь, 1963; Атлас Тюменской области, 1971]. На территории исследования заболоченность составляет 35%. Распределение состава древостоя в лесных сообществах составляет в процентном соотношении: 50% - сосна, 22% - кедр, 22% - лиственница, 13% - ель [Биологические ресурсы Сибири, 1988].

По геоботаническому районированию территория исследования относится к подзоне северной тайги. Подзона характеризуется развитием редкостойных лиственничных, лиственнично-сосновых и лиственнично-еловых лесов с примесью кедра. В поймах рек встречаются плоско- и крупнобугристые мохово-лишайниковые болота, ивово-лугово-болотные растительные сообщества [Хозяинова, 2008].

Лесообразующими породами северной тайги являются: лиственница сибирская (*Larix sibirica*), ель сибирская (*Picea obovata*), сосна сибирская кедровая, или сибирская кедр (*Pinus sibirica*) и сосна обыкновенная (*P. sylvestris*). В кустарничковом ярусе преобладает багульник болотный (*Ledum palustre*), водяника черная (*Empetrum nigrum*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), голубика (*V. uliginosum*).

Самый высокий показатель продуктивности отмечается в темнохвойных лесах, в сосновых массивах продуктивность несколько ниже, а самыми низкопродуктивными являются лиственничные леса. [Базилевич, 1993].

Первичные леса на территориях с дренированным рельефом испытали в прошлом воздействие пожаров. В настоящее время отмечается смена первичных лесов производным древостоем. Он представлен в южной полосе подзоны северной тайги темнохвойно-березовыми и сосновыми лесами с примесью кедра и ели. Происходит сукцессия лесных сообществ [Западная Сибирь, 1963; Ильина и др., 1985].

По составу растительных сообществ подзону северной тайги можно поделить на две широкие полосы. На территории северной полосы формируются достаточно разреженные лесные сообщества, представленные редкостойными лиственничными, лиственнично-сосновыми, лиственнично-еловыми лесами. В напочвенном покрове доминируют бореальные и гипоарктические кустарнички: багульник болотный (*Ledum palustre*), водяника черная (*Empetrum nigrum*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), голубика (*V. uliginosum*); моховой покров представлен следующими видами: плеурозий Шребера (*Pleuroziums chreberi*), гилокомиум блестящий (*Hylocomium splendens*), политрихум можжевельниковый (*Polytrichum alpestre*); пятнами встречаются лишайники: кладония лесная (*Cladonia arbuscula*), кладония оленья (*Cladonia rangiferina*).

На территории южной полосы, в частности на плакорах, формируются лиственнично-елово-кедровые лесные сообщества, которые характеризуются высокими показателями сомкнутости большими отметками высот древостоя. На песчаных почвах формируются монодоминантные сосновые леса. Пространственный ряд смены растительности представлен сосновыми кустарничково-лишайниковыми, зеленомошно-лишайниковыми лесами и лишайниковыми редколесьями [Ильина и др., 1985].

На территории северной тайги Западной-Сибири наиболее распространены лиственничные, сосновые и тёмнохвойные леса. Темнохвойные леса представлены кедром (*Pinus sibirica*), пихтой (*Abies sibirica*) и елью (*Picea obovata*). Эдификаторная роль древостоя в этих

сообществах ослаблена. Формирование разреженного древостоя, обуславливает низкую сомкнутость крон деревьев. Напочвенный покров представлен, в основном, мхами, лишайниками и кустарничками. Характерно наличие типичных бореальных видов кустарничков: брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), черника (*V. myrtillus*), голубика (*V. uliginosum*), линнея северная (*Linnaea borealis*), багульник болотный (*Ledum palustre*), клюква болотная (*Oxycoccus palustris*), хамедафне (*Chamaedaphne calyculata*), некоторых гипоарктических видов: карликовая береза (*Betula nana*), ива мохнатая (*Salix lanata*), вейник лапландский (*Calamagrostis lapponica*). Отмечаются представители таёжного мелкотравья: майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), седмичник европейский (*Trientalis europaea*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), голокучник обыкновенный (*Gymnocarpium dryopteris*), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia*) и др.

Основной лесообразующей породой лиственничных лесов северной тайги Западной Сибири является лиственница сибирская (*Larix sibirica*). Как правило, лиственничные сообщества формируются на почвах песчаного, супесчаного и суглинистого механического состава. Характеризуются достаточно разрежённым древостоем и подлеском, который представлен карликовой березой и ольхой [Коронатова, 2004]. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают гипоарктические бореальные кустарнички. Травянистые растения представлены осокой шаровидной (*Carex globularis*) и хвощем лесным (*Equisetum sylvaticum*). Хорошо развит мохово-лишайниковый покров, который представлен зелеными мхами: плеурозий Шребера (*Pleurozium scheberi*), гилокомиум блестящий (*Hylocomium splendens*), и мхами семейства Политриховые (*Polytrichaceae*); лишайники представлены родами кладония (*Cladonia*) и цетрария (*Cetraria*).

После пожаров в лиственничных лесных сообществах начинают формироваться различные представители вейника (*Calamagrostis*), а также иван-чай (*Chamerion angustifolium*), в напочвенном покрове отмечается

появление мхов из рода политрихум (*Polytrichum*). Через несколько десятилетий происходит восстановление лишайникового покрова. Производными лесами на месте лиственничных лесов являются сосновые и березовые леса. Чистые насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) формируются на сухих песчаных территориях. Смешанные лиственнично-сосновые леса характерны для сравнительно менее суровых условий в южной части подзоны [Ильина и др., 1985].

Лиственнично-сосновые леса распространены на территориях с хорошим дренажем почв подзолистого типа песчаного, супесчаного и легкосуглинистого механического состава [Коронатова, 2004].

В поймах рек формируются еловые и пихтово-еловые с примесью кедра и березы леса мелкотравно-кустарничкового и зеленомошного типа. В южных частях подзоны формируются лиственнично-елово-кедровые леса. На территориях, характеризующихся песчаным механическим составом, развиваются сосновые брусничные с участием багульника болотного (*Ledum palustre*) и водяники черной (*Empetrum nigrum*) лишайниковые леса [Атлас Тюменской области, 1971; Васильев, Титов, 1998].

В подзоне северной тайги распространены большие по площади заболоченные территории. Плоско- и крупнобугристые кустарничково-лишайниковые и мохово-лишайниковые сфагновые олиготрофные болота являются типичными на данной территории. Плоскобугристые болота сменяют плоские торфяные бугры и мочажины – относительно небольшие понижения в рельефе. Возвышенности бугров заняты кустарничками и лишайниками, мочажины – осоками, гипновыми и сфагновыми мхами [Коронатова, 2004]. Грядово-мочажинные болота представлены чередующимися дугообразными грядами и сильно обводненными мочажинами. Состав растительности на торфяных буграх и грядах представлен карликовой березой (*Betula nana*), багульником болотным (*Ledum palustre*), подбелом обыкновенным (*Andromeda polifolia*), хамедафной

(*Chamaedaphne calyculata*), морошкой (*Rubus chamaemorus*), брусникой (*Vaccinium vitis-idaea*), голубикой (*V. uliginosum*) и водяникой (*Empetrum nigrum*). На вершинах наблюдается доминирование мхов и лишайников, в мочажинах – гипновых и сфагновых мхов. Травяной состав растительности, приуроченной к мочажинам, представлен осокой кругловатой (*Carex rotundata*), О. плетевидной (*C. chordorrhiza*), О. топяной (*C. limosa*), пушицей рыжеватой (*Eriophorum russeolum*), П. узколистной (*Er. polystachyon*), сабельником болотным (*Comarum palustre*), некоторыми представителям рода хвощей (*Equisetum*) и т.д. [Ильина и др., 1985].

Естественных суходольных лугов на территории подзоны северной тайги Западной Сибири нет. Высокие пойменные луга представлены разнотравно-злаковыми и злаковыми ассоциациями [Западная Сибирь, 1963; Ильина и др., 1985].

## 1.7. ЖИВОТНЫЙ МИР

Животный мир тайги по видовому разнообразию намного богаче, чем в тундре и лесотундре. Круглый год таежный лес обеспечивает представителей животного мира кормовыми ресурсами – листьями, травой, ветвями деревьев, семенами и почками деревьев, грибами, ягодами. Для лесных сообществ характерен особый микроклимат, что оказывает влияние на представителей животного мира. Крона, дупла, наземный покров помогают укрыться от хищников, а также подходят для устройства гнезд [Коронатова, 2004].

