



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему: «Анализ синоптических условий формирования летнего сезона
в г. Якутске»

Исполнитель Рудых Вероника Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Ефимова Юлия Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

«11» 06 2021 г.

Санкт-Петербург
2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Циркуляция атмосферы	5
1.1 Циркуляционные факторы климата	5
1.2 Основные барические объекты	9
2 Климатические особенности Республики Саха (Якутия)	22
2.1 Последствия климатических изменений.....	22
2.2 Географическое положение региона.....	25
2.3 Обзор климатических поясов Республики.....	29
3 Анализ синоптических условий формирования летнего сезона в городе Якутске	33
3.1 Постановка цели и задач научно-исследовательской работы	33
3.2 Анализ летнего термического режима.....	34
3.3 Выделение градаций средней летней температуры воздуха	38
3.4 Анализ повторяемости дней с циклонами и антициклонами	41
3.5 Анализ условий формирования термического режима летних сезонов градации «среднее».....	43
3.5.1 Установившийся процесс	43
3.5.2 Значительные потепления и похолодания в летних сезонах градации «среднее».....	47
3.6 Анализ синоптических условий формирования аномально холодного лета в городе Якутске	53
3.7 Анализ синоптических условий формирования аномально теплого лета в городе Якутске	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	71

ВВЕДЕНИЕ

По данным исследований [1] в Якутии за длительный период лет повышается среднегодовая температура воздуха. Угроза таяния многолетней мерзлоты – одна из проблем климатических изменений, важных для Республики Саха (Якутия). Анализ синоптических процессов, формирующих температурный режим летнего сезона в г. Якутске является задачей, несомненно, актуальной.

Основной целью магистерской диссертации ставится анализ синоптических условий формирования летнего сезона в городе Якутске.

Для того, чтобы выполнить поставленную цель необходимо провести сравнительную характеристику аномально теплых и аномально холодных летних периодов с обычными или средними для данного региона. Выявление характерных синоптических процессов, сопутствующих значительным потеплениям, похолоданиям внутри летнего сезона, а также для установившегося процесса является задачей интересной и актуальной. Полученные фоновые типовые ситуации можно использовать в среднесрочных прогнозах погоды для оценки возможных изменений температуры воздуха, что определяет и практическую значимость работы.

Новизна магистерской диссертации заключается в том, что публикации по детальному анализу циркуляционных процессов над Якутией в летнее время представлены только до 1990 года.

Исследования проводились с использованием архива данных по среднесуточным температурам воздуха по городу Якутску и синоптических карт за период с 1990 года по 2019 год над Сибирью.

Научно-исследовательская работа состоит из трех глав. Первая глава посвящена основным особенностям строения и циркуляции атмосферы. Отдельно рассматриваются центры действия атмосферы, особенно, азиатский антициклон, который оказывает существенное влияние на климат Якутии. В первой главе также дается оценка погодных условий в различных частях

основных барических образований – циклонов и антициклонах.

Во второй главе рассматривается физико-географическое положение города Якутска. Дается оценка глобального изменения климата. Описаны природные особенности территории Республики Саха (Якутия).

В третьей главе представлены результаты исследования синоптических условий формирования летнего сезона в городе Якутске. Работа включает в себя: анализ термического режима города Якутска, синоптических особенностей и формирования аномально жаркого и холодного лета в городе Якутске.

Результаты данной работы могут быть использованы при фоновом среднесрочном прогнозе летнего термического режима в г. Якутске. Характерные синоптические ситуации потеплений и похолоданий в летний период, а также соответствующие аномально холодным и аномально теплым дням, могут быть выявлены с помощью оперативных прогностических моделей погоды с заблаговременностью до 10 дней.

1 Циркуляция атмосферы

1.1 Циркуляционные факторы климата

В научно-исследовательской работе подробно будут исследованы синоптические процессы, влияющие на температурный режим летнего сезона в городе Якутске.

