

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт наук о Земле
Кафедра геоэкологии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК
Заведующий кафедрой
Доктор биологических наук
_____ А.В. Синдирева
_____ 2021 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
магистерская диссертация

МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО
ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФА СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ
(НАДЫМСКИЙ РАЙОН, ЯНАО)

05.04.06 Экология и природопользование
Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнила работу
студентка 2 курса
очной
формы обучения

Коленникова
Татьяна
Алексеевна

Научный руководитель
д.б.н., профессор

Соромотин
Андрей
Владимирович

Рецензент
канд. геол.-минерал. наук

Устинова
Елена
Валерьевна

Тюмень
2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1. ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФА	7
1.1. ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФА.....	7
1.2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ НАДЫМ	10
1.3. МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ	12
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	15
2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	16
2.1.1. Анклав.....	17
2.1.2. Лес.....	20
2.2. МЕТОДИКА РАБОТ	21
ГЛАВА 3. МИКРОКЛИМАТ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФА	27
3.1. ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛИМАТА ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ ЛЕСНОГО МАССИВА И АНКЛАВА МОЛОДОГО ЛЕСА .	27
3.1.1. Температура воздуха в лесу и в анклаве.....	27
3.1.2. Относительная влажность воздуха в лесу и в анклаве	30
3.1.3. Ветер в лесу и в анклаве	34
3.1.4. Сравнительный анализ параметров микроклимата в лесу и анклаве	38
3.2. МИКРОКЛИМАТ ОСНОВНЫХ ФОРМ МЕЗОРЕЛЬЕФА ПЕСЧАНОГО РАЗДУВА	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	57

Микроклиматические параметры, измеренные с помощью «Метеоскопа-М» в лесу на территории естественного рельефа Надымского района ЯНАО с 4 по 6 августа 2020 года	57
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	60
Микроклиматические параметры, измеренные с помощью «Метеоскопа-М» в анклаве на территории естественного рельефа Надымского района ЯНАО с 4 по 6 августа 2020 года.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	63
Микроклиматические параметры, измеренные с помощью «Метеоскопа-М» в лесу и анклаве на территории естественного рельефа Надымского района ЯНАО с 4 по 6 августа 2020 года.....	63

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность диссертационного исследования заключается в том, что экологические факторы оказывают влияние как на лес в целом, так и на его отдельные компоненты. В природе существует комплексное влияние экологических факторов, проявляемое в различных сочетаниях. Известно, что температура, влажность и условия освещения зависят не только от метеорологических факторов, но и от характера растительности (Фардеева, Шафигуллина, 2018). Установлено, что температурные режимы в лесу и на полянах различны. Температура полян ночью может быть значительно ниже по сравнению с лесным массивом, а в дневные часы – наоборот, воздух на открытых местах нагревается сильнее, чем под пологом леса (Мясников и др., 2018).

При анализе загрязнения атмосферы по программе экологического мониторинга необходимо учитывать микроклиматические особенности и погодные условия в момент отбора проб. Ландшафтные особенности территорий, в том числе и рельеф, как правило, в расчет не принимаются и в настоящее время отсутствуют сведения о микроклимате и факторов его формирования в северотаежных лесах Западной Сибири.

Цель работы: оценить особенности формирования микроклимата приземного слоя атмосферы на основных элементах эолового рельефа северной тайги.

Объект исследования – эоловый мезорельеф естественного песчаного раздува северной тайги.

Предмет исследования – особенности формирования микроклимата в приземном слое атмосферы.

Исходя из указанной цели, решались следующие задачи:

- описать факторы формирования и природные условия эолового рельефа в среднем течении реки Надым;

- описать особенности формирования микроклимата приземного слоя атмосферы лесных ассоциаций эолового рельефа;
- провести сравнительную оценку микроклимата основных форм мезорельефа песчаного раздува.

Защищаемые положения:

1. Микроклимат зависит от характеристик растительного покрова и мезорельефа поверхности – в летний период в анклав молодого леса прохладнее и влажнее по сравнению с коренным лесом на старых дюнах песчаного раздува.

2. Амплитуда колебаний суточного хода относительной влажности и температуры воздуха на песчаном раздуве наиболее выражена в анклав молодого леса. В целом, в летний период здесь днем суше и теплее, ночью холоднее и влажнее по сравнению с дюнами, лишенных древесной растительности.

Методы исследования, которые использовались при выполнении исследования: географического районирования, статистического анализа полевых исследований и наблюдений, сравнительно-географический, методы климатологии и др.

Научная новизна: заключается в получении принципиально новых данных о характеристиках и условиях формирования микроклимата для северотаежных лесов Западной Сибири. Наше исследование завершит цикл анализа факторов формирования микроклиматических особенностей мезорельефа естественного песчаного раздува, расположенного близ города Надыма, в частности мы проанализировали микроклимат лесных участков – коренного леса на старых заросших дюнах и молодого леса на территории песчаных дюн.

При измерениях параметров элементов микроклимата мы впервые использовали одновременно два «Метеоскопа М», что позволило получить более достоверные сравнительные характеристики, исключив время перехода между участками.

Практическая значимость работы: полученные сведения об особенностях формирования микроклимата естественных северотаежных территорий позволят в дальнейшем учитывать характеристики метеоэлементов при оценке загрязнения атмосферы от антропогенных источников.

Область исследования: согласно паспорту специальности ВАК 25.00.36 «Геоэкология» выполненная работа относится к области исследования «Науки о Земле» - п.п. 1.11. Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем; п.п. 1.14. Моделирование геоэкологических процессов.

Апробация работы: по материалам исследования был сделан доклад на Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета и опубликованы тезисы:

Соромотин А.В., Коленникова Т.А., Амо П.Д. микроклиматические особенности естественных и техногенных ландшафтов на севере Западной Сибири //Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ. Сборник тезисов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета. 2020. С. 542-543.

Личный вклад автора заключается в анализе литературы, планировании и проведении замеров параметров микроклимата, статистической обработке полученных полевых данных, формулировке защищаемых положений и выводов, а также в написании диссертации.

Данная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 65 листах, включая 3 приложения.

ГЛАВА 1. ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФА

1.1. ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФА

Эоловые формы рельефа – это формы рельефа, возникающие под действием ветра, преимущественно в районах с аридным климатом (пустыни, полупустыни); встречаются также по берегам морей, озер и рек с малым растительным покровом, не способным защитить от действия ветра рыхлые и разрушенные выветриванием породы субстрата. Наиболее распространены аккумулятивные и аккумулятивно-дефляционные формы, образующиеся в результате перемещения и отложения ветром песчаных частиц, а также выработанные (дефляционные) (Федорович, 1964). Эоловые формы рельефа, возникающие за счет выдувания (дефляции) рыхлых продуктов выветривания, разрушения горных пород под воздействием динамических ударов самого ветра и, особенно, под действием ударов мелких частиц, переносимых ветром в ветропесчаном потоке (Климов, 2014).

Местность нашего исследования находится в центральной части Надымского района Ямало-Ненецкого автономного округа. От города Надым в 40 километрах на юго-восток. Данный естественный эоловый массив расположен на территории второй надпойменной террасы реки Надым. Около рек Надым, Пур и Пякупур наблюдаются аналогичные природные образования (Лоботросова и др., 2018б).

В публикациях говорят, что основополагающим фактором развития эоловых процессов служит изменение климата, а причиной, которая влияет на скорость протекания эоловых процессов, является растительный покров территории. Большая часть эолового рельефа представлена в виде котловин выдувания, по периферии и поверхности которых формируются аккумулятивные формы (валы, дюнные цепи, бугры, барханы и т.д.). (Лоботросова и др., 2018б).

Основные измерения микроклиматических показателей проводились на модельной котловине выдувания, находящейся на второй надпойменной террасе вблизи устья реки Хейгияха. Площадь котловины составляет 197,3 га, периметр 6450 м. Котловина вытянута по направлению север-юг (Лоботросова и др., 2018а).

На поверхности изучаемого песчаного раздува распределяются четыре формы рельефа дюн: комплексные, простые параболические, периферические и дюнные валы, которые в основном формируются под действием северо-западных, северо-восточных, и юго-западных ветров (рисунок 1).

В зависимости от микрогеоморфологической части песчаной дюны, она имеет склонность к зарастанию. Известно, что наибольшим изобилием растительности обладает подветренный склон песчаной дюны (Лоботросова и др., 2018а).

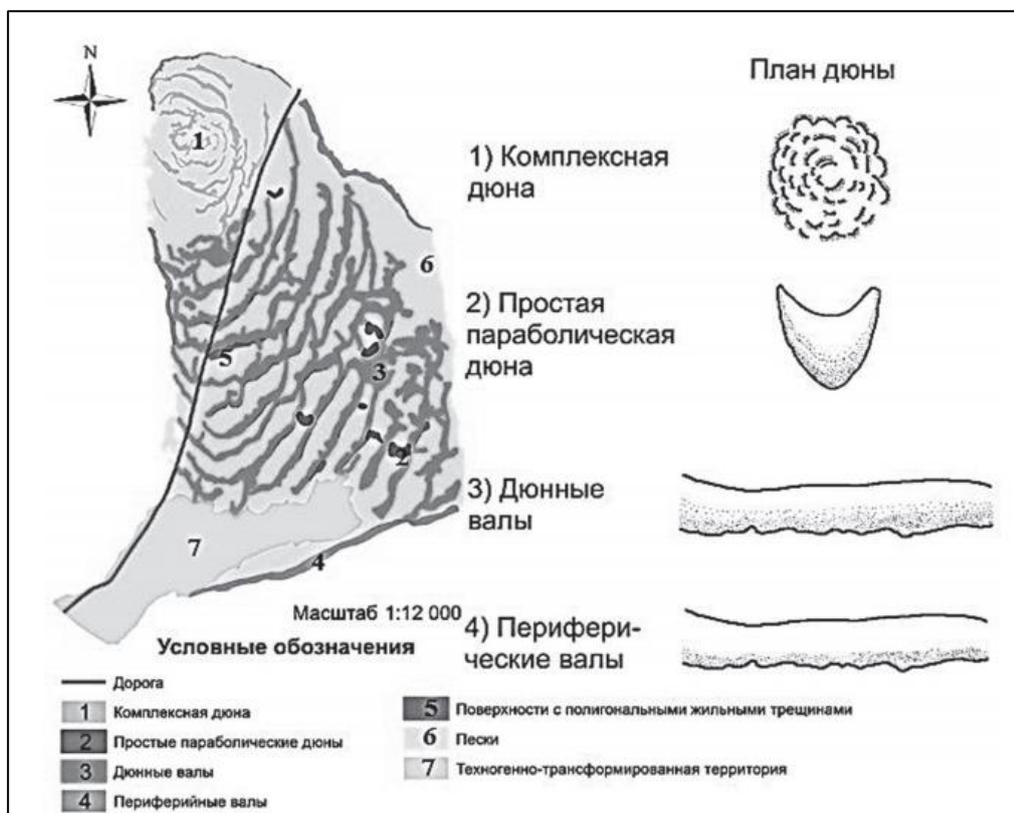


Рис. 1. Основные формы мезорельефа песчаного массива (Лоботросова, и др., 2018б)

Крайний север Западной Сибири занимает тундровая зона, в суровых условиях которой на мерзлых тундровых глеевых почвах формируются арктические мохово-лишайниковые, кустарничковые и кустарниковые тундры. Южнее идет неширокая полоса лесотундры, где на торфянисто-глеевых, глеево-слабоподзолистых и болотистых почвах развиты сложные сочетания кустарниковых тундр, лиственничных редколесий, торфяников и болот. Большая часть Западной Сибири занята таежной зоной, в пределах которой на торфяно-подзолистых и подзолистых почвах дренированных участков преобладают хвойные леса из сосны, ели, пихты, кедра и лиственницы. Плоские водоразделы обычно заболочены. Лишь южные районы плиты отличаются хорошей дренированностью (Чепурнов, 2000).

Распределение растительности на территории песчаного раздува зависит от многих экологических факторов. Благодаря действию сильных ветров возникает специфический микрорельеф котловины выдувания (Синицына и др., 1973).

Исходя из исследований, проведенных ранее, были построены профили нескольких зон с многообразными условиями формирования растительности. По такому профилю можно разделить зоны с различными условиями формирования растительного покрова, степень проективного покрытия и биомассы» (рисунок 2).

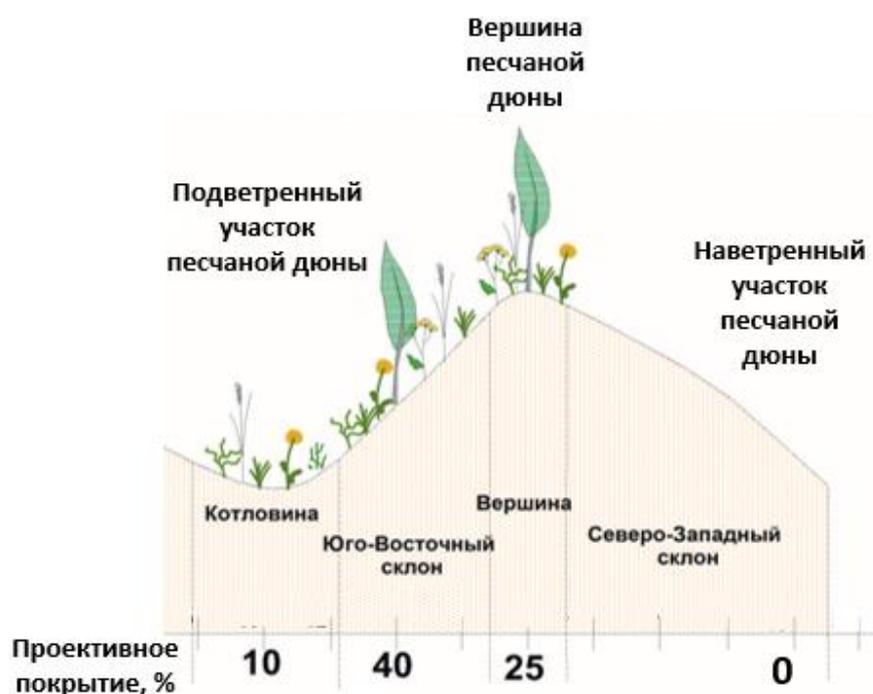


Рис. 2. Поперечный профиль участков исследования на песчаном раздуве
(Лоботросова и др., 2018а)

1.2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ НАДЫМ

Надым - небольшой город в Ямало-Ненецком автономном округе, расположенный на реке Надым, в 290 километрах от окружного центра. Площадь населенного пункта составляет 185 квадратных километров.

Западно-Сибирская равнина представляет собой сочетание низменностей и возвышенностей, достигающих на рассматриваемой территории высоты 250 – 285 м. Сибирские увалы разделяют ее на две части (котловины): Северную (Нижнеобскую) и южную (Среднеобскую). Сибирские увалы представляют собой плоские возвышенности средней высотой в 160 – 180 м; в верховьях реки Пура увалы понижаются до 90 – 95 м. На востоке цепь возвышенностей (материков) достигает высот 170 – 190 м, а в отдельных местах превышает 200 м и образует Тазовско-Енисейский водораздел (Ершов, 1989).