Млекопитающие представлены следующими видами: лось (*Alce salces*), бурый медведь (*Ursus arctos*), рысь (*Fells lynx*), белка-летяга (*Pteromys volans*), соболь (*Martes zibelina*), бурундук (*Eutamias sibiricus*), колонок (*Kolonocus sibiricus*), заяц-беляк (*Lepus timidus*). Из мышевидных грызунов встречаются красная (*Clethrionomys rutilus*) и красно-серая полевки (*Cl. rufocanus*). По заболоченным территориям и лишайниковым лесам не часто, но встречается северный олень (*Rangifer tarandus*), который в прошлом был

типичным обитателем данной территории. В южной полосе северной тайги обитают косуля (*Capreolus capreolus*) и заяц-русак (*Lepus europaeus*).

В северной тайге большое разнообразие птиц. Наиболее часто встречаются: глухарь (*Tetraourogallus*), рябчик (*Bonasa bonasia*), желна, или черный дятел (*Dryocopus martius*), трехпалый дятел (*Picoides tridactylus*), большой пестрый дятел (*Dryobates major*), малый пестрый дятел (*Dryobates minor*), кукушка (*Perisoreus infaustus*), кедровка, клест-еловик (*Loxia curvirostra*), буроголовая гаичка (*Parus cinctus*), мохноногий сыч (*Aegolius funereus*), ястребиная сова (*Surnia ulula*).

Мир насекомых характеризуется разнообразием видов. Фауна двукрылых в лесных ландшафтах представлена 7000 - 8000 видами [Коронатова, 2004].

## ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В СВЯЗИ С ОСВОЕНИЕМ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

За последние годы динамика горимости лесов в Западной Сибири демонстрирует устойчивую тенденцию роста, возрастает как количество пожаров, так и площадь, пройденная ими [Цветков и др., 2014].

Лесные пожары являются одним из важнейших эколого-эволюционных факторов внешней среды, которые оказывают определяющее влияние на леса. Формирование и размещение лесов по территории, жизненное состояние и продуктивность лесных экосистем – всё это протекает под прямым или косвенным пирогенным воздействием. Данное обстоятельство отмечали многие отечественные и зарубежные исследователи [Мелехов, 1948; Фуряев, 1996; Davis, Brown, 1973].

Главная причина возникновения лесных пожаров – человек, по его вине возникает 85-95 процентов случаев возгораний. 10-15 млрд. руб. – ежегодный ущерб от лесных пожаров в Сибири, который формируется из убытков от самих пожаров и затрат, которые требуются на его ликвидацию [Воробьев и др., 2004].

Влияние пожаров на лесные экосистемы может быть не только отрицательным, но и положительным. Исследованиями многих авторов к настоящему времени определено благоприятное влияние пожаров на лесовозобновление - появление леса и развитие нового поколения [Мелехов, 1978; Санников, 1992; Санников, 1973].

Периодичность лесных пожаров связана с периодическими изменениями климата, которые проявляются чередованием сухих и влажных периодов. Накопление лесных горючих материалов и распределение их по площади также обуславливают периодичность пожаров на одной и той же территории. [Курбатский, 1987; Фуряев, 1986].

С возрастанием антропогенной деятельности в районах нефтегазового комплекса Западной Сибири возросла периодичность лесных пожаров. По мнению В.Н Седых, многие лесные массивы, которые могли бы быть освоены, преждевременно разрушены пожарами по вине человека. В связи с этим усиливается роль огня как дестабилизирующего фактора [Седых, 1996].

## 2.1. ЛЕСА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

В соответствии с Лесным кодексом РФ (глава 3, ст. 51, 52, 53) леса Ямало-Ненецкого автономного округа подлежат охране от пожаров. Охрана лесов осуществляется органами государственной власти, органами местного самоуправления в пределах их полномочий, определенных в соответствии со статьями 81-84 Лесного кодекса РФ.

Площадь охраняемых земель от природных пожаров в автономном округе составляет более 76 млн. га, из них 31,6 млн. га – земли лесного фонда и 30,5 млн. га – земли сельскохозяйственного назначения.

Значительно короткий, по сравнению со средней полосой России, пожароопасный сезон в Ямало-Ненецком автономном округе обусловлен природно-климатическими особенностями территории. Как правило, в конце мая и начале июня регистрируются первые природные пожары, а последние – в начале сентября. В среднем, за последние пять лет, при расчете за один год, на территории автономного округа зарегистрировано 343 природных пожара. Наибольшая часть пожаров отмечается в июле, а территории Надымского, Пуровского, Тазовского, Красноселькупского районов, расположенные на юго-востоке автономного округа, являются наиболее пожароопасными [Доклад..., 2014].

В соответствии с приказом Федерального агентства лесного хозяйства №287 от 5 июля 2011 года утверждена классификация природной пожарной опасности лесов, которая представлена в таблице 2.

## Классификация природной пожарной опасности лесов

Класс природной пожарной опасности лесов	Объект загорания (характерные типы леса, вырубок, лесных насаждений и безлесных пространств)	Наиболее вероятные виды пожаров, условия и продолжительность периода их возможного возникновения и распространения
1	2	3
I(природная пожарная опасность - очень высокая)	<p>Хвойные молодняки.</p> <p>Места сплошные рубок: лишайниковые, вересковые, вейниковые и другие типы вырубок по суходолам (особенно захламленные). Сосняки лишайниковые и вересковые.</p> <p>Расстроенные, отмирающие и сильно поврежденные древостои (сухостой, участки бурелома и ветровала, недорубы), места сплошных рубок с оставлением отдельных деревьев, выборочных рубок высокой и очень высокой интенсивности, захламленные гари.</p>	<p>В течение всего пожароопасного сезона возможны низовые пожары, а на участках с наличием древостоя - верховые. На вейниковых и других травяных типах вырубок по суходолу особенно значительна пожарная опасность весной, а в некоторых районах и осенью.</p>
II(природная пожарная опасность - высокая)	<p>Сосняки-брусничники, особенно с наличием соснового подростка или подлеска из можжевельника выше средней густоты. Лиственничники кедрово-стланниковые.</p>	<p>Низовые пожары возможны в течение всего пожароопасного сезона; верховые - в периоды пожарных максимумов (периоды, в течение которых число лесных пожаров или</p>

		площадь, охваченная огнем, превышает средние многолетние значения для данного района).
III(природная пожарная опасность - средняя)	Сосняки-кисличники и черничники, лиственничники-брусничники, кедровники всех типов, кроме приручейных и сфагновых, ельники-брусничники и кисличники.	Низовые и верховые пожары возможны в период летнего максимума, а в кедровниках, кроме того, в периоды весеннего и особенно осеннего максимумов.
IV(природная пожарная опасность - слабая)	Места сплошных рубок таволговых и долгомошниковых типов (особенно захламленные). Сосняки, лиственничники и лесные насаждения лиственных древесных пород в условиях травяных типов леса. Сосняки и ельники сложные, липняковые, лещиновые, дубняковые, ельники-черничники, сосняки сфагновые и долгомошники, кедровники прирученные и сфагновые, березняки-брусничники, кисличники, черничники и сфагновые, осинники-кисличники и черничники, мари.	Возникновение пожаров (в первую очередь низовых) возможно в травяных типах леса и на таволговых вырубках в периоды весеннего и осеннего пожарных максимумов; в остальных типах леса и на долгомошниковых вырубках - в периоды летнего максимума.
V(природная пожарная опасность – отсутствует)	Ельники, березняки и осинники долгомошники, ельники сфагновые и приручейные. Ольшаники всех типов.	Возникновение пожара возможно только при особо неблагоприятных условиях (длительная засуха).

На территории Надымского района произрастают леса разных классов природной пожарной опасности. К наиболее пожароопасным относятся хвойные леса: лишайниковые, а также леса с обильным подростом или подлеском.

## ГЛАВА 3. ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД

История, задачи, принципы и методы дендрохронологии хорошо рассмотрены в учебном пособии по дендрохронологии учёными из Красноярска: Вагановым Е.А., Кругловым В.Б., Васильевым В.Г (2008г.).