Для понимания взаимодействия атмосферных процессов с подстилающей поверхностью и анализа воздушных масс, которые продвигаются на исследуемый регион необходимо рассмотреть строение, состав атмосферы воздуха. В неустойчивой воздушной массе развивается конвективная облачность, для устойчивой воздушной массы характерна слоистообразная облачность. Слоистообразная облачность наиболее характерна в городе Якутске для зимнего сезона, воздушные массы приходят в некоторых случаях с южных регионов и охлаждаются за счет того, что поверхность земли сильно охлаждена и возникают зоны инверсии. Также над Якутией располагается Азиатский антициклон, который приводит к инверсиям сжатия, наблюдается устойчивая стратификация атмосферы.

Атмосферная циркуляция является важным климатообразующим фактором, так как с ней связан перенос воздушных масс с различными физическими свойствами, перенос тепла и влаги, что формирует климатический режим отдельных регионов и планеты в целом. Атмосферная циркуляция оказывает большое влияние на формирование особенностей циркуляции вод в океане, на облачность, осадки и изменения погоды. Циркуляция атмосферы усложняет простую на первый взгляд схему широтных изменений климата. На одной и той же широте в силу циркуляционных различий на западных и восточных берегах материков наблюдаются разные климатические условия. Воздушные течения, преобладающие в различных областях земного шара, не являются изолированными, а входят в систему общей циркуляции атмосферы [3].

С одной стороны, общая циркуляция атмосферы порождается внешними астрономическими и геофизическими климатообразующими факторами, такими как поток солнечной энергии, неравномерно распределяющейся по поверхности Земли благодаря особенностям орбитального движения последней вокруг Солнца, структуре Земли как планеты, скорости вращения ее вокруг своей оси. С другой стороны, она генерируется и под действием внутренних геофизических климатообразующих факторов, которые определяют характер энергетического взаимодействия между звеньями климатической системы. К ним относятся состав и структура атмосферы, особенности подстилающей поверхности, в том числе географическое распределение материков и океанов, рельеф поверхности суши. Таким образом, общая циркуляция атмосферы является одной из характеристик состояния климатической системы и в то же время важным внутренним геофизическим климатообразующим фактором [3].

Современные принципы классификации форм атмосферной циркуляции северного полушария Вангенгейма – Гирса. Воздушные массы постоянно перемещаются вокруг земного шара. На скорость их движения влияет неравномерность поступления солнечной радиации и поглощение ее различными участками подстилающей поверхности и атмосферы, вращение Земли, термическое и динамическое взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью, в том числе и взаимодействие с океаном [3].

Основной причиной атмосферных движений является неоднородность нагревания различных участков поверхности Земли и атмосферы. Подъем теплого и опускание холодного воздуха на вращающейся Земле сопровождается формированием циркуляционных систем различного масштаба. Совокупность крупномасштабных атмосферных движений получила название общей циркуляции атмосферы [3].

Атмосфера получает тепло путем поглощения солнечной радиации, за счет конденсации водяного пара и благодаря теплообмену с подстилающей

поверхностью. Поступление скрытой теплоты в атмосферу зависит от подъема влажного воздуха. Так тропическая зона Тихого океана является мощным источником тепла и влаги для атмосферы. Значительная теплопередача от поверхности океана происходит зимой там, где холодные воздушные массы приходят в районы теплых морских течений [3].

В состав атмосферы Земли входят различные газы. В таблице 1.1 представлено содержание газа в процентном соотношении по объему. Состав воздушной оболочки Земли с высотой практически не изменяется [4].

С высоты около 100 км в атмосфере молекулы и атомы некоторых газов ионизируются. Выше 100 км в атмосфере происходит гравитационное разделение газов. К молекулярному кислороду и азоту появляется атомарный, который образуется при фотодиссоциации молекул. С высоты 300 км в атмосферном воздухе преобладает атомарный кислород, гелий и атомарный водород – выше 1000 км [7].

