



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Анализ метеорологического режима в районе города Новый
Уренгой»

Исполнитель Крупнова Евгения Константиновна

Руководитель кандидат географических наук, доцент ВУЦ при РГГМУ

Александров Виктор Яковлевич

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

кандидат географических наук, доцент
Абанников Виктор Николаевич

«07» 06 2019 г.

Санкт-Петербург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	2
1 Физико-географическая и климатическая характеристики города «Новый Уренгой»	3
1.1 Физико-географическая характеристика.....	3
1.2 Климатическая характеристика.....	5
1.3 Опасные явления погоды.....	11
2 Материалы наблюдений и методы исследования.....	31
2.1 Особенности температурного режима и режима осадков в Новом Уренгое.....	31
2.2 Анализ аномалий температуры воздуха в холодный период года в Западной Арктике	39
2.3 Анализ синоптических процессов в холодный период года.....	44
3 Исследование температурного ряда при помощи критерия Фишера.....	48
Заключение.....	51
Список использованных источников.....	52

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является анализ метеорологического режима в районе города Новый Уренгой, проследить, коснулся ли процесс глобального потепления исследуемого района, выявить вклад каждого из сезонов года в этот процесс.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Рассмотреть климатические особенности города Новый Уренгой;
2. Построить графики многолетнего хода температуры воздуха и количества осадков за период с 2000 по 2018 гг;
3. Проанализировать температурный режим и режим осадков и определить характер изменения многолетнего хода этих величин.
4. Определить, коснулся ли процесс глобального потепления исследуемого района.

В качестве исходного материала использовались архивы ежечасных метеорологических наблюдений за период с 2000 по 2018 гг. АМСГ «Новый Уренгой».

Научное и практическое значение исследования состоит в расширении знаний о климате одного из важнейших нефтегазоносных регионов страны. Результаты работы являются дополнительной информацией, которую можно использовать при решении прикладных задач, связанных с дальнейшим освоением региона.

Работа состоит из введения, двух глав и заключения.

В первой главе рассматриваются физико-географические и синоптико-климатические характеристики города Новый Уренгой.

Во второй главе рассматриваются исходные данные наблюдений и методы исследования;

В третьей главе проведен анализ нашего температурного ряда при помощи критерия Фишера.

1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЙОНА ГОРОДА НОВЫЙ УРЕНГОЙ

1.1 Физико-географическая характеристика.

Новый Уренгой — город в России, в Ямало-Ненецком автономном округе, первый по величине город округа, один из немногих российских региональных городов, превосходящих административный центр своего субъекта федерации (Салехард) как по численности населения, так и по промышленному развитию. Город расположен на берегу реки Ево-Яха, притока Пура. Реки Тамчара-Яха и Седэ-Яха протекают через город и делят его на две части — Северную и Южную. Территорию городского округа со всех сторон окружает Пуровский район [3, 6] (рис. 1.1, 1.3).

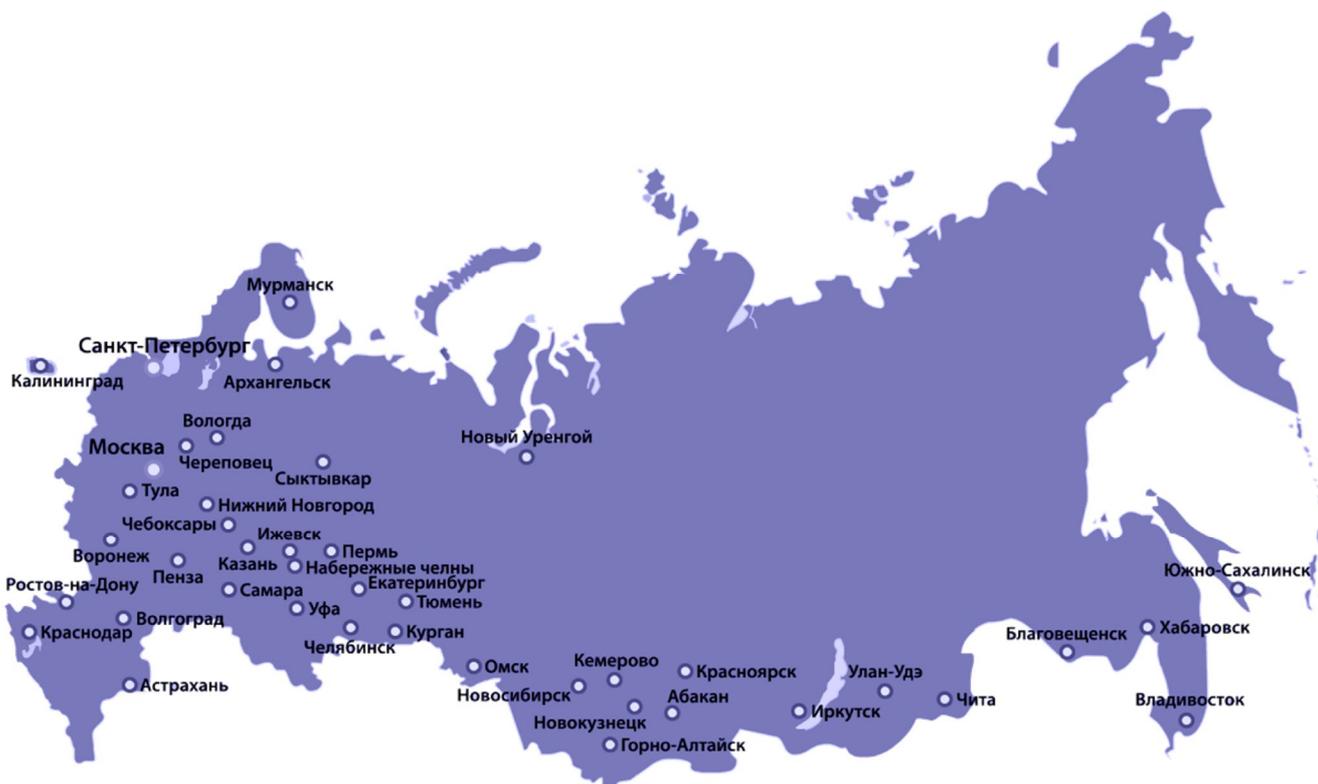


Рисунок 1.1 – Новый Уренгой на карте России [12]

Южная часть г. Новый Уренгой расположена на поверхности II надпойменной террасы реки Ево-Яха с абсолютными отметками рельефа от 49 до 56 м. Терраса сложена верхнечетвертичными аллювиальными отложениями, представленными песками различной крупности, преимущественно мелкими и средней крупности, реже пылеватыми, с прослоями песков крупных и гравия, с линзами супесей и суглинков мощностью от 0.3 до 3.0 м. Площадь городской застройки характеризуется распространением высокотемпературных (от 0.0 до -0.3°C) сливающегося и несливающегося типов с погружением кровли вечномёрзлых грунтов до 5.0 – 7.0 м, реже до 10.0 – 15.0 м. На отдельных участках вечномёрзлые грунты скважинами до 15.0 м не вскрыты. В I и III микрорайонах подошва вечномёрзлых грунтов отмечена на глубине 11.0 – 21.0 м [3, 6].

Неоднородное распространение вечномёрзлых грунтов по простиранию и глубине определяет сложность гидрогеологических условий.



Рисунок 1.2 – Район аэродрома «Новый Уренгой» со спутника [12]

1.2 Климатическая характеристика

Новый Уренгой находится на самой границе двух климатических поясов - умеренного континентального и субарктического, Метеорологические условия в районе Нового Уренгоя соответствуют этому расположению. Среднегодовая температура воздуха в городе около $-4,7^{\circ}\text{C}$, а влажность около 68%. В таблице 1 представлена продолжительность сезонов года в Новом Уренгое,

Продолжительность сезонов года, характерных для Нового Уренгоя

Сезон	Начало	Конец	Продолжительность (дни)
Зима	13.10	26.05	222
Весна	27.05	19.06	23
Лето	20.06	24.08	65
Осень	25.08	12.10	48



Рисунок 1.3 – Ямало-Ненецкий АО на карте [12]

Радиационный режим, атмосферная циркуляция и особенности подстилающей поверхности – это основные климатообразующие факторы. Основные особенности климата приполярного района Западной Сибири характеризуются следующим: суровая продолжительная зима с длительными морозами и устойчивым снежным покровом, холодное и короткое лето,

короткие переходные периоды, короткий безморозный период, который иногда вообще может отсутствовать [3,6]..

Преобладает ветер юго-западного направления.

Зимы продолжительные и очень холодные (примерно 280 дней в году). Самые низкие температуры отмечаются в январе и феврале. В эти месяцы средние температуры составляют $-20,7$ и $-18,6^{\circ}\text{C}$, но иногда опускаются ниже -30°C , и даже до -45°C .

Июль - самый тёплый месяц. Среднемесячная температура воздуха в июле $+17,1^{\circ}\text{C}$. Часто в июле ртутный столбик поднимается до $+30..+35^{\circ}\text{C}$. Климатическое лето в городе длится около 40 дней.

Для города характерны резкие изменения температуры и сильные ветры.

- Среднегодовая температура воздуха — $-4,7^{\circ}\text{C}$
- Относительная влажность воздуха — $68,0\%$
- Средняя скорость ветра — $3,4\text{ м/с}$

В формировании климата Нового Уренгоя определяющую роль играют следующие факторы: преобладающий западный перенос воздушных масс с запада и северо-запада, закрытость территории с запада горными хребтами, открытость с севера и юга, характеристики подстилающей поверхности. В течение всего года в районе господствует континентальный воздух умеренных широт. В результате меридиональной циркуляции на территорию поступает как холодная арктическая воздушная масса, так и жаркий тропический воздух. С запада поступает влажный, уже трансформированный атлантический воздух. [2, 4, 5].

Для климата района характерна быстрая смена погодных условий, особенно в переходные периоды - от весны к лету и от осени к зиме. Средняя температура января от -18 до -24°C . Период с отрицательной температурой воздуха длится с октября по апрель. Период с устойчивым снежным покровом длится от 180 до 200 дней - с октября до мая. Самый тёплый месяц

июль, средняя температура которого колеблется от +15.7 до +18.4 °С. Среднегодовая скорость ветра 5 - 7 м/с. Годовое количество осадков 400 - 550 мм [3, 7].

Свободному воздухообмену и осуществлению меридиональной циркуляции, которая вызывает резкие изменения погоды, способствует беспрепятственное проникновение арктического воздуха с севера, прогретого умеренного и тропического с юга. Суровая продолжительная зима с сильными ветрами и метелями, весенние возвраты холодов, короткий безморозный период, довольно теплое короткое лето – это характерные черты климата Нового Уренгоя[2].

Зимой преобладает антициклональный тип погоды, обусловленный воздействием отрога Сибирского максимума. Циклоны, в основном, проходят вдоль побережья Северного Ледовитого океана, причем ложбины этих циклонов почти всегда вытянуты на юг. Вместе с ложбинами перемещаются и фронты, что сопровождается ухудшениями погоды (низкая облачность, снегопады, метели, усиление ветра). Эта типичная картина циркуляции часто нарушается меридиональными вторжениями: происходят прорывы южных циклонов, которые вызывают оттепели, сильные метели, гололед, обледенение воздушных судов. Прорывы холодных арктических масс воздуха с Карского моря приносят с собой низкие температуры и морозные туманы [3, 7].

Синоптические процессы в весенний период отличаются большой интенсивностью и скоростью, что обуславливает резкую смену погоды. В это время наблюдается наибольшее в году количество быстро смещающихся циклонов и антициклонов. Почти ежегодно в апреле - мае случаются прорывы южных циклонов, вызывающих резкое потепление и таяние снега, на смену которым обычно вторгается холодный арктический воздух.

Синоптические процессы летом протекают значительно медленнее, чем зимой, циклоны не так глубоки и ветры не так сильны, как зимой и в переходные периоды. Циклоны, в основном, перемещаются с запада на

восток, но имеют место и циклоны с Европейской территории страны, приходящие через Южный Урал, а также «ныряющие» циклоны с Баренцева и Карского морей. В конце июня и первую половину июля за счет влияния Азорского максимума часто устанавливается теплая, ясная погода.

Осенью активизируется Исландский минимум, а к концу осеннего периода вновь восстанавливается Сибирского антициклон. Циклоническая активность вызывает длительное ухудшение погоды. Часто наблюдаются низкая облачность, туманы, метели, гололед [2].

В течение года наблюдается в среднем 16 ясных дней по общей облачности (максимум в июле) и 171 пасмурный день по общей облачности (максимум в октябре и декабре).

Южный и юго-западный ветры преобладают в холодное время года, летом – северный, весной и осенью – северный и юго-западный. Ветер со скоростью 15 м/с и более чаще наблюдается в июне и июле, в течение года отмечается около 13 дней с сильным ветром.

С туманом отмечается 25 дней в году, наибольшее количество туманов бывает с августа по январь, а наименьшее - в июне.

Метели отмечаются с сентября по июнь, в среднем бывает 30 дней в году с метелью. Наибольшее число метелей отмечается в январе и марте (по 5 - 6 дней).

Грозы наблюдаются с середины июля по середину августа, то есть в самое теплое время года. В год отмечается в среднем до 14 дней с грозами. Наибольшее их число отмечается в июле (6 дней). Часто грозы сопровождаются градом [3, 7].

Нельзя не принимать во внимание местные особенности, оказывающие существенное влияние на погоду в районе метеорологической станции.

Так, зимой при сильных морозах (-30 °С и ниже) сказывается близкое расположение населенного пункта по отношению к метеостанции. В это время появляется дополнительный источник водяного пара – дым от труб при топке печей в поселке. Это способствует образованию морозных

(поселковых) туманов, особенно в утреннее и вечернее время. Ветер северной четверти со скоростью до 5 м/с способствует возникновению и сохранению таких туманов [3].

Нередко видимость в зимнее время (особенно в декабре-феврале) при довольно низких температурах воздуха ухудшается до значений от 4000 м и менее из-за дыма поселка. Иногда при всех вышеуказанных условиях видимость у поверхности земли может ухудшиться незначительно, но над аэродромом образуется низкая тонкая облачность. В переходные периоды парение более теплых, по сравнению с сушей, водоемов, расположенных в районе расположения метеостанции (реки и озера) способствует образованию низкой облачности и туманов испарения [3].

