

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 ПРОЦЕССОВ
ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ НАДЫМСКОГО РАЙОНА
ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА»

05.04.06 Экология и природопользование
Профиль «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнил работу
Студент 2 курса
очной формы обучения

Парафилова
Татьяна
Павловна

Научный руководитель
Доцент, д.б.н.

Арефьев
Станислав
Павлович

Рецензент
степень, звание, должность,
организация

Казанцева
Мария Николаевна,
к.б.н., ТюмНЦ СО РАН

Тюмень
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА	6
1.1 ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	6
1.2. ПРОЦЕССЫ БОЛОТООБРАЗОВАНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	9
ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЫМСКОГО РАЙОНА.....	15
2.1 ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	15
2.2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	16
2.3 ГИДРОГРАФИЯ.....	17
2.4. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ	18
2.5 РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ.....	19
2.6 ЛАНДШАФТЫ.....	22
2.7. ЗЕМЕЛЬНЫЙ ФОНД НАДЫМСКОГО РАЙОНА	23
2.8 СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ НАДЫМСКОГО РАЙОНА	24
ГЛАВА 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	25
3.1 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ	25
3.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОДОВЫХ КОЛЕЦ.....	27
3.3. МЕТОДЫ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ.....	30
3.4 ИСПОЛЬЗОВАННАЯ МЕТОДИКА	31
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	37
4.1 ГЕОБОТАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	37
4.2. ДАТИРОВКА ПРОЦЕССА ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА УЧАСТКЕ 1	42
4.3 ДАТИРОВКА ПРОЦЕССА ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА УЧАСТКЕ 2	47
4.4 ДАТИРОВКА ПРОЦЕССА ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА УЧАСТКЕ 3	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	54
ПРИЛОЖЕНИЕ. ГЕОБОТАНИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ НА ТРАНСЕКТАХ.	59

ВВЕДЕНИЕ

Усиление процессов заболачивания ряда территорий и контроль за ним является актуальной проблемой, отмеченной в ряде важнейших международных документов, в частности в решениях Конференции ООН по окружающей среде и развитию 1992г. [Report..., 2002].

Болота широко распространены на Земном шаре и встречаются на всех континентах, выполняя исключительно важные экологические функции [Боч, Мазинг, 1979]. По разным оценкам болота занимают до 4 млн. км² или до 3% от всей поверхности суши нашей планеты [Лапшина, 2004]. В России болота занимают площадь 369,1 млн. км², или 21% территории [Инишева, 2009]. Заболоченность территории Западно-Сибирской равнины составляет в среднем 30%, в частности в зоне арктической тундры – 15-25 %, субарктической тундры – 29 %, тайги – от 40% на севере до 50 % на юге, в подтаёжной зоне – до 20% [Растительность..., 1985].

Исследованием болотных систем занимались известные отечественные ученые М.С. Боч, В.В. Мазинг [1979], Н.Я. Кац [1971], А.А. Ниценко [1967], Н.И. Пьявченко [1963], И.С. Ильина [1985], Е.И. Лапшина [1995, 2004, 2010], Н.А. Березина, О.Л. Лисс [1976, 1981], Е.А. Галкина [1959, 1969], Т.К. Юрковская [1992], Л.И. Инишева [2009], В.П. Денисенков [2000] и другие.

Одним из наиболее информативных методов изучения процессов заболачивания является дендрохронологическая реконструкция [Ловелиус, 1979; Methods..., 1990]. Термин «дендрохронология» образован из трех греческих слов, в переводе: дерево, время и учение. Это научная дисциплина о методах датировки и реконструкции исторических событий и природных явлений, основанная на анализе последовательностей годовичных колец древесины.

Древесные кольца – это зоны радиального прироста древесины в результате сезонной периодичности активности камбия. Срез ствола с годовичными кольцами подобен пластинке, на которую «записывается»

многoletняя информация о состоянии окружающей растении среды, об условиях роста. На ширинуколец оказывают влияниетакие факторы как температура воздуха и почвы, количество осадков, режим грунтовых вод, пожары, а также многие другие биотические, абиотические и антропогенные воздействия [Methods..., 1990].

Надымский район Ямало-Ненецкого автономного округа является одним из первых на севере Западной Сибири районов нефтегазопромыслового освоения, затронувшего все компоненты его природного комплекса. Дендрохронологические методы на его территории использовались в ходе выполнения международной программы по реконструкции климата Субарктики [Ваганов и др., 1996], в оценке состояния кедровых лесов [Арефьев, 1997], в оценке биоклиматической динамики города Надыма [Арефьев, 2000], при датировкеархеологическогопамятника «Надымский городок»[Горячев и др., 2002; Кардаш, 2009, Омурова и др., 2013, Гаркуша, 2018], при датировке лесных пожаров в XIX-XXI вв. [Арефьев, Казанцева, 2020; Московченко и др., 2020].

Объект настоящего исследования – лесные земли, подверженные заболачиванию в естественных и антропогенных условиях Надымского района ЯНАО.

Предмет исследования – дендрохронологическая индикация процессов заболачивания лесных земель.

Цель: установить ключевые даты процессов заболачивания лесных земель на территории Надымского Арктического стационара ТюмГУ в естественных и антропогенных условияхметодом дендрохронологической индикации.

Задачи:

Проанализировать сведения о болотах и процессах заболачивания Западной Сибири;

Рассмотреть методологические принципы дендрохронологии и методы дендрохронологической индикации процессов заболачивания.

Выбрать тестовые участки лесных земель, подверженных заболачиванию, в естественных и антропогенных условиях на территории Надымского Арктического стационара ТюмГУ.

Подготовить методику закладки и заложить трансекты «суходол – болото» на тестовых участках.

Отобрать на тестовых участках керновые образцы древесины для дендрохронологического анализа.

Построить и проанализировать видовые древесно-кольцевые хронологии с тестовых участков.

Автор выражает благодарность Соромотину Андрею Владимировичу за научное консультирование и помощь в организации полевых исследований.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА

Термин «болото» долгое время был неоднозначным, разными учеными высказывались различные мнения по данному вопросу. Так, известный болотовед А.А. Ниценко [Ниценко, 1967] использовал следующее определение: «Болото – тип земной поверхности, постоянно или длительное время увлажненной, покрытой специфической растительностью и характеризующейся соответственным почвообразовательным процессом. Болото может быть с торфом или без торфа». М.С. Боч и В.В. Мазинг в работе «Экосистемы болот СССР», анализируя различное понимание феномена болот разными отечественными и зарубежными учеными и приходят к выводу, что основными характеристиками болот можно указать специфическую растительность и болотный тип почвообразования. В связи с этим, они предлагают следующее определение болот: «Болото – сложная, развивающаяся, на высших стадиях саморегулирующаяся экосистема, в которой степень продукции органического вещества растениями во много раз превышает степень из разложения» [Боч, Мазинг, 1979].

1.1 ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Интерес к болотам во все времена был связан, прежде всего, с их практическим значением в жизни человека. На территории современной России первое упоминание о болотах датируется 1092 годом в связи с происходящими на них пожарами. Моментом, считающимся началом истории исследования болот, считают 1696 г., когда Петром I был издан первый сенаторский указ, разрешающий голландскому мастеру Тимофею Фон-Армусу осушать болота и добывать торф недалеко от Воронежа. [Ниценко, 1967].

Более чем полвека спустя, М.В. Ломоносов в 1763 в труде «О слоях земных» изложил представление о происхождении торфа. Им же была

высказана мысль о ценности торфа, как топлива, которое может заменить дрова в целях сбережения лесов [Инишева, 2009].

В познание природы болот Западной Сибири первый вклад внесли работы участников почвенно-ботанической экспедиции под начальством Б.Н. Городкова в 1910-1917 годах. В 1910 г. изучается растительность бассейна реки Конда, в 1911 г. – р. Салым, в 1912 г. – р. Ишим, в 1913 г. – р. Вах, в 1914 г. – р. Полуй, в 1915 г. – р. Северная Сосьва, в 1916 г. – ряд южных районов Тобольской губернии, в 1917 г. – низовья Оби и южное побережье Обской губы [Инишева, 2009].

Начало целенаправленному изучению болотной растительности в Сибири было положено в 20-30-е годы работами экспедиции Государственного Лугового института под руководством А.Я. Бронзова, результаты которой были опубликованы. Участники Экспедиция (1923-1930) собрали материалы о растительном покрове болот Обь-Иртышского междуречья, строении их торфяной залежи, геологии, почвах, гидрографии [Иванов, 1976].

С 50-х годов начались торфоразведочные работы, охватившие всю южную часть лесной зоны Западной Сибири. Ю.В. Ерковой в 1957 году, была составлена первая обобщенная сводка о строении торфяных отложений, свойствах и видах болот центральной части Западной Сибири.

Широкие по направленности исследования болот с 50-х 60-х гг. проводили Сотрудники Красноярского Института леса и древесины СО АН СССР. Изучался возраст болот, региональные особенности их формирования, проблемы мелиорации и взаимоотношения с лесами [Пьявченко, 1985]. Основные полигоны исследований находились в среднетаежной и южнотаежной подзонах Западно-Сибирской равнины.

В 60-х годах изучение болот Западной Сибири начали геоботаники-болотоведы биологического факультета МГУ под руководством О. Л. Лисс, собравшие обширный фактический материал о факторах болотообразования, возрасте, происхождении, строении и свойствах торфяных отложений, об

эколого-фитоценологических особенностях растительного покрова, флоре болот, сукцессиях болотных биогеоценозов и, в последствии, опубликовавшие монографии [Лисс, Березина, 1981; Болотные..., 2001].

Велись работы по обобщению типологического разнообразия болотной растительности Сибири. Болота были разделены по типу водно-минерального питания на олиготрофные, мезотрофные и эвтрофные [Боч, Мазинг, 1979]. В дальнейшем провели геоботаническую классификацию болотной растительности согласно общепринятым ныне критериям [Лапшина, 2004].

В 1981 О.Л.Лисс и И.А.Березина провели районирование болот центральной части Западно-Сибирской равнины и выделили три зоны с севера на юг: выпуклых олиготрофных сфагновых болот, плоских эвтрофных осоково-гипновых болот, вогнутых эвтрофных болот.

В Томской области исследования по изучению растительного покрова, флоры, стратиграфии залежи, условий заболачивания проводились Ю.А. Львовым [1977]. Особое внимание он уделял вопросам современного заболачивания, закономерностям развития болотных экосистем, пространственной структуры болотных биогеоценозов и ландшафтов [Инишева, 2009]. Болота области были предметом исследований Е.Д. Лапшиной. Она провела флористические исследования болот и составила обобщенные сводки по болотной флоре [Лапшина, 2004].

Изучением болот Надымского района непосредственно занимались О.Л.Лисс, И.А.Березина. Большой вклад внесла Е.А.Романова [1985], посвятившая посветившая себя изучению болот севера Западной Сибири. Результатом этих исследований стало издание карты «Растительный покров Западно-Сибирской равнины» [1976] и сопровождающей ее монографии [1985].

В связи с принятием в СССР обширной программы мелиорации болот, при изучении процессов осушения болот и заболоченных лесов (обратных процессам заболачивания) активно применялся дендрохронологический

метод. Он использован в работах И.С.Мелехова и Т.А. Мелеховой [1958], Н.И. Пьявченко [1973], Ф.З.Глебова, А.И. Погодиной[1972, 1978], Н.А. Дружинина[2010], Е.В. Матюшевой [2017]. О.Н Тюкавина в своей работе «Изменение структуры годичных колец сосны под влиянием осушения» [2014] указывает, что после того, как на участке были проведены лесосушительные работы, радиальный прирост древесины становится на порядок выше уже на следующий год, при этом молодые деревья быстрее реагируют на изменение гидрологических условий, и радиальный прирост увеличивается уже в этот же год.

1.2. ПРОЦЕССЫ БОЛОТООБРАЗОВАНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Начало непрерывного накопления болотных и озерно-болотных отложений в Западной Сибири связано с бореальным периодом (9 500 – 8 000 лет назад). В течение бореального времени заболачивались мелководные предледниковые водоемы, в результате этого, формировались отдельные эвтрофные древесно-травяно-моховые и травяно-моховые болота в ложбинах естественного стока, термокарстовых и суффозионных котловинах и в других понижениях рельефа [Инишева, 2009].

По классификации М.С. Боч и М.М. Мазинга [1979] Надымский район относится к зоне бугристых болот, Западносибирской провинции. Болота занимают до 50% его территории.

Известны два основных типа болотообразования:

1) Заторфовывание водоемов. В данном случае торфяная залежь болота подстилается озерными отложениями большей или меньшей мощности. Такой способ образования болот характерен для замкнутых водоемов, где вода не движется или слабо разбавляется проточной водой – озер, речных заводей, стариц, морских мелководий и лагун [Ниценко, 1967]. Подобные процессы заторфовывания отдельных водоемов имели широкое распространение в начальные периоды голоцена (0,0117 млн. лет назад), когда после отступления ледника остались многочисленные мелкие и

глубокие озера. Постепенно такие озёра заполнялись минеральными отложениями ветрового и водного происхождения [Денисенков, 2000].