Большая протяженность Западно-Сибирской плиты с юга на север обуславливает неодинаковый климат разных ее районов, который в целом формируется под влиянием двух составляющих — радиационной и адвективной. Последняя зависит от особенностей циркуляции воздушных масс континентального и океанического происхождения (холодные и сухие воздушные массы поступают из Арктики, теплые континентальные воздушные массы привносятся с юга и юго-востока, а теплые и влажные — в основном с запада) (Ершов, 1989).

Температура воздуха в Ямало-Ненецком автономно округе циркуляция атмосфера находится под воздействием воздуха арктических и умеренных широт (Швер, 1991).

Среднегодовые температуры воздуха изменяются в пределах региона от $-11,8$ °С на Крайнем Севере до $2,2$ °С на самом юге, причем характер их колебаний от одного года к другому приблизительно одинаков для всех пунктов. Повышение среднегодовой многолетней температуры воздуха происходит в целом с северо-востока на юго-запад. На самом севере оно составляет около $0,4$ °С на 100 км. В более южных районах (лесотундра, северная тайга) изменение среднегодовой температуры более значительно и составляет $0,5—0,7$ °С на каждые 100 км. В южных районах региона повышение температуры воздуха вновь менее существенно. Температуры воздуха на одинаковых широтах в западной и восточной частях региона неодинаковы (Ершов, 1989).

Холодный период на севере региона длится $8—9$ месяцев. На большей части территории холодный период равен 7 месяцам, только на юге сокращается до 5 мес. Самый холодный месяц в году — январь. Его средняя месячная температура колеблется от -31 °С (пос. Сидоровск) до -18 °С (г. Семипалатинск). Для данной местности самым теплым месяцем будет июль, но для крайнего севера территории самым теплым будет август (Манасыпов, 2013).

Ветровой режим года зависит от циркуляционных факторов и местных условий. В соответствии с расположением барических полей и распространением суши и поверхности воды в годовом ходе режима ветра на нашей территории отлично проявляется с преобладанием зимой южной составляющей, летом проявляется муссонообразный характер (Рихтер, 1963).

Прохождение над Карским морем в зимние месяцы циклонов с низким давлением и установление высокого давления над материком является причиной частых ветров южного и юго-западного направлений, повторяемость которых достигает в сумме 35-45%. К концу зимы, начиная с мая, с ослаблением отрогов сибирского антициклона, ветры становятся менее постоянными, повторяемость их уменьшается примерно вдвое (Швер, 1991).

1.3. МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Анализируя литературные источники, были выявлены следующие отрасли направлений для изучения микроклимата – микроклимат рабочих зон и помещений, микроклимат (города) городской среды и микроклимат естественных ландшафтов.

Большая часть опубликованных исследований посвящено микроклимату рабочих зон, в которых анализируются комплексные воздействия элементов окружающей среды на работоспособность и физическое здоровье человека, в которых он осуществляет свою деятельность.

Далее следуют литература, посвященная формированию микроклимата в городах. Общеизвестно, что температура воздуха внутри городской застройки несколько выше, чем над окружающей сельской местностью, что ведет к образованию так называемых «островов тепла». В настоящее время

изучению климата больших городов уделяется большое внимание. Явление «острова тепла» в городах известно с первой половины XIX в. и ныне повсеместно изучается во многих аспектах (Ландсберг, 1983).

Причина, побудившая выделить микроклимат и местный климат в объекты самостоятельных исследований, кроме специфических особенностей их, обусловленных существенно иными масштабами, отличными от макроклимата, заключается в том, что, во-первых, именно в зоне микроклимата и местного климата протекает значительная часть деятельности человека и, во-вторых, они наиболее доступны для изменения в нужном направлении (Сапожникова, 1950).

Микроклимат (греч. *mikros* -- маленький и климат) - часть местного климата, различия метеорологических показателей в приземном слое воздуха на небольших участках ландшафта. Микроклимат в основном зависит от рельефа, от лесных насаждений и даже кустарников, от различных построек, различий в увлажнении почвогрунтов и тому подобного. Так, даже в небольших впадинах рельефа бывают весенне-осенние заморозки, от которых избавлены микроповышения (Адаменко, 1979).

Микроклимат – это явления, которые происходят в слое воздуха (1,5—2, 0 м над поверхностью почвы) и находятся в прямой зависимости от микрорельефа, характера растительности и т. д.

Микроклимат в основном зависит от рельефа, от лесных насаждений и даже кустарников, от различных построек, различий в увлажнении почвогрунтов и тому подобного. Так, даже в небольших впадинах рельефа бывают весенне-осенние заморозки, от которых избавлены микроповышения (Синицина и др., 1973).

Одним из важнейших факторов формирования различных микроклиматов является солнечная радиация. Она обуславливает тепло- и влагообмен, суточной и годовой ход метеорологических элементов, определяет общий приход тепла к деятельной поверхности и

микrokлиматические различия в её радиационном нагреве (Дроздов и др. 1989).

Особое значение приобретает оценка изменчивости радиационных показателей в районах, характеризующихся большим разнообразием форм рельефа и резкой пересеченностью местности. Поступление радиационного тепла к деятельной поверхности в условиях сложного рельефа очень сильно меняется на близких расстояниях. Эти различия возникают, в основном, под воздействием двух факторов, одним из которых является перераспределение поступающей солнечной радиации на склонах разной экспозиции и крутизны, другим - влияние закрытости горизонта (Адаменко, 1979).

Таким образом, эоловые формы рельефа образуются вследствие деятельности ветра, самыми распространенными являются аккумулятивные и аккумулятивно-дефляционные формы. Основная часть публикаций содержит материалы о том, что основным формирующим фактором для развития эоловых форм рельефа будет изменение климата, а скорость протекания данного процесса будет зависеть от растительного покрова территории.

Для нашей территории исследования важный вклад несет северный, северо-восточный и западный ветра, со скоростью до 16 м/с.

Понятие микrokлимата включает в себя изменения, которые происходят в приземном слое воздуха до 2,0 м, зависящие от растительного покрова и рельефа местности.

Микrokлимат подразделяется на три вида: микrokлимат рабочих зон, микrokлимат города и микrokлимат естественных ландшафтов. В настоящее время, информации по микrokлиматическим особенностям не достаточно для полноценного описания естественных ландшафтов таежной зоны. Подстилающая поверхность является основополагающим фактором для изменения микrokлимата.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наше исследование проводилось в августе 2020 года в районе одного из естественных песчаных массивов (раздувов), расположенном на второй надпойменной террасе левобережья р. Хейгияха, поблизости от города Надым с координатами по центру $N65^{\circ}21'26,94''$ и $E72^{\circ}58'02,28''$. Подобные позднеголоценовые эоловые образования широко распространены на территории Надымского Приобья, формирование которых началось около 1200 лет назад (Зыкина, 2017).

На территории раздува за длительное время его существования сформировалось несколько мезорельефных образований, таких как безлесные дюнные валы (вершины, наветренные и подветренные склоны, плоские междюнные участки с полигонами морозобойных песчаных клиньев, участки с лесной растительностью (анклавы с молодым лесом и сформировавшиеся климаксовые сообщества коренного леса на старых дюнах).

Во время образования эоловых песков в течение последних 1200 лет происходили короткие квазипериодические колебания среднегодовой температуры воздуха и увлажнения климата, проявившиеся в чередовании горизонтов эоловых песков и почв. В течение коротких фаз похолодания и аридизации климата усиливались эоловые процессы и формировались эоловые пески и эоловый рельеф. В течение коротких фаз потепления и увлажнения климата происходили закрепление эоловых песков растительностью и образование почв. Смена выявленных стадий формирования эолового микрорельефа была связана со сменой направления господствующих ветров (Зыкина и др., 2017).

Лесная ассоциация или тип лесного фитоценоза в лесной типологии рассматривается как вариант или разновидность типа леса, отличная от других ассоциаций определённого типа некоторыми особенностями (средним

возрастом основных древесных пород, относительным обилием отдельных видов растений и пр.).

Температура воздуха – это одно из термодинамических параметров состояния атмосферы, другими словами это степень нагретости воздуха, которая измеряется градусами Цельсия (Мясников и др., 2018).

Относительная влажность воздуха — определяется как отношение абсолютной влажности к её максимально возможному значению при той же температуре — предельное значение абсолютной влажности (точка росы). Чем ниже относительная влажность, тем воздух более сухой (Несмелова, 2006).

Точка росы – это определённое соотношение температуры и влажности воздуха, когда вода переходит из газообразного состояния в жидкое – или когда водяной пар конденсируется. При этом выделяется тепло, которое замедляет понижение температуры, если таковое происходит (Несмелова, 2006).

Скорость ветра – это горизонтальное движение потока воздуха относительно земной поверхности, возникающее в результате неравномерного распределения тепла и атмосферного давления и направленное из зоны высокого давления в зону низкого (Мясников и др., 2018).

2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

На территории песчаного раздува нами были выбраны два участка: молодой лес (далее анклав) и лесной массив (далее лес), на которых проводились все необходимые замеры.

2.1.1. Анклав

Первый участок, молодой лес – анклав, находится в Надымском районе, на второй надпойменной террасе р. Надым. Его координаты 65.355919 с.ш., 72.958757 в.д.

Фитоценозом данной территории будет формирующийся сосновый лес с лиственницей и березой, на месте песчаного раздува. Поверхность анклава плоская и слабонаклонная, расположенная на грунтово-песчаных почвах (Каретин, 1990).

На данной территории наблюдается недостаточное увлажнение.

Общее проективное покрытие составляет 60-70 %. На анклаве наблюдается 3 яруса: травяной, кустарничковый и древесный (Соромотин, 2018).

Таблица 1

Видовой состав на территории анклава молодого леса (Соромотин, 2018)

Видовой состав растений № п/п	Название растений	Фенофаза	Обилие в %	Примечание
1.	<i>Pinus sylvestris</i>	вег.	ед-но	3-6 м
2.	<i>Larix sibirica</i>	вег.	ед-но	3-6 м
3.	<i>Betula tortuosa</i>	вег.	ед-но	2-3 м
4.	<i>Festuca ovina</i>	вег., пл.	10-15	
5.	<i>Tanacetum bipinnatum</i>	вег., цв.	4-5	
6.	<i>Solidago virgaurea</i>	цв.	1	
7.	<i>Hieracium umbellatum</i>	цв.	менее 1	по склону песчаной дюны
8.	<i>Calamagrostis epigeios</i>	цв.	менее 1	обилие достигает 15%
9.	<i>Empetrum nigrum</i>	пл.	1	
10.	<i>Ledum palustre</i>	пл.	менее 1	gr.
11.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	вег.	менее 1	по краю сообщества
12.	<i>Polytrichum juniperinum</i>	-	-	
13.	<i>Polytrichum strictum</i>	-	30	gr.
14.	<i>Alectoria ochroleuca</i>	-	50	
15.	<i>Cladonia rangiferina</i>	-	15	
16.	<i>Cladonia stellaris</i>		5	gr.
17.	<i>Parmelia sulcata</i>			
18.	<i>Cladonia alpina</i>			

Примечание: пл. – плодоносит, вег. – вегетирует, цв. – цветет.

На западной границе модельной котловины произрастает лиственнично-березово-сосновый с примесью кедра кустарничково-зеленомошно-лишайниковый лес. Данная ассоциация включает 4 яруса. Первый ярус древесный, состоящий из березы извилистой (*Betula tortuosa*), сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*), лиственницы сибирской (*Lárix sibírica*), сосны сибирской (*Pínus sibírica*). Сомкнутость крон составляет 75-80 %. Средняя высота деревьев около 7-9 м. Второй ярус слагает подрост из березы извилистой (*Betula tortuosa*), сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*), лиственницы сибирской (*Lárix sibírica*), сосны сибирской (*Pínus sibírica*). Высота данного яруса достигает 0,5-1 м. Третий ярус сложен кустарничками в основном брусникой, черникой, голубикой, вороникой. Видовое обилие в данном ярусе варьирует от 3 до 6 видов. Средняя высота кустарничков около 30 см. На вершине аккумулятивного вала вдоль границы с лесом можно встретить кусты можжевельника обыкновенного (*Juníperus commúnis*). Четвертый ярус сложен мохово-лишайниковым покровом. Проективное покрытие данного яруса составляет около 95 % (Соромотин, 2018).

По северной границе наблюдается активное накопление песчаного материала и погребение отдельных деревьев. В результате выноса песка в некоторых местах образуются останцы растительности, скрепляемые корневой системой кедра сибирского (*Pínus sibírica*). Здесь встречаются 8 видов растений (Соромотин, 2018).

В южной части котловины в настоящее время ведутся работы по добыче песка. Отработанные участки карьера активно зарастают подростом из сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*), лиственницы сибирской (*Lárix sibírica*), березы извилистой (*Betula tortuosa*). Всего в данных ассоциациях встречается 5-7 видов растений (Соромотин, 2018).

В юго-восточной части по периферии наблюдается накопление песка и погребение отдельных деревьев. Высота аккумулятивных валов достигает 8-10 м (Соромотин, 2018).

К северо-западу от котловины выявлены два аккумулятивных вала, полностью закрепленные растительностью. Валы покрыты лишайником - кладонией альпийской (*Cladonia alpestris*). Также здесь присутствуют и типичные лесные сообщества. На вершине вала произрастают такие виды как береза извилистая (*Betula tortuosa*) и сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), лиственница сибирская (*Lárix sibírica*), сосна сибирская (*Pínus sibírica*). В надпочвенном покрове кроме кладонии присутствуют также толокнянка альпийская (*Arctostaphylos alpina*), брусника (*Vaccínium vítis-idaéa*), вороника (*Émpetrum*). На склоне преобладают сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), кедр сибирский (*Pínus sibírica*), брусника (*Vaccínium vítis-idaéa*), политрихум торчащий (*Polytrichum strictum*). В котловине между валами растет багульник болотный (*Lédum palústre*), черника (*Vaccínium myrtíllus*), голубика (*Vaccínium uliginósum*), брусника (*Vaccínium vítis-idaéa*), подрост из сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*), лиственницы сибирской (*Lárix sibírica*), сосны сибирской (*Pínus sibírica*), ели сибирской (*Píceá obováta*) (Соромотин, 2018).

Виды: кладонией альпийской (*Cladonia alpestris*), береза извилистая (*Betula tortuosa*), сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), лиственница сибирская (*Lárix sibírica*), сосна сибирская (*Pínus sibírica*), толокнянка альпийская (*Arctostaphylos alpina*), брусника (*Vaccínium vítis-idaéa*), вороника (*Émpetrum*), политрихум торчащий (*Polytrichum strictum*), багульник болотный (*Lédum palústre*), черника (*Vaccínium myrtíllus*), голубика (*Vaccínium uliginósum*), ели сибирской (*Píceá obováta*), можжевельник, *Juniperus communis* L., *Cladonia stellaris*, *Cladonia arbuscula*, *Cladonia rangiferina*, Проективное покрытие кустарничков, и независимо от преобладающего вида, в этом ярусе колеблется в пределах 10-30%. Сомкнутость крон в сосняках лишайниковых 0,3-0,4. Древостой в этом типе леса оценивается IV-V классами бонитета. До возраста 30-35 лет в ряде случаев они растут по V классу бонитета. Под пологом сосняков

лишайниковых почти повсеместно имеется подрост и самосев сосны. Количество подроста составляет 1-2 на 100 м² (Соромотин, 2018).