Таблица 2

Климат Нового Уренгоя [13]

Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Абсолютный максимум, °С	-1	0	11	20	32	36	40	34	34	28	14	5	40
Средняя температура, °С	-26	-22	-13	-6	0	14	17	15	7	-3	-12	-24	-4,7
Абсолютный минимум, °С	-54	-49	-44	-30	-15	-5	-2	-4	-16	-29	-38	-44	-54

1.3 Опасные явления погоды

Остановимся более подробно на некоторых явлениях погоды, наиболее часто наблюдающихся в Новом Уренгое и переходящих в разряд опасных.

1.3.1 Туман

Значительное ухудшение горизонтальной видимости наиболее часто связано с возникновением тумана. Туман - это помутнение приземного слоя

воздуха из-за наличия в нем взвешенных капель воды, ледяных кристаллов или их смеси, при котором горизонтальная дальность видимости становится менее 1 км хотя бы в одном направлении.

Все туманы могут быть классифицированы как капельные, ледяные и смешанные (по агрегатному состоянию воды). Большинство туманов являются мелкокапельными даже при отрицательных температурах. В смешанных туманах, переохлажденные капли отмечаются при температурах до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3, 5, 6].

По синоптическому положению, при котором возникают туманы, они делятся на фронтальные, образование которых связано с термодинамическими процессами в области фронтальных разделов, и внутримассовые.

Все туманы возникают под воздействием нескольких факторов. Понижение температуры воздуха является одной из основных причин конденсации водяного пара как вблизи земной поверхности, так и в свободной атмосфере. Из-за понижения температуры образуются наиболее интенсивные туманы. В зависимости от вида процесса, который приводит к охлаждению, различают: радиационные, адвективные и орографические туманы [3, 5, 6].

Радиационные туманы образуются в результате охлаждения земной поверхности и прилегающего слоя воздуха под влиянием излучения и турбулентного перемешивания. При образовании радиационных туманов доля водяного пара при охлаждении воздуха до точки росы остается постоянной. Понижение температуры ниже точки росы приводит к конденсации водяного пара. Для образования тумана необходимо, чтобы сконденсировалось определенное количество водяного пара.

Благоприятными условиями для образования радиационных туманов являются:

а) отсутствие облачности (или наличие облачности только верхнего яруса). Увеличение количества облаков и уменьшение их высоты приводит к

усилению противоизлучения атмосферы и уменьшению эффективного излучения земной поверхности. Это не способствует охлаждению земли;

б) высокая относительная влажность в начальный момент. Чем выше относительная влажность, тем меньше охлаждение, необходимое для достижения состояния насыщения и образования тумана [3, 5, 6].

В теплую половину года радиационные туманы возникают чаще всего ясными ночами при слабом ветре (до 3 м/с). Этот вид тумана образуется преимущественно над низинами и заболоченными местами. Вертикальная мощность таких туманов может быть от нескольких метров до нескольких десятков метров. Особенно плотными они бывают в самом нижнем приземном слое, где происходит наибольшее охлаждение воздуха. С высотой плотность тумана быстро убывает. В полете сквозь туман хорошо просматриваются реки, крупные наземные ориентиры и огни. Горизонтальная видимость у земли может уменьшаться до 100 м и менее. Но резко ухудшается наклонная видимость при входе самолета в слой тумана при посадке [3, 5, 6].

Радиационные туманы теплого полугодия с восходом солнца обычно рассеиваются, а иногда приподнимаются над землей, образуя тонкий слой разорвано-слоистых облаков, высотой до 100 – 200 м. При усилении ветра до 4 – 5 м/с и более радиационный туман рассеивается. В холодную половину года радиационный туман бывает более опасным, чем в теплую. В холодный период при установившейся ясной погоде выхолаживание воздуха (вследствие непрерывного излучения в течение нескольких дней), может распространиться на большую высоту. Образующийся радиационный туман имеет вертикальную мощность от нескольких сот метров до 1,5 – 2 км и удерживается продолжительное время (иногда до нескольких суток) [3, 5, 6].

Адвективные туманы образуются в теплой воздушной массе, которая смещается на более холодную подстилающую поверхность, в результате неадиабатического охлаждения воздуха при соприкосновении с ней. В воздушной массе, пришедшей на холодную поверхность, устанавливается

инверсионное распределение температуры. Конденсация водяного пара начинается от земной поверхности и распространяется до верхней границы инверсии. Для образования адвективных туманов необходимы следующие условия:

а) высокая относительная влажность перемещающегося воздуха до прихода его на более холодную подстилающую поверхность;

б) большая разность температур между воздушной массой и подстилающей поверхностью;

в) небольшие скорости ветра (2 – 5 м/с). Если скорость ветра велика, то развивается сильный турбулентный обмен, который препятствует образованию тумана. При слабом ветре воздушная масса медленно перемещается и, вследствие этого, медленно охлаждается от подстилающей поверхности;

г) увеличение или постоянство доли водяного пара при подъеме вверх. Турбулентный обмен всегда способствует выравниванию доли водяного пара по вертикали. Если доля водяного пара возрастает с высотой в приземном слое, то под влиянием турбулентного обмена количество водяного пара вблизи земной поверхности будет увеличиваться за счет переноса из более высоких слоев;

д) устойчивая стратификация и слабый турбулентный обмен. При очень устойчивой стратификации (сильной инверсии) турбулентный обмен прекращается. Охлаждение от земной поверхности распространяется вверх очень медленно, поэтому туман образуется в данном случае в очень тонком приземном слое.

При адвективном тумане горизонтальная видимость бывает несколько лучше у земли. На высотах более нескольких десятков метров видимость резко ухудшается. Эти туманы могут возникать в любое время суток, сохраняться в течение длительного времени (до нескольких суток) и распространяться на большую территорию [3, 5, 6].

Адвективные туманы представляют большую опасность для авиации (особенно при полетах на местных линиях). Продвигаясь со значительными скоростями (20 – 40 км/ч), они способны в течение короткого промежутка времени закрыть на большой территории действующие и запасные аэродромы, и удерживаться продолжительное время. Полет выше адвективного тумана возможен только по приборам и при благоприятных условиях погоды на аэродроме посадки.

В тех случаях, когда понижение температуры воздуха при его перемещении на относительно холодную подстилающую поверхность в дальнейшем усиливается его охлаждением от радиационно-выхолаживающейся подстилающей поверхности, могут возникать туманы, которые принято называть адвективно-радиационными.

Туманы испарения возникают только тогда, когда температура испаряющей поверхности выше температуры приземного слоя воздуха. Поэтому они образуются или над водной поверхностью (надводные туманы), или при испарении капель дождя, выпадающего из теплой надфронтальной воздушной массы, в холодном подфронтальном воздухе (фронтальные туманы). Этот туман занимает полосу шириной до 200 км. Иногда он может сливаться с вышележащими облаками или присоединяться к адвективному туману, возникшему в зафронтальном теплом воздухе. Фронтальный туман особенно опасен для полетов тогда, когда он сливается с фронтальными облаками. В этом случае вблизи приземной линии фронта, от самой земли до больших высот (облака фронта имеют толщину до нескольких километров), будут наблюдаться сложные условия погоды, исключающие возможность посадки на аэродромах, располагающихся в зоне образования фронтального тумана. Если при этом фронтальный туман сливается с адвективным туманом, то условия погоды являются крайне неблагоприятными и опасными для производства полетов на большой территории [3].

Туманы могут образовываться при поступлении водяного пара в атмосферу в результате хозяйственной деятельности человека. Водяной пар в

этом случае играет роль второй теплой и влажной воздушной массы в процессе смешения. Такие туманы можно назвать антропогенными.

Повышенная повторяемость туманов в период с августа по октябрь месяца объясняется тем, что район аэродрома расположен вблизи реки и является как бы прибрежным районом суши, где образование адвективного тумана тесно связано с разностью температур вода – суша. Осенью поверхность суши уже достаточно охлаждена, тогда как с поймы рек (а также с близлежащих болот) может поступать еще очень теплый и влажный воздух, при адвективном охлаждении которого над сушей образуется туман.

Меньшее значение повторяемости туманов отмечается в декабре – ноябре. В основном, это морозные туманы при температурах ниже -30°C или радиационные туманы, которые образуются в малоподвижных гребнях и антициклонах, размытых барических полях. Небольшое количество туманов наблюдается в апреле – мае. В эти месяцы, когда вскрываются реки, температура открытой поверхности воды обычно близка к 0°C , а температура воздуха на побережье выше и эта разница иногда достигает 10°C и более. Тогда в районе аэродрома при восточном, а иногда при юго-восточном направлении ветра, происходит вынос на берег тумана испарения, образовавшегося над поймой реки или над болотами [4].

Летом туманы наблюдаются в размытых полях пониженного давления, особенно после обильных дождей при прояснении в ночное время, которое обуславливает понижение температуры воздуха до температуры туманообразования. Повторяемость их в летний период невелика.

В суточном ходе наибольшая повторяемость туманов приходится на утренние часы, близкие к восходу Солнца (на 6 – 8 часов местного времени). На 6 часов приходится 8.7 % от общего количества наблюдений за 5 лет, на 7 часов – 10.1 %, на 8 часов – 10.1 %. Адвективно-радиационные туманы могут сохраняться в течение 5 – 6 часов после восхода Солнца. Минимум повторяемости туманов отмечается после полудня. В сентябре наименьшая повторяемость – туманов (0.3 %), отмечалась с 12 – 14 часов, в октябре в 18

часов (0.3 %), в ноябре они вообще в дневные часы не наблюдались. Летом повторяемость туманов не велика и составляет в июне (0.9 %), июле (5.6 %). В основном летом – это радиационные туманы, которые возникают в ясные или малооблачные ночи при слабом ветре в низинах, над заболоченными участками суши и имеют небольшую вертикальную мощность [4].

Наибольшая повторяемость таких туманов летом отмечается в ночные часы с максимумом около восхода Солнца (в августе в 6 – 7 часов – 3.4 %). Быстрый прогрев подстилающей поверхности в этот период обычно обеспечивает рассеивание радиационного тумана через 1 – 2 часа после восхода Солнца. Иногда радиационный туман приподнимается над землей, образуя тонкий слой разорвано-слоистой облачности. Так же следует отметить, что в районе аэродрома радиационные туманы нередко образуются в тех случаях, когда накануне наблюдались грозы с обильными дождями, а добавочное ночное понижение температуры воздуха способствует образованию тумана. В районе аэродрома в ночные и ранние утренние часы часто отмечаются поземные туманы, не ухудшающие горизонтальную видимость, которые так же рассеиваются с восходом солнца [4].

В зимние месяцы в районе аэродрома в основном отмечаются морозные туманы при температуре воздуха ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и радиационные туманы, которые образуются в малоподвижных гребнях, антициклонах и размытых барических полях. Повторяемость их от общего количества наблюдений не велика (0.9 % – 1.2 % в январе – феврале). Морозные (поселковые, аэродромные) туманы возникают при сильных морозах, если появляется дополнительный источник водяного пара (топка печей, работа авиационных двигателей, особенно при взлете). После прекращения топки печей в поселке, а также взлета воздушных судов туманы обычно рассеиваются. При наличии слабого ветра и небольшом его усилении с высотой такие туманы образуются над землей на высоте 50 – 200 м и значительно ухудшают наклонную видимость с самолета.

Наибольшая повторяемость морозных туманов зимой отмечается при ветрах северной четверти, скоростью до 5 м/с. При южном ветре продукты сгорания переносятся на поселок и способствуют там ухудшению видимости. Максимальная повторяемость морозных, радиационных туманов зимой отмечается в дневные часы в декабре в 13 часов – 1.4 %, в феврале в 11 часов – 0.3 % [4].

Радиационный туман рассеивается вскоре после восхода Солнца, когда происходит прогрев приземного слоя воздуха. Адвективные туманы могут сохраняться продолжительное время. Чаще всего повторяются туманы продолжительностью 1 час и менее (57 %), 2 – 3 часа (25 %) от числа наблюдаемых туманов. Средняя продолжительность туманов в течение года составляет 2.5 часа. Максимальная непрерывная продолжительность тумана отмечалась в апреле – 9.4 часа. В годовом ходе наибольшая общая продолжительность туманов наблюдалась в октябре и составила 17.9 часа, наименьшая - в январе, феврале, июне (по 0.4 часа). Следует отметить, что туманы продолжительностью 1 час и менее в осенние месяцы вызывают кратковременные ухудшения горизонтальной видимости до значений менее 1000 м при длительно сохраняющейся дымке.

1.3.2 Дымка

Ухудшение горизонтальной видимости до значений от 1000 м до 10000 м за счет дымки – довольно частое явление в районе аэродрома. Дымки наблюдаются в течение всего года и в любое время суток. Чаще всего дымки отмечаются в октябре (27 %), в сентябре (15.7 %) и августе (15.3 %).

Это объясняется усилением циклонической деятельности в эти месяцы и, следовательно, увеличением скорости ветра до значений, не способствующих образованию и сохранению дымки. Наименьшая повторяемость дымки отмечена в январе (1,6 %) и апреле (1,8 %), в феврале (2,7 %).

Суточный ход повторяемости дымки имеет, в основном, один и тот же характер во все месяцы года с максимумом в утренние часы, вскоре после восхода Солнца, и минимумом после полудня местного времени [2, 3, 4].

Чаще всего дымки (как и туманы) бывают продолжительностью 1 час и менее (36.1 %), меньше - случаев продолжительностью 2 – 3 часа (34.9 %), а в феврале и марте наличие дымок продолжительностью 1 час и менее очень велико и составляет соответственно 57.1 % и 55.0 %. В апреле, январе увеличивается повторяемость продолжительности дымки до 7 – 12 часов (17.4 % и 16.7 %). В летние месяцы, в основном, наблюдаются дымки продолжительностью до 6 часов, так как быстрый прогрев подстилающей поверхности обычно способствует рассеиванию дымки через 2 – 3 часа после восхода Солнца. Однако следует отметить, что в августе, сентябре дымки могут сохраняться уже до полудня.

Дымки продолжительностью 13 – 18 ч отмечаются в период с августа по ноябрь (наибольшая повторяемость в октябре – 6.2 %). Такие продолжительные дымки, 19 – 24 часов, наблюдаются в мае, сентябре (4.3 %), августе (1.5 %). Общая продолжительность дымки в течение года составила 249 часов, средняя – 3.5 часа.