2) Заболачивание минеральных почв. В большинстве случаев это лесные почвы. В этом случае торфяная залежь образуется на подстилающем её минеральном грунте. Основная причина заболачивания суходолов состоит том, что верхние горизонты почв перенасыщаются влагой, в связи с этим, болотообразование отмечается в депрессиях рельефа (подножья склонов, притеррасные понижения в поймах рек, неглубокие плоские понижения водоразделов, окраины существующих болот). В другом случае, заболачивание суходольных территорий может вызываться переувлажнением почвы паводковыми (аллювиальными), грунтовыми и атмосферными водами [Инишева, 2009].

Чаще всего встречается грунтовый тип заболачивания. Он характерен для всех природных зонах и связан с переувлажнением почвы грунтовыми водами. В зависимости от минерального состава грунтовых вод различают напорное (жестководное, солигенное) и безнапорное (мягководное) заболачивание. Напорное заболачивание чаще характерно для притеррасных частей пойм, приозерных понижений, подножий склонов, глубоких сточных котловин водоразделов, оврагов. В то время как безнапорное (мягководное) грунтовое заболачивание связывают со слабо минерализованными водами верховодки. Мягкое заболачивание развито в сточных котловинах водоразделов, в долинах рек и на приозерных понижениях, и в отличие от жестко-водного заболачивания характеризуется низкой зольностью торфяного субстрата (3-5%), повышенной кислотностью (рН 3,5-4,5) и небольшой степенью разложения торфа (15-25%).

Заболачивание по атмосферному типу преобладает преимущественно на севере и северо-западе нашей страны. Это обусловлено перенасыщением верхних горизонтов почв водой атмосферных осадков. В результате данное заболачивание начинается в понижениях рельефа, где постоянно накапливается и застаивается дождевая и снеговая талая вода. Нередко

данному процессу сопутствует неглубоко расположенный водоупорный горизонт из глин и суглинков, а также обеднение почв питательными веществами [Пьявченко, 1963].

Различают несколько видов заболачивания по временному промежутку: необратимое, прогрессирующее атмосферное заболачивание и временное, периодическое. Необратимое заболачивание было широко распространено на территории лесной зоны России и далее к северу в начале голоцена (около 0,0117 млн. лет назад). В это время ему благоприятствовали влажный климат и многочисленные понижения в рельефе, где застаивалась вода. В результате данного процесса сформировались распространенные сейчас выпуклые сфагновые болота, заполнившие все депрессии рельефа, которые могли служить очагами необратимого заболачивания. В настоящее время эти торфяники продолжают нарастать вверх, одновременно «растекаясь» по поверхности, увеличиваясь по площади, и при определенных условиях они заболачивают «наползая» на прилегающие участки леса. Такой тип заболачивания, связанный с ростом торфяников, называют аллохтонным. Противоположный ему тип заболачивания называется автохтонным и не связан с ростом торфяников.

Временное периодическое заболачивание в лесной зоне распространено чрезвычайно широко. Выделяют две его разновидности: одна обусловлена периодическими изменениями климата, а другая связана с вырубками и лесными пожарами. Первая разновидность проявляется во влажные годы, когда депрессии рельефа в местах с выраженным водоупором из глин и суглинков переувлажняются водой и зарастают болотными растениями: видами осок, сфагновыми, политриховыми и гипновыми мхами. Если влажный период достаточно продолжителен, то может образоваться торфяной горизонт почвы (10-15 см). С наступлением сухого периода переувлажненные участки пересыхают и болотная растительность сменяется лесной.

Временное заболачивание под влиянием вырубок и лесных пожаров хорошо изучено. Временное заболачивание вырубок и гарей происходит потому, что деревья – откачивающий воду насос – уничтожаются. Лет через 20 – 30 молодой лес (столько длится временное заболачивание), возобновившийся на этих местах, снова начинает испарять влагу и, следствии этого, болото исчезнет. Заболачивание леса может быть результатом естественного или искусственного перегораживания ручьёв и рек, воды которых в этом случае начинает подтоплять окружающие территории [Денисенков, 2000].

Важным фактором заболачивания земель на севере Западной Сибири является многолетняя мерзлота, Она распределяется по территории неравномерно, для грунтов характерна неодинаковая просадка, способствующая образованию воронок и провалов. Значительное превышение среднегодовой суммы осадков над величиной испаряемости на некоторых типах почв вызывает заболачивание образующихся понижений рельефа, а термокарстовые процессы обуславливают образование мелководных озер [Лапшина, 2004].

Добыча углеводородного сырья часто ведется на заболоченных или потенциально склонных к заболачиванию территориях. Особенно это касается территории топливно-энергетического комплекса севера Западной Сибири. Работы по добыче полезных ископаемых и разнообразие сооружений и техники оказывает значительное влияние на все компоненты окружающей среды. Эксплуатация месторождений углеводородного сырья предполагает наличие разнообразных технологических сооружений. Постройка дорог, кустов скважин и т.д. изменяет естественный сток и способствуют дополнительному обводнению территории. Это приводит к локальным антропогенным процессам заболачивания [Лапшина, 2004], которые и являются объектом нашего изучения.

Значительный интерес для исследования представляют болота и процессы заболачивания на территории Надымского района, находящегося в

зоне освоения пионерных газовых месторождений севера Западной Сибири: в частности, Медвежьего, открытого в 1967 г. и разрабатываемого с 1972 г. Их изучение дендрохронологическим методом позволит охарактеризовать ход болотообразовательных процессов на наиболее длительном временном отрезке векового масштаба, включающем как период нефтегазового освоения, так и предыдущий период.

1.3. ОПЫТ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НАДЫМСКОМ РАЙОНЕ

В начале 1990-х годов на территории Надымского и других районов Ямало-Ненецкого автономного округа работала международная экспедиция под руководством проф. Ф.Х. Швейнгрубера, ставившая себе задачей отбор дендрохронологического материала для реконструкции и прогноза климатических изменений в Урало-Сибирской Субарктике. Были получены древесно-кольцевые хронологии лиственницы и других видов деревьев, продолжительностью до 400-500 лет, ставшие основой для многовековой пространственно-временной реконструкции климата на обширной исследованной территории и Надымского района в частности; однако прогностических результатов тогда получить не удалось [Ваганов и др., 1996].

Позднее, в 1992 г., С.П. Арефьевым были получены древесно-кольцевые хронологии кедра сибирского из окрестностей г. Надыма протяженностью до 500 лет, вошедшие в систему оценки устойчивости кедровых лесов Западной Сибири [Арефьев, 1997]. Было показано, что у кедровников, произрастающих на севере региона в отличие от произрастающих в южной его части ухудшения устойчивости (жизнеспособности) в связи с потеплением климата по дендрохронологическим критериям на тот момент не произошло. Однако в период нефтепромыслового освоения кедровники стали чаще гореть.

Дендрохронологический метод использовался при изучении археологического памятника «Надымский городок»: Ю.Н. Гаркуша [2015, 2018] рассматривал дендрохронологический аспект архитектуры поселений коренного населения Севера Западной Сибири. О.В. Кардаш [2009] изучал историю и культуру «Надымского городка» периода XVI – XVIII вв. Г.Т. Омурова и В.В. Барина [2013] в своих публикациях рассматривали вопросы дендрохронологической датировки строительства (перестройки) «Надымского городка». Ими были рассмотрены методические аспекты, связанные с построением древесно-кольцевых хронологий по разным древесным породам, их перекрестной датировке и календарной привязке, полученные результаты позволили установить сроки сооружения анализируемого памятника. Дендрохронологические исследования в районе «Надымского городка» проводил также к.б.н. В. М. Горячев [2009, 2013], на территории памятника им были отобраны 1350 образцов древесины, из которых датированы около 600 экземпляров. При датировании древних построек дендрохронологическим методом были отобраны образцы современной древесины, для дальнейшей привязки к ним ископаемой. На лесной территории, прилегающей к реке Надым, были заложены 22 дендрохронологические точки и собрано около 950 образцов древесины доминирующих пород: ели, кедра и лиственницы, по которым построены обобщенные эталонные дендрохронологические шкалы протяженностью до 1100 лет [Кардаш, 2009].

Активно занимался изучением севера Западной Сибири к.г.н. Ю.Н. Бочкарев [2006, 2009]. Им была рассмотрена внутривековая динамика ландшафтов севера Западной Сибири с использованием дендрохронологической индикации. С.П. Арефьевым в 2018 г. в ряде пунктов на территории Надымского района были проведены дендрохронологические исследования по датировке и оценке частоты ландшафтных пожаров в XIX–XXI вв., был предложен универсальный статистический метод датировки пожаров [Арефьев, Казанцева, 2020; Московченко и др., 2020].

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЫМСКОГО РАЙОНА

Надымский административный район находится в центральной части Ямало-Ненецкого автономного округа. С юга и юго-запада район соседствует с Ханты-Мансийским автономным округом, на западе граничит с Приуральским районом ЯНАО, на северо-западе – с Ямальским, на северо-востоке – с Тазовским, на востоке – с Пуровским. Северная граница проходит по акваториям Обской и Тазовской губы.

Район включает в себя бассейн, впадающей в Обскую губу, реки Надым, а также заходит на Тазовский полуостров в его западной части. По физико-географическому районированию [Физико-географическое..., 1973] район исследования расположен на территории Западно-Сибирской равнины в пределах Салехардской провинции Лесотундровой равнинной широтно-зональной области.

2.1 ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Согласно Физико-географическому районированию Тюменской области [1973] Надымский район охватывает прилежащие к низовьям Оби и южной части Обской губы краевые полосы между речных морских равнин высокого уровня (100-110 м), более низкого (50-60 м) и надпойменных террас. Верхняя равнина сложена снизу преимущественно суглинками, сверху – песками. Более низкий уровень междуречий образован песками. Эрозионная расчлененность междуречных равнин слабая. В геоморфологическом районировании располагается на территории Надымской низменности.

Многолетняя мерзлота способствует развитию таких природных процессов как термокарсту солифлюкции, пучению грунта. Широко распространены бугры пучения (гидролакколиты).

2.2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Сведения о климатических условиях Надымского района были получены из Атласа Тюменской области [1971], Атласа ЯНАО [2004], материалов наблюдений метеорологических станций в общедоступных базах.

Исследуемый район характеризуется суровыми климатическими условиями: продолжительный зимний период, широкая амплитуда среднегодовых температур, обилие атмосферных осадков и низким уровнем поступления солнечной радиации.

По данным метеорологической станции «Надым» суммарная солнечная радиация составляет в среднем 320 кДж/см^2 в год. В течение года она сильно изменяется, достигая наибольших значений в июле (610 кДж/см^2), а наименьших – в декабре (40 кДж/см^2). Продолжительность солнечного сияния 1500-1600 часов/год. Барометрическое давление в среднем составляет 1011 гПа. Средняя скорость ветра 3 м/сек. Годовая амплитуда температур воздуха $36\text{-}38^\circ\text{C}$. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 0°C составляет 120-130 дней. Среднегодовое количество осадков 400-450 мм. Среднегодовое количество дней с осадками достигает 160. Разрушение устойчивого снежного покрова наблюдается в третьей декаде мая. В этом же временном промежутке происходит переход среднесуточной температуры через 0°C . Последние заморозки наблюдаются во второй декаде июня. Переход среднесуточной температуры через отметку в $+10^\circ\text{C}$ наблюдается во второй декаде августа [Атлас..., 1971].

Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 0^\circ\text{C}$ – 225 суток, средняя температура составляет $-15,3^\circ\text{C}$. Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца 80 %. Количество осадков за ноябрь–март 118 мм. Преобладающее направление ветра за декабрь–февраль – южное (Ю). Продолжительность залегания снежного покрова достигает 220 суток. Устойчивые морозы длятся 180-190 суток. Число дней с метелями за год может достигать отметки в 80 дней.

Средняя максимальная температура воздуха, наиболее теплого месяца 20,9°C. Абсолютная максимальная температура воздуха 35°C. Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца 10°C. Сумма активных температур не превышает 1000°C. Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца 70%. Количество осадков за апрель – октябрь 372 мм. Суточный максимум осадков 68 мм. Преобладающее направление ветра за июнь – август – северное (С) [Атлас ЯНАО, 2004].