### 3.1. ИСТОРИЯ И ЗАДАЧИ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ

Первые серьезные работы по дендрохронологии появились во второй половине XIX столетия (работы американского лесоведа Д. Кюхлера (1859), русского климатолога Ф. Шведова (1892)). Однако основателем дендрохронологии является А.Е. Дуглас – американский астроном, начавший систематическое изучение годичных деревьев в засушливых районах США в 1901 году.

В других частях земного шара исследования в области дендрохронологии начали проводиться несколько позднее, приблизительно с сороковых годов XX века. В России усиленный интерес к дендрохронологическим исследованиям проявился с начала 1960-х годов. В России существуют две лаборатории дендрохронологии: в Институте экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург и в Институте леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, г. Красноярск. В Иркутске, Томске, Вологде, Москве, Санкт-Петербурге также существует несколько небольших дендрохронологических исследовательских групп. В мире функционирует большое число лабораторий и групп, занимающихся получением, обработкой и использованием древесно-кольцевой информации.

На территории Западной Сибири дендрохронологические исследования сосредоточены на оценке устойчивости лесов к определенным условиям, а также на вопросах прироста древостоя в экстремальных условиях среды. К таким работам относятся дендроэкологические исследования Арефьева С.П.:

«Оценка устойчивости кедровых лесов Западно-Сибирской равнины» [Арефьев, 1997], «Дендрохронологический анализ факторных полей состояния кедра в Западной Сибири» [Арефьев, 2010], «Дендрохронологическая оценка фонового состояния природной среды на территории месторождений Уренгойской группы» [Арефьев, 2010], «К дендрохронологической реконструкции и оценке состояния Тарманского лесоболотного комплекса» [Арефьев, 2003].

Исследования Л.И. Агафонова по древесно-кольцевой индикации гидролого-климатических условий в Западной Сибири (2011г.) и работы Ю.В. Полюшкина и др. [Полюшкин и др., 1977] также внесли большой вклад в развитие региональной дендрохронологии.

Задачи дендрохронологии:

1. Изучение влияния различных факторов на величину прироста годичных колец;
2. Анализ информации, содержащейся в годичных кольцах с целью реконструкции условий среды в прошлом;
3. Датировка экологических событий по годичным кольцам.

Дендрохронология - часть экологии древесных растений. Важная экологическая идея дендрохронологии - идея закономерной обусловленности (т.е. не случайности) возникновения особенностей строения годичных колец деревьев. Причина возникновения особенностей обусловлена внешними экологическими (температура, влажность, освещенность и т.д.) и внутренними (генетическая предрасположенность, гормональная регуляция клеточных делений) факторами в течение вегетационного периода. Особенности годичных колец, ширина кольца, количество и размер клеток зависят от изменения экологического фактора в год формирования кольца. Возникая закономерно, годичные кольца хранят память о характере экологического фактора, вызвавшего их появление. На образовательном портале СФУ в УМКД «Экология древесных растений» содержится описание

влияния экологических факторов на формирование годичных колец деревьев. Специалисты многих научных дисциплин занимаются изучением годичных слоев прироста (годичные кольца).

Дендрохронологию подразделяют на несколько разделов. Дендрохронология – датировка годичных колец и событий, дендроклиматология – реконструкция климатических условий, дендрогидрология – реконструкция гидрологических условий и дендрогеоморфология – датировка и реконструкция геоморфологических событий и процессов и др. [Schweingruber, 1988].

### 3.2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ

Основные принципы дендрохронологии – закон лимитирующих факторов, принцип чувствительности, принцип перекрестной датировки, принцип повторности и принцип униформизма [Шиятов, 1973].

В соответствии с принципом лимитирующих факторов, для дендрохронологического анализа наиболее пригодны те деревья, на прирост которых оказывает влияние какой-либо лимитирующий фактор. Рост деревьев не может протекать быстрее, чем это обуславливает внутренний или внешний фактор, который имеет наиболее неоптимальные для дерева значения. При условии, что этот фактор начнет изменяться по какой-либо причине, он может переходить в разряд оптимальных и лимитирующим станет другой фактор, который определит новую скорость роста. Составной частью закона лимитирующих факторов является требование адекватного выбора района и местообитания. Лимитирующий фактор проявляет себя в большей степени в неблагоприятных и экстремальных климатических или почвенно-грунтовых условиях. Это необходимо учитывать при отборе материала для исследования. Районами, где лимитирующий фактор оказывает наиболее сильное влияние являются южная, полярная, верхняя и

нижняя границы распространения древесной растительности, а также скальные, заболоченные и промышленно загрязнённые территории.

Принцип чувствительности наиболее широко применяется при анализе древесно-кольцевых хронологий или при анализе структур с сезонной периодичностью. В благоприятных местах произрастания у деревьев формируются широкие годичные кольца. У таких деревьев наблюдается хорошо выраженные изменения прироста за большой промежуток времени, а изменения прироста соседних лет выражено слабо. Формирование в среднем более узких колец, их выпадение и значительное колебание ширины колец наблюдается в неблагоприятных условиях. Такие серии колец называются «чувствительными». Чувствительность таких серий обусловлена переходом лимитирующего фактора из области меньшей оптимальности в область большей, при этом скорость роста растений изменяется гораздо быстрее, не пропорционально изменению фактора. Чем больше изменение величины прироста, более надёжным индикатором изменений условий среды является серия годичных колец. Коэффициент чувствительности является специальным показателем, который применяется для оценки чувствительности колец деревьев [Fritts, 1969]. Если средний коэффициент чувствительности серии колец превышает 0,3, то она считается чувствительной.

Принцип перекрестного датирования разработан с целью датировки точного времени формирования колец. Этот принцип является важнейшим в дендрохронологии. У деревьев, растущих в одинаковых климатических условиях, наблюдается синхронная изменчивость прироста, т.к. они одинаково реагируют на изменения лимитирующих факторов. Если год по климатическим условиям благоприятный, то формируются широкие годичные кольца, если неблагоприятный – узкие. Наиболее показательными являются именно узкие кольца, поскольку их прирост лимитируется каким-либо климатическим фактором – засушливый год, дефицит влаги. Сходные

величины прироста у разных деревьев, произрастающих на исследуемой территории, возможно проследить, если сравнить кольца, которые были сформированы в одни и те же годы. Перекрестная датировка позволяет выявлять выпавшие и ложные кольца, а также проводить точную датировку каждого годичного кольца.

Принцип повторности основывается на использовании материала не с одного, а с нескольких модельных деревьев. Это необходимо для более точной датировки колец, реконструкции событий прошлого и построения правильных хронологий.

Принцип униформизма утверждает, что все процессы, физические или биологические, которые оказывают влияние на рост дерева в настоящее время, аналогично протекали и влияли на рост дерева в прошлом. Именно поэтому для модельной реконструкции условий окружающей среды широко используют древесно – кольцевые хронологии. Деревья являются долгоживущими организмами, а экстраполяция, как правило, осуществляется на относительно короткие в геологические промежутки времени (сотни и тысячи лет) [Ваганов и др., 2008].

### 3.3. СТРУКТУРА И ПРИЗНАКИ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ

Древесные растения – одни из наиболее долгоживущих на суше организмы. С этим связано широкое использование годичных колец деревьев при решении различных научных и практических задач [Douglass, 1919].

Камбий – тонкий слой клеток между древесиной и флоэмой, который способен к многократному делению. Годичные кольца – результат активности камбия в вегетационный период. Камбиальный слой является образовательной тканью, при делении которой происходит увеличение роста деревьев. С началом вегетационного периода, т.е. весной или в начале лета происходит образование крупных тонкостенных клеток у хвойных пород и

крупных сосудов у лиственных пород. Формирование мелких толстостенных клеток у хвойных пород и мелких сосудов у лиственных пород происходит в середине или в конце лета. Одно годовое кольцо – клетки, которые появились в результате деления камбия за один год. Кольцо, которое примыкает к камбиальному слою, появилось в последний вегетационный период жизни дерева. Кольца, расположенные в центре нижней части дерева, образовались в первые годы жизни дерева. Слои ранней и поздней древесины легко различить. Так как клетки, образовавшиеся в разных половинах вегетационного периода, отличаются по форме, размерам, плотности и цвету. Переход между клетками ранней и поздней древесины постепенный, однако, между клетками ранней древесины последующего кольца и поздней древесины предыдущего кольца этот переход резкий. Сезонное формирование годовых колец деревьев обуславливает большое количество связанных между собой процессов, находящихся под влиянием внешних факторов, главными из которых являются наличие питательных веществ, условия увлажнения и температура среды. Индивидуальная структура годового кольца, которая соответствует условиям какого-либо года роста, является результатом этих процессов [Ваганов и др., 2008].