Таблица 1.1 – Состав воздуха вблизи земной поверхности [4]

Газ	Содержание, % по объему
Азот (N ₂)	78,084
Кислород (O ₂)	20,946
Аргон (Ar)	0,934
Углекислый газ (CO ₂)	0,033
Неон (Ne)	$1,818 \cdot 10^{-3}$
Гелий (He)	$5,239 \cdot 10^{-4}$
Криптон (Kr)	$1,14 \cdot 10^{-4}$
Водород (H ₂)	$5 \cdot 10^{-5}$
Ксенон (Xe)	$8,7 \cdot 10^{-6}$
Озон (O ₃)	$10^{-6} - 10^{-5}$

Атмосферные слои выделяются по распределению температуры с высотой и составу, по физико-химическим и кинетическим процессам. На рисунке 1.1 представлена стратификация атмосферы [7].

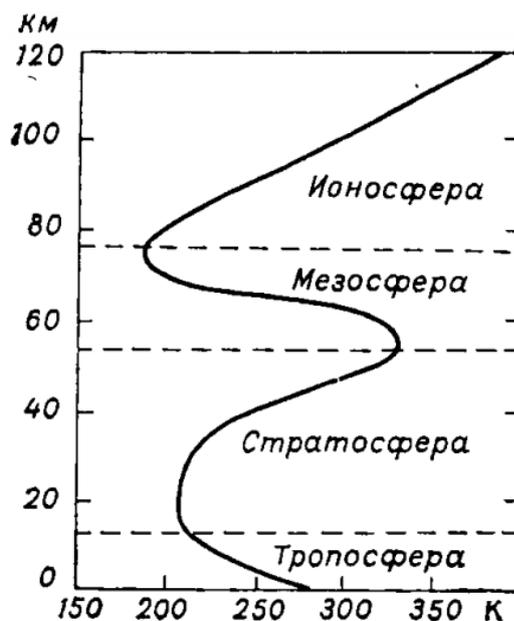


Рисунок 1.1 – Стратификация атмосферы [7]

Рассмотрим атмосферные слои по распределению температуры с высотой. Верхняя граница тропосферы – высоты 9-17 км, граница стратосферы – высоты 50-55 км, граница мезосферы – высоты 80-85 км, граница термосферы достигает высоты около 800 км [7].

Слой от земли до десятков метров – приземный слой. Слой тропосферы до 1,5 км - пограничный слой, также слой трения, в нем появляется влияние турбулентного обмена на ветер и изменения кривой хода метеорологических элементов [7].

Тропопауза является атмосферным слоем от тропосферы до стратосферы, стратопауза – слой от стратосферы до мезосферы, мезопауза – слой от мезопаузы до термосферой [7].

По составу атмосферные слои делятся на два типа: гомосфера достигает высоты 90-100 км, граница гетеросферы начинается от 90-100 км [7].

По физико-химическим процессам слои делятся на четыре типа: 1) озоносфера на высоте от 10 до 50 км; 2) нейросфера от земли до 70-80 км; 3) ионосфера от 70-80 км и выше; 4) хемосфера от 30 до 80 км [7].

По кинетическим процессам атмосферные слои делятся на два типа: 1) экзосфера начинается от 600-1000 км; 2) земная корона начинается выше 2000 км [7].

Рассмотрим зависимость от высоты давления и плотности. При увеличении высоты – убывают. Вся воздушная масса, окружающая нас, неодинаково распределена. Большая часть приходится на слой высотой до 5 км. С высоты 750 км плотность атмосферного воздуха значительно снижается. Атмосфера Земли не имеет выраженной верхней границей. В слое земной короны – от 2 до 20 тыс км содержатся ионизированные частицы [7].

Атмосфера – сложная система. Не обойтись без наличия электрического поля. Атмосферные слои обладают электропроводностью. Таким образом упругие волны распространяют звук. При прохождении света появляются атмосферно-оптические явления, также в процессе отражения и преломления в каплях воды [7].