2.1.2. Лес

Второй участок, сформировавшийся лесной массив – лес, находится в Надымском районе, на второй надпойменной террасе р. Надым. Его координаты N 65°20.924' E 72°56.853'.

Фитоценозом данной территории будет формирующийся сосновый лес с лиственницей и березой, на месте песчаного раздува. Поверхность анклава пологоволнистая, расположенная на подзолистых почвах (Каретин, 1990).

На данной территории наблюдается недостаточное увлажнение.

Таблица 2

Ярусы растительных сообществ (Соромотин, 2018)

№	Название яруса	Высота, м	Господствующие виды
1	Древостой	10	Лиственница, кедр, береза
2	Кустарниковый	1,5	Можжевельник
3	Травяно-кустарничковый	0,3	Брусника, водяника
4	Мохово-лишайниковый	0,1	Сфагнум, кукушкин лен

Древостой.

Характер насаждений – естественный.

Сомкнутость крон, % 10.

Таблица 3

Видовой состав древесной растительности (Соромотин, 2018)

№	Вид	Ярус	Возраст	Высота, м	Диаметр ствола, м	Бонитет	Количество стволов, шт
1	Лиственница	1	60	14	0,32	3	4
2	Кедр	2	50	10	0,17	4	3
3	Береза	3	28	8	0,1	1	1

Кустарниковый ярус.

Кустарниковый ярус на территории леса представлен можжевельником.

Таблица 4

Видовой состав кустарниковой растительности (Соромотин, 2018)

№	Вид	Высота, м	Проективное покрытие, %	Фенофаза	Характер распределения
1	Можжевельник	1,2	5	Плод	Групп

Травяно-кустарничковый ярус.

Таблица 5

Видовой состав травяно-кустарничковой растительности (Соромотин, 2018)

№	Вид	Обилие	Ярус	Проективное покрытие, %	Жизненность	Фенофаза	Характер распределения
1	Брусника	1	2	10	3а	Конец генерации	Групп
2	Водяника	1	1	10	3а	Плод	Групп

Мохово-лишайниковый ярус.

Таблица 6

Проективное покрытие мохово-лишайниковой растительности
(Соромотин, 2018)

№	Вид	Проективное покрытие, %
1	Сфагнум	70
2	Кукушкин лен	30

2.2. МЕТОДИКА РАБОТ

Измерения будут проводиться Измерителем параметров микроклимата «МЕТЕОСКОП-М» (рисунок 3). Он предназначен для проведения измерений параметров микроклимата (температуры, относительной влажности, скорости воздушного потока и давления) в режиме однократных или периодических замеров при проведении контроля санитарно-гигиенических

требований на рабочих местах, в жилых и общественных зданиях, а также на открытых территориях в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ 30494-96, СанПиН 2.2.4.3359-16, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.1.2.2645-10, СанПиН 2.4.2.2821-10, СанПиН 2.1.2.2801-10, СП 131.13330.2012, СНиП 2.04.05-91 (Яншин, 2019).

Для измерений параметров микроклимата при использовании Метеоскоп-М, который позволяет проводить измерения следующих физических параметров:

- скорости потока воздуха в диапазоне от 0,1 до 20 м/с;
- температуры воздуха в диапазоне от - 40 °С до плюс 85 °С;
- влажности воздуха в диапазоне от 3% до 97 (Яншин, 2019).



Рис. 3. Измеритель параметров микроклимата (Яншин, 2019)

Технические характеристики

Измеритель обеспечивает:

- измерение текущих значений параметров микроклимата;
- усреднение результатов измерения текущих значений параметров микроклимата за выбираемый пользователем интервал времени (от 1 до 30 мин);

- хранение в памяти процессора средних значений параметров микроклимата суммарным количеством до 2000 результатов;

Основные технические характеристики Измерителя приведены в таблице 7.

Таблица 7

Основные технические характеристики Измеритель параметров микроклимата (Яншин, 2019)

Диапазон измерений температуры, °С	от минус 40 до плюс 85
Диапазон измерений относительной влажности, %	от 3 до 97
Диапазон измерений скорости воздушного потока, м/с	от 0,1 до 20
Пределы допускаемой абсолютной погрешности прибора:	
- канал измерений температуры, °С	±0,2
- канал измерений относительной влажности, %	±3,0
- канал измерений скорости в диапазоне от 0,1 до 1 м/с, м/с:	±(0,05+0,05V)
- канал измерений скорости в диапазоне св.1 до 20 м/с, м/с:	±(0,1+0,05V), где V – значение измеряемой скорости, м/с

Для измерения скорости воздушного потока в Измерителе используются два датчика температуры (термистора). Один, из которых находится в тепловом равновесии с окружающей средой, а другой нагревается электрическим током, заданной величины. Полученные с термисторов данные обрабатываются процессором. Результаты обработки отображаются на дисплее прибора (Яншин, 2019).

Измерение влажности воздуха основано на способности конденсатора менять свою емкость в зависимости от влажности среды, в которой он находится. В простейшем представлении датчик влажности, используемый в Измерителе, представляет собой конденсатор с одной (или двумя) перфорированными обкладками (Яншин, 2019).

Датчик влажности и термисторы Измерителя смонтированы в сенсометрическом щупе, соединенном с измерительно-индикаторным

блоком электрическим кабелем. Датчик давления выполнен на основе тензометрического моста сопротивления и установлен непосредственно в корпусе индикаторного блока (Яншин, 2019).

Составными частями Измерителя являются сенсометрический щуп, в котором размещены термисторы, термоанемометра и датчик влажности с согласующими элементами, шаровой термометр, измерительно-индикаторный блок, в котором размещены датчик давления, схема аналогово-цифрового преобразователя, центральный процессор, блок стабилизаторов и преобразователей напряжения питания, кнопочный блок управления процессором и жидкокристаллический алфавитно-цифровой дисплей матричного типа, блок питания (Яншин, 2019).

Использовать данный прибор возможно совместно с ПК, который осуществляет автоматизированный сбор информации о значениях физических параметров в заданных точках объекта (в частности, параметров микроклимата) (Яншин, 2019).

Известно, что температура, влажность и условия освещения зависят не только от метеорологических факторов, но и от характера растительности (Фардеева, Шафигуллина, 2018). Нами проанализированы параметры микроклимата на двух разнокачественных участках лесной растительности – сосняк беломошный (с лиственницей и кедром) со средним возрастом древостоя 180 – 200 лет и молодой лес, сформировавшийся на участке песчаного раздуба с максимальным возвратом деревьев 45 лет (рис. 1, космос, рис 2 фото леса и анклава).

Сбор данных был проведен неподалеку от города Надым, на песчаном раздубе. Измерение параметров микроклимата (температура, влажность и скорость ветра) проводились каждые 6 часов в течение двух суток, с 4 августа 2020 14:00 часов по 6 августа 2020 14:00 часов (были выбраны временные интервалы 14:00; 20:00; 2:00; 8:00).

Было выбрано два участка 10*10 метров, молодой лес (далее анклав) и лесной массив (далее лес). На данных участках было выбрано 10 течек,

расположенных на равном расстоянии друг от друга. На каждой точке измерения производились Измерителем параметров микроклимата «МЕТЕОСКОП-М» на высотах 0,5 м, 1,0 м, 1,5 м и 2,0 м от поверхности (рисунок 4). По температуре воздуха и влажности было измерено среднее значение на каждой высоте. По скорости ветра на каждой высоте были измерены 20 показателей в течение минуты.

За весь период измерений было собранно 15840 измерений всех показателей на обоих участках («анклав» и «лес»), из них:

по температуре воздуха – 720 измерений:

по влажности – 720 измерений;

по скорости ветра – 14400 измерений.

Для сопоставления полученных нами зависимостей между отдельными метеоэлементами на лесных участках песчаного раздува с особенностями формирования микроклимата на лишенных древесной растительности формах мезорельефа, мы использовали результаты предыдущих исследований (Франк, 2020).



Рис. 4. Измерение параметров микроклимата прибором «МЕТЕОСКОП М» на территории лесного массива («лес») (фото автора)

Таким образом, для измерений необходимых нам параметров микроклиматов мы использовали измеритель параметров микроклимата «МЕТЕОСКОП-М». За весь период измерений было собранно 15840 измерений всех показателей на участках анклава и леса.

ГЛАВА 3. МИКРОКЛИМАТ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФА

В данной главе мы приводим анализ результатов измерений параметров микроклимата на двух лесных ассоциациях эолового рельефа близ города Надьма, а также материалы предыдущих исследований микроклимата на различных элементах мезорельефа песчаного раздува, представляющего собой лишенное древесной растительности пространство (Франк, 2020).

3.1. ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛИМАТА ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ ЛЕСНОГО МАССИВА И АНКЛАВА МОЛОДОГО ЛЕСА

3.1.1. Температура воздуха в лесу и в анклаве

Анализ формирования температуры воздуха лесного участка (лес) за весь период наблюдений не выявил достоверных различий по высотам наблюдений (рисунок 5, таблица 8). То есть, температура воздуха в приземном 2-х метровом слое в лесу практически не меняется.

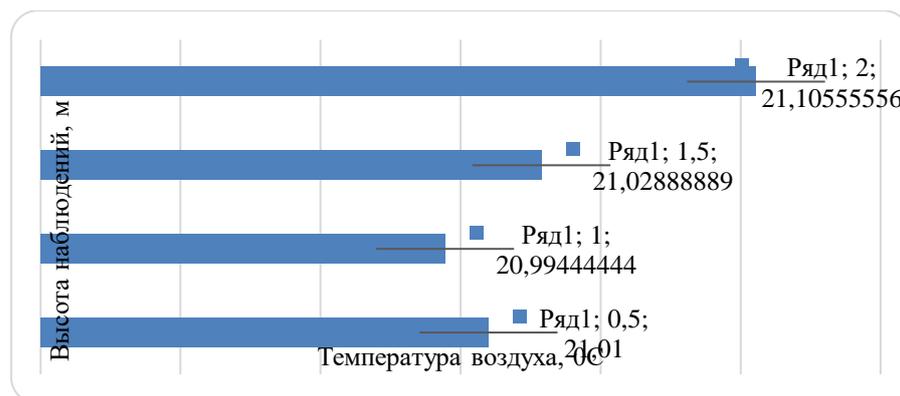


Рис. 5. График значения температуры воздуха на различных высотах в лесу за весь период наблюдений (по данным автора)

Таблица 8

Значения t критерия Стьюдента при сравнении достоверности различий значений температуры воздуха в лесу по высотам за весь период наблюдений (по данным автора)

Высота наблюдений	0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
0,5 м	-	0,02	-0,03	-0,14
1,0 м		-	-0,05	-0,16
1,5 м			-	-0,11
2,0 м				-

Таблица 9

Значения коэффициентов корреляции между значениями температуры воздуха в лесу на различных высотах за весь период наблюдений (по данным автора)

Время наблюдений	Высота наблюдений				
		0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
14:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,89	1,00		
	1,5 м	0,85	0,79	1,00	
	2,0 м	0,78	0,80	0,83	1,00
20:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,97	1,00		
	1,5 м	0,89	0,95	1,00	
	2,0 м	0,88	0,94	0,98	1,00
02:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,74	1,00		
	1,5 м	0,59	0,92	1,00	
	2,0 м	0,56	0,88	0,92	1,00
08:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,94	1,00		
	1,5 м	0,86	0,91	1,00	
	2,0 м	0,75	0,85	0,83	1,00

Примечание: «красным» выделены различия, достоверные при $P < 0,001$

Корреляционный анализ значений температуры воздуха за весь период наблюдений между различными высотами в лесу показал достоверную зависимость между всеми массивами данных по высотно-временным рядам,

что позволяет нам, принимая во внимание отсутствие достоверных различий средних значений температуры по высотам, в дальнейшем сравнительном анализе формирования микроклимата различных участков мезорельефа песчаного раздуга использовать усредненные данные по температуре воздуха в приземном слое от 0,5 до 2,0 м от поверхности (таблица 9).

Анализ формирования температуры воздуха молодого леса (анклав) за весь период наблюдений не выявил достоверных различий на различных высотах (рисунок 6, таблица 10). То есть, температура воздуха в анклав в приземном 2-х метровом слое практически не меняется.

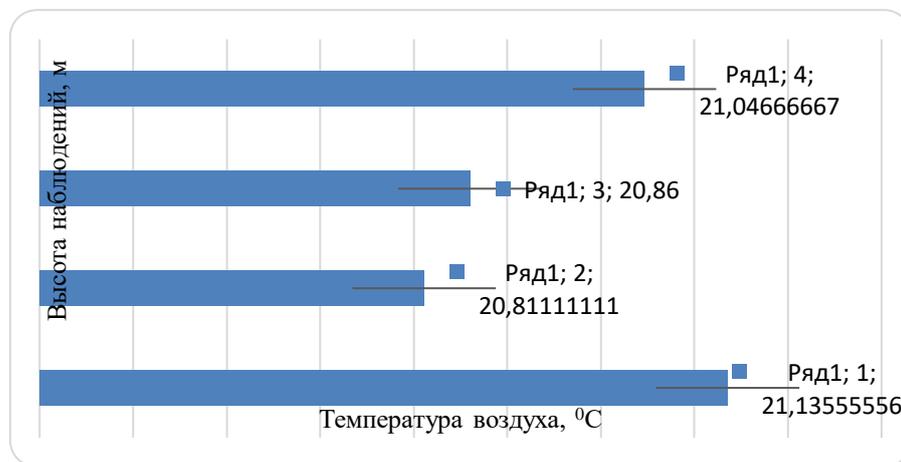


Рис. 6. График значения температуры воздуха на различных высотах в анклав за весь период наблюдений (по данным автора)

Таблица 10

Значения t критерия Стьюдента при сравнении достоверности различий значений температуры воздуха в анклав по высотам за весь период наблюдений (по данным автора)

Высота наблюдений	0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
0,5 м	-	0,39	0,33	0,11
1,0 м		-	-0,06	-0,28
1,5 м			-	-0,22
2,0 м				-

Корреляционный анализ значений температуры воздуха в анклав за весь период наблюдений между различными высотами показал достоверную

зависимость между всеми массивами данных по высотно-временным рядам, что позволяет нам, принимая во внимание отсутствие достоверных различий средних значений температуры по высотам, в дальнейшем сравнительном анализе формирования микроклимата различных участков мезорельефа песчаного раздува использовать усредненные данные по температуре воздуха в приземном слое от 0,5 до 2,0 м от поверхности (таблица 11).

Таблица 11

Значения коэффициентов корреляции между значениями температуры воздуха в анклав на различных высотах за весь период наблюдений
(по данным автора)

Время наблюдений	Высота наблюдений				
		0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
14:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,77	1,00		
	1,5 м	0,61	0,64	1,00	
	2,0 м	0,76	0,69	0,71	1,00
20:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,99	1,00		
	1,5 м	0,97	0,99	1,00	
	2,0 м	0,94	0,96	0,98	1,00
02:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,96	1,00		
	1,5 м	0,98	0,98	1,00	
	2,0 м	0,96	0,98	0,99	1,00
08:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,61	1,00		
	1,5 м	0,54	0,57	1,00	
	2,0 м	0,53	0,26	0,62	1,00

Примечание: «красным» выделены различия, достоверные при $P < 0,001$

3.1.2. Относительная влажность воздуха в лесу и в анклав

Анализ формирования относительной влажности воздуха лесного участка (лес) за весь период наблюдений не выявил достоверных различий на различных высотах (рисунок 7, таблица 12). То есть, относительная влажность воздуха в приземном 2-х метровом слое практически не меняется.