Существует огромное количество работ, которые посвящены изучению дифференцировки клеток ксилемы и сезонной активности камбия. Однако, единой теории, учитывающей иерархичность уровней и составившей бы основу для прогнозирования изменения процессов под воздействием факторов, до сих пор нет [Ваганов, 1996].

Специфические особенности камбия:

1. Камбий – это самоподдерживающаяся клеточная система, которая сохраняет свои функции достаточно долгое время, а иногда и на протяжении жизни дерева;

2. Площадь камбия растет с ростом дерева;

3. Производные клетки камбия могут дифференцироваться в типы клеток флоэмы и ксилемы.

4. Камбий обладает строго упорядоченной пространственной организацией, его клетки непрерывный слой, который выстилает корни, ветви и ствол [Ваганов и др., 2008].

Существует три типа деления клеток камбия – периклиальный, антиклинальный, поперечный. В результате периклиальных делений камбиальных клеток, при которых плоскость деления перпендикулярна радиусу ствола, происходит рост годичного кольца, а клетки, произведенные каждой отдельной инициальной камбиальной клеткой, образуют упорядоченные радиальные ряды. При антиклинальном (мультипликативном) делении плоскость деления параллельна радиусу ствола. Доля антиклинальных делений составляет 1-2 процента от всех делений, которые наблюдаются в камбиальной зоне. В результате поперечных делений образуются клетки лучевого камбия, паренхимные клетки и клетки смоляных ходов. При поперечном делении плоскость деления перпендикулярна главной оси ствола. Далеко не всегда дочерние клетки после деления имеют одинаковые размеры, поэтому, для поддержания устойчивого размера, клеткам камбия необходима способность расти и в ширину, и в длину [Ваганов и др., 2008].

Рост и скорость роста годичного кольца зависят от количества клеток камбия и скорости их деления. Рост годичного слоя хвойных деревьев всегда сопровождается в течение сезона изменением числа клеток камбия, которое характеризуется общей для всех видов динамикой. Размер камбиальной зоны в покое достигает минимума и, как правило, составляет 2-4 ряда клеток. В начале сезона роста с активацией камбия увеличивается размер камбиальной зоны, и число клеток в ней достигает максимальных значений, более 5-20 клеток. В зависимости от условий роста и вида растения уровень численности может сохраняться долгое время, в течение которого

происходит формирование основного количества трахеид. Затем происходит уменьшение камбиальной зоны. Увеличение скорости образования трахеид сопровождается увеличением количества клеток камбия – это основной принцип, который всегда сохраняется при формировании годичного слоя. Однако связь между размером клеток камбия и скоростью образования трахеид видоспецифична и определяется условиями местопроизрастания. В схожих климатических условиях наибольший размер камбиальной зоны наблюдается у быстрорастущих деревьев, чем у угнетенных [Ваганов и др., 2008].

### 3.4. ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ В ДРЕВЕСИНЕ

В настоящее время большое внимание уделяется изучению изменчивости условий внешней среды, причин возникновения, частоты катастрофических событий, их влияния на развитие сообществ и экосистем. Различные патологии в строении древесины оказывают помощь в реконструкции и датировке различных событий за временные промежутки векового масштаба. Патологии образуются в результате долговременного или кратковременного воздействия экстремальных факторов, которые оказывали влияние на рост и развитие дерева. Такими патологиями могут быть ложные и выпадающие кольца, морозобойные, светлые слои прироста, раневая и реактивная древесина, ложная заболонь или патологические смоляные ходы [Ваганов и др., 2008].

Ложные кольца или потемнения – слои темноокрашенных толстостенных мелких клеток могут формироваться, если в течение вегетационного периода происходило ухудшение погодных условий - засуха, понижение температуры воздуха или повреждение листьев, или хвои насекомыми. У истинного кольца существует граница между слоями поздней и ранней древесины, у ложного кольцо она отсутствует. Ложное кольцо легко

можно установить при рассмотрении внешних границ потемнений при 20-30-кратном увеличении (Рисунок 1). Однако у деревьев, произрастающих в районах полупустыни или субтропиков, определение границ между истинными годичными кольцами затруднено, а иногда невозможно. Т.к. у данных пород за один год может сформироваться несколько ложных колец, ничем не отличающихся от настоящих [Ваганов и др., 2008].

В крайне неблагоприятные вегетационные периоды деление клеток камбия не происходит и новый слой годичного кольца не формируется. Если на некоторой части спила кольцо невозможно рассмотреть, то такое кольцо называют частично выпадающим (Рисунок 2). Если кольцо не просматривается на всей окружности спила, то такое кольцо называют полностью выпадающим [Ваганов и др., 2008].

Выпадающие кольца наблюдаются чаще всего в нижних ветвях, корнях и основании ствола, у угнетенных и старых деревьев. В отдельных случаях может выпадать несколько колец, последовательно расположенных на радиальных направлениях.

Выявить одиночные выпадающие кольца и определить их расположение не вызовет особых проблем, если у исследователя имеются материалы древесных кернов с определенного числа модельных деревьев, как правило, не менее 7-10 штук.

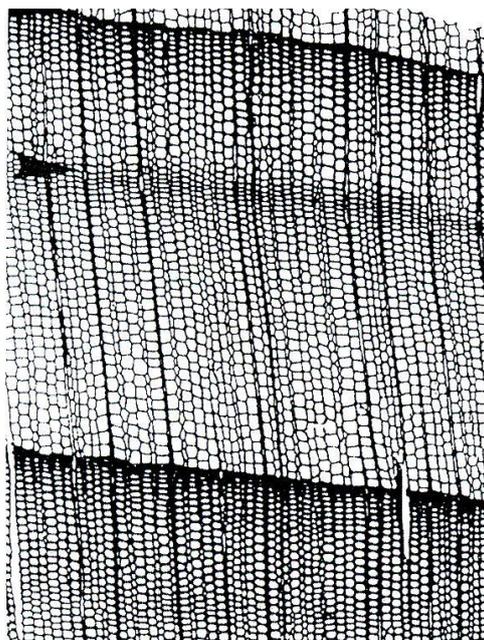


Рисунок 1. Ложное кольцо в древесине хвойного дерева [Schweingruber, 1996]

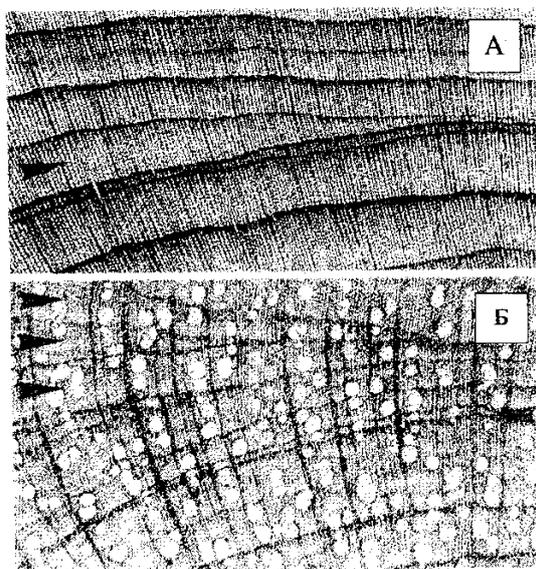


Рисунок 2. Выпадающие кольца в древесине хвойного (А) и лиственного (Б) дерева [Schweingruber, 1996]

Формирование эксцентричных годичных слоев прироста также является часто встречающейся патологией анатомического строения годичного кольца. Характерной особенностью эксцентричных годичных

колец является сильная изменчивость ширины годичного кольца, неоднородность в физико-механических и анатомических свойствах древесины по окружности ветви и ствола. Реактивная древесина формируется у хвойных видов на нижней стороне ветви и сжимаемой стороне ствола, у лиственных – на верхней ветви и растягиваемой стороне ствола. Реактивная древесина состоит из округлых сильно лингнифицированных клеток, которые имеют более темную окраску. Годичный слой имеет большую ширину в том месте, где развивается реактивная древесина. Реактивная древесина и эксцентричные кольца, как правило, формируются у наклоненных или опушечных деревьев, которые испытывают сильную нагрузку, снеговую или ветровую.