В атмосфере из-за фотохимических реакций возникает ионизация, озон, распад молекул кислорода и азота. Начало процессов образуется с высоты стратосферы, в верхних слоях [7].

1.2 Основные барические объекты

Процессы атмосферной циркуляции разделяют на крупномасштабные, среднемасштабные, мелкомасштабные. К крупномасштабным относят такие процессы, как циклогенез или струйные течения. Имеют наибольшую горизонтальную протяженность до 10 тыс км развиваются до 10 дней [3].

К среднемасштабным процессам относятся атмосферные фронты, мезоциклоны (полярные циклоны).

Самые непродолжительные процессы, такие как атмосферная турбулентность или явления в приземном слое, являются мелкомасштабными. Имеют наименьшую горизонтальную протяженность до 1 м, развиваются до пару минут [3].

Изучим главные различия воздушной массы, метеопараметры которых медленно изменяются. Воздушные массы различаются по месту формирования, но движутся как единое целое [5].

Рассмотрим следующие воздушные массы: полярный воздух, антарктический, экваториальный и тропический [5].

Начнем с определения воздуха умеренных широт – полярный, который образуется в средних и субполярных широтах обоих полушарий.

Континентальный полярный воздух в зимнее время года сильно охлажден и содержит мало влаги, при нем устанавливается ясная и морозная погода (летом он очень нагрет) [5].

Морской полярный воздух умеренной температуры и образуется над океаном, содержит много влаги. В зимнее время года при нем происходят оттепели. В летнее время года из-за морского полярного воздуха становится холодно, присутствует облачность [5].

Перейдем к антарктический воздуху, который образуется над ледяной поверхностью полярных стран. Антарктический воздух холодный и содержит мало влаги. Различается из-за влажности и делится на морской и континентальный. Его появление быстро снижает температура окружающего воздуха, опускаясь далеко от области своего зарождения [5].

Формирующийся воздух над экваториальной зоной носит название экваториальный. Перемещается в северном и южном полушариях, имеет высокую температуру и много влаги. Других подвидов у экваториального воздуха нет, также при переходе с океана на более нагретую сушу выпадают тропические дожди [5].

Тропическая воздушная масса поднимается из низких широт в высокие. Такой воздух формируется в тропиках и субтропиках, летом - уже над сушей на юге умеренных широт, вызывает повышение температурного фона. Из-за него зимой наблюдаются оттепели, летом, наоборот приносит жаркую погоду. Много влаги и высокая температура присутствует у морского тропического воздуха. А континентальный в свою очередь отличается тем,

что у него еще выше температура и присутствуют частицы пыли [5].

Для облегчения понимания данного материала необходимо рассмотреть структуру барических систем. Барические образования разделяют на области пониженного и повышенного давления.

Введем понятие циклона. Области с пониженным давлением атмосферного воздуха называют циклонами. Центром циклона является замкнутая изобара с минимальным значением давления. Воздух циркулирует в циклонах по часовой стрелке в южном полушарии, против часовой стрелки – в северном. Поэтому в слое трения ветер имеет составляющую, направленную внутрь циклона по барическому градиенту, убывающую с высотой [7].

Изобары в циклоне округлой или овальной, или вообще неправильной формы. Порядок величины поперечников внетропических циклонов от тысячи километров в начале его развития, до нескольких тысяч километров в случае так называемого центрального циклона. Барические градиенты в областях пониженного давления увеличены и скорости ветра усилены [7].

Тропические циклоны обладают разрушительным характером. Они меньшего диаметра, но с большими барическими градиентами и штормовыми скоростями ветра. Также редкие в циклонах внетропических [7].

Теперь расскажем про седловину. Седловиной называют такую область в барическом поле, которая находится между двумя областями высокого давления и двумя областями низкого давления. Располагаются они друг против друга крестообразно [7].