Максимальная продолжительность дымки отмечалась в сентябре – 22 часа 23 минуты. В таблице А 6 представлена повторяемость (%) горизонтальной видимости при дымках. Максимальная повторяемость видимости менее 4000 м, 3000 м, 2000 м при дымках наблюдается в октябре и составляет соответственно 5.3 %, 3.8 %, 2.1 %.

Дымки с видимостью 3000 м и менее, довольно часто сопровождаются низкой облачностью, высотой 100 – 200 м или переходят в туман, что еще в большей степени затрудняет выполнение полетов.

1.3.3 Метель

Ухудшение видимости в холодное время года нередко вызывается поземками, низовыми и общими метелями. Поземок и низовая метель выражаются в переносе сухого снега, поднимаемого сильным ветром с поверхности снежного покрова. Но одним из наиболее опасных явлений погоды для авиации зимой является общая метель, которая возникает при усилении ветра до 7 м/с и более во время интенсивного снегопада. При метелях с выпадением снега значительно ухудшается видимость, что усложняет условия взлета и посадки воздушных судов, а иногда исключается взлет и посадка ВС. При сильных и продолжительных метелях ухудшаются эксплуатационные качества аэродромов (возникают снежные заносы) [2, 3, 4, 5, 6].

В районе Нового Уренгоя такие метели наиболее часто возникают на теплых фронтах и фронтах окклюзии при прохождении южных и юго-западных циклонов, а также в передней части этих циклонов перед теплыми фронтами. Наиболее сильные метели возникают при смещении циклонов с запада на восток и при циклонах, продвигающихся с северо-запада на юго-восток и восток («ныряющие» циклоны) и связанных с ними холодных фронтах. А так же в тыловой части циклонов при западных, северо-западных и северных ветрах. Наличие такой ситуации способствует увеличению барических градиентов при взаимодействии азиатского зимнего антициклона с областью пониженного давления, заполняющейся над побережьем Баренцева и Карского морей. Устойчивость этого барического поля настолько велика, что почти всякое циклоническое вторжение с запада и северо-запада вызывает усиление ветра и метели [2, 3, 4].

Метели в районе аэродрома наблюдаются в период с ноября по май, чаще всего метели наблюдаются в марте (23.3 %) и в апреле (21.4 %), значительна их повторяемость в январе (21.1 %). Наименьшая повторяемость метелей отмечается в мае (4 %). В суточном ходе наибольшая повторяемость

метелей приходится на утренние часы и вторую половину дня (5.9 % в 17 час и 5.4 % в 08 час). Метели с видимостью менее 1000 м чаще всего отмечались в марте – 0.3 % . В декабре не отмечалось ни одного случая метели с видимостью менее 1000 м. Видимость менее 2000 м, менее 3000 м, менее 4000 м чаще всего отмечалась так же в марте и составила 1.4 %, 3.1 % и 4.5 %.

Самая продолжительная метель за период наблюдений отмечена в апреле месяце – 27.5 часа. Метели продолжительностью 1 час и менее наблюдались чаще всего в марте (35.7 %). В среднем же за год чаще всего наблюдались метели продолжительностью от 4 до 6 часов (30.6 %) и 1 час и менее (20.4 %).

Общая продолжительность метелей за период с ноября по май в среднем составила 65.3 часа, а средняя за год – 6.7 часа.

1.3.4 Дым

В зимнее время года, когда территория района находится под влиянием Сибирского антициклона, наличие мощной инверсии на небольшой высоте приводит к скапливанию в приземном слое большого количества продуктов сгорания, что при слабом ветре способствует иногда значительному ухудшению видимости за счет дымов. Их устойчивость тем больше, чем слабее ветер в приземном слое, выше относительная влажность воздуха.

Ухудшение видимости до значений менее 4000 м за счет дымов поселка наблюдается в районе аэродрома с ноября по февраль. С июня по август наблюдаются дымы от лесных пожаров. Наибольшая повторяемость дымов отмечается в июле (32.2 %) и январе (28.3 %).

В суточном ходе наибольшую повторяемость дымы имеют в период с 09 до 12 часов местного времени, с максимумом в 12 часов – 6.1 % от общего количества наблюдений. Наименьшая повторяемость дымов отмечается в 01 час – 2.4 %.

В январе и июне наблюдается вторичный максимум повторяемости дымов в период 12 – 14ч и 08 – 09 ч, наименьшая повторяемость дымов отмечается в ночные часы с 01 до 03 ч.

Большая повторяемость продолжительности дымов 1 час и менее отмечена в ноябре (18.2 %), декабре (25 %) и июне (18.5 %). В июне – августе значительна повторяемость дымов 2 – 3 часа (100 %, 37 %, 37.5 %). Наибольшая повторяемость дымов продолжительностью 7 – 12 часов наблюдается в декабре (50 %). Самый продолжительный случай дыма с видимостью менее 4000 м за пять лет отмечался в январе – 54 часа. Общая продолжительность дымов поселка в зимние месяцы составила 61.6 часа. При этом средняя продолжительность дыма в январе составила 19.8 час, в феврале 14.7 час.

Дымы с видимостью менее 1000 м бывают, в основном, в январе (0.3 %), феврале и ноябре их повторяемость ниже – 0.1 % . Наибольшая повторяемость видимости менее 2000, 3000, 4000 м отмечается в январе и составляет 1.1 %, 1.5 %, 1.8 %. В летний период только повторяемость горизонтальной видимости менее 4000 м составляет 1.1 % (в июле). Повторяемость остальных градаций составляет 0.5 % и меньше.

Повторяемость и интенсивность дымов полностью зависит от температурно-ветрового режима. Чаще всего дымы зимой отмечаются в районе аэродрома при северном и северо-восточном ветре (38,3 %), штиле (17.6 %). Наибольшая повторяемость дымов отмечается при скоростях ветра 1 – 3 м/с (76.6 %) и штиле (17.6 %). При слабом ветре (1 – 3 м/с) дымы поселка отмечались при любом направлении ветра, когда наблюдалось значительное понижение температуры воздуха у земли (–35, – 40 °С) при высотной инверсии. При усилении ветра южной четверти (более 3 м/с) дымы поселка не влияют на горизонтальную видимость вдоль взлетно-посадочной полосы, т. к. поселок расположен на севере относительно нее.

Также повторяемость дымов зависит от температуры воздуха у земли. Дымы в районе аэродрома чаще всего наблюдаются при температуре от –36

до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (15,6 %). С повышением температуры воздуха видимость при дыме улучшается, он или рассеивается, или переходит в тонкую слоистую облачность высотой менее 100 м.

Летом чаще всего дымы наблюдались при температуре от $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.3.5 Гроза

Гроза является одним из наиболее опасных для авиации метеорологических явлений. Гроза связана с развитием мощных кучево-дождевых облаков. Такие облака могут развиваться до больших высот и достигать в умеренных широтах 12 – 14 км. При грозах наблюдаются интенсивные ливневые осадки, ухудшающие видимость, иногда выпадает град. Они сопровождаются сильным порывистым ветром у земли – шквалом. С грозами связаны зоны повышенной турбулентности воздуха за счет сильных восходящих и нисходящих воздушных потоков. В грозовых облаках отмечается обледенение самолетов [3, 4].

При грозах возникают мощные электрические разряды между облаками или между облаком и землей, следовательно, появляется вероятность поражения самолета молнией. Поэтому, полеты в грозовых облаках, а также близкий подход к ним категорически запрещаются.

Грозы бывают внутримассовыми и фронтальными. Внутримассовые грозы возникают летом над более прогретыми участками суши. Перемещаются они со скоростью 5 – 25 км/ч чаще всего в направлении воздушного потока, наблюдаемого на средних высотах (3 – 6 км). Эти грозы развиваются в дневные часы и достигают максимального развития в период 15 – 18 ч, к ночи обычно затухают. Обязательными условиями возникновения и развития внутримассовых гроз являются:

- большое влагосодержание воздуха;
- высокие температуры;
- большой вертикальный температурный градиент.

Внутримассовые грозы бывают непродолжительными, но нередко сопровождаются шквалами, сильными ливневыми осадками и градом. Они занимают сравнительно небольшие районы и бывают разбросанными по площади. Могут наблюдаться в одном и том же районе в течение нескольких дней (до смены воздушной массы) [3].

Фронтальные грозы главным образом наблюдаются на холодных фронтах и фронтах окклюзии. Иногда они возникают и на теплых фронтах. Большею частью эти грозы бывают в ночные часы. Фронтальные грозы могут наблюдаться в любое время суток и двигаются вместе с фронтом.

На развитие внутримассовых и фронтальных гроз оказывает влияние рельеф местности. Даже небольшое его превышение (порядка нескольких сотен метров) приводит к усилению грозовой деятельности. Грозы в дневные часы ослабевают над водными бассейнами, так как поверхность этих бассейнов днем бывает холоднее суши. В ночные же часы над водной поверхностью грозы усиливаются, так как поверхность воды оказывается теплее суши.

Особенно опасны фронтальные грозы, так как обход грозовых фронтальных очагов представляет трудность, из-за большой их вертикальной мощности и горизонтальной протяженности [3].

Экипаж в полете должен внимательно следить за состоянием атмосферы и за метеорологическими условиями полета. Если предстоит подход к зоне грозовой деятельности или сильных ливневых осадков, командир воздушного судна должен оценить возможность продолжения полета и принять соответствующее решение на обход зоны, непременно согласовав свои действия с органами управления воздушным движением. В случае визуального обнаружения в полете мощных кучевых и кучево-дождевых облаков, примыкающих к грозовым очагам, разрешается обходить их на удалении не менее 10 км. Если нет возможности обойти указанные облака на заданной высоте, разрешается визуальный полет под облаками или выше их. Под облаками полет разрешается только днем, вне зоны ливневых осадков,

причем высота полета над рельефом местности и искусственными препятствиями должна быть не менее безопасной и во всех случаях не менее 200 м над равниной и холмистой местностью, а в горной местности не менее 600 м, вертикальное расстояние от воздушного судна до нижней границы облаков должно составлять не менее 200 м. При полете над верхней границей облаков воздушное судно должно быть выше как минимум на 500 м [3].

Грозы в районе Нового Уренгоя отмечаются с середины июля до середины августа, то есть в самое теплое время года. В июле наблюдается в среднем 29.1 % гроз, в августе - 27.3 %. В суточном ходе максимум гроз приходится на 20 часов (9.6 %). Минимальная повторяемость отмечалась в 11 – 12 часов местного времени (1.0%).

В районе аэродрома грозы бывают чаще всего непродолжительными – 1 час и менее. Средняя продолжительность гроз за период с мая по сентябрь составляет 1.5 часа. В мае была отмечена самая продолжительная гроза, которая не прекращалась в течение 8.3 часов. Общая продолжительность гроз составила 135.9 часа.

Грозы наблюдались при температуре воздуха от 2 °С до 32 °С . Наибольшее число гроз наблюдалось при температуре от 16 °С до 20 °С (35.2 %) и от 21 °С до 25 °С (27.3 %). При более высоких и низких температурах грозы отмечаются значительно реже [4].

Как правило, грозы не сопровождаются сильным ветром. Так, 60.2 % всех случаев гроз наблюдалось при скорости ветра 1 – 4 м/с. При ветре скоростью 5 – 7 м/с отмечено 17.0 % и 13.6 % гроз отмечено при скорости ветра 11 – 15 м/с. Грозы почти всегда сопровождаются ливневым дождем при видимости 3000 – 5000 м. Иногда отмечается выпадение града.

1.3.6. Гололед

Из наземных видов обледенения наибольшую опасность представляет гололед. Гололед - это ледяная корка толщиной до нескольких сантиметров,

покрывающая земную поверхность и предметы на ней. Гололед, образующийся на искусственных покрытиях аэродрома, существенно осложняет руление, взлет и посадку самолетов. Особенно опасны посадка и взлет при гололеде для воздушного судна с большими взлетно-посадочными скоростями (потеря управляемости, самопроизвольный разворот, выход самолета за пределы ВПП). Гололед приводит к разрушению шин. Лед, отлагающийся на плоскостях воздушного судна во время его стоянки на земле, ухудшает аэродинамические его характеристики, увеличивает вес. Гололед, в основном образуется при выпадении переохлажденного дождя, мороси и при тумане, состоящем из переохлажденных капель. Иногда гололед может образоваться при резком потеплении и при выпадении мокрого снега. Условия образования гололеда зависят от многих факторов: температуры воздуха, дефицита точки росы, от изменения направления и скорости ветра, от величины охлаждения в приземном слое, подстилающей поверхности и особенностей рельефа местности. Гололед часто образуется при температуре воздуха от 0 до -10 °С. Наибольшему обледенению подвергается наветренная сторона предметов. По условиям образования выделяют гололед фронтальный и внутримассовый [3].

Фронтальный гололед отмечается перед теплым фронтом, на холодных фронтах, в зоне фронтов окклюзии, на малоподвижных фронтах с волнами. Гололед перед теплым фронтом, движущимся с небольшой скоростью и имеющим значительные контрасты температуры во фронтальной зоне (более 10 °С на 500 км), представляет наибольшую опасность. Переохлажденный дождь выпадает в тех случаях, когда в клине холодного воздуха температура составляет от -1 до -8 °С, а в теплом секторе, за фронтом, температура положительна (до 10 °С). При прохождении холодного фронта гололед образуется реже. Переохлажденные дожди обычно связаны с холодным фронтом 1-го рода, медленно движущимся со скоростью $10 - 20$ км/ч [2, 3].

Внутримассовый гололед возникает в зонах адвекции тепла на периферии стационарных антициклонов (чаще на западной и северной), а

также на периферии циклонов (обычно на восточной или южной). Адвекция тепла в этом случае выражена слабее, чем перед фронтом. На высотах наблюдается изотермия или инверсия температуры и влажности. Внутримассовый гололед образуется при слоистой облачности, расположенной не только под инверсией, но и в слое инверсии, при выпадении морозящих осадков или слабого дождя и отрицательной температуре в нижнем слое воздуха. Гололед может образоваться и в результате оседания капель адвективного тумана [2, 3].

При полетах в вышеназванных метеорологических условиях практически всегда возникает обледенение самолета в облаках и осадках, что очень сильно влияет на безопасность полета.

Гололед на аэродроме отмечался с марта по май и с октября по декабрь. Максимальная повторяемость гололеда отмечается в октябре (44.1 %). Значительная повторяемость гололеда отмечена в мае (17.5 %). В декабре повторяемость гололеда минимальна (1.8 %).