Правильно развитое годичное кольцо древесины хвойных деревьев представляет собой последовательность непрерывных радиальных рядов клеток. Такая структура в результате воздействия низких температур может искажаться и происходит это при поздних весенних или ранних осенних заморозках, в период растяжения клеток и активного деления камбиальных клеток. Годичные кольца, которые имеют полосу клеток, поврежденных заморозком, называются морозобойными. Морозобойные кольца у хвойных деревьев, как правило, состоят из трех зон: зона деформированных трахеид, слой аморфного вещества и зона ненормальных по величине и форме трахеид. Различные по интенсивности заморозки у разных деревьев приводят к образованию, как типичных морозобойных колец, так и слабовыраженных, которые состоят только из зоны деформированных трахеид. В зимнее время также наблюдается повреждение клеток камбия сильными морозами, что выражается в снижении прироста в последующие несколько лет [Ваганов и др., 2008].

Смоляные ходы – межклеточные каналы, которые окружены паренхимной тканью и заполнены смолой. В древесине хвойных древесных растений формируются вертикальные и горизонтальные смоляные ходы.

Большое количество смоляных ходов, которые имеют большой диаметр и формируются при повреждении живого дерева, называются патологическими смоляными ходами (Рисунок 3).

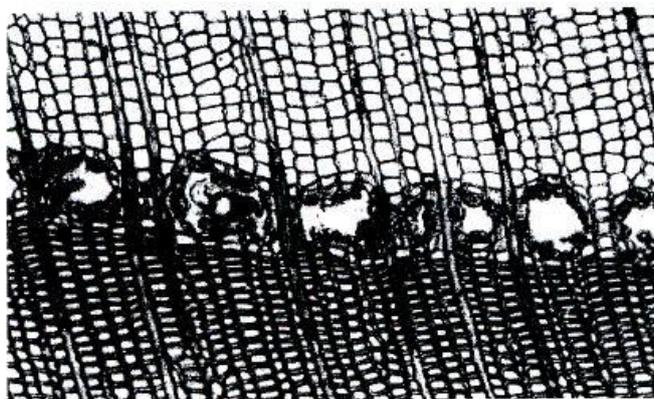


Рисунок 3. Патологические смоляные ходы в древесине хвойного дерева [Schweingruber, 1996]

Патологические смоляные также ходы могут формироваться в древесине хвойных деревьев, для которых характерно отсутствие смоляных ходов (представители рода *Abies*). Большое количество патологических смоляных ходов формируется вблизи огневых и механических повреждений на стволе, где образуется цепочка или непрерывный ряд, как правило, тангенциального направления. Возможной причиной появления таких рядов и цепочек может являться ветровая нагрузка на ветви, корни и ствол в период вегетации. Образование патологических смоляных ходов у некоторых хвойных деревьев обусловлено повреждением хвои и живой ткани ствола насекомыми [Ваганов и др., 2008].

### 3.5 ДЕНДРОИНДИКАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Дендрохронологические индикаторы лесных пожаров хорошо рассмотрены в брошюре И.С. Мелехова «Влияние пожаров на лес». [Мелехов, 1948].

Древесину растущего дерева, подвергшегося пожару, можно отнести к двум разным частям: допожарной и послепожарной. Годичный слой, являющийся границей допожарной и послепожарной древесины, соответствует году пожара.

Допожарная часть древесины состоит из части, непосредственной пострадавшей от пожара, т.е. защитной древесины и части, не тронутой пожаром.

Послепожарная древесина состоит из древесины, откладывающейся вблизи пожарного повреждения – раневой и древесины, которая откладывается на противоположной стороне пострадавшей части дерева. Между ними формируется древесина, которая занимает промежуточное положение.

Пожары влияют на дальнейшее формирование слоев древесины. Низовой пожар приводит к увеличению в десятки и сотни процентов ширины годичного кольца. Наибольшее увеличение наблюдается на стороне дерева со следами пожарного повреждения, при этом наиболее возрастает поздняя зона годичного слоя. Наибольшее изменение ширины годичных слоев после пожара происходит в зоне, прилегающей к пожарной ране.

Качественным индикатором влияния лесных пожаров является, в частности, наличие и, особенно, обилие смоляных ходов.

### 3.6. МЕТОДИКА ОТБОРА ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

В первую очередь, согласно важнейшему в дендрохронологии принципу отбора районов и местообитаний, необходимо, чтобы в конкретных условиях, где производится сбор образцов древесины, проявлялось действие какого-либо лимитирующего фактора. В нашем случае лимитирующим фактором является пожар. Исследования и отбор образцов проводились на участках, которые ранее были подвержены пожарам.

Методы отбора дендрохронологических образцов обобщены в ряде исследований [Methods..., 1990; Шиятов и др., 2000]. Хвойные деревья распространены в районах с холодным и умеренным климатом, долговечны и обладают хорошо различимыми годичными слоями прироста древесины. Именно поэтому чаще всего для проведения древесно-кольцевого анализа используют хвойные виды.

Для дендрохронологического анализа используются следующие образцы древесины: круговые поперечные спилов, бруски древесины, буровые керны и высечки. Для нашего исследования были отобраны керны хвойных деревьев.

Керны берутся по одному или нескольким радиусам, строго ориентированным по отношению к сторонам света. Взятие кернов древесины требует значительно меньших затрат времени и сил по сравнению с взятием спилов. Кроме того, они имеют небольшой вес и габариты. Все это дает возможность проводить сбор массового материала, что необходимо при проведении многих видов дендрохронологических исследований. Буровые керны обычно берутся на высоте 1,0 – 1,3 м от поверхности земли, но для дендрохронологических исследований послепожарного восстановления лесов целесообразнее проводить отбор проб на высоте 0,3 – 0,5 м от поверхности земли. Каждый образец древесины необходимо закодировать, при этом код пишется на поверхности образца или контейнера. Для каждой пробной

площади или типа местообитания делается описание условий произрастания, растительности, модельных деревьев и взятых образцов древесины. Для этих целей можно использовать бланки описаний, используемые при проведении геоботанических и лесоводственных исследований [Шиятов и др., 2000].

Собранные в полевых условиях древесные образцы затем анализируются в лаборатории. Математические модели годичных колец деревьев дают интегральную оценку изменений природных условий. По ним можно выявить и изучить динамику изменения различных параметров окружающей среды под действием антропогенной деятельности, динамику состояния экосистемных изменений и дать экологическую оценку состояния лесных массивов [Ботыгин и др., 2011].

Очень важно изучать древесные кольца. Они являются зонами радиального прироста древесины в результате сезонной периодичности активности камбия. Срез ствола с кольцами сравнивают с пластинкой, на которую «записывается» информация об окружении растения и условиях произрастания. Различные факторы – температура воздуха и почвы, количество осадков, режим грунтовых вод, пожары и другие биотические, абиотические и антропогенные воздействия оказывают влияния на интенсивность прироста [Methods..., 1990].

В настоящее время большое количество дендрохронологических исследований посвящено проблемам, связанным с антропогенным воздействием на лесные экосистемы.

Пожары являются важным лесообразовательным фактором, который определяет состояние и динамику лесов. Определить сроки, повторяемость и распространение пожаров прошлых лет позволяет дендрохронологический анализ. Реконструкция и прогнозирование наиболее пожароопасных сезонов проводится на основе использования радиального прироста, который является интегральным показателем изменчивости метеоусловий [Ловелиус, 1979].

## ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сбор материала для исследования проводился в июле 2019 года в Надымском административном районе Ямало-Ненецкого автономного округа. Всего было обследовано 3 участка редколесий, которые в прошлом подвергались пожарам (Рисунок 4).



Рисунок 4. Расположение тест-полигонов на исследуемой территории

Участок № 1. До пожара биоценоз был представлен кедрово-лиственничным редколесьем бруснично-лишайникового типа с участием единичных деревьев берёзы во втором ярусе. Отмечается небольшое количество сухостойных деревьев. Высота деревьев колеблется от 9 до 16 метров. Подрост представлен преимущественно кедром и единично берёзой.

Сомкнутость крон – 0,2 – 0,3. Напочвенный покров сохранился частично, представлен брусникой и различными видами лишайников.