2.3 ГИДРОГРАФИЯ

Согласно Физико-географическому районированию Тюменской области [1973], Атласу Тюменской области [1971], Инвестиционному паспорту муниципального образования Надымский район Ямало-Ненецкого автономного округа [2016] крупнейшими реками района являются – Надым и его притоки Танлова, Хейгияха, Левая Хетта и Правая Хетта. Все реки принадлежат бассейну Карского моря, относятся к двум водосборам – Обской и Тазовской губам. Больше всего рек в северной тайге, лесотундре и тундре, меньше – в средней тайге в районе Сибирских Увалов. Река Надым берёт начало в озере Нумто и впадает в Обскую губу. Её длина составляет 545 км, площадь бассейна 64 тыс. км². Многолетний расход воды 452 м³/сек. Химический состав воды однороден: в анионном составе преобладают гидрокарбонаты, среди катионов – ионы кальция и натрия. Содержание минеральных солей пониженное, изменяется в пределах 55,7–101,4 мг/л. Вода характеризуется как «очень мягкая» (жесткость 0,28–0,64 мг-экв/л), «слабокислая» (рН 6,3). Кислородный режим во все гидрологические фазы в основном удовлетворительный. Реки Надымского района равнинные – с малыми уклонами (0,04–0,63), медленным течением, извилистые (1,7–2) и среднеизвилистые (2–2,3). Основной источник питания рек – талые снеговые воды, доля которых увеличивается от 60% (юг района) до 80-85% (север района). На крайнем юго-востоке района велика роль дождевого и

грунтового питания (40–45%). Среднегодовой сток колеблется от 350 мм на севере до 260 мм на юге. Семь – восемь месяцев в году водоемы покрыты льдом. Установление ледового режима на реках тундры и лесотундры отмечается в первой половине октября, тайги – в третьей декаде октября. Озёра замерзают на 7–15 дней раньше. Толщина льда к концу зимы на реках достигает 100 см. Очищение рек ото льда происходит на юге района в третьей декаде мая, на севере – во второй половине июня. На озерах лед сходит позднее на 5-10 дней. Имеется несколько тысяч озер. Крупнейшие: Сор (Явонто) – площадь 19,2 км², Емынглор – 18,7 км² и Сымпатото – 10,9 км². Озёра тундры и лесотундры по происхождению озерных котловин – ледниково-аккумулятивные, термокарстовые, старичные, лесной зоны – пойменные, среди которых выделяются озера-старичицы и озера-соры, торфяноболотные озера. Повсюду распространены сплошные многолетнемерзлые породы. Талики находятся только под крупными реками и озёрами значительной площади.

2.4. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

Почвообразующие породы представлены современным полюстрием (болотными отложениями), озерно-аллювиальными отложениями с прослоями и линзами суглинков и супесей [Сорокина, 2003]. Широкое распространение песчаных пород определяет общую обедненность почвенно-геохимического фона и низкую минерализацию почвенных растворов на данной территории [Тигеев, 2009]. Почвообразующие породы представлены озерно-аллювиальными отложениями с прослоями и линзами суглинков и супесей. Современные биогенные отложения представлены торфом. В северо-таежной подзоне преобладают подзолистые и глеево-подзолистые почвы на дренированных песчаных участках, таежные поверхностно-глеевые почвы на суглинистых грунтах и сопутствующие им таежные подзолисто-болотные почвы.

Многообразие почв Надымского района определяется соотношением и интенсивностью протекания основных форм почвообразовательного процесса: торфонакоплением в условиях низких температур и, как следствие, медленной минерализацией органических остатков; оподзоливанием; глееобразованием при низкой аэрации почвенной толщи в условиях избыточного увлажнения; накоплением гумуса и развитием гумусового горизонта при близком к оптимуму сочетании тепла и увлажнения [Шамилишвили, 2016].

2.5 РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

Характеристика растительного покрова гипоарктической зоны Западно-Сибирской равнины содержится в работах М.С Боч, М.С. Мазинга [1979]; О.Л. Лисс [1981]; «Растительность Западно-Сибирской равнины [1985]; «Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение» под редакцией В.Б. Куваевой [2001], Н.В Сорокиной [2003].

Растительный покров территории Надымского района не отличается разнообразием. Зона тундры представлена подзонами северных (моховых и лишайниковых) и южных (кустарниковых) тундр. В речных долинах развиты ивняки и ольховники, по склонам долин – заросли ерника. В зоне лесотундры сочетается растительность кустарниковых тундр, болот и редколесий. Редколесья образованы преимущественно лиственницей с участием ели и берёзы. В северной части зоны они приурочены к речным долинам, южнее выходят на водоразделы, где сочетаются с моховыми, лишайниковыми и кустарничковыми тундрами. В речных долинах распространены ивняки и ольховники с участками злаковых и осоковых лугов и низин, болот. В лесной зоне водораздельные пространства заняты болотами, растительностью из карликовой берёзы, багульника, морошки, вейника, осоки, водяники, пушицы, мытника, камнеломки, голубики, брусники. На обводненных мочажинах преобладают осоки. Насаждения развиты только по долинам рек и склонам междуречий. Среди лесной растительности преобладают

лиственничные и лиственнично-еловые редкостойные леса и редколесья. Широко распространены кустарнички: водяника, багульник, голубика, ерник. На юге района значительны вкрапления кедровых и сосновых лесов.

Зональным типом растительности в Надымском районе являются березово-лиственничные и березово-сосновые кустарничково-лишайниковые редколесья, а также лиственничные кустарничково-моховые редины, развитые в приречных частях равнины. Большие площади на плоской поверхности центральной части равнины заняты морошково-багульниково-сфагново-лишайниковыми торфяниками, пушицево-осоково-сфагновыми и кустарничково-осоково-моховыми болотами. Для бугров пучения характерны кедровые багульниково-лишайниковые и багульниково-сфагновые редины.

Для западносибирских лесотундровых редколесий характерна очень низкая сомкнутость древостоя (0,1–0,2), образованного преимущественно лиственницей, наименьшая высота деревьев (6–8 м), низкая производительность (Va, V6 классы бонитета), слабое возобновление под пологом почти полное отсутствие подлеска. Травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый покров этих редколесий отличаются сильной мозаичностью. В их видовом составе наряду с преобладанием бореальных и бореально-гипоарктических видов в качестве постоянной примеси присутствуют собственно гипоарктические элементы: толокнянка альпийская (*Arctousalpine*), багульник стелющийся (*Ledumdecumbens*), дриада точечная (*Dryaspunctata*), аулакомниум вздутый (*Aulacomniumturgidum*), алектория черноватая (*Alectorianigricans*).

Северотаежные редколесья более разнообразны по составу. В качестве доминирующей породы здесь часто присутствует ель (*Piceaobovata*), а на востоке – кедр (*Pinussibirica*). Подлесок, состоящий в основном из кустов карликовой березы (*Betulariana*), а местами из ольховника (*Duschekiafruticosa*) и можжевельника (*Juniperus communis*), успешно

развивается во многих типах таежных редколесий. Травяно-кустарничковый и моховой покров более гомогенны.

Наиболее дренированным местообитаниям соответствует ассоциация листовенничного лишайниково-зеленомошного редколесья, развитого на суглинистых среднеподзолистых глееватых почвах. Древесный ярус сомкнутостью 0,1–0,2 состоит из листовенницы, имеющей высоту 6–8 м и диаметр ствола 10–15 см, с единичной примесью березы (*Betula tortuosa*) и в некоторых местах ели высотой до 7 м, диаметром 10–12 см. Расстояние между деревьями 10–13 м. Травяно-кустарничковый ярус представлен отдельными синузиями низкорослых кустарничков, в основном багульника, голубики, водяники, среди которых часто присутствует гипоарктический вид *Ledum decumbens*. Из трав обычны осоки *Carex globularis*, *C. bigelowii*, *Eriophorum vaginatum*. Развиваются группировки зеленых мхов, занимающие 50–60% площади фитоценоза, среди которых преобладают *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum alpestre*, *Ptilidium ciliare*, и в небольшом количестве встречается субарктический мох *Aulacomnium turgidum*. Синузии лишайников развиты в более осветленных местах, по обилию лишайники уступают зеленым мхам.

По окраинам болот, в местах менее дренированных, развиваются листовенничные зеленомошные редколесья с синузиями долгомошных и сфагновых мхов и с большим участием ерника в подлеске, местами образующего открытые заросли. Среди преобладающих по площади группировок зеленых мхов (*Pleurozium schreberi*, *Ptilidium ciliare*) и кустарничков (*Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*, *Ledum decumbens*) в небольших депрессиях концентрируются *Polytrichum commune* и *Sphagnum girgensohnii*. Древостой становится еще более разреженным и угнетенным. Средняя высота листовенниц 4–6 м. На местности сообщества подобных редколесий обычно образуют комплексы с чистыми зарослями ерника и с фитоценозами заболоченных долгомошно-сфагновых листовенничных редин.

Выделяется несколько зональных типов болот. На юге тундровой зоны распространены субарктические кустарничково-осоково-моховые и кустарничково-мохово-лишайниковые полигональные комплексные болота. Мощная торфяная залежь до трех метров. В свою очередь подразделяются на два вида болот в зависимости от микрорельефа и растительности.

Осоково-гипновые и осоково-сфагновые на полигонах и кустарничково-мохово-лишайниковые на валиках болота, расположены на плоских слабо дренированных участках водоразделов, в долинах рек и котловинах спущенных озер. Кустарничково-зеленомошно-лишайниковые на полигонах и валиках и осоково-сфагновые в трещинах и мочажинах болота, расположены на плоских водоразделах, террасах, речных долинах и котловинах спущенных озер. В центральной части таких болот господствуют осоки – прямостоячая (*Carex concolor*), редкоцветковая (*C. rariflora*) и кругловатая (*C. rotundata*). На валиках – кустарничково-зеленомошно-сфагновая с господством кустарничков, к примеру, морошки (*Rubus chamaemorus*), брусники (*Vaccinium vitis-idaea*), подбела (*Andromeda polifolia*) и ерника (*Betula lanana*).

Кустарничково-зеленомошно-лишайниковые на полигонах и валиках и осоково-сфагновые в трещинах и мочажинах болота расположены на плоских водоразделах, террасах, речных долинах и котловинах спущенных озер. На полигонах и валиках растительность багульниково-морошково-мохово-лишайниковая с брусникой обыкновенной, ближе к трещинам встречаются ерники. Моховой ярус сложен гипновыми и сфагновыми мхами, а так же лишайниками.

2.6 ЛАНДШАФТЫ

Ландшафтный облик наиболее увлажненных участков описываемой территории характеризуется чередованием крупнобугристых мерзлых торфяников (с кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью по буграм и осоково-пушицево-моховой по понижениям) и кочковатых мерзлых

кустарничково-лишайниково-моховых болот в сочетании с бугристыми торфяниками с грядово-мочажинными болотами. На дренированных участках произрастают разреженные низкобонитетные темнохвойные леса с участием березы и лиственницы [Физико-географическое..., 1973]

2.7. ЗЕМЕЛЬНЫЙ ФОНД НАДЫМСКОГО РАЙОНА

Площадь земель под поверхностными водными объектами, включая болота, в Ямало-Ненецком автономном округе на 1 января 2014 года составляет 26529,7 тыс. га, из них на долю болот приходится 131047,3 тыс. га (в том числе 10382 тыс. га пригодных для использования в качестве оленьих пастбищ). Наибольшее количество болот приходится на земли лесного фонда, их площадь составляет 10382 тыс. га, на землях запаса ими занято 1127,4 тыс. га. На землях сельскохозяйственного назначения болота занимают 1391,4 тыс. га, 108,9 тыс. га – на землях особо охраняемых территорий.

В площади нелесных земель преобладают болота 12314,6 тыс. га и воды 1914,6 тыс. га или 84,7 и 13,2% соответственно [Инвестиционный паспорт..., 2016].

Наибольший процент от всей территории земельного фонда Надымского района составляют земли лесного фонда (56%) и земли сельскохозяйственного назначения (29%) (Таблица 1).

Таблица 1

Распределение земель Надымского района

№	Вид земель	(тыс. га)
1.	Общая площадь земель в границах муниципального образования всего,	9979,2
2	Земли промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения	25,40
3	Земли лесного фонда	5191,5
4	Земли водного фонда	1192,60

2.8 СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ НАДЫМСКОГО РАЙОНА

По данным Н.В.Сорокиной, которая изучала состояние наземных экосистем на территории осваиваемых месторождений Надымского района в начале 2000-х годов, его восстановление на болотах происходит быстрее, чем в лесных экосистемах. На болотах было выявлено незначительное изменение видового состава и общего числа видов и снижение запасов надземной фитомассы в 1,5 раза. Отмечается увеличение проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса на 20,6% и снижение проективного покрытия мохового яруса на 19,9%. По результатам сравнительного анализа сообществ мелких млекопитающих, Н.В.Сорокина пришла к выводу, что антропогенная трансформация болотных экосистем оказывает незначительное влияние на видовое разнообразие, суммарное обилие мелких млекопитающих, обилие доминирующих видов и структуру доминирования сообществ. Антропогенное воздействие на болотные экосистемы выражается в незначительном изменении геоэкологических условий, температуры почв [Сорокина, 2003].

ГЛАВА 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ

Основателем дендрохронологии как науки считается Э. Дугласс (США), астроном по образованию, опубликовавший свои первые статьи о связи ширины годичных колец с погодно-климатическими условиями в самом начале XX столетия. Вслед за ним во многих странах появились крупнейшие ныне школы дендрохронологии в США, Германия, Швейцарии, Великобритании, Скандинавии, Чехии.