Отложение гололеда чаще всего наблюдается в утренние часы с 07 до 10 часов местного времени, в 8 - 9 часов отмечается наибольшая повторяемость – 10.4 %. Реже всего гололед образуется в 17 - 18 и в 21 - 23 час местного времени (по 0.9 %).

В течение года наблюдалось 93.5 часа с гололедом. Максимальная продолжительность гололеда отмечена в апреле и октябре – 7.7 часа. Почти все случаи гололеда наблюдались при выпадении переохлажденного дождя или мороси, иногда гололед образовывался при переохлажденном тумане и ледяном дожде.

Отложение гололеда на аэродроме чаще отмечалось при скорости ветра 1-3 м/с – 44 % . Значительна повторяемость образования гололеда при скорости ветра 4 - 5 м/с (23.3 %), а также при штилях (21 %). Больше всего случаев гололеда отмечено при северном ветре.

1.3.7. Осадки

В осадках ухудшается видимость с воздушного судна, а в ливневом дожде видимость ухудшается до нескольких десятков метров. Кроме того, водяная пленка на стеклах фонаря кабины самолета вызывает оптическое искажение видимых объектов, что представляет опасность при взлете и особенно при посадке.

В полете в зоне осадков, кроме ухудшения видимости, имеет место снижение высоты облаков (особенно на атмосферных фронтах). В полете в зоне снегопада над заснеженной поверхностью из-за уменьшения контраста между предметами сильно ухудшается видимость наземных ориентиров и горизонта. Ливневые осадки могут попасть в карбюратор поршневого двигателя самолета и вывести его из строя. Крупнокапельные осадки могут нарушить всасываемый двигателем поток воздуха и привести к уменьшению оборотов компрессора. Во время полета в зоне переохлажденного дождя происходит очень опасное сильное обледенение самолета [2, 3].

Осадки оказывают существенное влияние на состояние и эксплуатацию аэродромов. Струя воды или мокрого снега, отбрасываемая носовым или основными колесами, может всасываться в двигатели, вызывая повреждения их конструкции или потерю тяги, достаточные для того, чтобы сделать взлет опасным; возможно забивание небольших воздухозаборников, вызывающее перегрев масла, неточную работу системы указателя скорости, повреждение закрылков и других частей самолетов. Плохое состояние ВПП вызывает трудности с управляемостью на пробеге. Дожди могут привести к размоканию грунтовых аэродромов. Снежный покров, образующийся на аэродроме, требует специальных работ по его уборке или укатке для обеспечения взлета и посадки воздушных судов [2, 3].

Ливни - кратковременные осадки, выпадающие из кучево-дождевых облаков, более интенсивные, чем обложные осадки. Ливни вызывают развитие сильных нисходящих потоков в кучево-дождевых облаках и под

ними. Чем сильнее ливень, тем сильнее нисходящий поток. Скорость этого нисходящего потока более холодного воздуха, вытекающего из кучево-дождевого воздуха в зоне ливня, может достигать 15 - 20 м/с.

Ливневые осадки выпадают из внутримассовых и фронтальных кучево-дождевых облаков. Ливневые осадки характерны для неустойчивых воздушных масс. Сильные ливневые осадки чаще наблюдаются на холодных фронтах 2 - го рода, в зоне фронта окклюзии. Ливни могут ухудшать видимость до значений менее 1000 м. Ливневые осадки всегда кратковременны и внезапны, хотя могут повторно выпадать через небольшие промежутки времени [2, 3].

Чаще всего ограниченная видимость при ливневом снеге отмечается в марте, так как в переходный период происходит усиление циклонической деятельности. Повторяемость ограниченной видимости в этом месяце максимальна (3.7 % для 4000 м и менее, 2.2 % для 3000 м и менее, 1.0 % для 2000 м и менее).

Видимость менее 1000 м отмечалась в период январь - май и в октябре – ноябре.

В феврале и сентябре отмечаются минимальные значения видимости менее 3000 и менее 2000 м - 0.3 % и 0.1 %.

Обложные осадки выпадают из слоисто-дождевых и высоко - слоистых облаков продолжительное время на большой территории. Это осадки средней интенсивности, они могут выпадать в виде дождя, снега и мокрого снега. Мокрый снег – осадки, выпадающие в виде снежинок и переохлажденных капель или тающих снежинок. Мокрый снег образуется тогда, когда у земли температура воздуха близка или чуть выше 0 °С. Полет в зоне снегопада и мокрого снега опасен из-за ухудшенной видимости (иногда до 1000 – 2000 м) и возможности умеренного обледенения [2, 3].

Ухудшение видимости в обложном снеге отмечалось в 868 случаях в период с сентября по май. Наибольшая повторяемость ухудшения видимости

всех градаций в обложном снеге отмечается в марте: менее 4000 м – 5.5 %, менее 3000 м – 3.8 %, менее 2000 м – 1.5 %.

Минимальные значения отмечаются в сентябре: менее 4000 м – 0.8 %, менее 3000 м - 0.5 %, менее 2000 м – 0.1 %. Ухудшение видимости в обложном снеге до значений менее 1000 м отмечается с января по май и в октябре, наименьшая повторяемость отмечается в феврале – 0.03 %.

Наибольшая повторяемость ухудшения видимости всех градаций в обложном дожде отмечается в сентябре.

Менее 4000 м – 1.15, менее 3000 м – 0.7 %, менее 2000 м – 0.5 %, менее 1000 м – 0.1 %.

Чаще всего ограниченная видимость при обложном мокром снеге наблюдалась в мае и октябре. Повторяемость в эти месяцы составляет 0.9 % и 0.5 % для видимости 4000 м и менее. Повторяемость ухудшения видимости при ливневом мокром снеге максимальна в октябре – 0.7 % для видимости 4000 м и менее.

Морось чаще всего наблюдается в сентябре и составляет 1.1 % для видимости 4000 м и менее, также отмечается в марте (0.02 % для видимости 4000 м и менее), мае и июне (0.1 % для видимости менее 4000 м).

2 МАТЕРИАЛЫ НАБЛЮДЕНИЙ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Особенности температурного режима и режима осадков в Новом Уренгое

Для исследования были использованы данные наблюдений метеорологической станции, расположенной в районе аэропорта Новый Уренгой. Это единственная метеорологическая станция в районе города (см. рис. 1.2).

Данные температуры воздуха и количества осадков выписывались из журналов наблюдений, находящихся в архиве.

Были построены графики хода температуры воздуха по месяцам за период с 2000 по 2018 гг., график многолетнего хода среднегодовых температур воздуха за период с 1976 по 2018 гг [1]. Проведены линии тренда.

Температурные ряды были выборочно исследованы при помощи критерия Фишера.

Был проведен анализ многолетнего хода температуры воздуха и количества осадков. Выявлено, что процесс глобального потепления климата затронул и регион Ямало-Ненецкого округа.

Ход количества осадков также вписывается в этот процесс.

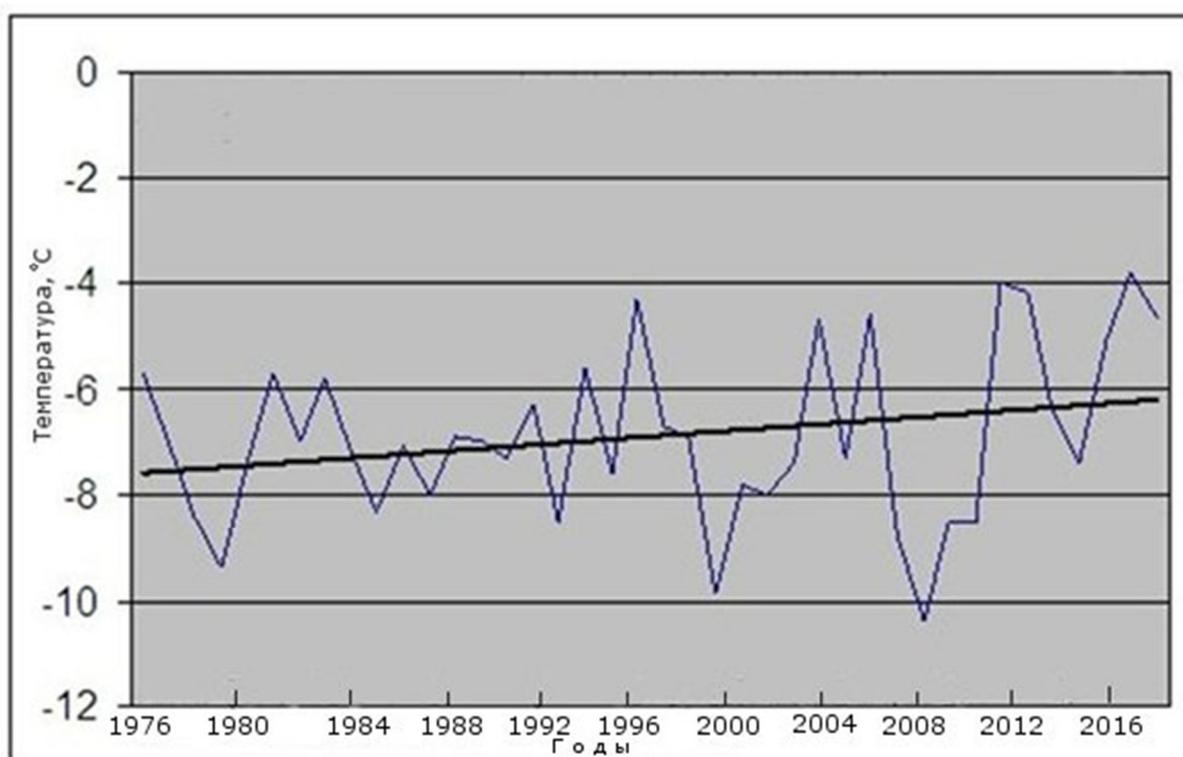


Рисунок 2.1 - Ход среднегодовых температур воздуха в Новом Уренгое за период с 1976 по 2018 гг.

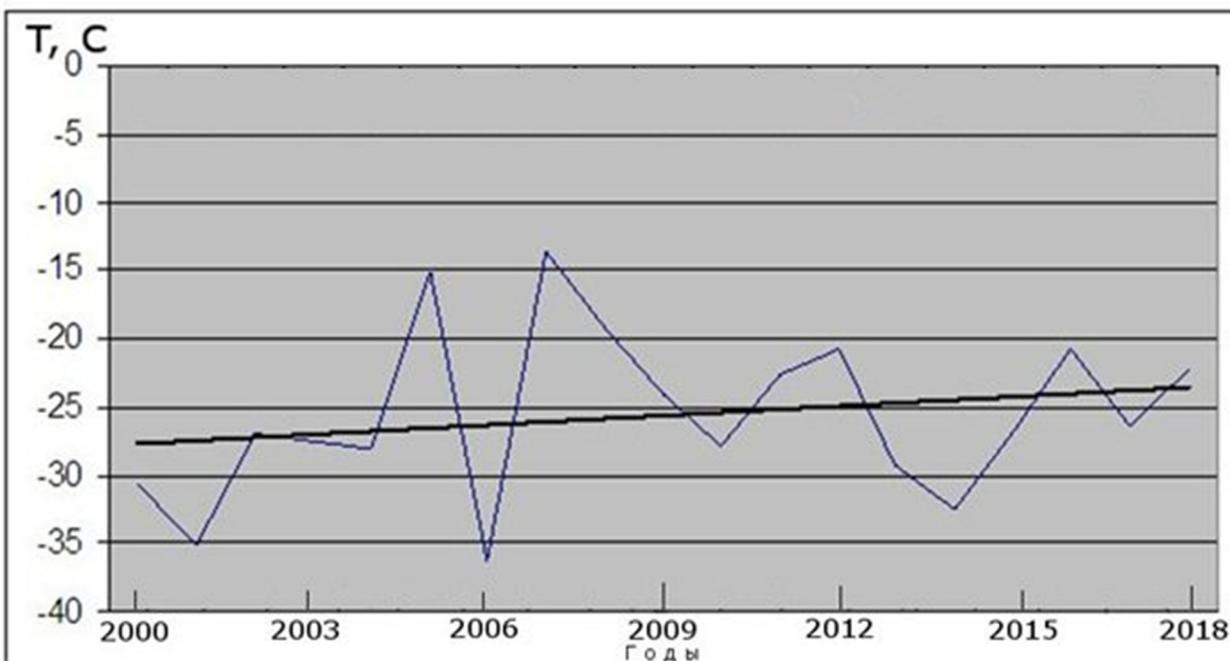


Рисунок 2.2 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в январе за период с 2000 по 2018 гг.

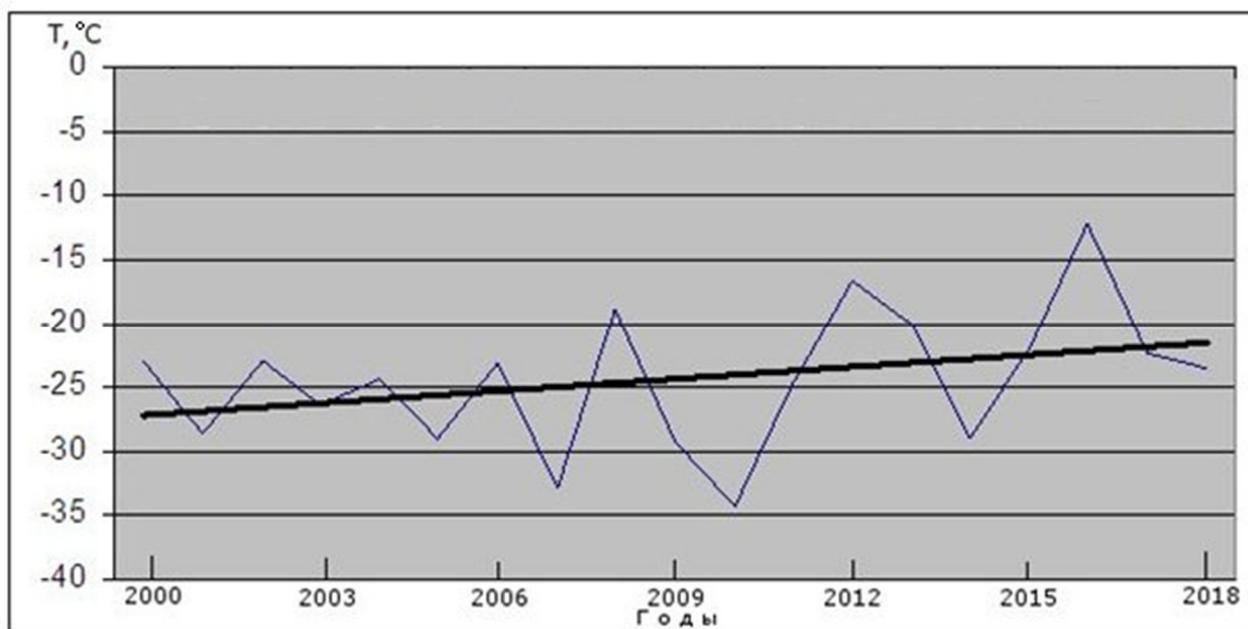


Рисунок 2.3 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в феврале за период с 2000 по 2018 гг.