Участок № 2. Исходный биоценоз – сухое лиственнично-сосновое редколесье бруснично-лишайникового типа. В момент обследования лиственница представлена сухостойными деревьями и почти полностью выпала из древостоя. Жизнеспособные деревья высотой 14-16 метров единичны. Подрост представлен преимущественно сосной и кедром. На участке сформировался сосновый молодняк высотой 3-6 метров неравномерной густоты. Напочвенный покров сильно угнетен, представлен брусникой, водяникой и различными видами лишайников.

Участок № 3. До пожара биоценоз был представлен сосновым редколесьем кустарничково-лишайникового типа. Древостой погиб не полностью, однако, большая часть сохранившихся деревьев сильно угнетена. Большое количество сухостойных, выпавших деревьев. Подрост представлен сосной с единично встречающейся берёзой. Напочвенный покров угнетен, местами представлен достаточно хорошо сохранившимися лишайниками, единично встречаются кустарнички – голубика, водяника, брусника.

На каждом тест-полигоне были отобраны керны 4-5 деревьев разного возраста. Керновые образцы были отобраны у главных пород с помощью бурава Пресслера на высоте 0,3 метра по двум противоположным радиусам. В отдельных случаях, у деревьев небольшого диаметра, отбирался диаметр, а у деревьев с пожарной подсушиной – дополнительный радиус к подсушине. Всего было отобрано 32 керновых образца. После зачистки и контрастирования мелом поперечной поверхности кернов под микроскопом была измерена ширина колец. После получения древесно-кольцевых хронологий была проведена перекрестная датировка.

На кернах деревьев с пожарными подсушинами были обнаружены ожоги и просмоления. На участке № 1 просмоление древесины в зоне ожога наблюдается на керновых образцах кедра в 2007 году. На участке № 2 по

древесине кернов сосны подсушина датируется 1992 годом. На участке № 3 огневая подсушина 1993 года. По датам пожарных подсушин можно установить даты лесных пожаров, проходивших в прошлом.

Метод датировки пожаров по пожарным подсушинам наиболее распространен, однако, он имеет недостатки. Видимые следы пожара со временем могут зарастать, либо отсутствовать совсем. Смоляные ходы и аномалии на годичных слоях образуются местно, или в результате различных других причин, таких, как годы пика солнечной активности. Поэтому по смоляным ходам можно судить о дате пожара только приблизительно.

Расчет соотношений ширины смежных колец (центрированный коэффициент чувствительности) применяли для преобразования и обобщения хронологий разновозрастных деревьев.

$$k_t = (w_t - w_{t-1}) / (w_t + w_{t-1}), \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент чувствительности,  $w$  – ширина кольца в год  $t$ .

Универсальный дендрохронологический индикатор лесных пожаров основан на математическом анализе рядов ширины годичных колец. Так как пожар в любом случае оказывает то, или иное влияние на ширину годичного кольца. Часто, при сильном пожаре ширина годичного слоя у поврежденного дерева сначала уменьшается, а затем увеличивается, превосходя допожарный уровень. Резкое увеличение ширины колец происходит в результате использования выжившими деревьям дополнительных питательных ресурсов роста, образовавшихся при гибели напочвенного покрова и части древостоя, или при образовании колец кренивой реактивной древесины, которая компенсирует возникшие ветровые нагрузки на ствол. Уменьшение радиального прироста и дальнейшее его восстановление происходят неравномерно, как по периметру отдельного дерева, так и у разных деревьев, составляющих древостой. Всё это приводит к резкому увеличению вариации дендрохронологических параметров, поврежденных древостоев на временном срезе [Арефьев, 1997]. Всё это учтено в математическом

алгоритме расчета дендрохронологического индикатора пожаров  $F$ . В основу его положена вариация коэффициента чувствительности  $Vk$  в год  $t$ :

$$Vk_t = Sk_t / (K_t + 1), (2)$$

где  $Sk$  – стандартное отклонение коэффициента чувствительности. Параметр  $Vk$  характеризует неспецифическую реакцию деревьев на нарушение устойчивости древостоя, возникающую в силу разных причин (пожары, вредители, болезни, погодно-климатические и гидрологические аномалии, рубки и проч.). Однако наиболее сильное и системное влияние на дендрохронологические параметры обычно оказывают именно пожары. Для дифференциации фактора воздействия пожаров вводится фильтр в виде суммы коэффициентов чувствительности двух смежных лет:

$$F_t = 10 (Vk_t (K_t + K_{t+1}))^2, (3)$$

При воздействии погодно-климатических условий аномально холодных лет (очень характерных для Севера) резкое падение прироста в год  $t$  обычно сопровождается его восстановлением на следующий год  $t+1$ . В результате сумма  $K_t + K_{t+1}$  минимизируется и  $F$  остается низким при любом  $Vk$  (за исключением редких случаев следования двух и более аномальных лет подряд). При существенных по силе пожарах в год  $t$  восстановления прироста в год  $t + 1$  не происходит, сумма  $K_t + K_{t+1}$  при этом велика, в итоге при высоком значении  $Vk_t$  индикатор пожаров  $F_t$  также высок, и при его значениях, на порядок превышающих фоновые, можно с большой вероятностью судить о пожаре в год  $t$ . Расчеты проведены в пакете EXCEL.

Даты пожаров, прошедших после 1990 года, были сверены с космоснимками. Для проверки полученных дат пожаров были использованы космические снимки Landsat-8, скачанные с портала геологической службы США EarthExplorer [<https://earthexplorer.usgs.gov/>].

На участке №1 пожары выявляются слабо, участок подвергался множественным мозаичным низовым пожарам. По хронологиям прироста, показателям состояния и индикатору пожара лиственницы (Рисунок 5) видно,

участок был подвергнут пожару в сухом и жарком 2016 году и, вероятно, в последующие годы. По хронологиям прироста, показателям состояния и индикатору пожара кедра и лиственницы (Рисунок 5, Рисунок 6) - низовые пожары проходили в 1881, 1914, 1951 и 2007 гг.

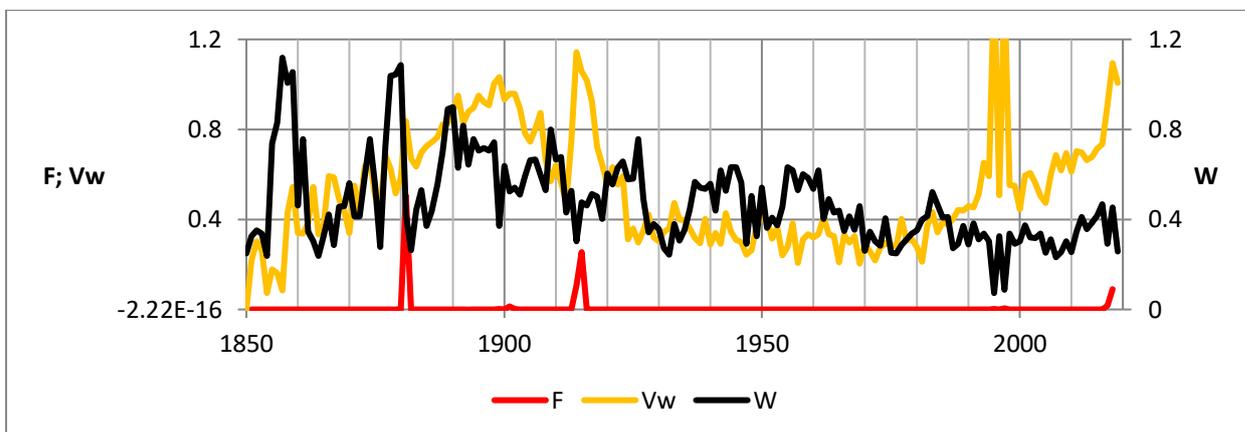


Рисунок 5. Хронологии прироста и показателей состояния лиственницы на участке № 1