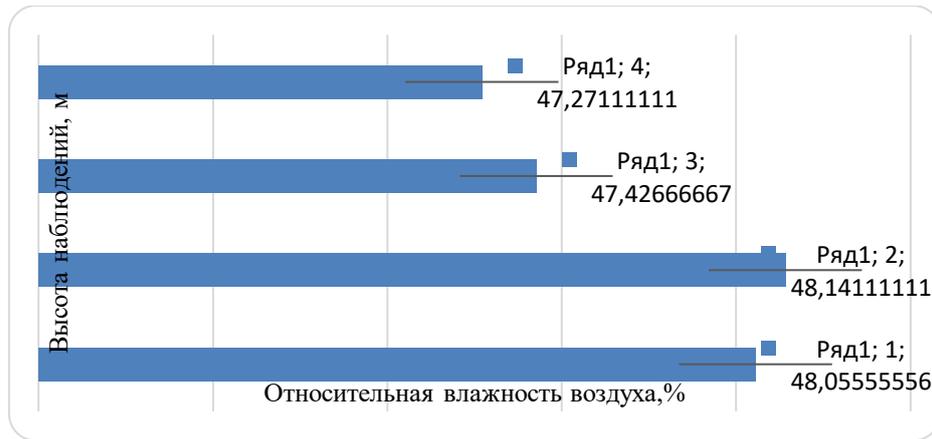


Рис. 7. График значения относительной влажности воздуха на различных высотах в лесу за весь период наблюдений (по данным автора)

Таблица 12

Значения t критерия Стьюдента при сравнении достоверности различий значений относительной влажности воздуха в лесу по высотам за весь период наблюдений (по данным автора)

Высота наблюдений	0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
0,5 м	-	-0,04	0,30	0,38
1,0 м		-	0,34	0,41
1,5 м			-	0,07
2,0 м				-

Корреляционный анализ значений относительной влажности воздуха в лесу за весь период наблюдений между различными высотами показал достоверную зависимость между всеми массивами данных по высотно-временным рядам, что позволяет нам, принимая во внимание отсутствие достоверных различий средних значений относительной влажности по высотам, в дальнейшем сравнительном анализе формирования микроклимата различных участков мезорельефа песчаного раздува использовать усредненные данные по относительной влажности воздуха в приземном слое от 0,5 до 2,0 м от поверхности (таблица 13).

Значения коэффициентов корреляции между значениями относительной влажности воздуха в лесу на различных высотах за весь период наблюдений (по данным автора)

Время наблюдений	Высота наблюдений				
		0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
14:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,96	1,00		
	1,5 м	0,92	0,96	1,00	
	2,0 м	0,92	0,95	0,97	1,00
20:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,96	1,00		
	1,5 м	0,95	0,97	1,00	
	2,0 м	0,92	0,94	0,99	1,00
02:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,98	1,00		
	1,5 м	0,97	0,99	1,00	
	2,0 м	0,96	0,98	1,00	1,00
08:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,93	1,00		
	1,5 м	0,95	0,98	1,00	
	2,0 м	0,92	0,97	0,98	1,00

Примечание: «красным» выделены различия, достоверные при $P < 0,001$

Анализ формирования относительной влажности воздуха молодого леса (анклав) за весь период наблюдений не выявил достоверных различий на различных высотах (рисунок 8, таблица 14). То есть, относительная влажность воздуха в приземном 2-х метровом слое практически не меняется.

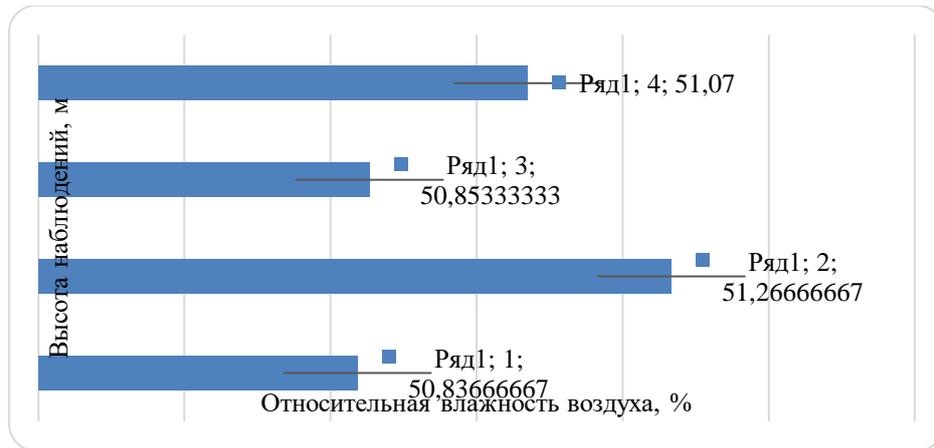


Рис. 8. График значения относительной влажности воздуха на различных высотах в анклавe за весь период наблюдений (по данным автора)

Таблица 14

Значения t критерия Стьюдента при сравнении достоверности различий значений относительной влажности воздуха в анклавe по высотам за весь период наблюдений (по данным автора)

Высота наблюдений	0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
0,5 м	-	-0,14	-0,01	-0,08
1,0 м		-	0,14	0,06
1,5 м			-	-0,07
2,0 м				-

Корреляционный анализ значений относительной влажности воздуха в анклавe за весь период наблюдений между различными высотами показал достоверную зависимость между всеми массивами данных по высотно-временным рядам, что позволяет нам, принимая во внимание отсутствие достоверных различий средних значений относительной влажности по высотам, в дальнейшем сравнительном анализе формирования микроклимата различных участков мезорельефа песчаного раздува использовать усредненные данные по относительной влажности воздуха в приземном слое от 0,5 до 2,0 м от поверхности (таблица 15).

Значения коэффициентов корреляции между значениями относительной влажности воздуха на различных высотах в анклав за весь период наблюдений (по данным автора)

Время наблюдений	Высота наблюдений				
		0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
14:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,92	1,00		
	1,5 м	0,90	0,95	1,00	
	2,0 м	0,83	0,93	0,95	1,00
20:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,98	1,00		
	1,5 м	0,96	0,99	1,00	
	2,0 м	0,95	0,98	0,99	1,00
02:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	1,00	1,00		
	1,5 м	0,99	0,99	1,00	
	2,0 м	0,98	0,98	0,99	1,00
08:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,98	1,00		
	1,5 м	0,93	0,96	1,00	
	2,0 м	0,89	0,92	0,97	1,00

Примечание: «красным» выделены различия, достоверные при $P < 0,001$

3.1.3. Ветер в лесу и в анклав

Анализ формирования ветра лесного участка (лес) за весь период наблюдений не выявил достоверных различий на различных высотах (рисунок 9, таблица 16). То есть, скорость ветра в приземном 2-х метровом слое практически не меняется.



Рис. 9. График значения скорости ветра на различных высотах в лесу за весь период наблюдений (по данным автора)

Таблица 16

Значения t критерия Стьюдента при сравнении достоверности различий значений скорости ветра воздуха в лесу по высотам за весь период наблюдений (по данным автора)

Высота наблюдений	0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
0,5 м	-	0,90	-0,22	-0,02
1,0 м		-	-1,13	-0,90
1,5 м			-	0,20
2,0 м				-

Корреляционный анализ скоростей ветра в лесу за весь период наблюдений между различными высотами показал достоверную зависимость между большинством сравниваемых высотно-временных рядов значений, что позволяет нам, принимая во внимание отсутствие достоверных различий средних значений скоростей ветра по высотам, в дальнейшем сравнительном анализе формирования микроклимата различных участков мезорельефа песчаного раздува использовать усредненные данные по скорости ветра в приземном слое от 0,5 до 2,0 м от поверхности (таблица 17).

Таблица 17

Значения коэффициентов корреляции между значениями скорости ветра в лесу на различных высотах за весь период наблюдений (по данным автора)

Время наблюдений	Высота наблюдений				
		0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
14:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,28	1,00		
	1,5 м	-0,04	0,08	1,00	
	2,0 м	0,28	0,18	0,14	1,00
20:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,49	1,00		
	1,5 м	0,04	0,34	1,00	
	2,0 м	0,05	0,24	0,59	1,00
02:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,37	1,00		
	1,5 м	0,34	0,60	1,00	
	2,0 м	0,27	0,40	0,32	1,00
08:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,08	1,00		
	1,5 м	-0,06	0,16	1,00	
	2,0 м	-0,01	0,15	0,07	1,00

Примечание: «красным» выделены различия, достоверные при $P < 0,001$

Анализ формирования ветра молодого леса (анклав) за весь период наблюдений не выявил достоверных различий на различных высотах (рисунок 10, таблица 18). То есть, скорость ветра в приземном 2-х метровом слое анклава практически не меняется.

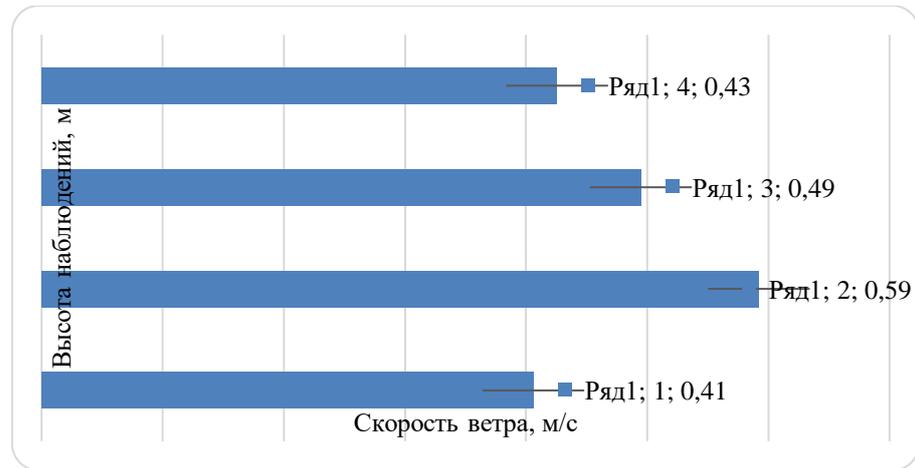


Рис. 10. График значения скорости ветра на различных высотах в анклавe за весь период наблюдений (по данным автора)

Таблица 18

Значения t критерия Стьюдента при сравнении достоверности различий значений скорости ветра воздуха в анклавe по высотам за весь период наблюдений (по данным автора)

Высота наблюдений	0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
0,5 м	-	-2,64	-1,58	-0,38
1,0 м		-	1,26	2,23
1,5 м			-	1,13
2,0 м				-

Корреляционный анализ значений скорости ветра в анклавe за весь период наблюдений между различными высотами показал достоверную зависимость в абсолютном большинстве случаев между всеми массивами данных по высотно-временным рядам, что позволяет нам, принимая во внимание отсутствие в большинстве случаев достоверных различий средних значений скорости ветра по высотам, в дальнейшем сравнительном анализе формирования микроклимата различных участков мезорельефа песчаного раздува использовать усредненные данные по скорости ветра в приземном слое от 0,5 до 2,0 м от поверхности (таблица 19).

Коэффициентов корреляции между значениями скорости ветра на различных высотах в анклавe за весь период наблюдений (по данным автора)

Время наблюдений	Высота наблюдений				
		0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м
14:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,37	1,00		
	1,5 м	0,22	0,40	1,00	
	2,0 м	0,26	0,21	0,40	1,00
20:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,61	1,00		
	1,5 м	0,37	0,61	1,00	
	2,0 м	0,39	0,57	0,54	1,00
02:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,85	1,00		
	1,5 м	0,47	0,55	1,00	
	2,0 м	0,38	0,52	0,65	1,00
08:00	0,5 м	1,00			
	1,0 м	0,11	1,00		
	1,5 м	0,07	0,26	1,00	
	2,0 м	-0,08	0,09	0,32	1,00

Примечание: «красным» выделены различия, достоверные при $P < 0,001$

3.1.4. Сравнительный анализ параметров микроклимата в лесу и анклавe

Наши исследования показали, что между температурой, относительной влажностью воздуха и скоростью ветра в приземном слое атмосферы в лесу и в анклавe существуют определенные взаимосвязи. Значения парных коэффициентов корреляции между этими параметрами микроклимата показаны в таблице 20.

Коэффициенты корреляции между значениями температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра в приземном слое атмосферы в лесу и в анклав за весь период наблюдений (по данным автора)

Показатель	Температура лес	Влажность лес	Температура анклав	Влажность анклав	Ветер лес	Ветер анклав
Температура лес	1,00	-0,90	0,99	-0,98	0,73	0,67
Влажность лес		1,00	-0,84	0,92	-0,64	-0,63
Температура анклав			1,00	-0,97	0,77	0,64
Влажность анклав				1,00	-0,72	-0,63
Ветер лес					1,00	0,56
Ветер анклав						1,00

Примечание: отмеченные корреляции значимы на уровне при $P < 0,001$

Одними из основных параметров микроклимата, оказывающих влияние на жизнедеятельность растений, являются влажность и температура воздуха – существуют оптимальные температурные условия для фотосинтеза и дыхания, поглощение влаги и транспирация растительного организма также зависят от температуры и влажностью воздуха (Ипатов, Кирикова, 1997).

Наши исследования показали, что между значениями температуры и относительной влажности воздуха, как в лесу, так и в анклав существует достоверная обратная зависимость очень высокой степени (в лесу $r = -0,90$ и в анклав $r = -0,97$), то есть при повышении температуры влажность снижается (таблица 19). Наши наблюдения подтверждает хорошо известную в климатологии обратную связь между температурой и влажностью воздуха (Хромов, 2006).

Характер зависимости относительной влажности от температуры приземного слоя воздуха (до 2 м) за весь период наблюдений показан на рисунке 11. Отмечается, что максимальные различия во взаимосвязи

температура-влажность в лесу и анклав отмечаются при низких температурах воздуха ночью, в дневное время различия минимальны.