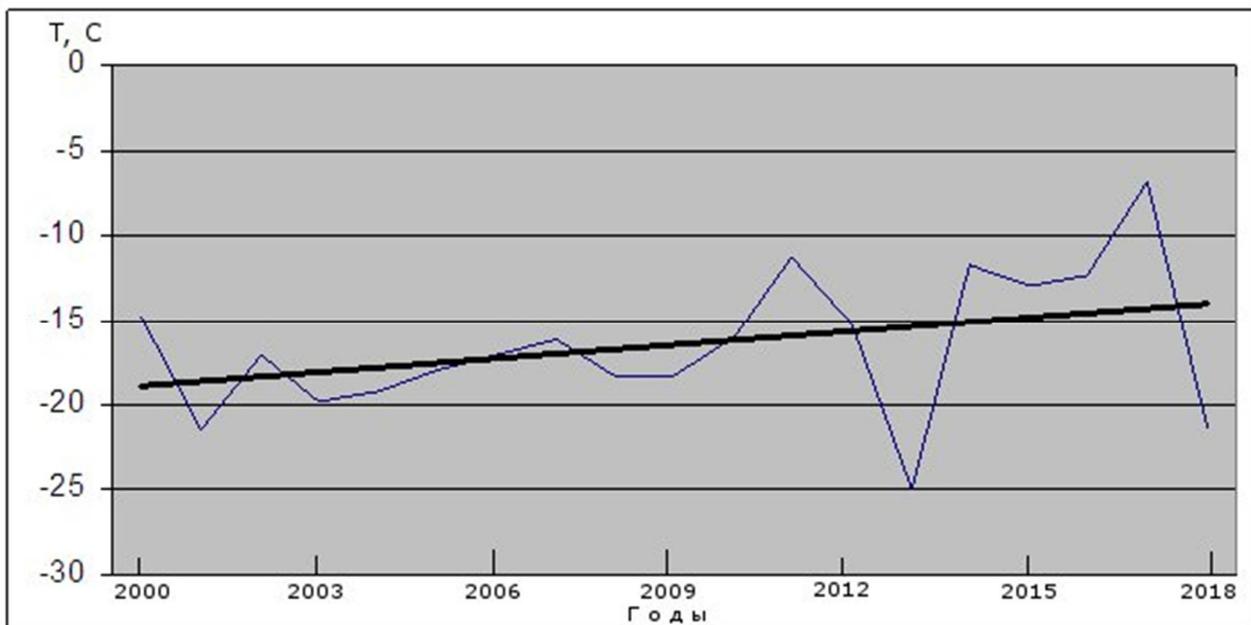


Рисунок 2.4 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в марте за период с 2000 по 2018 гг.

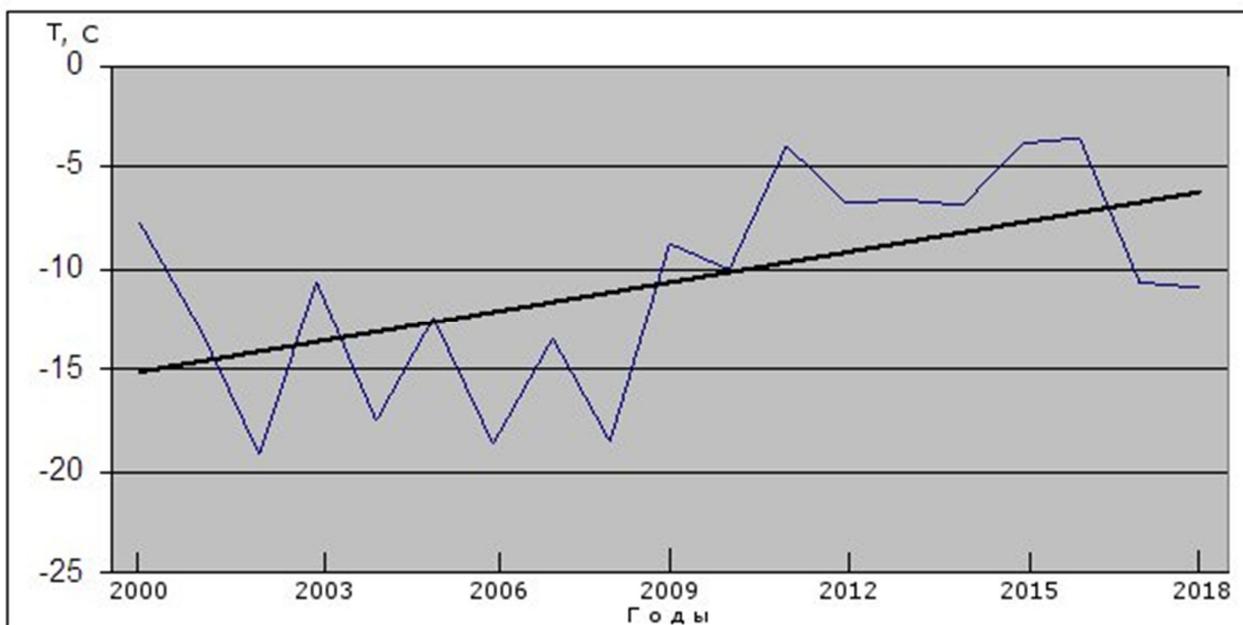


Рисунок 2.5 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в апреле за период с 2000 по 2018 гг.

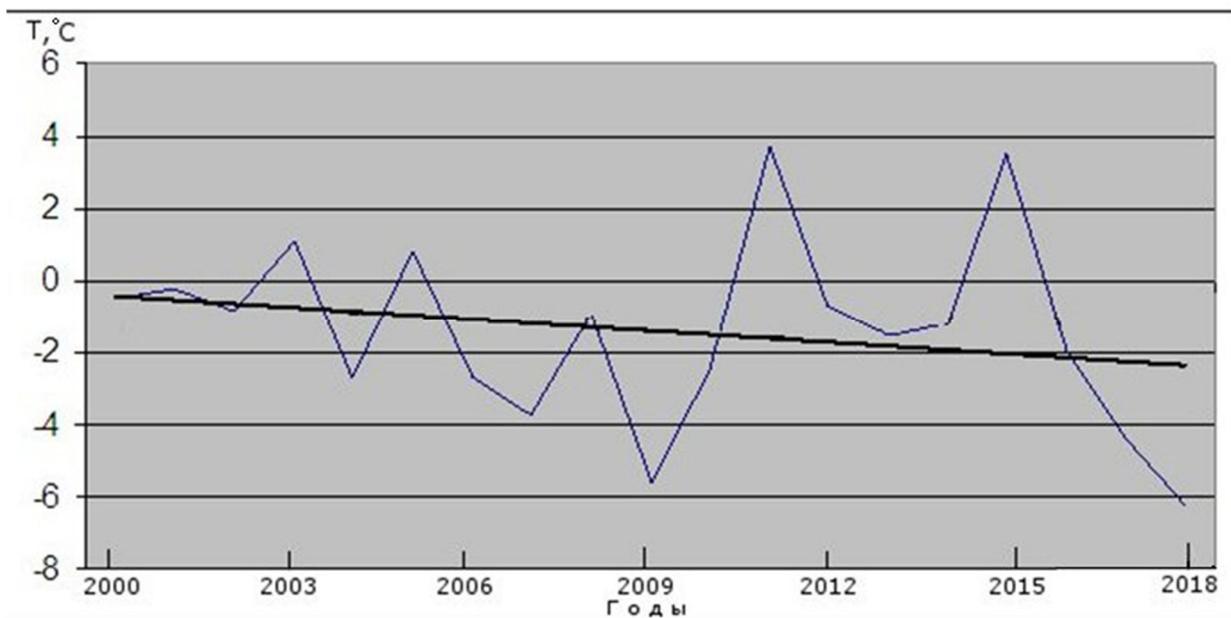


Рисунок 2.6 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в мае за период с 2000 по 2018 гг.

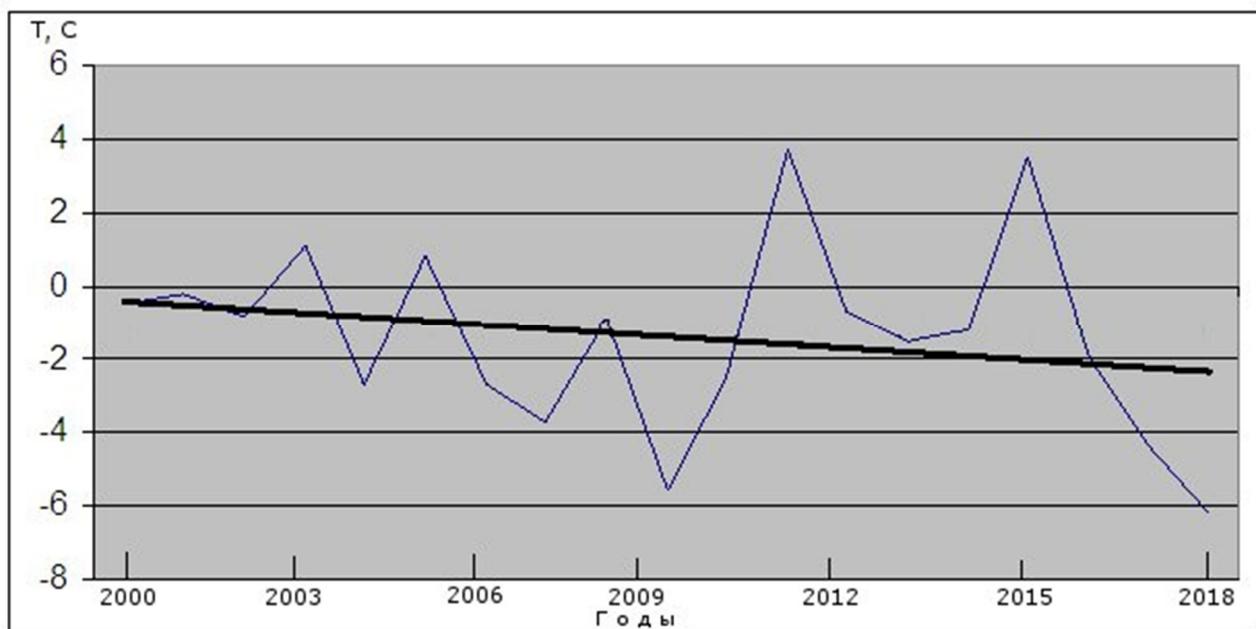


Рисунок 2.7 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в июне за период с 2000 по 2018 гг.

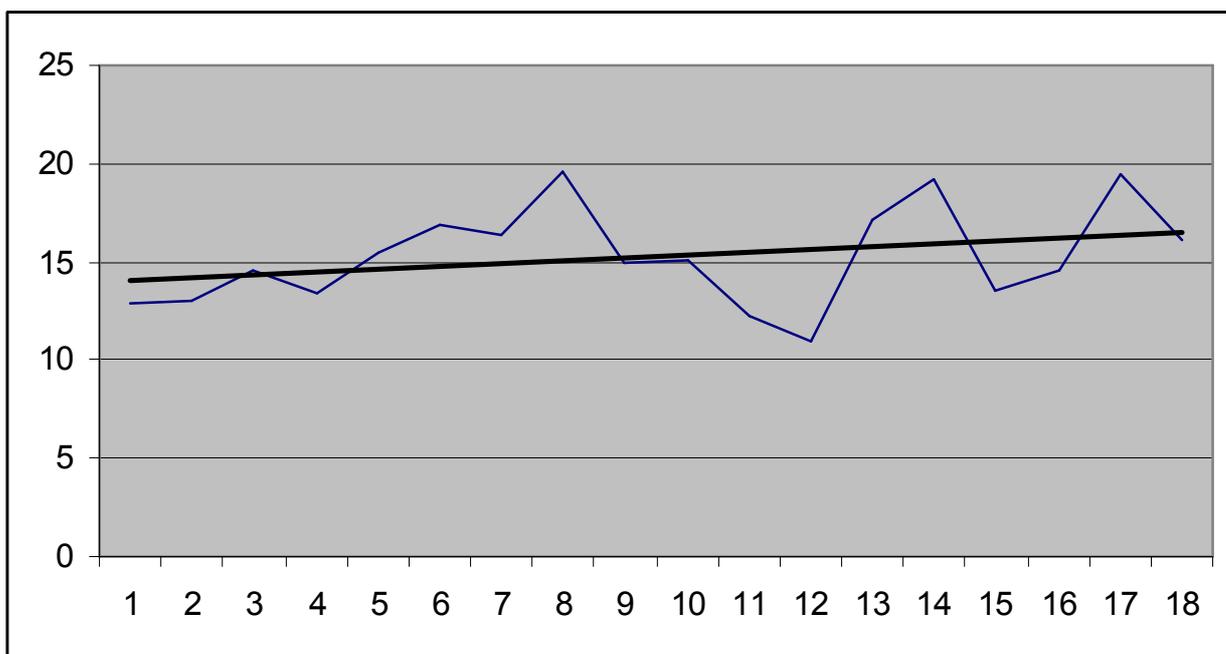


Рисунок 2.8 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в июле за период с 2000 по 2018 гг.