В России, после работ В.Ф. Шведова (1840-1905), работы по дендрохронологии затихли. Новым катализатором развития стали методические наработки В.Е. Рудакова. В 60-е годы появились работы многих других исследователей: А. Звиедрис, С.И. Костин, С.Г. Шиятов, Б.А. Колчин, В.Е. Вихров, В.Н. Адаменко, Г.Е. Комин, Т.Т. Битвинскас, Н.В. Ловелиус. В 1959 году была организована первая лаборатория в институте археологии АН СССР для датировки древесины [Матвеев, Румянцев, 2013]. В 1970-е годы в СССР стали годами первых фундаментальных работ по дендрохронологии, которые и сейчас широко используются [Шиятов, 1973; Битвинскас, 1974; Ловелиус, 1979; и др.]

Важнейшие математические методы дендрохронологического анализа (метод негативной экспоненты, метод скользящего экспоненциального сглаживания и др.) обобщены в зарубежной фундаментальной коллективной монографии «Methods of dendrochronology» [Methods..., 1990].

Основные методологические принципы дендрохронологии были сформулированы А. Дуглассом [Douglass, 1919] и подробно рассмотрены его учеником профессором Х. Фриттсом в работе «Tree rings and climate» [Fritts, 1976], а также в последующих методических работах [Шиятов, 1973; Schweingruber, 1988; Methods..., 1990].

- Закон лимитирующих факторов (закон минимума Либиха).

Исходя из основной мысли закона лимитирующих факторов, для анализа методами дендрохронологии необходимо брать образцы с древесной растительности, прирост годичного кольца которых прямо или косвенно лимитируется каким-либо внешним фактором.

- Принцип отбора местообитаний.

Исходя из предыдущего принципа, вытекает второй, который гласит, что образцы древесины необходимо брать в таких местообитаниях, где проявляется действие лимитирующего факторов [Матвеев, Румянцев, 2013].

- Принцип чувствительности.

Известно, что в местах обитания, где отмечаются благоприятные условия для роста деревьев, формируются широкие годичные кольца. Если условия неблагоприятны и экстремальны, то годичные кольца в своем приросте более узкие, и ширина сильно колеблется от года к году. Чем сильнее ежегодная изменчивость величины прироста, тем лучше дерево отображает изменчивость окружающей обстановки.

- Принцип перекрестного датирования.

Деревья, расположенные в пределах определенного района, одинаково реагируют величиной прироста на изменение внешних факторов. Поэтому у большей части деревьев наблюдается взаимосвязанное изменение ширины годичных колец, как во времени, так и в пространстве (при условии однородного по климатическим условиям района). В итоге наблюдается корреляция между зависимостью дерева от климатических факторов и легкостью проведения датирования [Douglass, 1919].

Перекрестное датирование заключается в сравнении сходных рисунков годичных колец у выбранных деревьев и определение точного места, где между ними найдено соответствие.

Метод перекрестной датировки дает возможность указать относительную (при неизвестной дате рубки) и абсолютную (при известной

дате рубки) датировку времени формирования древесных колец прироста [Douglass, 1919].

- Принцип актуализма (униформизма).

Принцип униформизма базируется теории, что все природные процессы прошлого имеют схожие черты с современными процесса.

- Принцип повторности [Матвеев, Румянцев, 2013].

В 1974 году Т.Т. Битвинкас предложил считать дендрохронологическими исследования, только те, в которых учтены все необходимые элементы: погодичное изучение серий годичных колец; использование метода, который исключает фактор возраста; необходимость получить относительные величины годичного прироста [Битвинкас, 1974].

3.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОДОВЫХ КОЛЕЦ

Древесные кольца образуются, пока длится вегетационный период, с помощью инициальной ткани – камбия, которая обеспечивает прирост в толщину (Рисунок 1). В результате годичное кольцо древесины откладывается по всей боковой поверхности ствола, за исключением тех участков, где камбиальные клетки не функционируют (находятся в мертвом состоянии)

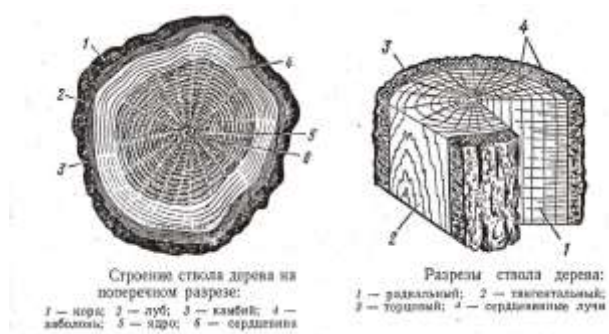


Рис.1 Срезы ствола дерева: поперечный, радиальный и тангентальный.

Чаще всего в практике дендрохронологии используются хвойные виды деревьев, где годичное кольцо состоит из ранней и поздней древесины [Чернова, 2016].

Каждому году соответствует собственное годичное кольцо, но при неблагоприятных условиях во время вегетации, внутри годичного кольца могут образоваться слои поздней древесины. Они похожи на настоящие кольца, поэтому их называют «ложными», а годичные кольца, состоящие из ложных колец, получили название «множественные» [Шиятов, 1973].

Если условия окружающей среды экстремально неблагоприятны для жизнедеятельности деревьев, то чаще всего в основании стволов, корней и ветвей камбий может совсем не отложить новый слой древесины. Данный вид колец называют «выпадающими» [Шиятов, 1973].

Если ствол дерева наклонен или изогнут, то формируется «реактивная древесина» [Шиятов, 1973]. Её характерная черта – это неоднородность физиолого-анатомических и физико-механических свойств в разных частях годичного слоя. У хвойных на креновой (сжимаемой) стороне ствола и нижней стороне ветви образуется так называемая «креновая древесина», которую можно определить по более темному окрасу [Methods..., 1990].

Естественной мерой ростовой активности камбиальных клеток в конкретном участке ствола за весь сезон роста называют толщиной годичного кольца.

На рисунке 2 представлены основные количественные характеристики годичных колец: TRW – ширина годичного кольца; D – радиальный размер клетки; CWT – толщина клеточной стенки

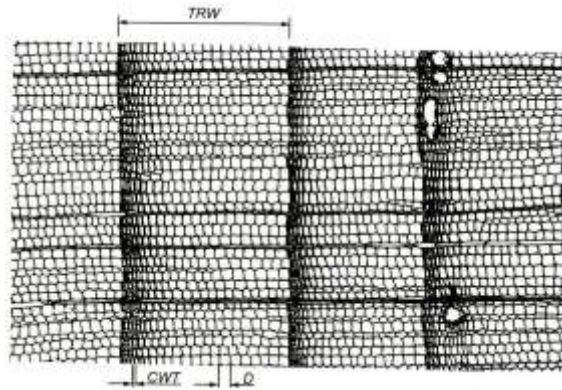


Рис 2. Основные количественные характеристики годичных колец хвойных.

В дендрохронологии выделяют следующие факторы, которые влияют на годовой прирост дерева и определяют ширину годичного прироста:

- Древесная порода. У каждой древесной породы отмечается свой средний прирост годичных колец.
- Возраст дерева. Ширина годичных колец деревьев всегда постепенно уменьшается с возрастом.
- Происхождение дерева. У деревьев порослевого происхождения в первые годы образует широкие годичные слои, а у семенного происхождения - узкие годичные кольца. Но в конечном итоге всегда отмечается уменьшение прироста.
- Плодоношение (семеношение). Если дерево обильно плодоносит, то формируются узкие годичные слои.

Внешние условия:

- Освещение. Если освещения достаточно, то у дерева развиваются широкие годичные слои.
- Географическое местоположение. Древесные породы, которые произрастают в экстремальных условиях (Крайний Север, высокогорные местности), всегда образуют более узкие годичные кольца.
- Почвенные и метеорологические условия, к которым относятся влажность, температура и плодородие почвы, температура воздуха, количество выпавших осадков [Ваганов, Терсков, 1977].

3.3. МЕТОДЫ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ

В современной дендрохронологии используется большой арсенал методов, выбор которых должен соответствовать задачам конкретного исследования [Methods..., 1990].

Методы датирования годовых колец.

- Визуальный (осмотр изменчивости колец под увеличительным прибором). Таким методом выявляют образцы, у которых имеются ложные и выпадающие кольца, и определяют их местоположение. Если известен год отбора образца (год формирования внешнего кольца), то датировка остальных колец производится при помощи обратного отсчета.

- Построение скелетных графиков (skeletonplot) позволяет быстро и точно отразить наиболее характерные особенности в изменчивости ширины годовых колец.

- Построение полулогарифмических диаграмм необходимо для облегчения сопоставления колец деревьев, где уменьшение ширины годовых колец с возрастом сильно выражено.

После того как кольца датированы и измерены, приступают к стандартизации значений их ширины [Шиятов, 2000].

Расчёт средних величин применяют для стандартизации рядов путём подсчёта средней ширины годового кольца для всех образцов. Для нахождения нормы прироста (кривая, которая отражает изменения темпов прироста) проводят выравнивание кривых годичной изменчивости ширины годовых колец.

Математические методы делятся на:

- Метод наименьших квадратов.
- Метод скользящего сглаживания средних величин, используют для выявления изменчивости ширины годовых колец в зависимости от возраста

- Метод экспоненциального сглаживания.
- Метод калибровки (Methods of Calibration) [Methods..., 1990].

Графические методы.

- Построение кривых средней нормы прироста (метод С.М. Оленина).
- Графическое выравнивание для разновозрастных древостоев (метод Г.Е. Комина).
- Метод градиентов (трансект) позволяет исследовать влияние на радиальный прирост того или иного фактора, изменяющегося вдоль линии трансекта, в частности климатические изменения.
- Расчет относительных индексов позволяет отразить влияние комплекса факторов, лимитирующих рост деревьев, главным образом, климатических [Матвеев, Румянцев, 2013].

Все методы (методы изучения антропогенных воздействий) оценки потерь прироста деревьев в условиях загрязненной природной среды условно можно разделить группы: метод контрольных древостоев, метод контрольных деревьев, метод дендрошкал [Ловелиус, 1979].

3.4 ИСПОЛЬЗОВАННАЯ МЕТОДИКА

При написании диссертации были использованы методы геоботанических описаний и дендрохронологические методы исследований.

Материалы работы собраны в период полевой учебной практики в июле 2019 года на Научном Арктическом стационаре ТюмГУ (Рисунок 3). По картографическим данным, материалам космической съемки и результатам наземной рекогносцировки было отобрано 3 тестовых участка болот с лесной растительностью и, соответственно, заложено три трансекты «Болото-суходол», на которых были сделаны геоботанические описания и отобраны керны встречающихся хвойных пород.



Рис 3. Район прохождения практики, территория исследования.

Основная задача геоботанических описаний на трансектах – оценка степени заболоченности по индикаторным видам и сообществам растительного покрова. До выезда в поле проводили рекогносцировочное изучение флоры. По литературным источникам был составлен перечень произрастающих растений по основным типам биотопов.

Описание фитоценозов вдоль трансект проводилось методом пробных площадок. Пробная площадка имеет форму квадрата, размер которого неодинаков для отдельных типов растительности. В зависимости от высоты верхнего яруса растительного сообщества, размер площади описания варьировал от 25 м² (5×5 м) на открытых моховых, кустарничково-моховых и осоково-моховых участках болот до 100 м² (10×10 м) – на болотах лесного облика с хорошо выраженным древостоем [Лапшина, 2004].

Использование метода пробных площадок не всегда возможно при изучении болотной растительности, так как последняя часто имеет комплексный характер. В этом случае более целесообразно закладывать несколько трансект полос определенной ширины (1–3 м). Ширина трансект определяется характером растительности: если на болоте имеется древесно-кустарниковая растительность, то трансекты закладываются шириной 2 м;

если болото с травянистой растительностью или сплошь покрыто сфагновыми мхами, то достаточно ширины в 1 м. На каждой трансекте закладывается несколько учетных площадок размером 1×1 м или 2×2 м. Для учета древесной растительности размер трансект был увеличен нами до 5 метров.

Всего было заложено 19 пробных площадок и на них сделано 19 геоботанических описаний.

Описания производились по общепринятой методике [Лапшина, 2004] с указанием географического положения, мезорельефа и микрорельефа, морфометрических характеристик, экспозиции, степени и типа увлажнения.

Описание фитоценозов делали по ярусам. В древесном ярусе указывали ярус, формулу древостоя, высоту (м) и средний диаметр (см). Во всех остальных ярусах – обилие и высоту (см).

Для травяного яруса обилие определялось глазомерно по шкале Друде (Таблица 2). Сомкнутость для древесного яруса в лесных фитоценозах определялась в баллах [Терехина, 2004].