В центре седловины, как правило, присутствуют переменные ветры. В седловине зимой воздушные массы устойчивого характера, а летом неустойчивого. В седловине можно выделить две оси. Первая из них называется осью растяжения, так как вдоль нее отмечается сходимость воздушных масс. Такая седловина относится к циклональному строению [7].

Вторая ось в седловине называется сжатия, так как вдоль нее

отмечается расходимость воздушных масс. Ось сжатия по типу антициклона – с малооблачной или вовсе безоблачной погодой [7].

Перейдем к обозначению антициклона. Области с пониженным давлением атмосферного воздуха называют циклонами. Центром антициклона является замкнутая изобара с максимальным значением давления [7].

Рассмотрим отличие среднего антициклона от высокого. В среднем барическом образовании изобары в средней тропосфере разомкнуты. Изобары образуют гребень повышенного давления над западной теплой частью приземного барического объекта и ложбину пониженного давления над восточной холодной его частью [7].

Высокий антициклон теплый и сохраняет замкнутые изобары с антициклонической циркуляцией в верхней тропосфере. Таким образом изогипсы изобарической поверхности 500 мб в среднем барическом объекте имеют волнообразную форму, а в высоком они замкнутые [7].

В антициклонических образованиях барические градиенты меньше, чем в циклоне. Особенно это верно для внутренней части. В центральной части наблюдаются штили. Давление, максимальное в центре, к периферии убывает [7].

Расходимость воздушных течений в нижних слоях влечет за собой преобладание в антициклоне нисходящих движений (оседания) воздуха с вертикальной составляющей порядка десятков и сотен метров в сутки. Пока антициклон усиливается, расходимость в слое трения перекрывается притоком воздуха против градиента в высоких слоях. С оседанием воздуха и адиабатическим его нагреванием связано постепенное повышение температуры в свободной атмосфере. Преобладание ясной или малооблачной погоды. Вследствие охлаждения воздуха от земной поверхности в холодное время года и ночью в антициклоне возможно образование приземных инверсий и низких слоистых облаков и туманов. Под слоями инверсии, часто развивающимися в свободной атмосфере вследствие оседания воздуха

(инверсии оседания), наблюдаются волнистые облака. Летом над сушей возможна умеренная дневная конвекция с образованием кучевых облаков. Конвекция с образованием кучевых облаков наблюдается и в пассатах на обращенной к экватору периферии субтропических антициклонов [7].

Из-за различий температуры атмосферного воздуха изменяется характер переноса масс. Перенос воздуха, свойственный тропической зоне, называется пассатами. Особенность заключается в развитии субтропических антициклонов и экваториальной ложбиной [3].

В тропической и внетропической зоне наблюдается муссонная циркуляция. Особенность заключается в том, что преобладает ветер одного направления, который будет сменен на другое в следующем сезоне [3].

В атмосферной циркуляции фиксируются контрасты между более теплым океаном и охлажденным материком зимой и между перегретым материком и более холодным океаном летом.

Циркуляция воздуха в системе внетропических циклонов и антициклонов является очень важной. Данные барические объекты постоянно возникают и разрушаются. Циклоны и антициклоны влияют на характер межширотного обмена масс воздуха, посредством которого происходит перенос тепла из низких широт в высокие и холода из высоких широт в низкие. Межширотный обмен поддерживает определенное распределение температуры воздуха, которое существенно отличается от ее распределения [3].

Скорости горизонтальной составляющей потока в крупномасштабных процессах в среднем на несколько порядков больше скорости вертикальной составляющей, которая измеряется сантиметрами в секунду. В отдельных случаях вертикальные токи могут быть очень сильными [3].

Нестационарность и вихревой характер определяют постоянное изменение структурных элементов атмосферной циркуляции. В результате вертикальной неоднородности атмосферы, характеристики которой изменяются с широтой, при переходе от одного слоя атмосферы к другому

происходит изменение направления и скорости воздушных течений. Это наряду с изменением в вертикальном и горизонтальном направлениях плотности воздуха создает неравномерное распределение кинетической энергии как по вертикали, так и по горизонтали. Энергетический вклад различных слоев атмосферы меняется также при переходе от сезона к сезону [3].