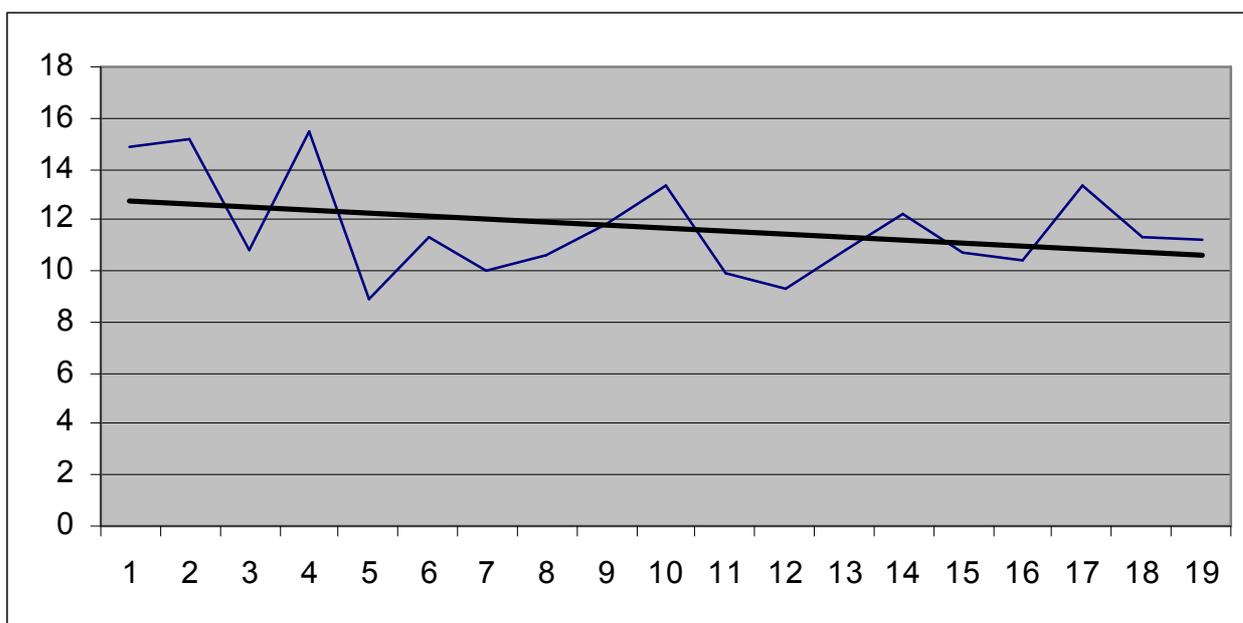


Рисунок 2.9 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в августе за период с 2000 по 2018 гг.

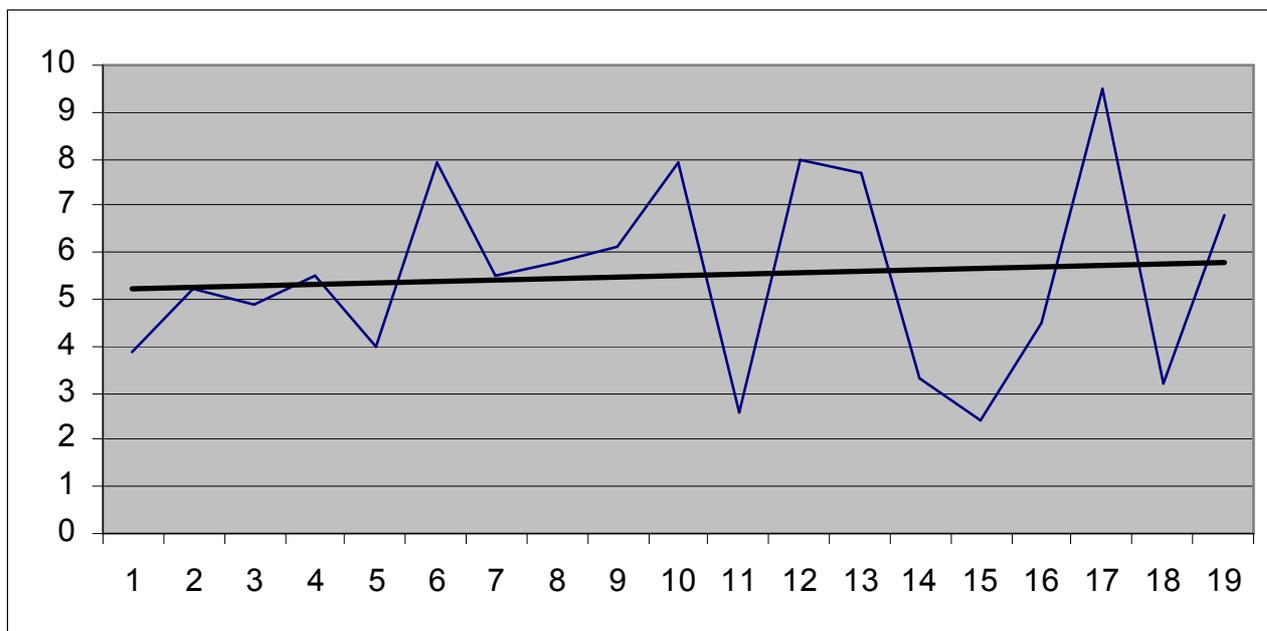


Рисунок 2.10 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в сентябре за период с 2000 по 2018 гг.

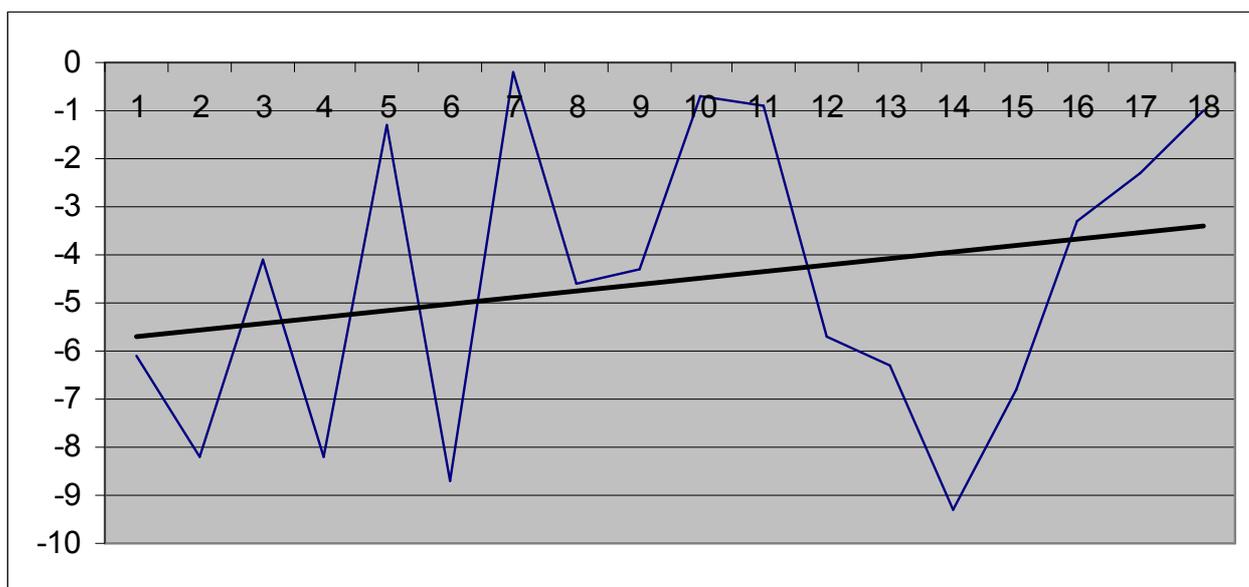


Рисунок 2.11 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в октябре за период с 2000 по 2018 гг.

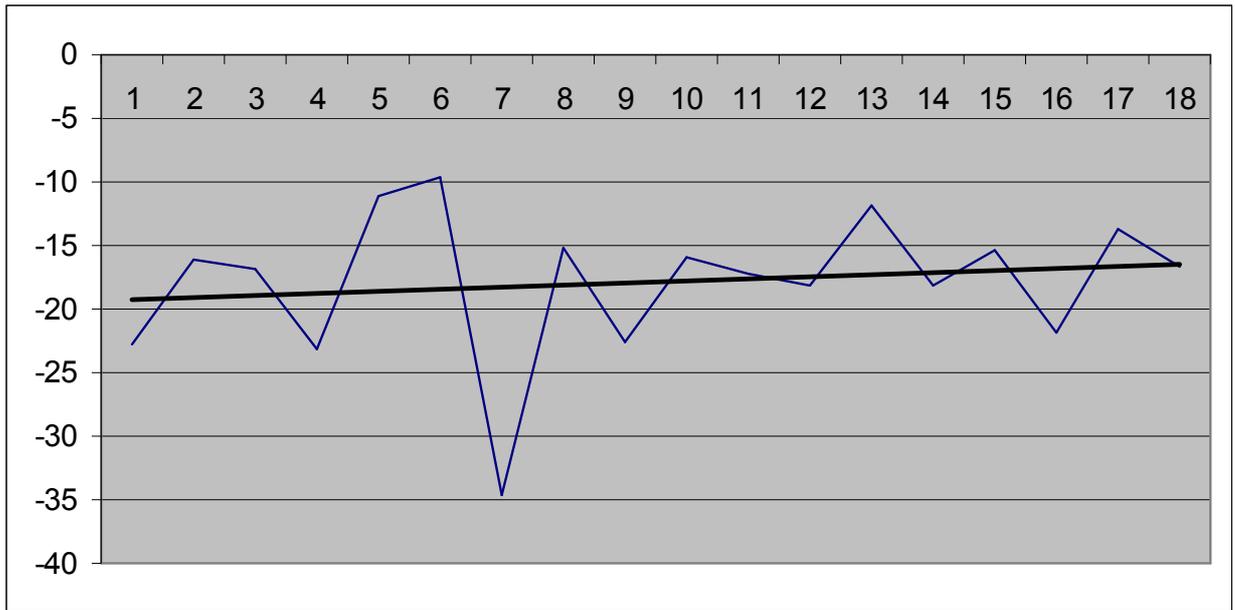


Рисунок 2.12 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в ноябре за период с 2000 по 2018 гг.

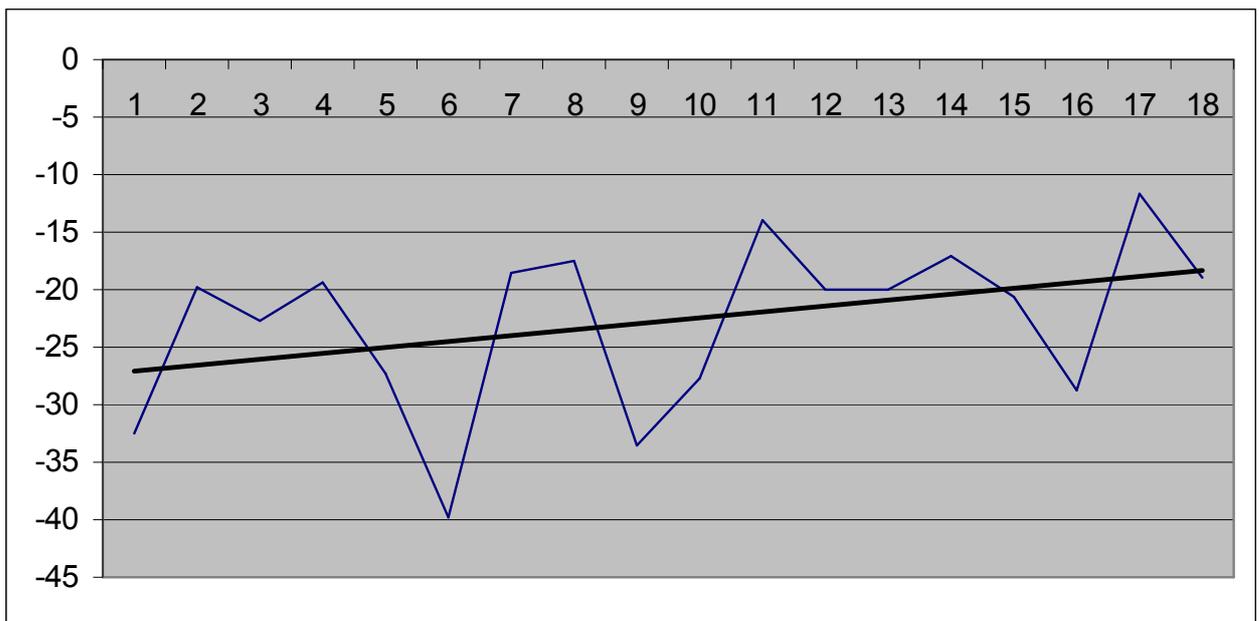


Рисунок 2.13 – Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха в декабре за период с 2000 по 2018 гг.

Из анализа графиков на рисунках 2.2 – 2.13 следует, что за период с 2000 по 2018 гг. на протяжении большей части года наблюдался рост температуры воздуха. Только в теплый период года (май, июнь и август) наблюдался отрицательный тренд. Можно заключить, что именно холодная часть года вносит наибольший вклад в процесс потепления.

Из анализа рисунка 2.1 следует, что за период с 1976 по 2018 гг. наблюдался положительный тренд температуры воздуха.

Эти выводы согласуются с графиком на рисунке 2.14, который показывает динамику глобального потепления. На графике видно, что в 1975 году процесс потепления приобрел очень стремительный характер. На нашем рисунке 2.1 линия тренда вполне согласуется с этим графиком.