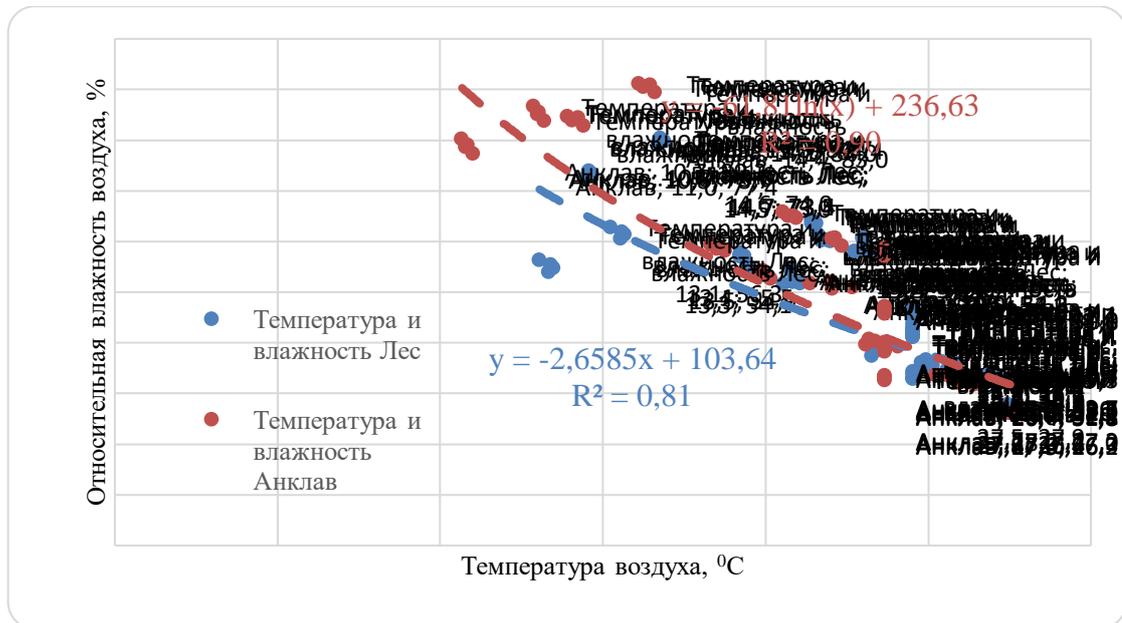


Рис. 11. График зависимости относительной влажности от температуры приземного слоя воздуха (до 2 м) в лесу и в анклав за весь период наблюдений (по данным автора)

В целом, в летний период в коренном лесу на старых дюнах прохладнее и влажнее по сравнению с анклавом молодого леса.

Суточный ход температуры воздуха в лесу, на анклав и метеостанции аэропорта города Надыма за весь период наблюдений представлен на рисунке 12 (Архив погоды г. Надым). Отмечаются наибольшие различия в ночное время, достигающие десятка градусов (от 1 до 13), тогда как днем, утром и вечером различия минимальны и измеряются в долях единицы (от 0 до 1).

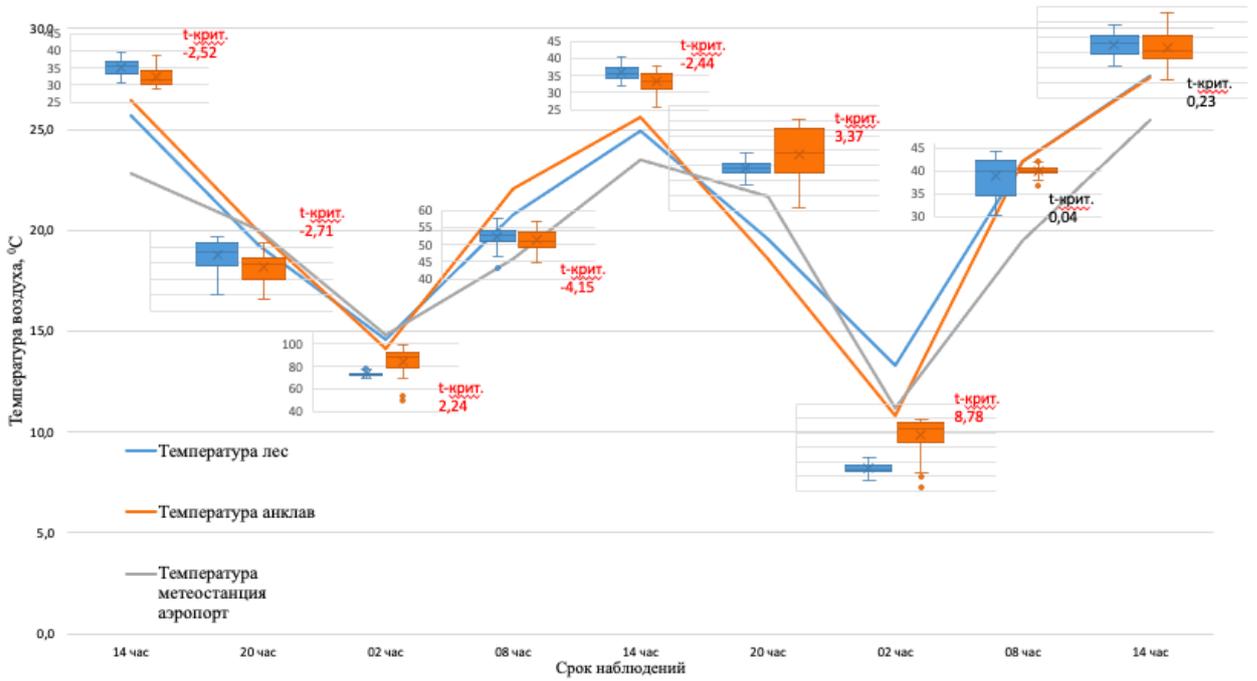


Рис. 12. График суточного хода температуры воздуха в лесу, на анклав и метеостанции аэропорта города Надыма за весь период наблюдений (красным выделены значения t критерия Стьюдента при достоверных различиях значений относительной влажности между лесом и анклавом в данный срок наблюдений) (по данным автора)

Характер зависимости температуры от скорости ветра в приземном слое воздуха (до 2 м) за весь период наблюдений показан на рисунке 13. Отмечается, что температура воздуха достоверно положительно зависит от скорости ветра, при этом сила связи в анклав средней степени ($r = 0,64$), а в лесу – высокой степени ($r = 0,73$) (Таблица 20). Отмечается, что максимальные различия во взаимосвязи температура-ветер в лесу и анклав отмечаются при высоких температурах воздуха в дневное время, ночью различия минимальны.

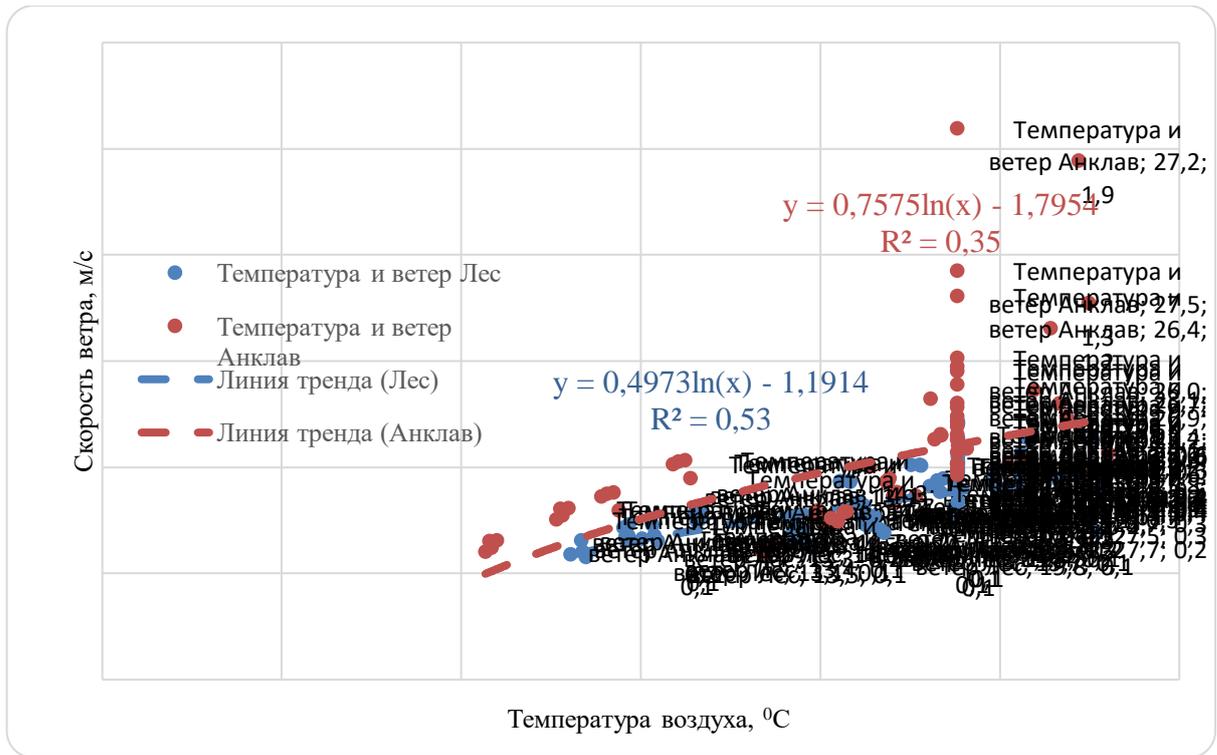


Рис. 13. График зависимости температуры от скорости ветра приземного слоя воздуха (до 2 м) в лесу и в анклаве за весь период наблюдений (по данным автора)

Суточный ход относительной влажности воздуха в лесу, на анклаве и метеостанции аэропорта города Надыма за весь период наблюдений представлен на рисунке 14. Отмечаются наибольшие различия в ночное время, достигающие процентов (от 24 до 30), тогда как днем, утром и вечером различия минимальны (от 0 до 3).

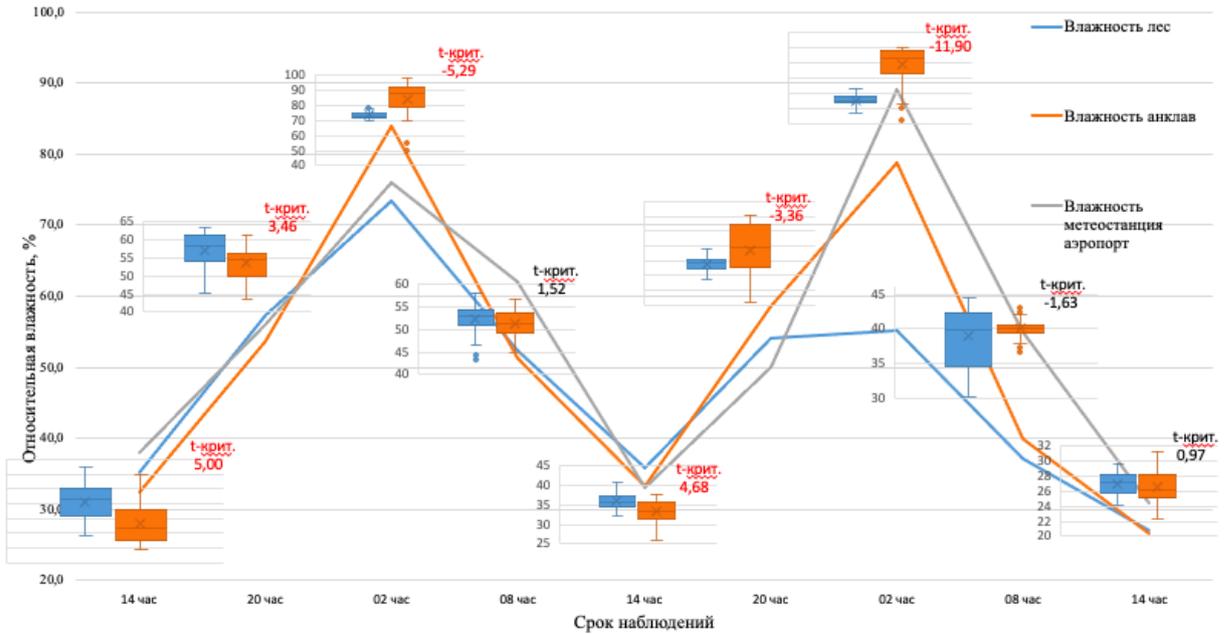


Рис. 14. График суточного хода относительной влажности воздуха в лесу, на анклав и метеостанции аэропорта города Надыма за весь период наблюдений (красным выделены значения t критерия Стьюдента при достоверных различиях значений относительной влажности между лесом и анклавом в данный срок наблюдений) (по данным автора)

Суточный ход скорости ветра в лесу, на анклав и метеостанции аэропорта города Надыма за весь период наблюдений представлен на рисунке 15. Отмечаются наибольшие различия в дневное время, достигающие метра в секунду (до 0,9), тогда как ночью различия минимальны и измеряются в десятых долях метра в секунду (0,2).

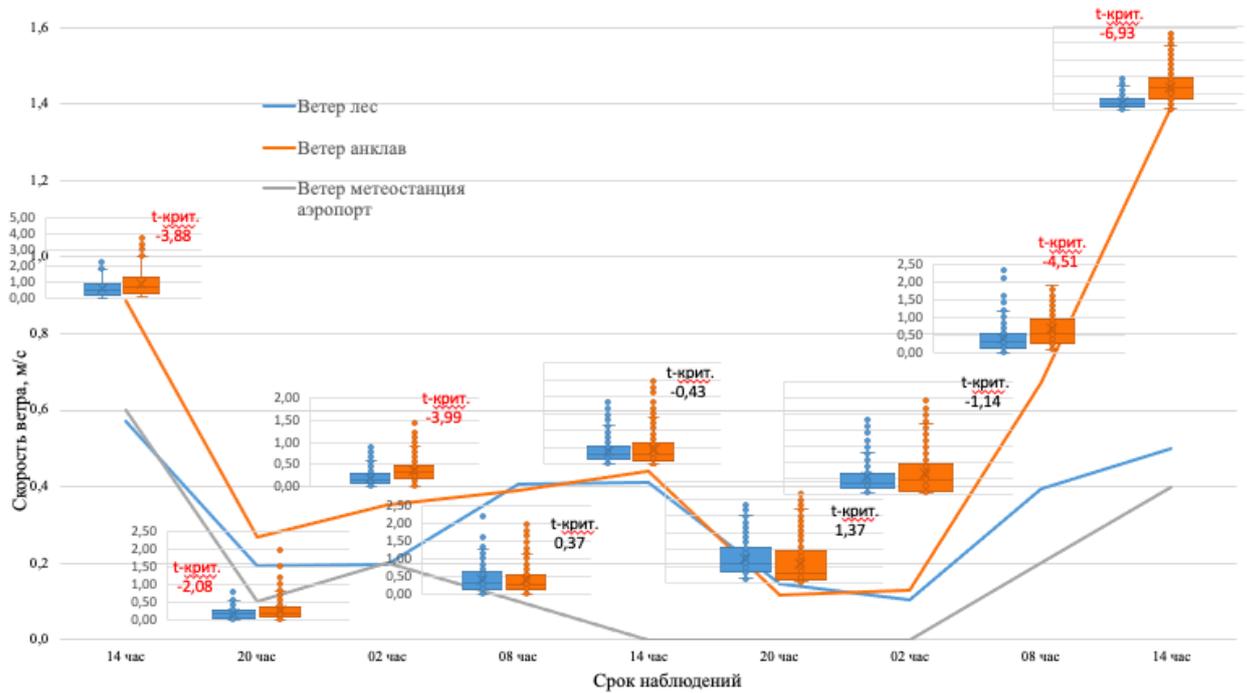


Рис. 15. График суточного хода скорости ветра в лесу, на анклав и метеостанции аэропорта города Надьма за весь период наблюдений (красным выделены значения t критерия Стьюдента при достоверных различиях значений относительной влажности между лесом и анклавом в данный срок наблюдений) (по данным автора)

Характер зависимости относительной влажности от скорости ветра в приземном слое воздуха (до 2 м) за весь период наблюдений показан на рисунке 3.134. Отмечается, что относительная влажность воздуха достоверно положительно зависит от скорости ветра, сила связи, как в анклав, так и в лесу одинаковая – средняя ($r = -0,63$ и $r = -0,64$ соответственно) (Таблица 16).