Ход сезонных изменений циркуляции атмосферы связан с неравномерным поступлением солнечной энергии. Эта энергия поступает к различным полушариям в один и тот же сезон и в разные сезоны в одном и том же полушарии. Это утверждение сильно проявляется в северном полушарии, где большие пространства занимают материки. Относительное охлаждение зимой материков и перегрев летом вызывают посредством различий в энергетическом взаимодействии атмосферы с материками и океанами сезонные особенности поля давления и, следовательно, поля течений [3].

В атмосфере существуют волновые движения. К ним относятся волны в зональном потоке с длиной волны 5000 км – это волны Россби. Они меньшего масштаба и относятся к некоторым циклонам и антициклонам.

В атмосфере существуют еще гравитационные волны. Волновые движения свойственны и различного рода поверхностям раздела, которые образуются в атмосфере [3].

Рассмотрим, какими методами изучают циркуляцию атмосферы. Наиболее известным методом является синоптический. При использовании данного метода, с помощью различных синоптических высотных карт погоды изучают изменение крупномасштабных воздушных течений [3].

Перейдем к статистическому методу изучения циркуляции атмосферы. В данном методе изучения используется анализ характеристик полей крупномасштабных течений. Их же, в свою очередь, получают с помощью методов математической статистики [3].

Следующий метод основан на математическом моделировании процессов, происходящих в атмосфере. Моделирование предполагает использование уравнений гидродинамики, которые описывают физические закономерности в атмосфере. Также моделирование используется для обоснования тех или иных вариантов изменения климата во всем мире. Это позволит спрогнозировать различные климатические изменения за разные интервалы времени [3].

Следующий термин – центр действия атмосферы. К нему относят зарождение множества циклонов и антициклонов [5].

Это области повышенного или пониженного давления. Область постоянно повышенного давления наблюдается над Азорскими островами и окружающими их водами Атлантического океана на широте 30 - 35° северной широты. На севере Атлантики действует исландский, а над северной частью Тихого океана - алеутский минимум давления. Сибирский максимум давления, охватывающий зимой Забайкалье, Якутию, Монголию, относят к периодическим центрам действия атмосферы [5].

К центрам действия атмосферы в Южном полушарии относят Южно-Атлантический, Южно-Тихоокеанский и Индоокеанский циклонические центры (депрессии) [5].

Азиатский максимум или сибирский антициклон является сезонным центром действия атмосферы. Обнаруживается как область высокого давления над Азией на многолетних средних картах зимних месяцев с центром на территории Монголии. Среднее давление в центре превышает 1030 мб [7].

Сибирский антициклон характеризуется статистическим результатом частого формирования, а также усиления и стабилизации антициклонов над охлажденным материком. По-видимому, местная топография и орография этому содействуют [7].

Из его области отдельные антициклоны или гребни периодически смещаются на Тихий океан, пополняя субтропическую зону высокого

давления. На летних картах данный барический максимум заменяется азиатской депрессией. В южной части азиатской летней депрессией можно рассматривать как экваториальную депрессию, сместившуюся в тропические широты нагретого материка; в более северной части она является результатом преобладающего наличия над материком полярнофронтальных циклонов [7].

В данной работе используются некоторые утверждения Мультановского. Рассмотрим циркуляционные схемы атмосферы по Б. П. Мультановскому.

Ниже представлены два заключения, касающиеся атмосферной циркуляции.

1) нарушение правильного годового цикла процессов и синусоидального характера хода кривых отдельных метеорологических элементов вызывается общей циркуляцией атмосферы; ее следствием и вместе с тем механизмом, с помощью которого осуществляется сама общая циркуляция, являются циклонические и антициклонические вихри [2].