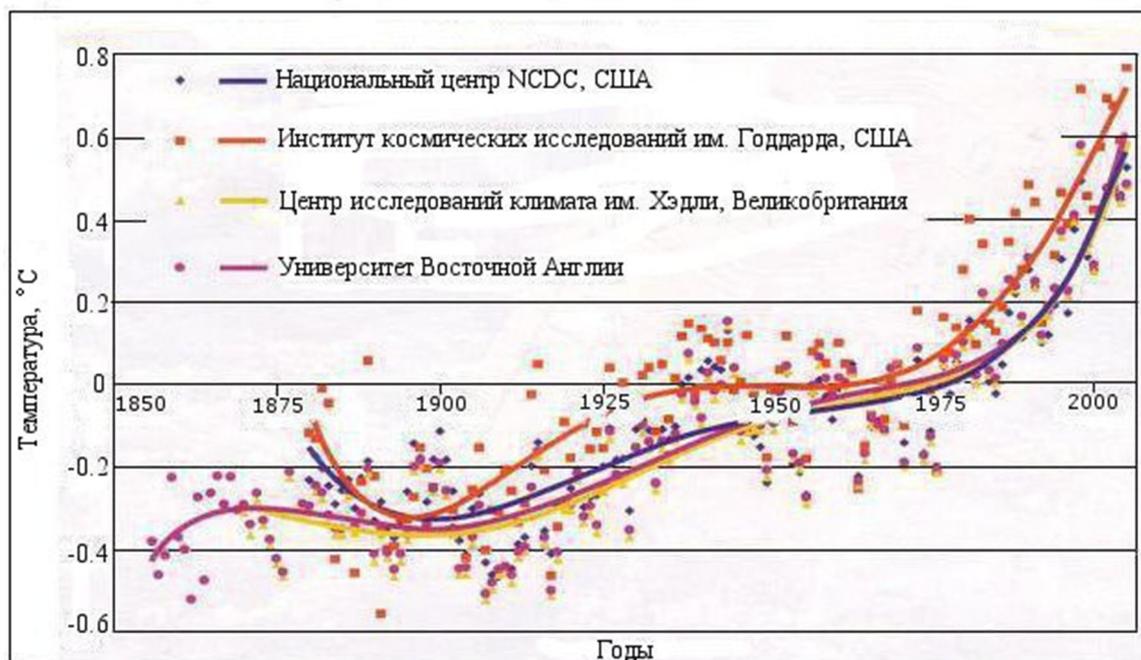


Рисунок 2.14 - Динамика глобального потепления [9]

2.2 Анализ аномалий температуры воздуха в холодный период года в Западной Арктике

Для того, чтобы наше исследование было более объективным, проведем анализ аномалий температуры воздуха в холодный период года во всем обширном регионе Западной Арктики.

В Западной Арктике выделим четыре района, аномалии температуры воздуха в которых относятся к предмету нашего исследования: Баренцево море (район 1), Карское море (район 2), Обь-Енисейский Север (район 3) и западная часть приполюсной области (район 4). Районы представлены на рис. 1.

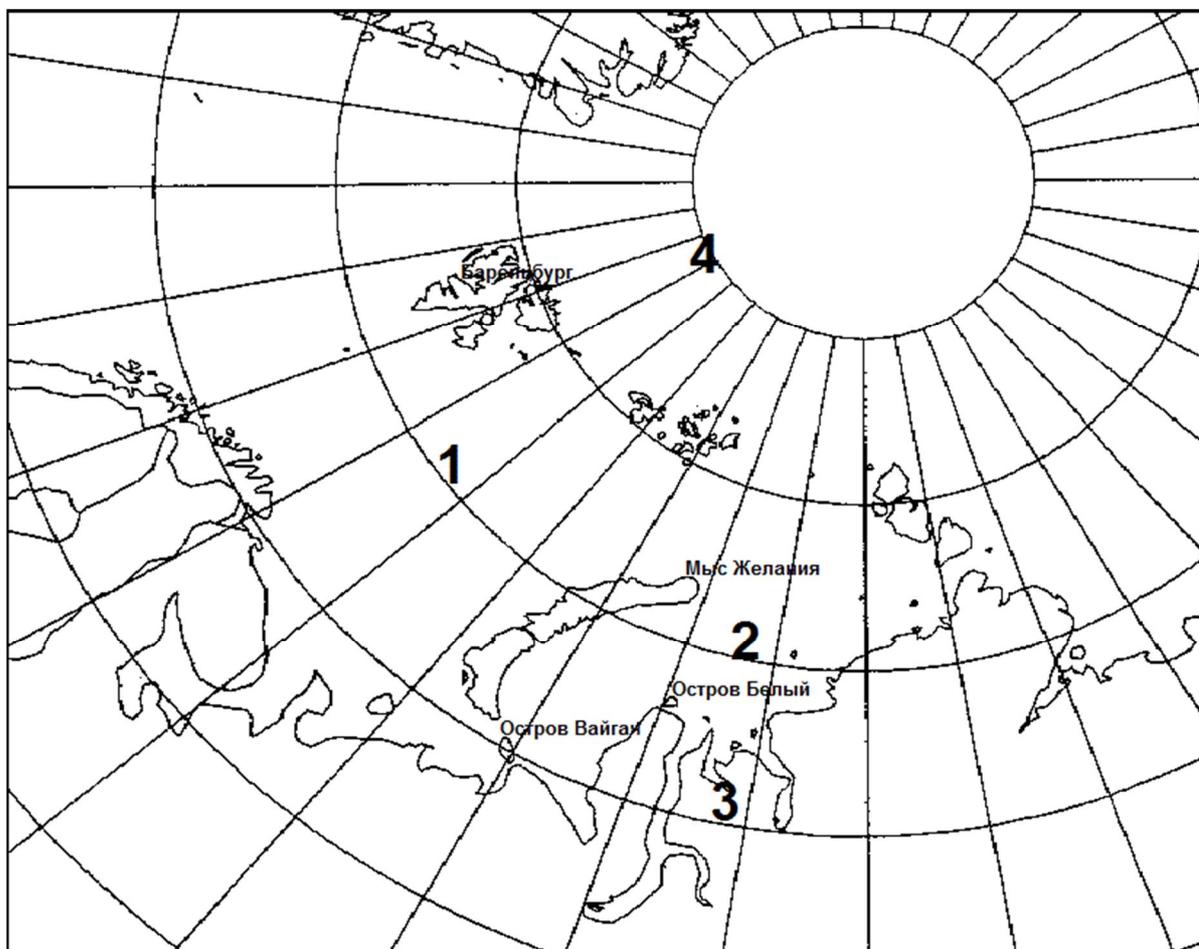


Рисунок 2.15 - Карта Западной Арктики.

Распределение аномалий температуры воздуха по районам Западной Арктики в холодный период года за исследуемый ряд лет приводится в табл. 3.

Таблица 3.

Распределение знака аномалий температуры воздуха по районам Западной Арктики в октябре-марте 1990-2018 гг.

Период	Район 1	Район 2	Район 3	Район 4
1990-1991	+	-	-	-
1991-1992	-	-	-	-
1992-1993	-	-	-	-
1993-1994	-	-	-	-
1994-1995	+	+	+	-
1995-1996	-	-	+	-
1996-1997	-	-	-	-
1997-1998	-	-	-	-
1998-1999	-	-	-	+
1999-2000	+	+	+	+
2000-2001	+	+	-	+
2001-2002	+	+	+	+
2002-2003	-	-	-	+
2003-2004	-	-	-	+
2004-2005	+	+	+	+
2005-2006	+	+	+	+
2006-2007	+	+	+	+
2007-2008	+	+	+	+
2008-2009	+	+	+	+
2009-2010	+	+	-	+
2010-2011	+	+	+	+
2011-2012	+	+	+	+
2012-2013	+	+	+	+
2013-2014	+	+	-	+
2014-2015	+	+	-	+
2015-2016	+	+	+	+
2016-2017	+	+	-	+
2017-2018	+	+	+	+

На рис 2.16 представлена повторяемость положительных аномалий температуры воздуха в различных районах Западной Арктики в холодные сезоны года с 1990 по 2018 гг.

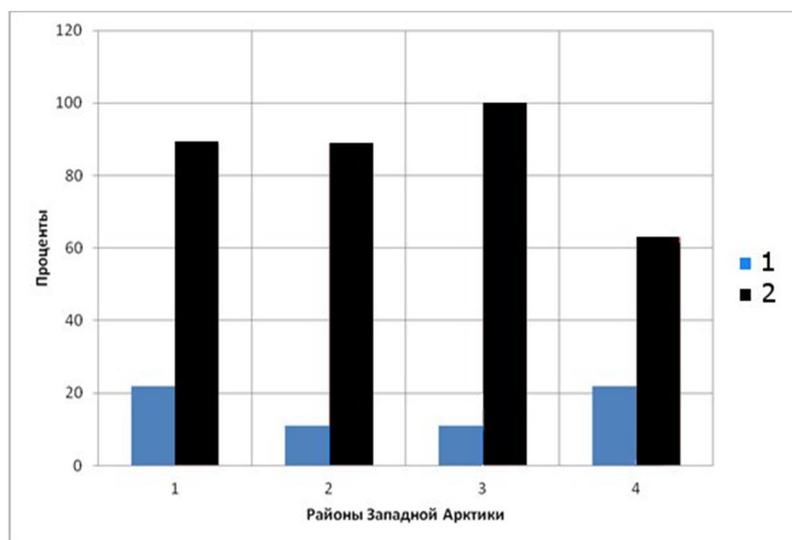


Рисунок 2.16 - Повторяемость положительных аномалий температуры воздуха в районах Западной Арктики в холодные сезоны с 1990 по 1998 гг. (1) и с 1999 по 2018 гг. (2).

Примечание: аномалии вычислены от средних значений температуры за период 1988—2010 гг.: 1 — Баренцево море; 2 — Карское море; 3 — западная часть приполюсной области; 4 — Обь-Енисейский Север

Из рис 2.16, полученного по данным табл. 3 видно, что с 1990 по 1998 гг. в холодный период года в Западной Арктике наблюдались преимущественно отрицательные аномалии температуры воздуха. Начиная с сезона 1999—2000 гг. над всей Западной Арктикой преобладали положительные аномалии температуры воздуха. Причем в западной части приполюсной области их повторяемость составляла 100 %. Проявилась общая тенденция глобального потепления. Разделение исследуемого периода на два по знаку преобладающих аномалий температуры воздуха во многом связано с нормами, по которым вычислялись аномалии температуры.

На рис. 2.17 показана межгодовая изменчивость средних сезонных аномалий температуры воздуха в юго-западной части Карского моря в холодный период года. Средние значения аномалий получены по данным

полярных станций на острове Вайгач, острове Белый и на мысе Желания (рис. 2.15).

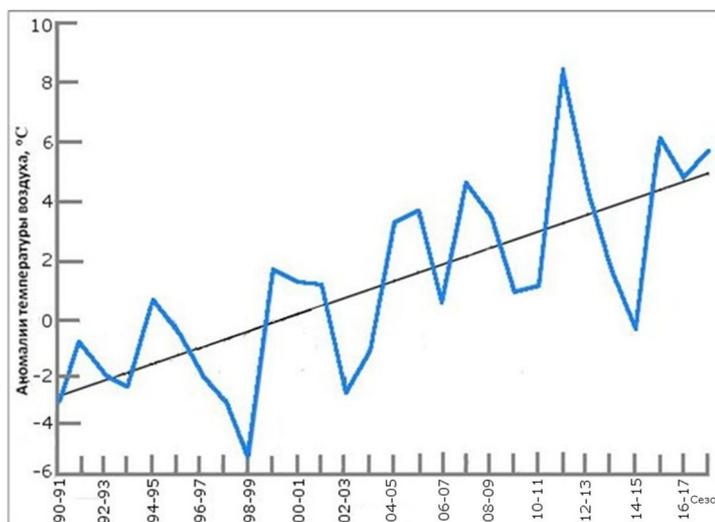


Рисунок 2.17 - Межгодовая изменчивость средних сезонных аномалий температуры воздуха в юго-западной части Карского моря в холодный период года (октябрь — февраль) за период с 1999 по 2018 гг.

Из рис. 2.17 следует, что график аномалий температуры воздуха на юго-западе Карского моря имеет положительный линейный тренд.

Анализ графика показывает, что начиная с сезона 1999—2000 гг. в этом районе преобладают положительные аномалии температуры воздуха, что характерно для всей Западной Арктики в целом.

Анализ сезонных карт приземного давления позволил сделать вывод о том, что крупные положительные аномалии температуры воздуха в юго-западной части Карского моря возникают при формировании мощной ложбины атлантической депрессии, направленной в сторону приполюсной области, архипелага Северная Земля. Например, в сезон 2011—2012 гг., когда аномалии температуры в юго-западной части Карского моря достигли +8,4 °С (рис. 2.17), климатическая ложбина от Северо-Восточной Атлантики была направлена на Землю Франца-Иосифа и приполюсную область, что обусловило адвекцию теплых воздушных масс в Западную Арктику.

Наоборот, при формировании крупных отрицательных аномалий температуры воздуха ось ложбины атлантической депрессии менее развита и

смещается к побережью Баренцева моря, на юг Новой Земли. Возможен также вариант локализации холодной воздушной массы в виде замкнутого циклонического вихря непосредственно над Баренцевым и Карским морями. Во всех этих случаях в исследуемый район поступают холодные воздушные массы из Арктического бассейна. Например, в сезон 2002—2003 гг., когда средняя аномалия температуры воздуха составляла $-2,4$ °С, над Баренцевым и Карским морями у поверхности земли наблюдалась замкнутая циклоническая циркуляция, а на уровне 500 гПа центр высотного циклонического вихря находился над Карским морем.

Таким образом, температуры воздуха в юго-западной части Карского моря и над Западной Арктикой в целом, существенно зависят от направления и интенсивности адвекции воздушных масс. Адвекцию воздушных масс во многом определяет поле приземного давления.

Исследователи в России и за рубежом, на основе анализа архивного аэросиноптического материала за много лет пришли к выводу, что над Арктическим бассейном наблюдается шесть основных групп синоптических процессов, которые имеют длительность порядка семи дней и включают от 1 до 3 элементарных синоптических процесса (ЭСП). Впервые группы определены в ААНИИ и опубликованы в Атласе Арктики [9].

2.3 Анализ синоптических процессов в холодный период года

Исследование связи аномалий температуры воздуха в юго-западной части Карского моря с повторяемостью ЭСП групп барических полей показало, что максимальная корреляционная связь наблюдается с барическими полями ЭСП группы В, для которой характерно развитие циклонической деятельности над Западной Арктикой и, как следствие, формирование положительных аномалий температуры над этим регионом полярного бассейна [9, 10].

Вторая по величине корреляционная связь наблюдается с ЭСП группы Б и имеет отрицательный знак. Синоптические процессы группы Б

характеризуются развитием антициклона над Арктическим бассейном, который блокирует перемещение теплых атлантических воздушных масс на юго-запад Карского моря [10, 11].

На рис. 2.18 показана повторяемость процессов групп Б и В в холодные сезоны 1990—2018 гг.