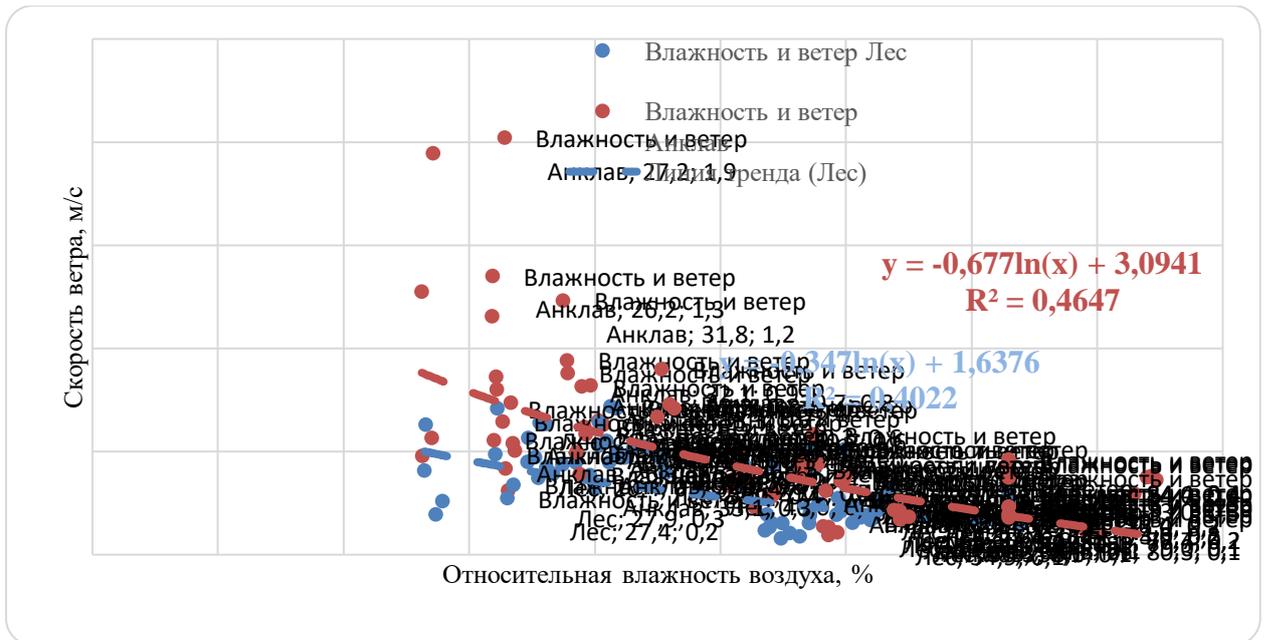


Рис. 16. График зависимости относительной влажности воздуха от скорости ветра приземного слоя воздуха (до 2 м) в лесу и в анклав за весь период наблюдений (по данным автора)

3.2. МИКРОКЛИМАТ ОСНОВНЫХ ФОРМ МЕЗОРЕЛЬЕФА ПЕСЧАНОГО РАЗДУВА

Для сравнения значений метеоэлементов на различных участках мезорельефа песчаного раздува мы использовали коэффициенты, полученные как частное средних значений наблюдаемой температуры и относительной влажности (на каждом участке в данное время) и среднесуточных значений температуры и относительной влажности по метеостанции аэропорта Надыма в день наблюдений (с сайта gr5.ru).

Анализ микроклиматических особенностей различных участков мезорельефа (анклава молодого леса, вершин дюн, подветренных и наветренных склонов) показал, что наибольшие колебания значений температуры и влажности отмечаются в анклав молодого леса. На рисунках 17,18 показаны значения температур и относительной влажности, приведённые к среднесуточным значениям по метеостанции аэропорта города Надыма.

$K_t = t_1/t_2$ (по данным автора)

K_t - коэффициент температуры воздуха;

t_1 - значение наблюдаемой температуры воздуха (на каждом участке в данное время);

t_2 - среднесуточное значение температуры воздуха по метеостанции аэропорта Надыма в день наблюдений.

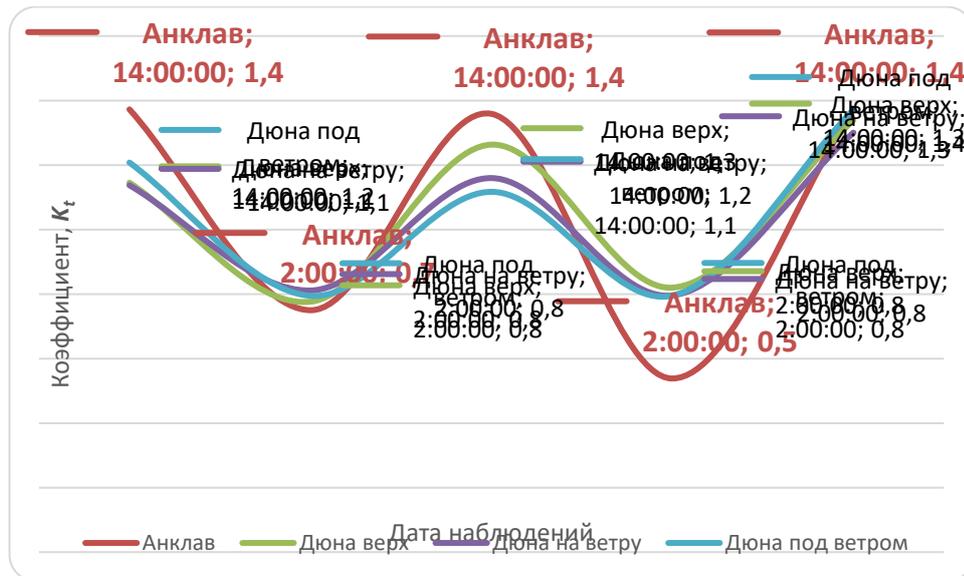


Рис. 17. График приведенных к среднесуточным значениям температуры воздуха на элементах мезорельефа песчаного раздува (по данным автора)

$K_\phi = \phi_1/\phi_2$ (по данным автора)

K_ϕ - коэффициент относительной влажности воздуха;

ϕ_1 - значение наблюдаемой относительной влажности воздуха (на каждом участке в данное время);

ϕ_2 - среднесуточное значение относительной влажности воздуха по метеостанции аэропорта Надыма в день наблюдений.

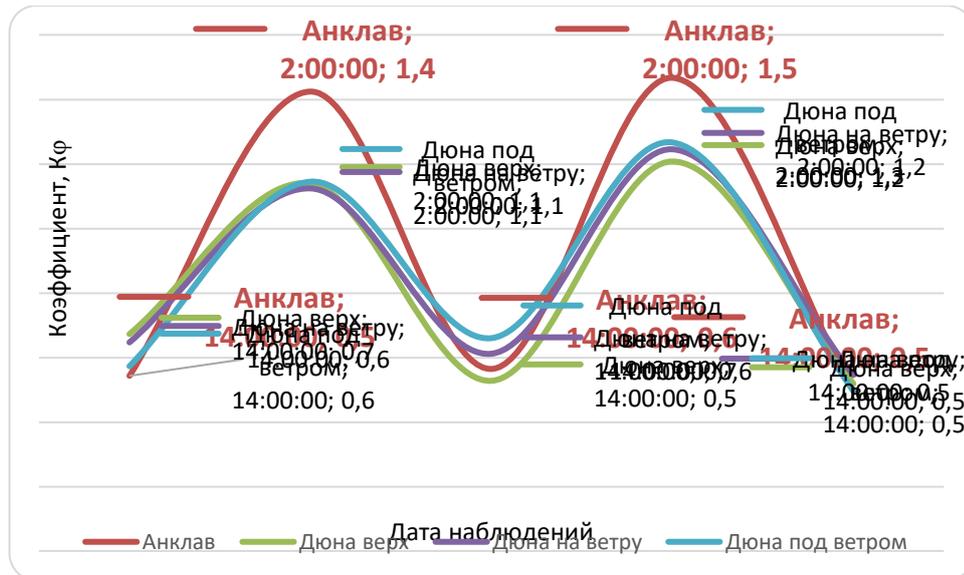


Рис. 18. График приведенных к среднесуточным значениям относительной влажности воздуха на элементах мезорельефа песчаного раздува (по данным автора)

Таким образом, мы привели анализ результатов измерений параметров микроклимата на двух лесных ассоциациях эолового рельефа близ города Надыма, а также сопоставили наши материалы с предыдущими исследованиями микроклимата на элементах песчаного раздува, лишенных древесной растительности.

По результатам статистической обработки данных, были сделаны выводы:

1. Между значениями температуры и относительной влажности воздуха в 2х метровом приземном слое атмосферы, как в лесу, так и в анклаве существует достоверная обратная зависимость очень высокой степени (в лесу $r = -0,90$ и в анклаве $r = -0,97$), то есть при повышении температуры влажность снижается.

2. Максимальные различия во взаимосвязи температура-влажность в лесу и анклаве в 2х метровом приземном слое атмосферы отмечаются при низких температурах воздуха ночью, в дневное время различия минимальны. В целом, в летний период в анклаве молодого леса прохладнее и влажнее по сравнению с коренным лесом на старых дюнах.

3. Наибольшие различия в скоростях ветра в 2х метровом приземном слое атмосферы, как в анклав, так и в коренном лесу наблюдаются дневное время, достигающие метра в секунду (до 0,9), тогда как ночью различия минимальны и измеряются в десятых долях метра в секунду (0,2

4. Между скоростями ветра и значениями температуры воздуха в 2х метровом приземном слое атмосферы, как в анклав, так и в коренном лесу наблюдается положительная связь средней степени ($r= 0,64$ и $r= 0,73$ соответственно). Максимальные различия во взаимосвязи температура-ветер отмечаются при высоких температурах воздуха в дневное время, ночью различия минимальны.

5. Между скоростями ветра в двух метровом приземном слое атмосферы и значениями относительной влажности воздуха, как в анклав, так и в коренном лесу наблюдается отрицательная связь средней степени ($r= -0,63$ и $r= -0,64$).

6. Анализ микроклиматических особенностей различных участков мезорельефа естественного песчаного раздува (анклава молодого леса, вершин дюн, подветренных и наветренных склонов) показал, что наибольшие колебания значений температуры и влажности в течение суток отмечаются в анклав молодого леса. В ночное время в анклав молодого леса более влажно и холоднее, по сравнению с безлесными участками дюн.

7. В ряду безлесные участки дюн – анклав молодого леса – коренной лес на заросших дюнах прослеживается общая закономерность увеличения относительной влажности и снижение температуры воздуха в приземном слое атмосферы в летний период в ночное время.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы изучили микроклиматические особенности нескольких элементов эолового рельефа северной тайги. Эоловые формы рельефа образуются вследствие деятельности ветра, самыми распространенными являются аккумулятивные и аккумулятивно-дефляционные формы.

Исходя из нашей работы, мы получили следующие выводы:

1. Основным фактором формирования естественного эолового рельефа является изменение климата, в частности на это влияет ветер, который способен разрушать горную породу и переносить мелкие частицы.

2. На формирование микроклимата в приземном слое атмосферного воздуха лесных ассоциаций эолового рельефа будут оказывать влияние метеорологические элементы: температура воздуха, относительная влажность воздуха и скорость ветра.

Для сравнительной оценки микроклимата основных форм мезорельефа мы провели статистическую обработку данных. На основе этого мы сделали следующие выводы:

1. Микроклимат естественного песчаного раздува зависит от характеристик растительного покрова и мезорельефа поверхности – в летний период в анклав молодого леса прохладнее и влажнее по сравнению с коренным лесом на старых дюнах песчаного раздува. Максимальные различия во взаимосвязи температура-влажность в лесу и анклав в двух метровом приземном слое атмосферы отмечаются при низких температурах воздуха ночью, в дневное время различия минимальны.

2. Анализ микроклиматических особенностей различных участков мезорельефа естественного песчаного раздува (анклав молодого леса, вершин дюн, подветренных и наветренных склонов) показал, что наибольшие колебания значений температуры воздуха и относительной влажности воздуха в течение суток отмечаются в анклав молодого леса. В

ночное время в анклавe молодого леса более влажно и холоднее, по сравнению с безлесными участками дюн.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Chen, J., Saunders, S. C., Crow, T. R., Naiman, R. J., Brosofske, K. D., Mroz, G. D., Franklin, J. F.. Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology. *BioScience*, 1999. 49(4), 288–297.
2. Frenne P., Lenoir J. , Miska L., Scheffers B. , Zellweger F. , Juha Aalto, Michael B. Ashcroft, Ditte M. Christiansen, Guillaume Decocq, Karen De Pauw, Sanne Govaert, Caroline Greiser, Eva Gril, Arndt Hampe, Tommaso Jucker, David H. Klinges, Irena A. Koelemeijer, Jonas J. Lembrechts, Ronan Marrec, Camille Meeussen, Jérôme Ogée, Vilna Tuystjärvi, Pieter Vangansbeke, Kristoffer Hylander. Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda/ *Global Change Biology*, 2021.
3. Schwarz N., Schlink U., Franck U., Großmann K., Relationship of land surface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat island indicators—an application for the city of Leipzig (Germany) *Ecol. Indic*, 2012, 18 693–704.
4. Varentsov M., Konstantinov P., Samsonov T., and Repina I., Investigation of the urban heat island phenomenon during polar night based on experimental measurements and remote sensing of Norilsk city (in Russian) *Sovremennye Problemy Distantionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*, 2014,11 329–37.
5. Адаменко В.Н. Мелиоративная микроклиматология.-Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 184с.
6. Алябышева Е.А., Анализ параметров микроклимата в различных функциональных зонах г. Йошкар-Олы// *Современные проблемы медицины и естественных наук*. Выпуск 8,2019, С. 264-264.
7. Атлас Тюменской области / Отв. ред. И.П. Заруцкая. – М. – Тюмень, 1971.
8. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. 2004. Омск: ФГУП «Омская картографическая фабрика», 2004. 303 с.

9. Васильевская В.Д., Иванов В.В., Богатырев Л.Г. Почвы севера Западной Сибири. – М.: Изд-во МГУ, 1986. 228 с.

Гвоздецкий Н.А. Физико-географическое районирование Тюменской области. М.: Изд.-во Московского университета, 1973. 244 с.

10. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д., Афанасьев Т.В. Таежное почвообразование в континентальных условиях.–М.: Изд-во МГУ,1981. 216 с.

11. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышев Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Я.К., Школьный В.П. Климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.

12. Западная Сибирь / отв. ред. Г.Д. Рихтер. – М.: Издательство Академии наук, 1963. 488 с.

13. Измеров В.Ф. Руководство по гигиене труда. М, Медицина, 1987, 368 с.

14. Ипатов В. С, Кирикова Л. А. Фитоценология: Учебник. — СПб.: И76 Изд-во С.-Петербург, ун-та, 1997. 316 с.

15. Исаков С.В., Шкляев В.А. Оценка поступления солнечной радиации на естественные поверхности с применением геоинформационных систем // Географический вестник 2012, 1(20). С 72-80.

16. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области / Л.Н. Каретин. – Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1990. 286 с.