Таблица 2

Характеристика обилия по Друде

Балл	Обозначение обилия по Друде	Характеристика обилия
5	cop3 (copiosae 3)	Очень обильно. Среднее расстояние между видами – не более 20 см. Виды, как правило, образуют основной фон растительности.
4	cop2 (copiosae 2)	Обильно. Среднее расстояние между видами – 20-40 см. Виды играют значительную роль в общем фоне.
3	cop1 (copiosae1)	Довольно обильно. Среднее расстояние между видами – 40-100 см. Растения фона не образуют.
2	Sp (sparsae)	Рассеянное положение растений, со средним расстоянием между видами до 1,5 м. Фона не образуют.
1	sol (solitariae)	Единичное положение растений. Расстояние между

		видами всегда более 1,5 м.
--	--	----------------------------

При отборе дендрохронологических образцов руководствовались методикой С.Г. Шиятова с соавторами [Методы..., 2000]. На экологическом градиенте «суходол – болото» четко проявляется действие лимитирующего радиальный прирост деревьев фактора – заболачивания, являющегося предметом исследования. Керны брали из деревьев, растущих вдоль трансекты в привязке к геоботаническим описаниям, показывающим степень заболачивания. Для проведения древесно-кольцевого анализа использовали хвойные виды, потому что имеют хорошо различимые годовые кольца с ранней и поздней древесиной и обладают хорошей отзывчивостью на изменения факторов окружающей среды. Были взяты лиственница сибирская (*Larix sibirica*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), сосна сибирская (кедр сибирский) (*P. sibirica*), ель сибирская (*Picea obovata*). Исследования выполнялись по каждому виду отдельно. Модельные деревья брали по возможности одного возраста, произраставшие в одном (первом) ярусе на достаточном удалении от других деревьев, чтобы исключить фактор конкуренции. Важным фактором при отборе дерева было отсутствие огневых подсечек, следов рубки, следов заболеваний и насекомых-вредителей. Предпочтение отдавалось прямоствольным деревьям.

Для дендрохронологического анализа использовали буровые керны. Для уменьшения вероятности выпавших или ложных колец с одного ствола обычно брали два керны по двум противоположным радиусам на высоте 1–1,3 м от поверхности. Использовали возрастной бурав Пресслера, который забуривали перпендикулярно продольной оси дерева. Транспортировка собранных образцов древесины осуществлялась в контейнерах, чтобы исключить поломку кернов. Каждый образец древесины должен иметь уникальный цифровой и буквенный код. Указывали номер трансекты (Т-1, Т-2, Т-3), дата (дд.мм.год), вид дерева, его толщину (см) и порядковый номер отбора в направлении от суходола к болоту, например Ель 1 (Е-1),

Лиственница 3 (Л-3). Координаты выбранных площадок фиксировали GPS и отмечали на схеме [Методы..., 2000].

Деревья с каждой трансекты были объединены по породам в 2-3 группы соответственно степени заболачивания, для этих групп рассчитывались обобщенные хронологии ширины колец (TRW). Исходные индивидуальные TRW по отдельным радиусам строились по результатам измерения ширины годовых колец w (мм). Для выявления «выпадающих» колец нулевой толщины индивидуальные TRW подвергались процедуре перекрестной датировки [Douglass, 1919]. Обобщенный ряд ширины колец W для деревьев одного возраста рассчитывали как среднее арифметическое индивидуальных рядов w . В случае присутствия в группе деревьев разного возраста во избежание искажений, обусловленных разнокачественностью исходных рядов, строили обобщенный ряд относительной ширины колец W' [Арефьев, Казанцева, 2020; Московченко и др., 2020] посредством расчета центрированного коэффициента чувствительности индивидуальных древесно-кольцевых хронологии k :

$$k_t = (w_{t+1} - w_t) / (w_{t+1} + w_t) \quad (3.1),$$

где k – центрированный коэффициент чувствительности; w – ширина кольца в год; w – ширина колец в год t .

Обобщенный ряд коэффициентов чувствительности K рассчитываемый как среднее арифметическое индивидуальных рядов k , далее проводили кумулирование ряда K :

$$C = K_t + C_{t+1} \quad (3.2),$$

где C – кумулята, рассчитанная от первого члена ряда K .

Далее восстанавливали обобщенный ряд относительной ширины колец:

$$W'_t = 10^{C_t} \quad (3.3).$$

Полученные обобщенные ряды W или W' с суходольной и заболоченной части каждой трансекты сопоставляли на графиках. Уменьшение ширины колец у деревьев, находящихся на заболоченной части трансекты сравнительно с деревьями, находящимися в ее суходольной части,

рассматривали как свидетельство ухудшения условий роста деревьев в процессе заболачивания. По этому же принципу фиксировали дату начала заболачивания, а также возможные даты дальнейших этапов процесса заболачивания.

В ходе полевых работ для трех заболоченных участков было заложено три трансекты «Суходольный участок – болото», на которых отобран дендрохронологический материал.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 ГЕОБОТАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Тестовый участок 1.

На трансекте (Рисунок 3, 4) хорошо просматривается смена растительного покрова по склону от суходольного леса к болотному массиву.



Рис. 3 Вид на трансекту 1 с 3 точки от суходола к болоту.



Рис. 4 Местоположение трансекты 1.

Сомкнутость крон деревьев уменьшается с 0,6 (1 точка) до 0 (5-8 точки). Породный состав так же меняется. На суходоле преобладающими породами были сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и лиственница

сибирская (*Larix sibirica*). К точке 5 (почти середина склона) во втором и третьем ярусе встречается сосна сибирская (*Pinus sibirica*), в третьем ярусе береза пушистая (*Betula pubescens*). Постепенно уменьшается высота и диаметр деревьев. Подрост на склоне остается преимущественно густым, состоящим из кедра, обилием sp-cop1 и высотой до 6 м, сосны, обилием sol-sp с высотой 2-4 м. Встречается ольховник (*Duschekiafruticosa*), с обилием sol и высотой до 4 м, береза с обилием sol и высотой до 4-6 метров. На точке 7 был встречен подрост лиственницы с высотой 2-4 метра и обилием sp.

На самом сухом участке встречается подрост ели, высотой 2 метра. Подлесок имеет резкую смену видового состава в зависимости от увлажнения склона. До середины склона доминирует ерник (*Betula nana*) высотой до 1 метра и обилием sol-cop1 в зависимости от точки отбора, а в более сухой части доминирующую роль занимает редкий можжевельник (*Juniperus communis*), высотой до 1,3 метра и обилием sol. Кустарничковый ярус имеет более сглаженные границы в переходе от избыточного к нормальному увлажнению. На болоте доминируют (проективное покрытие 50-60%) типичные гигрофитные кустарнички: багульник болотный (*Ledum palustre*), морошка (*Rubus chamaemorus*), мирт болотный (*Chamaedaphne calyculata*), подбел (*Andromeda polifolia*), шикша (*Empetrum nigrum*). При движении вверх по склону постепенно появляются мезогигрофиты: черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea*) и голубика обыкновенная (*Vaccinium uliginosum*). Травостой редкий, проективное покрытие на болоте 20-30%, на более сухих участках варьируется от 5 до 20%. На болоте доминируют гигрофитные травы: вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*) и осока шаровидная (*Carex globularis*). При движении к более сухому участку встречаются хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), плаун сплюснутый (*Diphasiastrum complanatum*) и зимолюбка зонтичная (*Chimaphila umbellata*). Моховое покрытие весьма однородно. В низине склона и на болоте преобладает сфагнум бурый (*Sphagnum fuscum*), сфагнум Гиргензона (*Sphagnum girgensohnii*) и сфагнум магелланский

(*Sphagnum magellanicum*). На более сухих участках доминирует Политрихум обыкновенный (*Polytrichum commune*), плевроциум Шребера (*Pleurozium schreberi*), птилиид реснитчатый (*Ptilidium ciliare*). Среди лишайников доминируют кладонии лесная (*Cladonia arbuscula*) и оленья (*Cladonia rangiferina*).

Процентное соотношение сфагновых и зеленых мхов меняется, при движении от суходольной части к заболоченной, при общем высоком уровне проективного покрытия (70-90%). По присутствию сфагновых мхов можно судить о степени заболачивания. Сфагновые мхи появляются сточки5трансекты(10% проективного покрытия яруса), после середины склона их обилие постепенно возрастает при движении вниз по склону: точка 6 – 60%, точка 7 – 70%, точка 8 – 90%.

Тестовый участок 2.

Трансекта заложена от автомобильной дороги к обводненному болоту по пологому склону (Рисунок 5, б), что дает возможность рассмотреть влияния подпора заболоченной территории дорогой на дальнейший процесс заболачивания. Смена фаций выражена не чётко. Редкий древесный ярус, состоящий из лиственницы обыкновенной и кедра сибирского, появляется к середине трансекты и не образует сомкнутого полога. Подрост редкий, но имеет более богатый видовой состав, чем в древесном ярусе. В подросте, ближе к обводненному болоту (точка 4), встречается береза пушистая высотой до 0,5 м. При движении в сторону дороги появляется ель сибирская (*Picea obovata*), высотой от 1,5 до 4 м, единожды на двух точках была встречена сосна обыкновенная высотой 0,5 м и 1,5 м. В описании №1, ближе к дороге, лиственница обыкновенная достигает высоты 6 м, появляется кедр сибирский. Редкий подлесок состоит из карликовой березы высотой до 0,5 м. Кустарничковый ярус не богат и состоит преимущественно из гигрофитных и мезофитных видов, типичных для болотного местообитания. Ближе к автодороге из видового состава исчезают мирт болотный и морошка. Травостой слабо выражен.



Рис. 5 Вид на трансекту 2 с точки 4.



Рис. 6 Местоположение трансекты 2.

На болоте произрастает пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*), осока шаровидная и осока Бигелоу (*Carex bigelowii*). На площадках отмечается много сухого травостоя. На отрезке (точка 1), который расположен ближе всего к дороге, травостой отсутствует. Моховое покрытие представлено группой сфагновых мхов (сфагнумы гиргензона, бурый, балтийский – *Sphagnum balticum*), группой зеленых мхов (политрихум обыкновенный) и группой лишайников (кладонии лесная и оленья). Сфановые мхи, в разной обилии, встречаются на всех пробных площадках, их обилие закономерно увеличивается при движении от менее

увлажненной к более увлажненной части трансекты: 1 точка 10%, 2 точка 20%, 3 точка 70%, 4 точка 65%.

Тестовый участок 3.

Трансекта (Рисунок 7, 8) заложена от суходола к болоту верхового типа. Смена фаций выражена слабо. Сомкнутость крон в древостое на протяжении всей трансекты низкая, за исключением первой точки. Доминирующей породой на всей трансекте является лиственница сибирская, высотой от 9 до 12 м.



Рис.7 Вид на трансекту 3 с точки 2.



Рис. 8 Местоположение трансекты 3.

На суходоле встречается сосна обыкновенная и ель сибирская, ближе к болоту – кедр (4 и 5 точки). Подрост на всей трансекте очень редкий, состоит

из кедра сибирского, сосны обыкновенной, березы пушистой и лиственницы сибирской. Средняя высота подроста колеблется от 0,3 до 4 м. Подлесок меняет густоту при движении от обводненной части, где он редкий, к более сухой, где он становится густым. Подлесок представлен карликовой березой, высотой от 0,3 до 0,6 м. Кустарничковый ярус представлен типичными болотными видами с проективным покрытием от 70-80% в болотной части и до 40-50% в ряме. Обилие видов меняется в зависимости от движения от участка с избыточным увлажнением, где доминантами являются морошка, мирт болотный, шикша, клюква, багульник, к участку с нормальным, периодически повышенным увлажнением, где доминантами остается багульник и добавляется черника и брусника. Травостой так же представлен типичными болотными видами. На болоте доминирует пушица влагалищная, высотой 0,3-0,35 м. При движении к рямю пушицу сменяет осока шаровидная и осока Бигелоу. На описаниях 4,5,6 травостой не выражен. Моховое покрытие представлено сфагновыми группировками, а на менее увлажненных участках группировками зеленых мхов и лишайниками. Сфагновые мхи встречаются на всех пробных площадях трансекты, закономерно увеличиваясь в обилии при движении к болоту. На 1 и 2 точке проективное покрытие сфагновых мхов 7%, на 3 точке 10%, на 4 точке 20%, на 5 точке 80%, на 6 точке 90%, на 7 точке 60%.

4.2. ДАТИРОВКА ПРОЦЕССА ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА УЧАСТКЕ 1

Нумерация деревьев на трансекте начинается от суходола и двигается к болотной части. Деревья сосны С1-С3, растущие в суходольной части трансекты на рассматриваемом временном промежутке с 1800 до 2019 г в целом сохраняют относительно высокий радиальный прирост на фоне некоторых его колебаний (Рисунок 10). Деревья С4-С6 в заболоченной ныне части трансекты по 1882 г. характеризовались тем же уровнем радиального прироста, что и на суходоле (0,5-1 ед. W'). Резкое уменьшение прироста по сравнению с суходолом отмечается в 1883 г., что, в целом, можно

рассматривать как начало процесса заболачивания. С этого года относительно низкий прирост у образцов С4-С6 сохраняется вплоть до настоящего времени. При этом еще более низкое падение прироста у деревьев в заболоченной части трансекты отмечается с 1970 г. С этого же времени оно также отмечается и у деревьев с суходольной части трансекты, примыкающих к заболоченной.