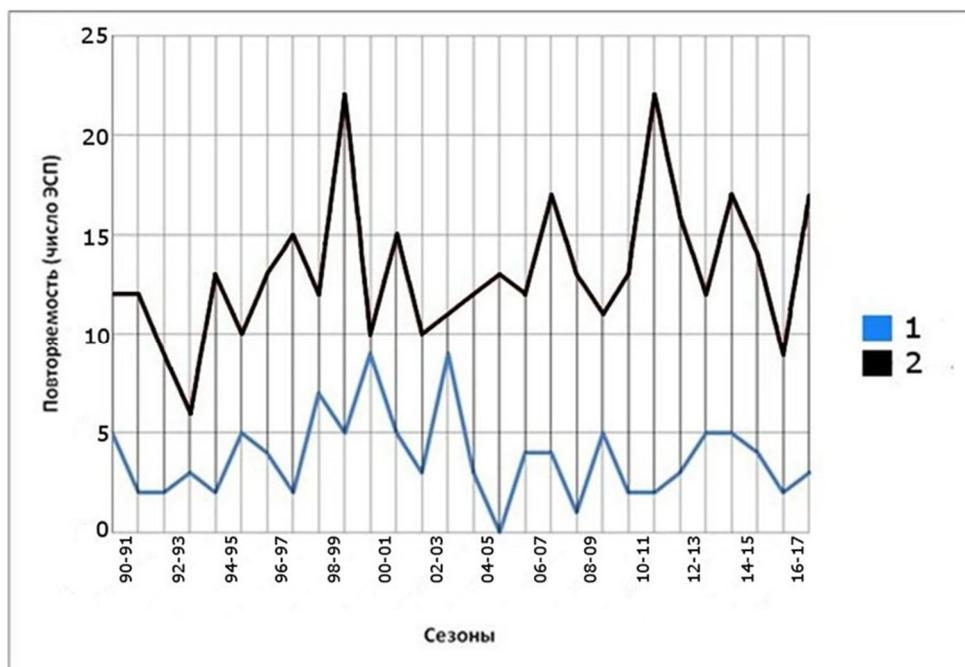


Рисунок 2.18 - Межгодовая изменчивость процессов групп Б (1) и В (2) в холодные сезоны года (октябрь — февраль) 1990—2018 гг.

В уже упомянутом максимально теплом сезоне 2011—2012 гг. наблюдалось 22 элементарных синоптических процесса группы В, что и привело к адвекции большого количества теплого воздуха с Атлантики в Западную Арктику. При этом, процессы группы Б, когда формируется обширный антициклон в Арктическом бассейне, отмечены только в двух ЭСП (рис.2.18).

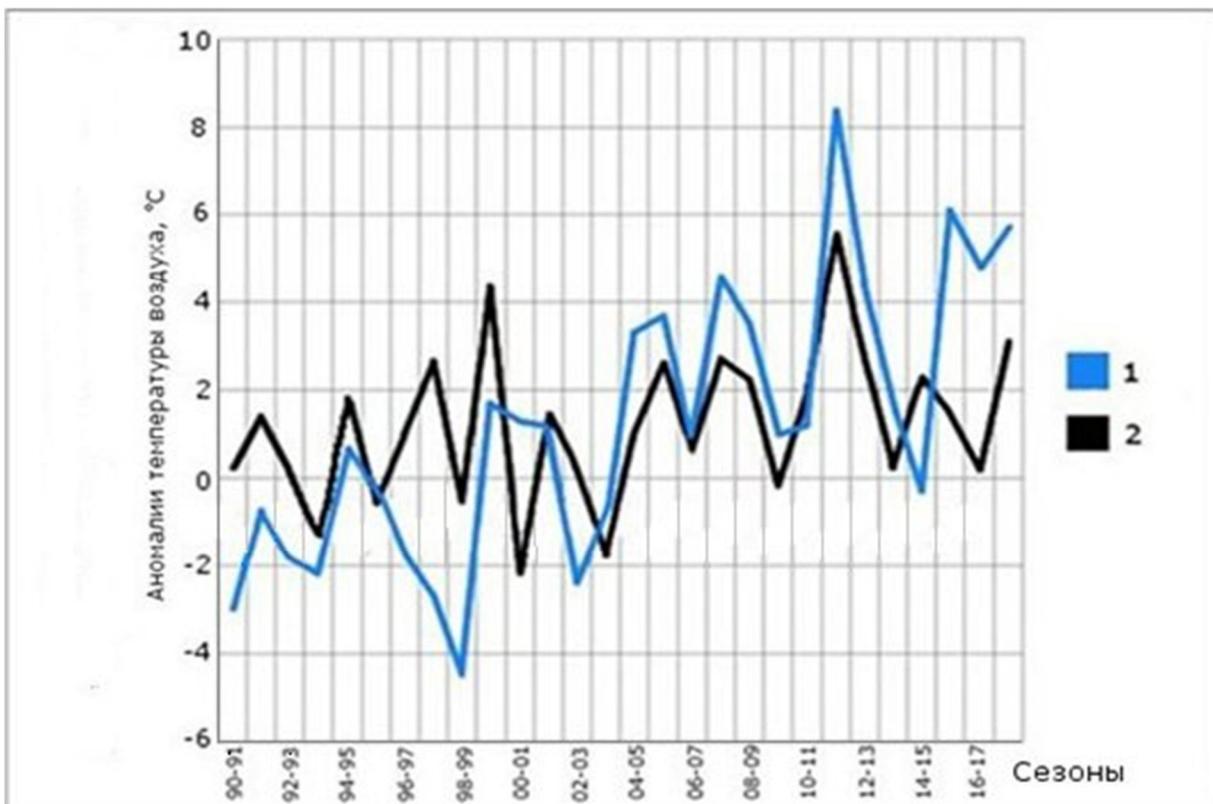


Рисунок 2.19 - Анализ многолетнего хода количества осадков на фоне общего потепления климата (1 и 2 – элементарные синоптические процессы)

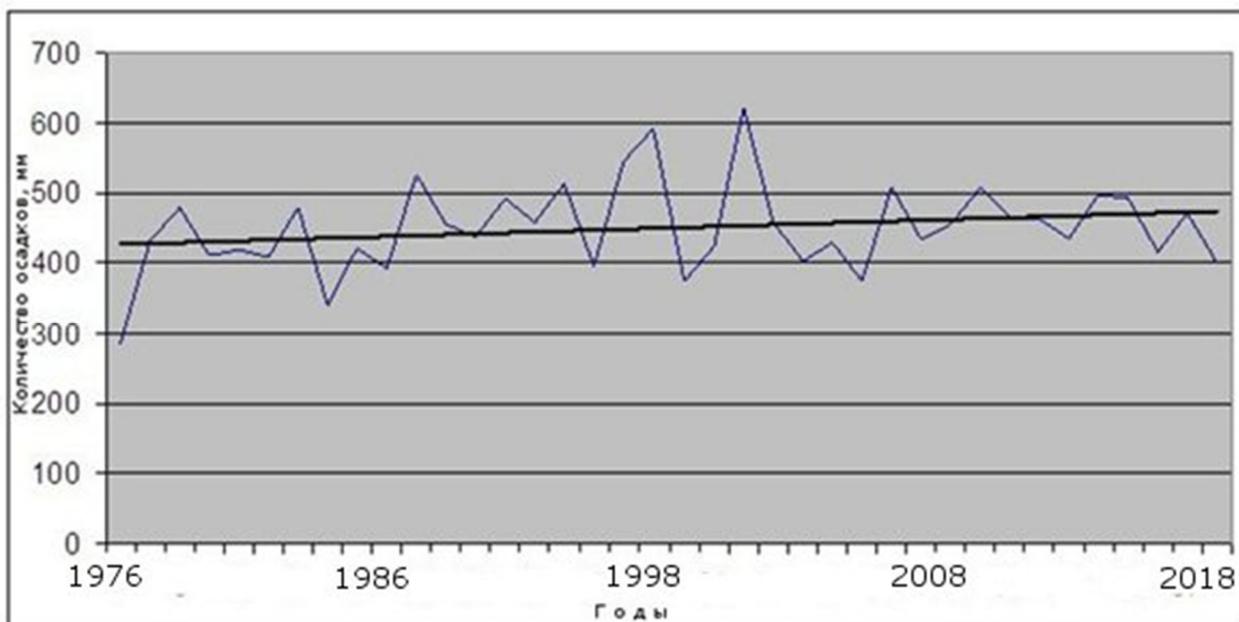


Рисунок 2.20 - Многолетний ход годовых сумм осадков в Новом Уренгое за период с 1976 по 2018 гг.

Рассмотрим график на рисунке 2.20, где показан многолетний ход количества осадков в Новом Уренгое за период с 1976 по 2018 гг. Исходя из

анализа графика можно сделать вывод, что с 1976 года количество осадков в Новом Уренгое выросло. Этот вывод также согласуется с процессом глобального потепления: при повышении температуры воздуха увеличивается количество облаков, особенно нижнего яруса, которые и дают осадки.

Сравним наш график для Нового Уренгоя с графиком на рис. 2.19, который построен для Западной части Арктики. На этом графике также прослеживается положительный тренд в многолетнем ходе количества осадков. То есть, тенденция увеличения количества осадков за период исследования характерна не только для одного пункта (Нового Уренгоя), но и для всего обширного региона Западной Арктики.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЯДА ПРИ ПОМОЩИ КРИТЕРИЯ ФИШЕРА

Так как наш временной температурный ряд имеет большую вариабельность значений, необходимо убедиться, что все эти значения (температура воздуха) принадлежат одной совокупности. Для этого можно использовать F- критерий Фишера, применяемый для сравнения дисперсий двух вариационных рядов.

Исследуем наш температурный ряд при помощи критерия Фишера, то есть проведем оценку его изменений. Для этого наш временной температурный ряд разобьем на два (на две выборки - x^n и y^m):

$$x^n = (x_1, \dots, x_n), x_i \in \mathbb{R}; y^m = (y_1, \dots, y_m), y_i \in \mathbb{R}$$

где: σ_1^2 и σ_2^2 – дисперсии выборок x^n и y^m ,

s_1^2 и s_2^2 – выборочные оценки дисперсий σ_1^2 и σ_2^2 .

$$s_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$
$$s_2^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2,$$

где

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad \bar{y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i$$

– выборочные средние выборок x^n и y^m .

Дополнительно предполагаем, что наши выборки являются нормальными (то есть подчиняются нормальному распределению – распределению Гаусса, когда физическая величина, то есть, в нашем случае, температура воздуха, подвержена влиянию огромного числа случайных помех).

Нулевая гипотеза: $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (нулевая гипотеза H_0 – некоторое предположение о распределении вероятностей, создавшем нашу выборку данных x^n и y^m).

Статистика Фишера: $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$ имеет распределение Фишера с $n-1$ и $m-1$ степенями свободы. В числителе ставится большая из двух сравниваемых дисперсий [1].

Рассмотрим несколько точек нашего исходного температурного ряда, визуально имеющих значительное отклонение от линии тренда (рис. 2.1). Эти значения представлены в таблице 3:

Таблица 3

Результаты расчета F- критерия Фишера

Год	Значение признака	σ_1	σ_2	n -число степеней свободы 1-го ряда	m -число степеней свободы 2-го ряда	$F_{\text{расч.}} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$	$F^1_{\text{табл.}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1979	-9.31	0.74	0.76	10	53	1.03	2.08
1997	-4.23	0.84	0.80	16	47	1.05	1.86
2000	-9.91	0.93	0.88	23	40	1.06	1.80
2006	-4.52	0.87	0.94	34	29	1.08	1.80
2008	-10.20	0.89	1.06	43	20	1.19	1.82
2012	-4.00	0.91	0.63	49	14	1.44	2.24

¹) табличное значение F- критерия Фишера при уровне значимости $\alpha = 0.05$ (α – это вероятность отклонить нулевую гипотезу, когда на самом деле она верна) [23].

Сравнивая результаты в столбцах 7 и 8 (то есть рассчитанные значения F и его табличные значения) при соответствующих степенях свободы (столбцы 5 и 6) получаем, что для каждого исследуемого варианта $F_{\text{табл.}} > F_{\text{расч.}}$. Следовательно, дисперсии отличаются незначимо, выборки можно объединить и имеющаяся на графике (см. рисунок 2.1) вариабельность признака имеет место в рассматриваемом ряду [7, 8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цели, поставленные при написании работы выполнены.

Рассмотрены климатические особенности города Новый Уренгой: тип климата - умеренно континентальный, граничащий с субарктическим. В районе суровая продолжительная зима (284 дня) с длительными морозами и устойчивым снежным покровом, короткое, холодное лето.

Построены графики многолетнего хода температуры воздуха и количества осадков за период с 2000 по 2018 гг;

Проанализированы температурный режим и режим осадков и определен характер изменения многолетнего хода этих величин.

Сделан вывод о том, что процесс глобального потепления коснулся не только исследуемого района, но и всей Западной Арктики: наибольший вклад в потепление климата дает холодный период года.

Количество осадков в районе выросло за период с 1976 по 2018 гг., что также характеризует процесс потепления. Также количество осадков выросло и во всем регионе Западной Арктики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Журналы наблюдений погоды на АМСГ «Новый Уренгой» за 32года (1976-2018 гг.).
- 2 Зверев, А.С. Синоптическая метеорология - / А.С. Зверев, - Л.: Гидрометеиздат, 1968.
3. Синоптическая и авиационная метеорология. Часть II. – М.: Военное издательство, 1985.
- 4 Климатическая характеристика аэродрома «Новый Уренгой». АМСГ «Новый Уренгой», 2002.
- 5 Кошинский, С.Д., Дробышев А.Д., Белая И.Н. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала, часть 4 - / С.Д. Кошинский, А.Д. Дробышев, И.Н. Белая, - / Л.: Гидрометеиздат, 1987.
- 6 Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы - / Л.Т. Матвеев, - Л.: Гидрометеиздат. 1984.
- 7 Орлова, В.В. Климат СССР. Западная Сибирь, вып.4- / В.В. Орлова, -Л.: Гидрометеиздат. 1962.
- 8 Лобанов В.А. Практикум по климатологии Часть 1 / В.А. Лобанов, И.А. Смирнов, А.Е. Шадурский - РГГМУ – 2011.– С. 5–22.
- 9 Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика / А.И. Кобзарь М. Физматлит, 2006. – 816 с.
- 10 Атлас Арктики. Главное Управление геодезии и картографии при СМ СССР. М. 1985. – 204 с.
- 11 Дыдина Л.А. Особенности развития синоптических процессов в Арктике и их использование в прогнозах на средние сроки. Гидрометеиздат, Л. 1982 – 224 с.
- 12 Ильющенко И.А., Коржиков А.Я., Александров В.Я. Характеристики полей приземного давления и аномалий температуры воздуха в Арктике в период глобального потепления // Ученые записки

Российского государственного гидрометеорологического университета, №
40, 2015. 142–149 с.

13 Интернет-источники