17. Киреев И.М., Коваль З.М. Экспресс-метод и средства определения влажности почвы// «Информационные технологии и приборы в АПК» «АГРОИНФО-2015»: сб. науч. докл. VI Международной научно-практической конференции «АГРОИНФО 2015», г. Новосибирск. В 2 ч. Ч.1. – Новосибирск: ГНУ СибФТИ аграрных проблем, 2015. – С. 217-224.

18. Климов Г. К. Учебное пособие для студентов высшего профессионального образования (ВПО) по направлениям 280100 "Безопасность жизнедеятельности" и 280200 "Защита окружающей среды, Москва: ИНФРА-М, 2014. 338 с.

19. Коронатова Н.Г. Особенности и условия восстановления почвенно-растительного покрова на карьерах Западной Сибири // Вестник Томского гос. ун-та. Приложение №7. Томск, 2003. С. 135-141.
20. Лакин Г.Ф. Биометрия. Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. И доп.-М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
21. Ландсберг Г.Е. Климат города. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 248 с.
22. Лесная энциклопедия /Лиственничные леса / М.: Сов. энциклопедия, 1986. Т. 2. 631 с.
23. Лёзин В.А. Водные ресурсы рек и озер Тюменской области. – Вестник ТюмГУ, выпуск №12, 2011. 14 с.
24. Лёзин В.А. Реки Ямало-Ненецкого автономного округа. Справочное пособие. Издательство «Вектор Бук». Тюмень, 2000. 142 с.
25. Лоботросова С.А., Соромотин А.В., Сизов О.С., Сафонов Ю.С. Растительные сообщества эоловых форм рельефа северной тайги Западной Сибири и рекомендации к рекультивации оголенных песков //Человек и север: Антропология, археология, экология: Материалы всероссийской научной конференции, г. Тюмень, 2-6 апреля 2018 г. Тюмень: ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, 2018. Вып. 4. С. 532-533 (а).
26. Лоботросова С.А., Сафонов Ю.С., Соромотин А.В., Сизов О.С., Роль мезорельефа в зарастании естественных песчаных дюн в подзоне северной тайги Западной Сибири//Актуальные вопросы биогеографии: Материалы Международной конференции, г. Санкт- Петербург, 9-12 октября 2018 г. Санкт-Петербургский государственный университет. С. 242-244 (б).
27. Манасыпов Р. М. Биогеохимические особенности экосистем термокарстовых озер субарктики Западной Сибири : автореферат кандидата биологических наук : 03.02.08 Томский государственный университет. Томск, 2013. 23 с.
28. Медведев В.И. Физиологические механизмы оптимизации деятельности. Л., Наука, 1985, 136 с.

29. Мясников А.Г., Воробьев Д.С., Касымов Д.П. Лесная экология: учебно-методическое пособие. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. 138 с.
30. Несмелова Е.И., Филлипова М.Г., Микроклиматология, МГУ, 2006 . 186 с.
31. Растительный покров Западно-Сибирской равнины / И.С. Ильина, Е.И. Лапшина, Н.Н. Лавренко и др.–Новосибирск:Наука, Сиб. отд-ние, 1985. 250 с.
32. Романова Е.Н., Мосолова Г.И., Берсенева И.А. Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. Л.: ГИМИЗ, 1983 г. 245 с.
33. Рубинштейн, К. Г. Оценка изменения температуры воздуха и количества осадков в крупных городах (на примере Москвы и Нью-Йорка) / К. Г. Рубинштейн, А. С. Гинзбург // Метеорология и гидрология. 2003. № 2. С. 29–38.
34. Сапожникова С.А. Микроклимат и местный климат // Л.: Гидрометеоиздат, 1950. 241 с.
35. Седых В.Н. Раздувы – пустыни севера//Журнал «Интерэкспо Гео-Сибирь». Общие и комплексные проблемы естественных и точных наук. Изд-во ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий». № 3. Том 3. 2016. С. 110-115.
36. Семакина А.В., Вахрушев В.С., Микроклимат города Ижевска//Экология городской среды: история, современность, и перспективы: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Астрахань, 25-26 октября 2018 г. ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет». С. 84-87.
37. Семенов Е.К., Соколихина Н.Н., Тудрий К.О., Щенин М.В. Синоптические механизмы зимнего потепления в Арктике // Метеорология и гидрология. 2015. № 9. С. 20–30.

38. Сизов О.С., Лоботросова С.А. Особенности восстановления растительности в пределах участков развеваемых песков северотаежной подзоны Западной Сибири // Криосфера Земли. 2016. Т. 20. № 3. С. 3-13.
39. Соломатов А.С. Влияние потепления климата на изменение температурного режима морей арктического региона // Состояние арктических морей и территорий в условиях изменения климата: сб. тезисов Всероссийской конференции с международным участием / сост. С.В. Рябченко; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: ИД САФУ, 2014. 19 с.
40. Синицина Н.И., Гольцберг И.А., Струнников Э.А. Агроклиматология // Ленинград. Гидрометеоиздат, 1973. 344 с.
41. Термодинамические свойства и процессы влажного воздуха : монография/ В. С. Белоусов, С.А. Нейская, Н.П.Ширяева, Г.П. Ясников. Екатеринбург: Учебное электронное текстовое издание, 2005, 176 с.
42. Фардеева М.Б., Шафигуллина Н.Р. Экология растений и методы фитоиндикации. Учебное пособие к теоретическим и практическим занятиям: – Казань: Казанский федеральный университет, 2018.
43. Федорович Б. А., Зональность эолового рельефообразования, в сборник е: Развитие и преобразование географической среды, М., 1964.
44. Франк К. А. Комплексная оценка микроклимата эоловых форм рельефа и лиственничных редколесий в надымском приобье. Тюмень, 2020. 76 с.
45. Хренов В.Я. Почвы Тюменской области / В.Я. Хренов. – Екатеринбург: УрФО РАН, 2002. 156с.
46. Хромов С. П., Петросянц М. А., Метеорология и климатология: учебник.- 7-е изд. – М.: Изд-во Моск. Ун-та: Наука, 2006. 582 с.
47. Чепурнов М. Б. Прогноз изменения геокриологических условий Европейского Севера России и Западной Сибири в связи с возможными изменениями климата: диссертация кандидата геолого-минералогических наук: 04.00.07. - Москва, 2000. 190 с.

48. Червяцова О.Я., Исследования микроклимата Игнатиевской пещеры//Спелеология и спелестология: ФБУ «Заповедник «Шульган-Таш», 2011 г. Набережночелнинский государственный педагогический университет. С. 39-46 .

49. Швер Ц. А. Климат территории нефтегазовых месторождений на полуостровах Тазовский и Ямал, специализированный справочник. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. 214 с.

50. Щербань М.И. Микроклиматология. Вис шк. Головное изд-во, 1985. 224 с.

51. Архив погоды г. Надым: [сайт] URL: [https://rp5.ru/Погода_в_Надыме_\(аэропорт\)](https://rp5.ru/Погода_в_Надыме_(аэропорт)) (Дата обращения:17.04.2021).

52. Яншин В.Н. Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп - М». [Электронный ресурс] – <http://www.gidrometpribors.ru/tech/meteoskop-m-re-mp.pdf> [дата обращения 16.05.2021].

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Микроклиматические параметры, измеренные с помощью «Метеоскопа-М» в лесу на территории естественного рельефа Надымского района ЯНАО с 4 по 6 августа 2020 года

Параметр		Температура, °С				Влажность, %			
Дата/Время		Высота h, см				Высота h, см			
		0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
04.08.2020	14:00	26,9	26,3	26,7	26,5	39,5	37,4	37,1	39,9
		24,8	25,1	25,4	24,8	38,2	36,6	35,4	36
		25,1	25,3	24,8	24	37,5	35,8	35,4	37,4
		24,7	25,1	25,4	25	35,6	37,2	38,5	39,1
		25,2	25,4	25,2	26,3	36,2	33,8	34,2	32,6
		24,8	24,6	24,8	25,2	35,5	35,9	35,1	36,4
		25,5	24,9	25	25,5	39,1	35,6	33,8	36,7
		27,2	27,4	26,3	28,3	33	30,6	31,4	31,3
		27,7	26,7	27,3	27,4	33	30,7	32,3	33,1
	26,5	25,2	25	24	33,2	33,5	33,5	33,5	
	20:00	22,9	22,2	21,2	21,4	45,3	46,5	46,6	48,2
		20,1	20,1	20,1	20,2	51,8	53,1	52,3	52,3
		20	19,8	19,5	19,7	54,4	54,5	54,3	53,8
		19,6	19,4	19,3	19,4	56	58	56,8	56,4
		19,3	19,4	19,5	19,4	57,8	58,1	57,5	57,5
		19,1	18,9	19	19	59,9	59,6	58,7	58,6
		17,9	18,3	18,9	18,9	60,8	61,4	59,5	58,9
		18,1	17,9	18,4	18,5	60,6	61,9	60,9	61,4
18,5		18,5	18,6	18,4	61,7	62	61,3	60,5	
18,1	17,8	17,7	17,9	62,9	63,3	63,3	63,1		
05.08.2020	2:00	16,1	15,5	14,9	15,4	69,5	75,5	73,1	71,9
		15,1	15,5	15,7	15,9	74	70,6	71,1	70,6
		15,3	14,4	14,3	14,1	70,1	73,9	74,3	75,1
		13,7	14,1	13,9	14,5	77,7	78,9	76	77,3
		13,7	14,6	14,6	13,9	76,7	75,8	73,4	72,3
		14,3	13,8	14,6	14,4	72,1	72,8	73,6	73,6
		14,4	14,3	14,8	14,9	72,5	71,9	72,8	71,6
		14,1	14,5	14,5	14,5	71	73	74,2	75,5
		14,5	14,6	14,8	14,8	72,3	72,7	72,6	71,9
	14,1	14,4	14,5	14,4	74,3	74,5	73,5	73,8	
	8:00	20,7	19,9	17,6	19	50	52	53	55
		21,1	21,4	21,7	21	52,6	53,5	51,7	50,9
		21,6	20,9	20,7	21,1	54,1	50,4	51,4	50,2
		20,6	20,2	20,7	19,9	53,1	52	51,8	52,5
		19,9	21	20,3	22,9	53,9	52,9	50,3	50
19,6		20,2	20	20,8	55,7	54,9	54,6	54,2	
21	21,1	20	20,8	55,2	53,3	49	51		

Продолжение таблицы 1

Параметр		Температура, °С				Влажность, %			
Дата/Время		Высота h, см				Высота h, см			
		0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
05.08.2020	8:00	20,3	20,8	21,1	20,4	58,1	52,9	53,4	53,7
		20,6	19,4	20,3	20,5	54,6	53,5	54,2	57,7
		22,5	23,4	23,1	24,3	55,4	44,4	46,6	43,2
	14:00	24,5	24,6	24,1	24,5	40,7	38,9	38,5	38,7
		24,2	24,2	24,1	24,1	38,2	39,4	36,8	37,7
		25,3	23,8	26,8	26,8	36,9	35	33,8	32
		24,6	24,3	26,2	24,5	35	35,8	34,8	34,7
		25,7	26	25,8	24,7	35,8	35,1	35,1	34,4
		26,8	26,3	26,5	23,8	32,4	33,2	34,7	33,5
		24,8	24,8	25	24,7	37,1	37,3	37,1	35,9
		24,4	24	24,3	24,8	39,1	36,4	34,5	34,9
		23,4	24	24,6	24,5	37,8	36,3	36,5	36,6
	25,6	26	24	26	34,1	34,2	33,2	34,3	
	20:00	22,3	21,5	21,2	21,1	48,6	50,8	50,6	51,3
		20	20	20,3	20,7	50,5	54,8	52,6	52
		20,1	20,2	20,4	20,2	53,1	53,4	51,9	51,9
		19,3	19,6	19,8	20,2	54,3	55	53,6	52,7
		19	19	19,6	19,5	55,6	56,4	54	54,1
19,4		19,5	19,6	19,8	54,8	54,8	54,3	54	
19,4		19	19,4	19,8	54,7	55,8	54,3	52,8	
18,9		19,2	19,9	19,8	54,6	54,7	52,2	51,7	
18,6		18	18,4	18,5	53,4	56,7	56,7	56,7	
18,1	18,3	18,3	18,4	57,7	57,1	59	58,6		
06.08.2020	2:00	16,2	14	13,7	13,8	46,9	51,2	52,2	52,9
		14,5	12,6	13,1	13	55,3	54,6	53,3	53,4
		12,4	12,6	13,2	13,4	53,2	55,4	54,3	53,3
		12,3	12,7	13,2	13,6	54,6	57,5	56,7	55,3
		13	13	12,8	12,9	51,9	54,1	54,6	53,9
		12,3	12,9	13,6	14	53,3	55,7	53,2	51,2
		13,2	13,2	13,6	13,5	51,6	53,5	52,6	52,9
		13	12,7	13	13,3	54,8	58,5	59,2	59,2
		13,3	13,4	13,9	13,8	60,9	62,9	60,4	59,1
	13,2	13,4	13,8	13,5	58,2	59,9	58,6	57,4	
	8:00	22,7	22,5	22,6	22,7	44,4	44,5	42,7	41,7
		22,1	22,7	22,6	23	43,6	43,5	42,5	39,7
		22,5	22,8	21,3	21,8	42,4	41,8	40	39,6
		22,8	22,6	23,3	22,4	42,1	41,3	40,1	39,3
		23,1	23,3	22,6	23,8	42,6	42,6	39,6	39,2
		23,3	22,6	22,1	22,3	39,5	41,8	40	40,5
		23	23,6	24	22,5	42,2	40,6	39,2	39,8
		23,4	24,3	24,6	25,6	34	37,3	35,3	32
24,7		25,7	25,7	23,2	33,3	34,3	32,9	32,1	
25,8	27,2	25,5	25,4	32,3	32,1	32,6	30,3		

Окончание таблицы 1

Параметр		Температура, °С				Влажность, %			
Дата/Время		Высота h, см				Высота h, см			
		0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
6.08.2020	14:00	28,3	27,7	27,9	27,9	28,8	29,1	27,9	28,4
		28,4	27,7	28,8	29,2	29,6	28,7	25	24,2
		27,2	28,2	27,3	28,7	26,4	25,8	25	25,6
		27,5	26,7	27,4	26,9	27,6	27,6	28	27,6
		26,9	26,6	26,5	26,4	28,4	28	27,4	27,5
		27,8	27,9	28,5	29	28,6	27,4	25,5	25,7
		28	29,8	27,9	28,2	26,2	26,3	24,7	24,8
		27,3	28,4	28,4	28,6	26,9	25,6	26,3	25,3
		26,8	27,1	26,1	25,9	26,5	26,8	26,7	27,1
		26,3	27	27,1	27,5	29,6	28,3	29,2	28,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 2

Микроклиматические параметры, измеренные с помощью «Метеоскопа-М» в анклаве на территории естественного рельефа Надымского района ЯНАО с 4 по 6 августа 2020 года