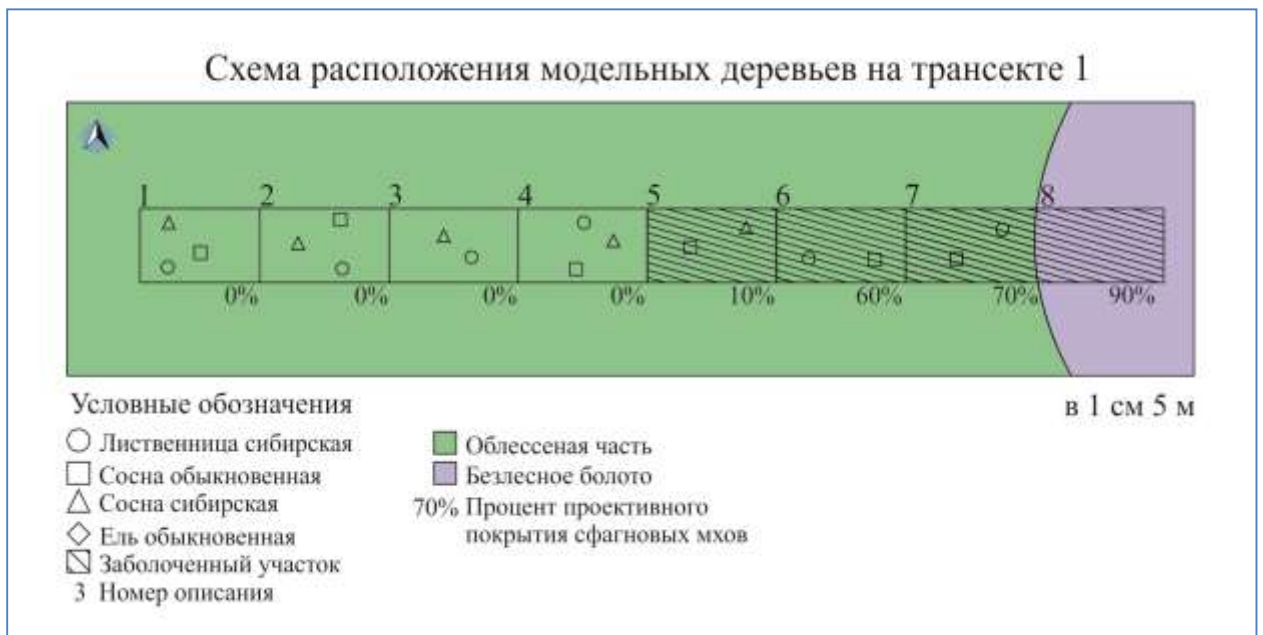


Рис. 9 Схема трансекты 1.

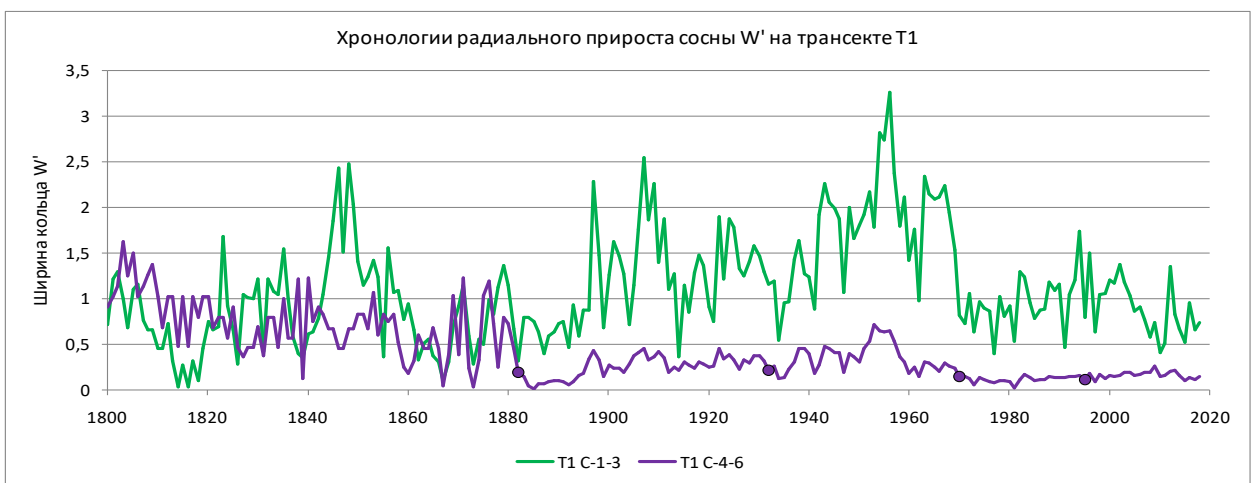


Рис. 10 Хронологии радиального прироста сосны W' на трансекте 1.

Таким образом, определяется два этапа заболачивания. Первый, в 1883-1969 гг., связывается с широко известным крупнейшим вулканическим извержением, произошедшим в 1883 г. на острове Кракатау в Зондском архипелаге (более 50 км³ пирокластов), повлекшем за собой выброс в высокие слои атмосферы большого количества вулканического газа и пепла, что, в свою очередь, снижает потом суммарной солнечной радиации [Панов, 2015] и приводит к глобальным климатическим подвижкам, в частности к многолетнему похолоданию в северных широтах [Ловелиус, 1979; Self, Rampino, 1981; LaMarche, Hirschboeck, 1984], многолетнему уменьшению радиального прироста деревьев на севере Западной Сибири [Ваганов, Шиятов, Мазепа, 1996], массовой гибели деревьев на севере Средней Сибири [Кирдянов, 2017]. При средней июньской температуре воздуха в Салехарде 9.5°C, в 1883 г. она составила 5.0°, в 1884 г. – 4.3°, в 1885 г. – 3.5°, в 1886 г. – 2.0°C. (по данным <http://www.pogodaiklimat.ru>). Водорегулирующая функция угнетенного похолоданием древостоя, определяемая транспирацией почвенной влаги через корни и крону деревьев, была ослаблена, что в условиях плоского или пониженного (просадки) рельефа привело к застою переувлажнению почвы и быстрому развитию покрова из сфагновых мхов.

Второй этап, длящийся с 1970 г. по настоящее время, очевидно, инициирован аномально холодными условиями вегетации 1968 - 1970 гг. При среднемноголетней июньской температуре воздуха в Надыме 10.7 °C, в 1968 г. она составила 5.2°, в 1969 г. – 7.9°, в 1970 г. – 5.3°C (по данным <http://www.pogodaiklimat.ru>).

В настоящее время, судя по относительно низким значениям прироста как в заболоченной части, так и на примыкающем к ней суходолу, тенденция к дальнейшему заболачиванию сохраняется (Рисунок 10).

Анализ TRW лиственницы от суходольной части трансекты Лц1-Лц2, к заболоченной Лц5-Лц6 дает во многом схожие закономерности (Рисунок 8). Для всех образцов просматривается тенденция к уменьшению радиального

прироста, но наиболее сильно это отразилось на образцах Лц5 и Лц6, которые примыкают к безлесному болоту (Рисунок 11).

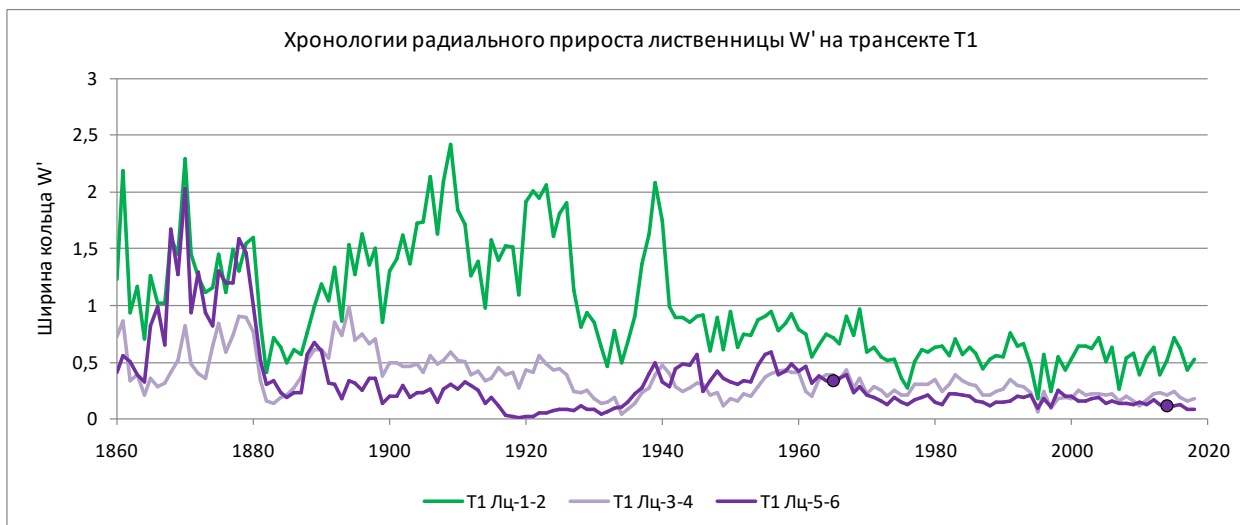


Рис. 11 Хронологии радиального прироста лиственницы W' на трансекте 1.

Этап заболачивания, начавшийся с 1883 г., и при датировке по TRW сосны, связан с последствиями взрыва вулкана Кракатау, и продлился до 1930-х годов. Второй этап процесса заболачивания, слабо выраженный на TRW сосны, начинается с 1932 и длится до конца 1960-х годов. Он характеризуется сначала сильным падением прироста лиственницы, а затем, уже с конца 1930-х гг., заметным его повышением. Причиной этого этапа, был низовой пожар 1931 г., датированный магистрантом ТюмГУ М.А. Бормотиной, параллельно автору проводившей на территории Надымского стационара реконструкцию горимости лесов. Известно, что 1930-е годы в Западной Сибири были засушливыми и на юге региона характеризовались как «саранчовые», а на севере сопровождались лесными пожарами [Формозов, 2013; Засухи..., 2017]. Судя по данным метеостанции Салехард, особенно жарким был июль в 1931-1933 гг. (по данным <http://www.pogodaiklimat.ru>).

Сохранившиеся после пожара деревья последующие несколько лет восстанавливались, а затем в улучшившихся после пожара почвенных условиях дали повышенный прирост, продолжавшийся до восстановления

сфагнового покрова в конце 1960-х гг. Следует отметить, что пожары при определенных условиях могут выступать и как фактор, инициирующий заболачивание лесных земель на нефтегазодобывающем Севере Тюменской области, на что указывается в литературе [Чижов, 1998].

Как уже отмечалось для сосны, неблагоприятные условия вегетации 1968-1970-х гг. ослабили лиственницу, снизили ее водорегулирующие функции, что привело к дальнейшему переувлажнению территории, быстрому развитию сфагновых мхов и стало началом нового этапа заболачивания. Четвертый этап заболачивания для лиственницы можно выделить с 90-х годов XXI века. В период 1995-1999 гг. июньская температура воздуха в Надыме была на 1.5-3.5°C ниже многолетней нормы, а в 1997 г. июльская температура воздуха была ниже нормы на 5.8°C. (по данным <http://www.pogodaiklimat.ru>) После этого тенденция к дальнейшему заболачиванию участка сохраняется до сих пор.

TRW кедров с рассматриваемой трансекты представлены на рисунке 12. от наиболее сухой части К1-К2 к более увлажненной К3, К4-К5. В целом, картина, иллюстрирующая заболачивание, соответствует тем, что получены для сосны и лиственницы. Поскольку самая продолжительная TRW кедров короче предыдущих (К4-5 с заболоченного отрезка начинается с 1907 г.), первый этап заболачивания, фиксированный выше 1883 г., не фиксируется.