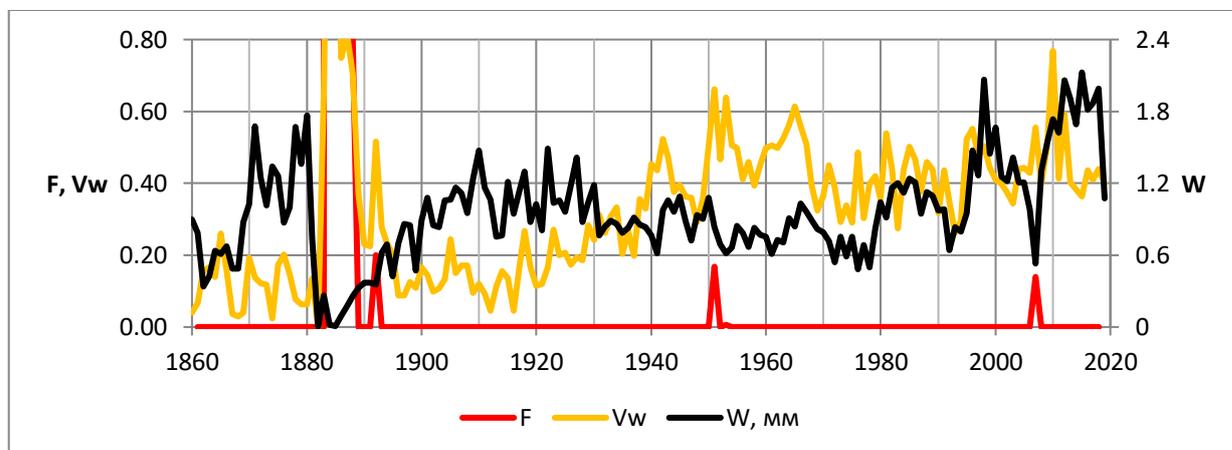


Рисунок 6. Хронологии прироста и показателей состояния кедра на участке № 1

А. 19.08.2007г.:



Б. 05.09.2016г.:



Рисунок 7. Данные космической съемки участка № 1 в 2007 и 2016 гг.

На участке № 2, по хронологиям прироста и показателям состояния сосны (Рисунок 8), пожары датируются 1914, 1931, 1992 гг.

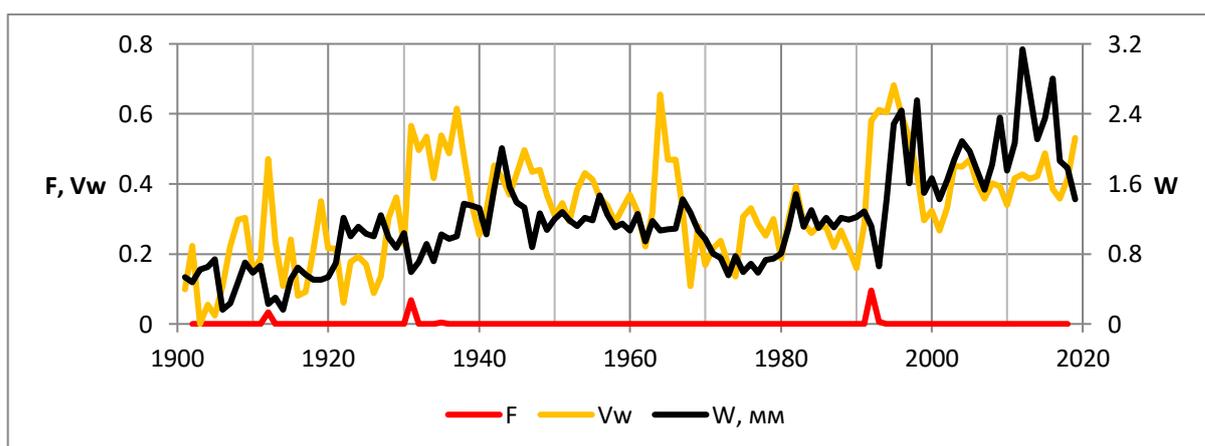


Рисунок 8. Хронологии прироста и показателей состояния сосны на участке № 2

А. 31.07.1991г.:



Б. 17.07.1992г.:



Рисунок 9. Данные космической съемки участка № 2 в 1991 и 1992 гг.

На участке № 3, по хронологиям прироста и показателям состояния сосны (Рисунок 10), пожар датируется в 1993 г.

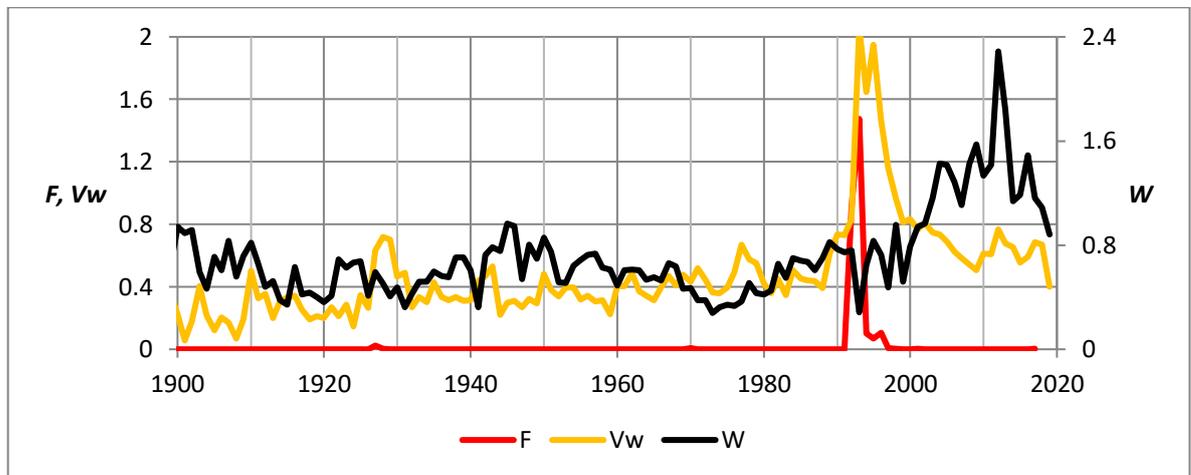


Рисунок 10. Хронологии прироста и показателей состояния сосны на участке № 3

А. 17.07.1992



Б. 20.07.1993г.:



В. 21.06.1994г.:



Рисунок 11. Данные космической съемки участка № 3 в 1992-1994 гг.

Анализ полученных данных позволяет нам сделать следующие выводы.

По данным космосъемки (Landsat-8) (Рисунок 7, Рисунок 9, Рисунок 11), лесные пожары на исследованных участках 1, 2, 3 датируются, соответственно, 2007, 2016, 1992 и 1993 годами.

Даты лесных пожаров на тест-полигонах в период с 1992 года, установленные дендрохронологическим методом, подтверждаются материалами космосъемки, что показывает эффективность использования метода при датировке пожаров.

В кедрово-лиственничном редколесье бруснично-лишайникового типа (участок 1) в период с 1850 г. пожары датированы в 1881, 1914, 1951, 2007, 2016 гг.

В лиственнично-сосновом редколесье бруснично-лишайникового типа (участок 2) в период с 1900 г. пожары датированы в 1914, 1931, 1992 гг.

В сосновом редколесье кустарничково-лишайникового типа (участок 3) в период с 1900 г. пожар датирован в 1993г.

Всего на трех тест-полигонах в период с 1850 г. датировано 9 пожаров, из них 5 – до нефтегазопромыслового освоения региона, 4 – после 1992 г.

Наибольшее число пожаров в период с 1850 г. отмечено в более сухих бруснично-лишайниковых редколесьях, наименьшее – в кустарничково-лишайниковом редколесье с застойным увлажнением.

Общая частота пожаров в период 1850-2019 гг. в расчете на 1 участок за столетие составила 1,8, в частности в период до начала освоения 1850-1971 гг. – 1,3, от начала освоения 1972-2019 гг. – 2,8; в период 1990-2019 гг. – 4,6; то есть в период освоения частота пожаров увеличилась в 2-4 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ по выбранной теме показал актуальность, востребованность и перспективность исследования в данном направлении.

Древесные породы – одни из самых долгоживущих организмов на Земле, и их стволы могут фиксировать события столетней, а иногда и тысячелетней давности, которые можно идентифицировать с точностью до года и даже сезона.

Лесные экосистемы являются саморегулирующимися, они обладают значительной устойчивостью и способны поддерживать динамическое равновесие в очень широком диапазоне условий. Однако в настоящее время хозяйственное воздействие человека на окружающую среду вносит опасные изменения в экологические системы в целом. Для экологической оценки состояния лесных экосистем, в том числе испытывающих воздействие антропогенных факторов различной интенсивности, эффективно использование методов дендрохронологии.