Параметр		Температура, °С				Влажность, %			
Дата/Время		Высота h, см				Высота h, см			
		0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
04.08.2020	14:00	27,8	28,8	27,9	27,3	36,7	32,2	29,9	28,7
		28,9	29,3	24,5	27,8	29,3	29,1	29,7	30,1
		26,4	25,2	27,5	28,2	31,7	32,5	31,1	30
		28	27,8	25,9	27,4	29,8	29,8	30,3	29,4
		25,6	24,7	24,3	24	34,3	35,6	35,5	36,6
		23	24,4	23,1	23,6	36,9	36,7	39	37,9
		28,9	27,8	27	28,8	33,1	30	30	32,3
		26,9	25	26,1	25,3	34,5	31,7	32,7	31,4
	27	26,7	26,7	26,2	34,1	31,5	31,9	30,2	
	26,1	26,9	26,5	25,6	32,7	33	31,2	31,7	
	20:00	22,7	21,5	21,1	21,3	43,6	49,1	49,4	49,5
		21,3	21,3	21,1	21	49,2	49,7	49,2	49,2
		20,9	20,9	21,1	21,6	51,9	50,9	50,8	50
		21,3	21,2	20,7	20,8	49,7	50,3	49,2	49,9
		19,7	19,1	19	19,4	51,4	55,9	57,1	56
		18,8	19,3	19,4	19	55,5	56,5	56,5	55,5
19,3		19,3	19,4	19,2	55,5	55,4	54,1	53,2	
19,6		19,3	19,3	19,1	54,4	55,3	54,8	54,6	
18,8	18,6	18,7	18,7	55	58,4	58,6	59,6		
19,1	18,9	18,7	19	61,3	61,3	61,4	61,4		
05.08.2020	2:00	17,8	17,2	17	15,8	49,9	54,8	55,8	56,7
		14,9	14,7	14,7	14,7	69,7	73,2	71,4	70,4
		15,1	15	14,2	14,1	77,9	78,9	80,7	82
		14,5	14,2	14	13,6	83,1	84,5	84,8	88,2
		14,5	14,5	14,4	14,4	86,9	86,6	84,6	86,4
		13,6	13,5	13,5	13,8	89,5	90,1	88,4	87,8
		13,7	13,4	13,3	13,3	89,2	91,1	91,1	92,9
		13,4	13,6	13,1	13,2	91,9	92,1	92,3	93
	13,4	13,3	13,3	13,3	93,7	94,7	92,2	91,9	
	13,1	13,1	13,1	12,9	97,7	98,1	98,7	98,1	
	8:00	22,4	22,2	23,7	24	52,6	51,7	50,1	50,4
		23,6	19,7	21	25,5	50,9	49,6	48,6	48,6
		20,1	19,9	20,6	20,8	52,5	56,5	55,4	55,7
		22	21	20,5	20,2	56,4	54,4	54,3	56,8
22,7		20,5	23,9	24,4	53	51,2	49,2	48,1	
22,2		22,1	23,3	22,4	49	49,2	49,1	52,5	
21,1	21,4	20,8	23,2	55	54,8	52,9	51,1		

Продолжение таблицы 2

Параметр		Температура, °С				Влажность, %			
Дата/Время		Высота h, см				Высота h, см			
		0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
05.08.2020	8:00	21,7	22	21,9	21,3	53,3	51,7	47	44,8
		22,9	23,5	24,4	23,6	48,3	47,4	47	49,3
	14:00	21,6	21,4	20,5	21,3	50	50,8	53,9	53
		25,5	23,5	22,7	23,2	35,7	37,8	36	36,4
		25,7	25,1	26,2	25,9	34,7	34,5	32,7	34,2
		24	24	24,2	24,4	35,9	36,9	37,8	36,8
		23,9	23,1	24,4	24,7	36,3	35,3	37,6	35,2
		26,5	26,4	25,7	26,3	33,3	32,8	33,5	32,8
		25,1	25,1	24,7	27,1	33,7	33,6	34,1	32,6
		26,2	26,3	26,3	26,5	33,5	33	33,2	34,5
		28,2	26,7	27,1	28,1	32,2	32,9	29,6	30,2
		27	28,2	29,7	25,7	30,9	29,3	28,1	25,8
	24,2	23,9	28	26,3	28,9	30,4	28,8	30,3	
	20:00	24,1	23,4	22,3	21,5	40,8	41,8	43,4	44,5
		19,9	19,9	19,8	19,6	49,6	49,8	49,5	50
		19,3	19,2	19	18,8	52,6	53	52,7	53,8
		18,6	18,7	18,7	18,6	56,3	56,1	55,5	55
		18,4	18,3	18,3	17,8	57,1	58,2	57,4	60,3
		17,9	18	18	17,9	59,8	59,8	59,4	59,1
		17,8	17,6	17,5	17,5	60,3	61,6	63,8	65,4
17,4		17,5	17,4	17,5	68,5	68,9	69,3	68,1	
06.08.2020	2:00	17,2	14,3	15,2	14,1	42	50,2	52,7	56,3
		11,8	12,5	12	11,4	62,1	64,4	66	66,8
		10,6	10,9	11,3	11,1	70,6	72,5	75,4	79,9
		10,2	9,6	10,4	10,2	80,5	82,2	81,9	83,1
		10,2	10,2	9,7	9,9	82,4	82,1	81,3	82,5
		9,9	10,1	10,1	10	84	84,3	83,7	84,3
		10,1	10,1	9,5	10	86,9	86,4	85,4	85,6
		10	10,1	10,1	10,1	88,5	88,2	88,2	87,5
		10,1	10,2	10,1	10	88,5	88,2	87,5	87,5
		9,9	9,9	10	9,9	88,4	88,2	88,1	89,5
	8:00	24,8	22,4	24,4	26,3	40,5	40,6	39,5	38,8
		25,7	24,6	23,4	24	40	40,5	37,4	38
		21,8	21,7	22	25,3	39,7	40,3	40	41,1
		21,7	23,1	22,9	24,3	40,6	40,9	39,9	38,5
		24,1	24,4	23	24	40,8	40,6	39,9	39,1
		23,3	21,5	22,3	22,3	40,2	40,6	43,2	43
		21,9	22,6	22,5	22,5	42	42,3	40,6	38
		23	23,5	25	25,6	39,5	40,4	39	39,8
		24,8	25,8	23,1	23,6	39,6	39,8	36,6	37,1
		22,7	22,2	22,2	22,9	40,3	40,9	40,7	39,8

Окончание таблицы 2

Параметр		Температура, °С				Влажность, %			
Дата/Время		Высота h, см				Высота h, см			
		0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
6.08.2020	14:00	29,5	27,5	28,3	29,7	26	25,5	25,2	25,1
		30,8	26,4	27,1	28	25,1	26,4	24,7	24,6
		30,6	28,2	29,7	29,1	25,8	24,9	24,2	22,4
		28,4	28,2	28	26,6	24,5	26,2	25,7	28,2
		28,4	28,9	28,7	28,3	26,9	26,3	24,6	24,3
		28,3	26,9	27,2	26,9	26,6	27,4	25,9	26,1
		25,8	26,6	26,1	26,2	26,7	26,6	26	26,2
		25,8	26,1	25,7	25,8	30,1	31,2	30,5	31,1
		25,4	25,3	25,6	26,1	29,4	29	28,4	28,7
		27,2	28	28,5	29,4	29,1	28	27	26,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 3

Микроклиматические параметры, измеренные с помощью «Метеоскопа-М» в лесу и анклав на территории естественного рельефа Надымского района ЯНАО с 4 по 6 августа 2020 года

Параметр		Скорость ветра, м/с (лес)				Скорость ветра, м/с (анклав)			
Дата/Время		Высота h, см				Высота h, см			
		0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
4.08.2020	14:00	0,19	0,29	0,31	0,28	0,40	0,76	0,49	1,22
		1,43	0,29	0,14	1,33	0,51	0,69	0,39	1,25
		0,38	0,26	0,13	0,38	0,39	1,51	1,06	0,34
		0,67	0,86	0,55	0,86	0,88	0,42	1,12	0,85
		0,87	0,75	0,59	0,99	0,60	0,62	0,40	1,53
		0,32	0,72	0,22	0,57	1,08	0,28	1,15	1,07
		0,87	0,87	0,55	0,57	0,94	0,52	0,57	1,33
		0,52	0,52	0,74	0,53	1,07	2,00	0,65	1,02
		0,51	0,83	0,50	0,26	0,82	0,45	1,23	1,45
	0,53	0,23	0,73	0,60	0,65	0,77	1,56	1,47	
	20:00	0,21	0,35	0,46	0,48	0,22	0,26	0,19	0,15
		0,23	0,21	0,37	0,25	0,13	0,08	0,17	0,11
		0,03	0,06	0,14	0,09	0,04	0,06	0,03	0,03
		0,13	0,25	0,19	0,10	0,17	0,08	0,13	0,17
		0,13	0,09	0,01	0,02	0,28	0,46	0,54	0,31
		0,11	0,22	0,23	0,16	0,23	0,33	0,30	0,38
		0,51	0,45	0,07	0,04	0,27	0,24	0,27	0,37
		0,34	0,38	0,08	0,05	0,07	0,25	0,37	0,55
0,06		0,11	0,07	0,07	0,59	0,83	0,59	0,58	
0,21	0,32	0,25	0,26	0,27	0,36	0,20	0,12		
5.08.2020	2:00	0,11	0,24	0,34	0,12	0,56	0,56	0,42	0,54
		0,21	0,09	0,09	0,20	0,88	1,03	0,54	0,39
		0,33	0,39	0,33	0,50	0,09	0,11	0,38	0,35
		0,45	0,33	0,42	0,27	0,10	0,35	0,38	0,60
		0,34	0,08	0,13	0,41	0,03	0,03	0,10	0,15
		0,07	0,26	0,07	0,29	0,43	0,41	0,44	0,23
		0,13	0,06	0,11	0,07	0,20	0,41	0,45	0,57
		0,18	0,09	0,08	0,17	0,20	0,26	0,32	0,37
		0,13	0,06	0,11	0,07	0,25	0,38	0,34	0,22
	0,18	0,09	0,08	0,17	0,20	0,25	0,34	0,17	
	8:00	0,42	0,34	0,30	0,45	0,32	0,16	0,14	0,11
		0,19	0,16	0,22	0,12	0,15	0,80	0,27	0,41
		0,16	0,43	0,41	0,23	0,67	0,90	0,18	0,36
		0,55	0,76	0,65	0,45	0,19	0,39	0,58	0,11
		0,78	0,28	0,43	0,29	0,33	0,35	0,13	0,11
		0,75	0,61	0,55	0,28	0,16	0,67	0,18	0,30

Продолжение таблицы 3

Параметр		Скорость ветра, м/с (лес)				Скорость ветра, м/с (анклав)				
Дата/Время		Высота h, см				Высота h, см				
		0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0	
5.08.2020	8:00	0,27	0,35	0,26	0,66	0,41	0,24	0,34	0,25	
		0,32	0,26	0,55	0,39	0,31	0,49	0,96	0,96	
		0,26	0,69	0,43	0,34	0,46	0,49	0,27	0,20	
		0,61	0,41	0,52	0,12	0,59	0,53	0,29	0,81	
	14:00	0,12	0,10	0,43	0,15	0,19	0,71	0,94	0,27	
		0,37	0,19	0,29	0,61	0,27	0,55	0,04	0,27	
		0,30	0,47	0,38	0,36	0,59	0,33	0,09	0,18	
		0,71	0,98	0,35	0,53	0,61	0,47	0,31	0,35	
		0,25	0,14	0,26	0,54	0,45	0,24	0,49	0,35	
		0,90	0,57	0,28	0,21	0,39	0,82	0,33	0,19	
		0,27	0,23	0,13	0,64	0,53	0,10	0,19	0,09	
		0,52	0,79	1,01	0,90	0,13	0,38	0,37	1,39	
	20:00	0,33	0,44	0,25	0,54	0,61	0,19	0,11	0,86	
		0,12	0,29	0,31	0,21	1,62	1,24	0,23	0,19	
		0,22	0,08	0,06	0,05	0,07	0,03	0,18	0,04	
		0,15	0,11	0,08	0,06	0,17	0,16	0,02	0,04	
		0,13	0,11	0,20	0,19	0,11	0,04	0,04	0,08	
		0,33	0,23	0,24	0,13	0,02	0,06	0,03	0,02	
		0,27	0,28	0,15	0,25	0,08	0,08	0,05	0,30	
		0,11	0,07	0,11	0,07	0,08	0,05	0,02	0,04	
	6.08.2020	2:00	0,10	0,06	0,06	0,08	0,04	0,20	0,03	0,01
			0,22	0,06	0,06	0,17	0,09	0,18	0,23	0,07
			0,25	0,35	0,26	0,08	0,28	0,19	0,04	0,02
			0,16	0,14	0,10	0,07	0,42	0,34	0,26	0,43
0,26			0,09	0,12	0,03	0,42	0,44	0,14	0,23	
0,41			0,10	0,23	0,16	0,37	0,23	0,21	0,13	
0,14			0,04	0,09	0,04	0,22	0,17	0,08	0,05	
0,26			0,18	0,04	0,03	0,25	0,44	0,12	0,16	
0,06			0,07	0,10	0,13	0,02	0,02	0,17	0,10	
0,17			0,03	0,03	0,05	0,03	0,01	0,04	0,05	
8:00		0,05	0,10	0,07	0,04	0,02	0,04	0,23	0,05	
		0,07	0,15	0,21	0,05	0,11	0,11	0,15	0,06	
8:00	0,03	0,04	0,04	0,11	0,04	0,01	0,03	0,11		
	0,06	0,06	0,07	0,11	0,05	0,03	0,02	0,04		
	0,33	0,17	0,22	0,13	0,74	0,44	0,86	0,27		
	0,30	0,15	0,41	0,48	0,29	0,21	0,80	1,11		
	0,37	0,17	0,68	0,40	0,75	0,80	0,90	0,31		
	0,28	0,24	0,20	0,44	1,17	0,57	0,28	0,34		
	0,41	0,30	0,62	0,10	0,23	0,36	0,71	0,56		
	0,24	0,48	0,72	0,70	0,84	0,83	0,99	0,28		
	0,67	0,30	0,09	0,49	0,92	0,85	0,88	1,02		
	0,19	0,54	0,54	0,50	0,92	0,49	0,45	0,26		
0,50	0,58	0,26	0,57	0,30	0,23	1,07	1,01			
0,54	0,22	0,70	0,54	0,32	1,51	1,26	0,69			

Окончание таблицы 3

Параметр		Скорость ветра, м/с (лес)				Скорость ветра, м/с (анклав)			
Дата/Время		Высота h, см				Высота h, см			
		0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
6.08.2020	14:00	0,22	0,18	0,52	0,32	0,67	1,84	1,12	0,50
		0,21	0,17	0,51	0,37	0,64	1,82	1,13	0,48
		0,21	0,17	0,51	0,40	0,62	1,83	1,19	0,48
		0,22	0,17	0,55	0,42	0,59	1,88	1,27	0,48
		0,24	0,17	0,62	0,43	0,56	1,93	1,28	0,47
		0,27	0,18	0,65	0,42	0,53	1,98	1,27	0,47
		0,29	0,18	0,69	0,42	0,50	2,01	1,28	0,46
		0,29	0,19	0,73	0,41	0,50	2,03	1,31	0,45
		0,30	0,23	0,75	0,43	0,50	2,04	1,39	0,46
		0,31	0,29	0,75	0,43	0,52	2,07	1,48	0,49

Примечание: Скорость ветра взята усредненная по каждой высоте в данный период времени