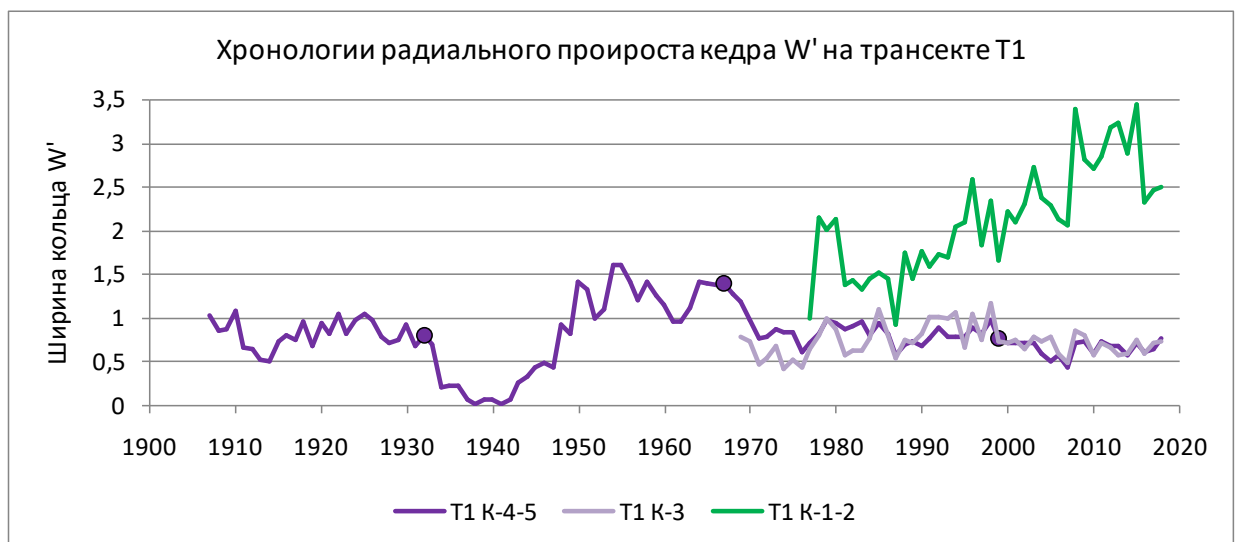


Рис.12 Хронологии радиального прироста кедра W' на трансекте 1.

Однако, в отличие от более пожароустойчивых светлохвойных пород, на TRW кедра более отчетливо видны последствия низового пожара 1931 года. После него у кедра прослеживается более длительный 15-летний восстановительный период с резким падением прироста, а затем 20-летний период повышенного прироста, когда поврежденный огнем сфагновый покров еще не восстановился и условия для роста кедра по сравнению с допожарным периодом улучшились (Рисунок 12). Резкое снижение прироста кедра к допожарному уровню отмечается в заболоченной части трансекты с конца 1960-х гг., что связано с оговоренными выше плохими условиями вегетации, приведшими к восстановлению сфагнового покрова. После 1990-х годов для образцов, произрастающих в более сухих условиях, наблюдается тенденция к увеличению радиального прироста, в то время как для образцов К1-К3, наоборот, тенденция к снижению прироста.

4.3 ДАТИРОВКА ПРОЦЕССА ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА УЧАСТКЕ 2

Трансекта 2 была заложена в зоне подпора заболоченного участка автомобильной дорогой и демонстрирует роль антропогенного фактора в процессе болотообразования (Рисунок 13).



Рис. 13 Схема трансекты 2.

TRW лиственницы с трансекты 2 (Рисунок 14) от наименее увлажненной ее части (Лц1-Лц2), к наиболее увлажненной (Лц-5) показывают значительное сходство датировок, полученных на участке 1.

Рис. 14 Хронологии радиального прироста лиственницы W' на трансекте 2.

Судя по TRW, в целом наблюдается тенденция к постепенному заболачиванию древостоя, выраженная в возрастании по ходу лет разницы в величине прироста деревьев, находящихся у границы открытого болота, и на удалении от него. В период с 1855 по 1882 гг. приросты деревьев из разных частей трансекты были близки, что еще не обнаруживает процесса заболачивания. Свидетельствующая о его инициации разница приростов отмечается с 1883 г. Как и на участке 1 она связывается с климатическими последствиями извержения вулкана Кракатау. Этот первый этап заболачивания длится до отмеченного выше пожара 1931 г., знаменующего, как и на участке 1, начало следующего этапа процесса. Заметное снижение уровня прироста прослеживается с года прокладки автодороги (1973 г.). Вероятно, подпор автодорогой естественного стока и болотных вод стал дополнительным антропогенным фактором прогрессирующего локального заболачивания. Последний этап, длящийся до настоящего времени прослеживается с 1995-1999 гг. Как уже отмечалось, он инициирован аномально холодными условиями вегетации деревьев в те годы, нарушившими их водорегулирующие функции и стимулировавшими развитие сфагновых мхов.

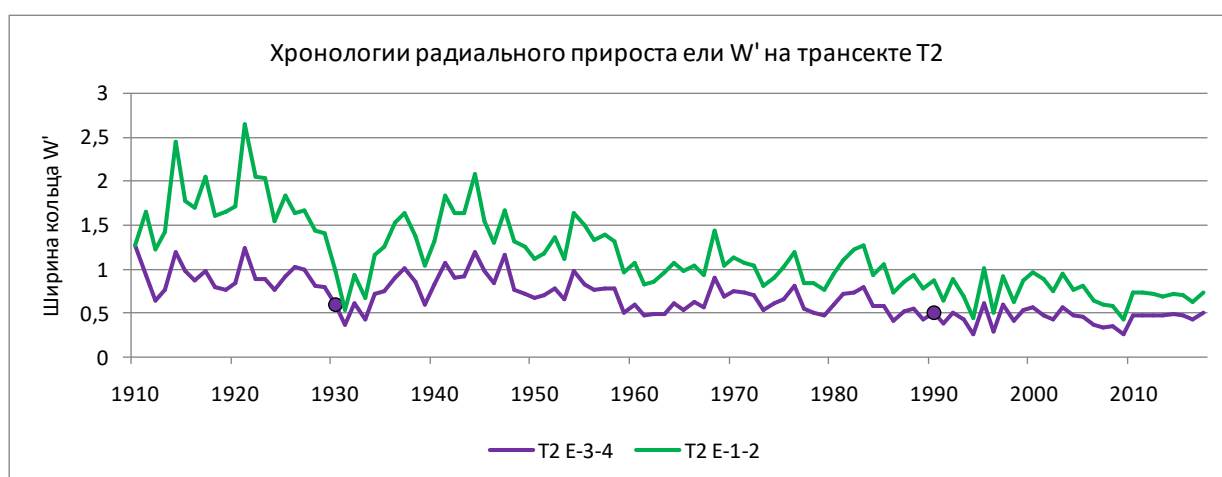


Рис. 15 Хронологии радиального прироста ели W' на трансекте 2.

TRW ели с тансекты 2 (Рисунок 15) короче, чем лиственницы, но достаточно показательны. Как и в предыдущем случае, с 1930-х годов отмечается падение прироста ели (вследствие низового пожара 1931 г.) с дальнейшим его восстановлением к середине 19740-х гг., а затем с довольно монотонным его снижением вплоть до настоящего времени. В 1973 и 1990-х гг. такого заметного снижения прироста как у лиственницы не отмечается, что, очевидно, связано с известной из литературы [Ваганов и др., 1996] более сглаженной реакцией темнохвойных пород на изменения среды.

4.4 ДАТИРОВКА ПРОЦЕССА ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА УЧАСТКЕ 3

Трансекта 3 расположена вблизи двух линий электропередач, одна из которых зарастающая, а вторая действующая (Рисунок 16). Судя по TRW кедра на этой трансекте (Рисунок 17) прирост деревьев в наиболее сухой ее части (К-2) приблизительно в 3 раза выше, чем в заболоченной (К-3, К-4), что показывает сильное негативное влияние застойного переувлажнения. Однако уверенно датировать процесс заболачивания не представляется возможным, поскольку TRW с заболоченной части короткие (с 1982 г.) и демонстрируют тенденцию к медленному снижению прироста без резких перепадов.



Рис. 16 Схема трансекты 3.

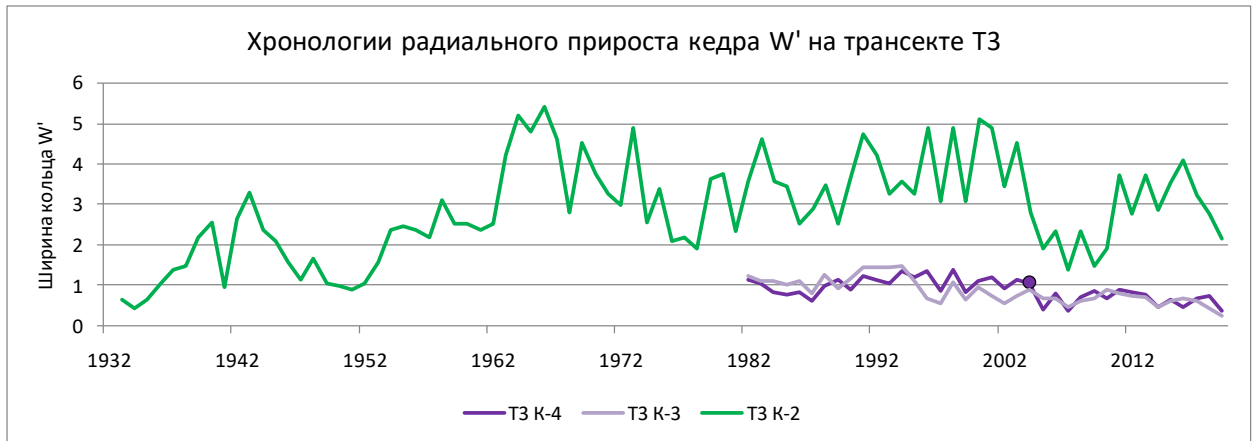


Рис. 17 Хронологии радиального прироста ели W' на трансекте 2.

Более длинная TRW с суходола (K-2 с 1933 г.) показывает, что кедр начал расти там, очевидно, после пожаров, а в жаркие 2004-2007 гг., когда июльские температуры воздуха превышали норму на 1.3-4.6°C, испытал значительное падение прироста, вероятно вследствие дефицита влаги, очень значимого для этого вида, происходящего из влажной черневой горной тайги. Примерно в это же время ведется прокладка находящейся вблизи линии электропередач (первая очередь – 2006 г., вторая – 2014 г.), влияние которой, возможно, присутствует в отмеченном уменьшении прироста кедр в суходольной части трансекты. Примечательно, что в заболоченной части трансекты подобного спада прироста у деревьев кедр не отмечается. В целом же 3-кратная разница в величине прироста кедр на суходольном и заболоченном участке за рассматриваемый период сохраняется до настоящего времени, что свидетельствует о стабильном состоянии заболоченного участка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Надымский район Ямало-Ненецкого автономного округа по своим природным условиям, в частности по масштабам заболоченных территорий и процессов заболачивания типичен для севера Западной Сибири. Изучение природного и антропогенного баланса болот, имеющих на территории района огромное экологическое и хозяйственное значение, имеет несомненную значимость, подтверждаемую рядом международных и российских документов. Еще большую актуальность исследования процессов болотообразования на территории района определяет то, что он одним из первых еще на рубеже 1960-1970 гг. был вовлечен в нефтегазопромысловое освоение региона. Текущие извлекаемые запасы природного газа составляют в Надымском районе 5,2 трлн. м³, нефти – 241 млн. т и газового конденсата – 145 млн. т. Их освоение оказывает существенное трансформирующее воздействие на весь его природный комплекс района.

Дендрохронологические методы все более активно используются в изучении природной и антропогенной динамики экосистем Надымского района, позволяя получать ранее неизвестную и недоступную информацию. Их уникальными достоинствами является возможность анализа состояния экосистем на очень длительных вековых и многовековых промежутках времени, возможность оперативного проведения исследований с минимальными затратами.

В результате проведенной в ходе выполнения настоящей работы дендрохронологической индикации и датировки процессов заболачивания на трех тестовых участках территории Надымского Арктического стационара можно сделать следующие выводы:

1. Заболачивание исследованных участков происходит с XIX столетия, в ходе его выделяются этапы, инициируемые естественными и антропогенными изменениями природной среды.

2. На тестовых участках 1 и 2 начало заболачивания датируется 1883 г. и хронологически ассоциируется с крупнейшим извержением вулкана Кракатау, повлекшем глобальное похолодание на протяжении нескольких лет, ухудшение условий роста леса и его водорегулирующих функций на севере Западной Сибири.

3. На всех трех тестовых участках после пожара, прошедшего в 1931 г., отмечено резкое уменьшение прироста деревьев в течение 5-15 лет, а затем его усиление, связанное последствиями этого пожара, временно замедлившего болотообразовательный процесс.

4. На всех трех тестовых участках с 1968-1970 гг., отличавшихся аномально холодными вегетационными сезонами, отмечается устойчивое уменьшение прироста деревьев, свидетельствующее об ослаблении их водорегулирующей функции и дополнительной активизации процесса заболачивания.

5. На всех трех тестовых участках с 1995-1999 гг., также отличавшихся аномально холодными вегетационными сезонами, отмечается устойчивое уменьшение прироста деревьев, свидетельствующее о дополнительной активизации процесса заболачивания.

6. На тестовом участке 2 ухудшение прироста деревьев в 1973 г. хронологически ассоциируется со строительством автодороги, подпирающей болотные воды, что активизировало локальный болотообразовательный процесс.