В настоящее время дендрохронологические методы широко используются для реконструкции факторов внешней среды и изучения динамики лесных экосистем на временных отрезках векового масштаба. Для решения локальных, региональных, глобальных проблем, связанных с антропогенным воздействием на экосистемы, особую значимость имеет древесно-кольцевая информация. Уникальность дендрохронологического метода состоит в том, что он позволяет оценить вклад различных факторов, как антропогенных, так и естественных, которые влияют на изменение и трансформацию условий окружающей среды и лесных экосистем.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

## Нормативно – правовые акты

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ.
2. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства № 287 от 5 июля 2011 об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов.

## Литературные источники

3. Briffa K.R., Melvin T.M, Osborn T.J., et al. Reassessing the evidence for tree-growth and inferred temperature change during the Common Era in Yamalia, northwest Siberia., 2013. *Quaternary Science Reviews* 72: 83–107.
4. Davis K.P., Brown A.A. *Forest fire: Control and use*. N.Y., Toronto, London, 1973. – 686 p.
5. Douglass A.E. *Climatic cycles and tree growth: A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity*. Wash.: Carnegie Inst., 1919. Vol. 1.127 p.
6. *Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences*. Eds. E. Cook and L. Kairiukstis. Dordrecht, Boston, Kluwer Academy Publishers, 1990. 394 p.
7. Schweingruber F.H. *Tree – Ring: Basics and Applications of Dendrochronology*. – Dordrecht: Reidel. Publ., 1988. – 276 p.
8. Schweingruber F.H. *Tree – Rings and Environment. Dendroecology / - Berne; Stuttgart; Vienna: Paul Haupt: Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 1996. – 609 p.*
9. Агафонов Л.И. *Древесно-кольцевая индикация гидролого-климатических условий в Западной Сибири: Дисс. ... докт. биол. наук / УрО РАН. Екатеринбург, 2011. 231 с.*

10. Арефьев С.П. К дендрохронологической реконструкции и оценке состояния Тарманского лесоболотного комплекса / Вест. экологии, лесоведения и ландшафтоведения, № 4, 2003г. – С.56-63.
11. Арефьев С.П. Оценка устойчивости кедровых лесов Западно-Сибирской равнины / Экология. № 3, 1997г. – С. 149-157.
12. Арефьев С.П. Дендрохронологическая оценка фонового состояния природной среды на территории месторождений Уренгойской группы / Вест. экологии, лесоведения и ландшафтоведения, № 11, 2010г. – С. 66 - 79
13. Арефьев С.П. Дендрохронологический анализ факторных полей состояния кедра (*pinus sibirica* Du Tour) в Западной Сибири / Вест. экологии, лесоведения и ландшафтоведения, № 10, 2010 г.
14. Архипов С.А. О некоторых особенностях развития морфоструктуры Западно-Сибирской низменности // Кайнозой Западной Сибири: Сб. ст. / Отв. ред. В.А. Николаев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1968. 133 с.
15. Архипов С.А. Четвертичный период в Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1971. 330 с.
16. Архипов С.А., Вдовин В.В., Мизеров Б.В., Николаев В.А., Западно-Сибирская равнина. – М.: Наука, 1970. 280 с.
17. Атлас Тюменской области / Отв. ред. И.П. Заруцкая. – М. – Тюмень, 1971.
18. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа под ред. Ларина С.И. // Омск, ФГУП «Омская картографическая фабрика», 2004. 304 с.
19. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. – 294 с.
20. Биологические ресурсы Сибири: состояние и тенденции развития, проблемы охраны и рационального использования / Андреев В.Н., Беляев Д.К., Вагина Т.А. и др.: отв. ред. Ковалев Р.В.; АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т цитологии и генетики, Ин-т почвоведения и агрохимии. - Новосибирск, 1988. - 334 с.

21. Ботыгин И. А. Математические модели в задачах обработки дендрозкологических данных / И. А. Ботыгин, В. Н. Попов, В. А. Тартаковский // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. — 2011. — Т. 319, № 5
22. Ваганов Е.А. Механизмы и имитационная модель формирования структуры годовых колец у хвойных // Лесоведение. – 1996. – № 1. С. 3-15
23. Ваганов Е.А., Круглов В.Б., Васильев В.Г. Дендрохронология. Учебное пособие / Красноярск: Изд-во Сибирского федерального ун-та, 2008. 200 с.
24. Васильев С. В., Титов Ю. В. Пойменные леса таежной зоны Западной Сибири // Биологические ресурсы и природопользование: Сб. науч. тр. Вып. 2. Нижневартовск, 1998. С. 3–21.
25. Васильевская В.Д., Иванов В.В., Богатырев Л.Г. Почвы севера Западной Сибири. – М.: Изд-во МГУ, 1986. 228 с.
26. Воробьев Ю.Л. Лесные пожары на территории России / Ю.Л. Воробьев, А.А. Акимов, Ю.И. Соколов / М: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. 312 с.
27. Диагностика и классификация почв Западной Сибири / Мищенко Л.Н., Неупокоев А.А., Прудникова В.М. и др. – Омск, 1981. 64 с.
28. Добровольский Г.В., Шеремет Б.В., Афанасьева Т.В., Палечек Л.А. Почвы. Энциклопедия природы России. – М.: АБФ, 1998. 368 с.
29. Доклад об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе. Салехард, 2014
30. Западная Сибирь / Отв. ред. Г.Д. Рихтер. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. 488 с.
31. Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. 250 с.
32. Караваяева Н.А. Почвы тайги Западной Сибири. – М.: Наука, 1973. 168 с.

33. Классификация и диагностика почв Западной Сибири (Инструктивные материалы для картографирования почв). – Новосибирск: Запсибгепрозем, 1979. 48 с.
34. Классификация и диагностика почв СССР / Составители: Егоров В.В., Фридланд В.М., Розов Н.Н. – М.: Колос, 1977. 224 с.
35. Коронатова Н.Г. Развитие почвенно-растительного покрова на песчаных карьерах в северной тайге Западной Сибири. Новосибирск, 2004. 167 с.
36. Курбатский Н.П. Задачи исследования природы пожаров в лесах на вечной мерзлоте / Н.П. Курбатский, П.А. Цветков / Лесные пожары и борьба с ними: сб. ст. – М.: - 1987. С. 92-104
37. Лазуков Г.И. Антропоген северной половины Западной Сибири (палеогеография). – М.: Изд-во МГУ, 1972. 128 с.
38. Лёзин В.А. Водные ресурсы рек и озер Тюменской области. – Вестник ТюмГУ, выпуск №12, 2011
39. Лёзин В.А. Реки Ямало-Ненецкого автономного округа. Справочное пособие. Из-во «Вектор Бук». Тюмень, 2000. 142 с.
40. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Л.: Наука, 1979. 232 с.
41. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. — М.; Л.: Гослестехиздат, 1948. 44 с.
42. Полюшкин Ю. В., Ларионов Н. В., Мартынов В. Д. Периодичность засух и колебаний прироста деревьев на юге Тюменской области / Долгосрочные прогнозы природных явлений. Новосибирск: Наука, 1977. С. 83–92.
43. Почвенно-географическое районирование СССР / Отв. ред. Летунов П.А. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. 424 с.

44. Санников С.Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяции сосны в Зауралье / Горение и пожары в лесу. Красноярск, 1973. С. 236-277.
45. Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М., 1992. 264 с.
46. Седых В.Н. Леса Западной Сибири и нефтегазовый комплекс. – М.: Экология, 1996.
47. Фуряев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1996. 253 с.
48. Фуряев, В.В. Дистанционные методы оценки состояния и формирования таежных лесов после пожаров / В.В. Фуряев / Методы дистанционных исследований для решения природоведческих задач: сб. ст. Новосибирск. Наука. Сибирское отделение, 1986. С. 147-159.
49. Хозяинова Н.В. Флора и растительность Северной тайги Пуровского района Тюменской области (Север Западной Сибири). //Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения, 2008
50. Цветков П.А., Буряк Л.В. Исследования природы пожаров в лесах Сибири / Сибирский лесной журн., 2014. №3. С.25-42.
51. Шиятов С.Г. Дендрохронология, ее принципы и методы / Зап. Свердл. отделения Всесоюз. ботан. общества. 1973. Вып. 6. С. 5.
52. Шиятов С.Г. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. / С.Г. Шиятов, Е.А Ваганов / Учебно-методическое пособие. – Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
53. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986.136 с.

## Интернет - источники

54. Электронный ресурс World Weather. URL: <https://world-weather.ru/archive/russia/nadym/> (дата обращения: 05.03.2020)
55. Портал геологической службы США EarthExplorerURL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>(дата обращения: 05.05.2020)