7. Древесно-кольцевые хронологии светлохвойных пород – сосны и лиственницы – являются лучшим индикатором процессов заболачивания по сравнению с древесно-кольцевыми хронологиями ели и кедра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арефьев С.П. Оценка устойчивости кедровых лесов Западно-Сибирской равнины // Экология. 1997. № 3. С.149-157.
2. Арефьев С.П. Оценка состояния природной среды Ямала по кустарниковым хронологиям // Природная среда Ямала. Т. 3. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2000. Гл. 1. С. 5-20.
3. Арефьев С.П., Казанцева М.Н. Периодичность пожаров и естественное возобновление светлохвойных лесов и редколесий в Надымском районе Ямало-Ненецкого автономного округа // Сибирский лесной журнал. 2020. № 1. С. 3-15.
4. Атлас Тюменской области. Выпуск 1. Под ред. Леонова Т.Н. Москва – Тюмень: Главное управление геодезии и картографии министров СССР, 1971.
5. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. Под ред. Ларин С.И. ФГУБ «Омская картографическая фабрика». 2004.
6. Битвинкас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 172 с.
7. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / О.Л. Лисс, Л.И. Абрамова, Н.А. Аветови др. Тула: Гриф и К, 2001. 584 с.
8. Бочкарев Ю.Н. Изучение внутривековой динамики ландшафтов северной тайги Западной Сибири методами дендрохронологии // Вестн. Моск. ун-та. 2006. № 3. С. 62-67.
9. Бочкарев Ю.Н., Дьяконов К.Н. Дендрохронологическая индикация функционирования ландшафтов на северной и верхней границах леса // Вестн. Моск. ун-та. 2009. №2. 37-52 с.
10. Ботыгин И.А., Попов В.Н., Тартаковский В.А. Математические модели в задачах обработки дендрэкологических данных. Ч. I [Электронный ресурс] // Изв-я Томского политех. ун-та. 2011. Т. 319, № 5. С. 118-122.

11. Боч М.С., Мазинг В.В. Экосистемы болот СССР / Л.: Наука, 1979. 188 с.
12. Ваганов Е.А., Терсков И.А. Анализ роста дерева по структуре годовичных колец. Новосибирск:Изд-во Наука, 1977. 93 с.
13. Галкина Е.А. Болотные ландшафты Карелии и принципы их классификации //Торфяные болота Карелии. Петрозаводск. 1959. №. 15. С. 3–48.
14. Голик Е.С., Афанасьева О.В. Теория и методы статистического прогнозирования. СПб.: Изд-воСЗТУ, 2007. 182 с.
15. Гаркуша Ю.Н. Архитектура поселений коренного населения Севера Западной Сибири: дендрохронологический аспект // Баландинские чтения: сборник статей научных чтений памяти С.Н. Баландина. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т архитектуры, дизайна и искусств, 2018. Т. XIII. С. 30-35
16. Горячев В.М., Горячева Т.А., Кардаш О.В. Хронология «Надымского городища» с помощью древесно-кольцевого анализа. Хронология и стратиграфия археологических памятников голоцена Западной Сибири и сопредельных территорий. Тюмень: Изд-во Ин-та проблем освоения Севера СО РАН, 2002.Сс. 22–24.
17. Денисенков В.П. Основы болотоведения. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2000. 224 с.
18. Еркова Ю.В. Стратиграфия торфяных залежей. Торфяные месторождения Западной Сибири. М.: Недра, 1957. С. 71-90 с.
19. Засухи Восточно-европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным / Соломина О.Н., Бушуева И.С., Долгова Е.А., Золотокрылин А.Н. М.; СПб.: Нестор-История, 2017. 360 с.
20. Инвестиционный паспорт муниципального образования Надымский район Ямало-Ненецкого автономного округа. Надым, 2016

21. Инишева Л.И. Болотоведение. Томск: Изд-во Томского гос. пед. ун-та, 2009. 210 с.
22. Кардаш О.В. Надымский городок в конце XVI-первой трети XVIII вв. История и материальная культура. Екатеринбург-Нефтеюганск: Изд-во «Магеллан», 2009. 360 с.
23. Кирдянов А.В. Радиальный прирост хвойных в лесотундре и северной тайге Средней Сибири, роль факторов внешней среды: Дис. ... д-ра биол. наук / 03.02.08 – экология. Красноярск, 2017. 284 с.
24. Лапшина Е.Д. Флора болот юго-востока Западной Сибири. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2004. 296 с.
25. Лапшина Е.Д. Растительность болот юго-востока Западной Сибири: Монография. Новосибирск, 2010. 186 с.
26. Лисс О.Л., Березина Н.А. Болота Западно-Сибирской равнины. М.: Изд-во МГУ, 1981. 206 с.
27. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Л.: Наука, 1979. 232с.
28. Матвеев С.М., Румянцев Д.Е. Дендрохронология. Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2013. 140 с.
29. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. пособие / Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
30. Московченко Д.В., Арефьев С.П., Московченко М.Д., Юртаев А.А. Пространственно-временной анализ природных пожаров в лесотундре Западной Сибири // Сибирский экол. журнал. 2020. Т. 27. № 2. С. 243-255.
31. Ниценко А.А. Краткий курс болотоведения. М.: Высшая школа, 1967. 149 с.
32. Омурова Г. Т., Баринов В. В., Кардаш О. В., Мыглан В. С. Установление времени строительства (перестройки) Надымского городка:

дендрохронологический аспект // Журн. Сибирского федерального ун-та. Серия: Биология. 2013. С. 185-195.

33. Панов В. И. Связь дендрохронологии с крупными биосферными явлениями (на примере изменений ширины годовых древесных колец хвойных растений после извержений вулканов) // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. №07-08. С. 45-55.

34. Пьявченко Н.И. Лесное болотоведение. Основные вопросы. М.: АН СССР, 1963. 192 с

35. Растительный покров Западно-Сибирской равнины / И.С. Ильина, Е.И. Лапшина, Н.Н. Лавренко и др. Новосибирск: Наука, 1985. 249с.

36. Сорокина Н.В. Антропогенные изменения северо-таежных экосистем Западной Сибири (на примере Надымского района): дис.канд. ... биол. наук / Тюменский гос. ун-т. Тюмень, 2003. 24 с.

37. Тигеев А.А. Особенности почвенного покрова бассейна реки Хыльмигьяха (Надым-Пуровское междуречье). Вестн.Тюменского гос. ун-та. 2014. № 4.

38. Тюкавина О.Н. Изменение структуры годовых колец сосны под влиянием осушения // Лесной журнал. 2014. С. 72-80.

39. Физико-географическое районирование Тюменской области / ред.Гвоздецкий Н.А. М.: МГУ, 1973. 248 с.

40. Формозов А.Н. Степные озера и водоплавающие птицы северного Казахстана и юга Западной Сибири // Русский орнитологический журнал. 2013. Т. 22. Экспресс-выпуск 879. С. 1301-1315.

41. Чернова И.А [выпускная квалификационная работа] Влияние климатических характеристик на радиальный прирост древостоя заповедного участка «Лес на Ворскле». Белгород, 2016. 65 с.

42. Чижов Б.Е. Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа. Тюмень: Изд-во Ю. Мандрики, 1998. 144 с.

43. Шамилишвили Г.А., Абакумов Е.В., Печкин А.С. Особенности почвенного покрова Надымского района, ЯНАО. Науч.Вестн.Ямало-Ненецкого авт. округа. 2016. № 4(93). С. 12-16.
44. Шиятов С. Г. Дендрохронология, ее принципы и методы. Зап. Свердлов. отд-ния. ВБО. Свердловск, 1973. Вып. 6. С. 53-81.
45. Юрковская Т.К. География и картография растительности болот Европейской России и сопредельных территорий. СПб.: БИН РАН им. В.Л. Комарова, 1992. 256 с.
46. 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.
47. Fritts H.C. Tree Rings and Climate. London: Academic Press, 1976. 571 p.
48. Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences. Eds. E. Cook and L. Kairiukstis. Dordrecht, Boston, Kluwer Academy Publishers, 1990. 394 p.
49. LaMarche V.C., Hirschboeck K.K., Frost rings in trees as records of major volcanic eruptions // Nature. 1984. Vol. 307 (5947). P. 121–126.
50. Report of the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, South Africa, 26 August– 4 September 2002 / United Nations, New York, 2002. 173 p.
51. Schweingruber F. H. Tree rings – basics and applications of dendrochronology. Kluwer Academic, 1988. 276 p.
52. Schweingruber F.H. Tree rings and environment. Dendroecology. Paul Haupt: Berne- Stuttgart-Vienna, 1996. 609 p.
53. Self S., Rampino M.R. The 1883 eruption of Krakatau // Nature. 1981. Vol. 294 (5843). P. 699-704.

ПРИЛОЖЕНИЕ. ГЕОБОТАНИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ НА ТРАНСЕКТАХ.

Ярус	Название вида (лат.)	Сводная таблица болотных описаний																			
		Трансекта 1								Трансекта 2				Трансекта 3							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	
Самнужность края		0,6	0,4	0,6	0,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	
Древесный ярус		Древесный ярус								Древесный ярус				Древесный ярус							
Сосна сибирский (недр)	Pinus sibirica	4	+	4		+				+								4	2		
Ель сибирская	Picea obovata									+					3	4	1				
Береза пушистая	Betula pubescens	+	2			+															
Лиственница сибирская	Larix sibirica	3	6	5	2		2	7		10	10				6	6	8	6	8		
Сосна обыкновенная	Pinus sylvestris	3	2	1	8	10	8	3							1		1				
Подрост		Подрост								Подрост				Подрост							
Сосна сибирский (недр)	Pinus sibirica		sp	cop1	sp	cop1	sp	cop1	sol	sol					sol						
Ель сибирская	Picea obovata	+								sp	sp	sol									
Береза пушистая	Betula pubescens	+	sol	sol	sol	sol							sol	sol							
Лиственница сибирская	Larix sibirica							sp		sp	sp						sol	sol			
Сосна обыкновенная	Pinus sylvestris	+	sp	sp	sp	sp	sol	sol		+	+			sol	sol				+	+	
Кустарники		Кустарники								Кустарники				Кустарники							
Ольха серая	Alnus incana																				
Можжевельник обыкновенный	Juniperus communis						+	+													
Кустарнички		Кустарнички								Кустарнички				Кустарнички							
Процентное покрытие		70	60	60	30	40	60	30	60	40	40	60	60	60	50	60	80	90	90	80	
Ерники		Ерники																			
Бетула болотная	Betula palustris		sol	sol	sol	sol	sp	cop1	cop1	cop1	cop1	cop1	cop1	sp	cop2	cop2	cop2	cop2	cop1	sp	
Мирт болотный (Хамедофит)	Chamaedaphne calyculata						cop1	cop2	cop2				cop1	sol						sp	
Клюква болотная	Oxycoccus palustris						sp					sp							sp	sp	
Морозник приземистый	Rubus chamaemorus						cop1	sp	sp				sp					sp	so	cop1	
Голубика обыкновенная	Vaccinium uliginosum					sp				cop1	cop1										
Шикша (вадьяна)	Empetrum nigrum	sp	sp	sol	sol	sol	sp	sp	sp								sp	sp		sp	
Черника обыкновенная	Vaccinium myrtillus	cop1	cop1			sp	+								cop1	cop1	cop1	sp	sp		
Вруссика обыкновенная	Vaccinium vitis-idaea	cop1		cop1	cop2	sp				sp	cop1							sp	sp	+	
Лодбел обыкновенный	Andromeda polifolia								sp	sp	cop1	sp	sol								
Травы		Травы								Травы				Травы							
Осака шаровидная	Carex globularis							sp	sp		sp	sp		sol	sol	sp					
Осака Бухгалу	Carex limosa							sp	sp						+	+					
Лушница влагалищная	Eriophorum vaginatum												cop1							cop1	
Вахта трехлистная	Menyanthes trifoliata							sp													
Двурядник сплюснутый	Diphysastrum complanatum	+									+										
Бимолобка зонтичная	Chimaphila umbellata	+		+		sol															
Ковыль лесной	Equisetum sylvaticum	+				sol	+														
Мхи и лишайники		Мхи и лишайники								Мхи и лишайники				Мхи и лишайники							
Процентное покрытие		70	90	90	60	80	80	90	90	75	70	90	90	80	80	90	90	90	90	60	
Сфагнум бурый	Sphagnum fuscum			+		+	40	70	40			35		7	7	10	10	40			
Сфагнум балтийский	Sphagnum balticum						30			10	20							40	20	+	
Сфагнум магелланский	Sphagnum magellanicum							40									10			+	
Сфагнум Гиргенсона	Sphagnum gigensohnii						+	10				35	65						70	60	
Плевроциум Шребера	Pleurozium schreberi	60	90	90	60	70															
Политрихум обыкновенный	Polytrichum commune	+	+	+			+	10		20	7	20	25	20	sol	5					
Кладония лесная	Cladonia arbuscula	+						5		40	40			50	50		40	10			
Кладония оленья	Cladonia rangiferina							5		10						30	30				