2) структура и границы сезонов связаны с циркуляционными процессами, и изучение этих вопросов надо начинать с изучения циркуляции атмосферы; фактические климатические показатели могут служить только показателями, характеризующими результат деятельности циркуляционных процессов; они также очень полезны для анализа сезонных особенностей других физико-географических компонентов [2].

Карты траекторий и центры барических образований показаны на рисунках 1.2 – 1.5.

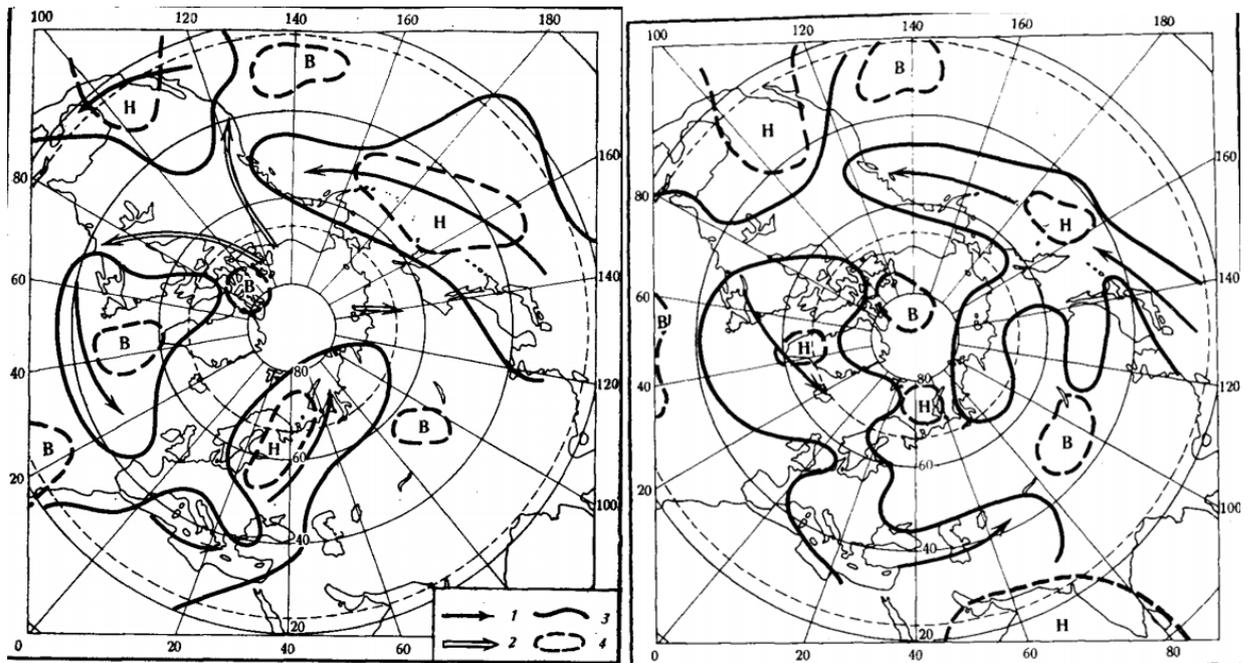


Рисунок 1.2 – Схема циркуляции в предвесенье. Схема циркуляции весной. 1) генерализованные траектории циклонов; 2) траектории антициклонов; 3) демаркационные линии; 4) барические центры [2]

Рассмотрим типовые виды циркуляции атмосферы по версии Мультиановского Б. П.

Для этого автор выбрал и сгруппировал все типы элементарных циркуляционных механизмов, которые имеют максимум в данном сезоне. Группировка производилась способом построения суммарных сборно-климатических карт сезонов, таких карт траекторий циклонов и антициклонов, наблюдавшихся в этом периоде. Такие карты даны в двух видах: 1) карты траекторий циклонов и антициклонов; 2) карты средней величины давления всех образований, вошедших в предыдущую схему. Всего получено 10 сезонных схем циркуляции для шести сезонов. Карты траекторий и центры барических образований показаны на рисунках 1.2 – 1.5 [2].

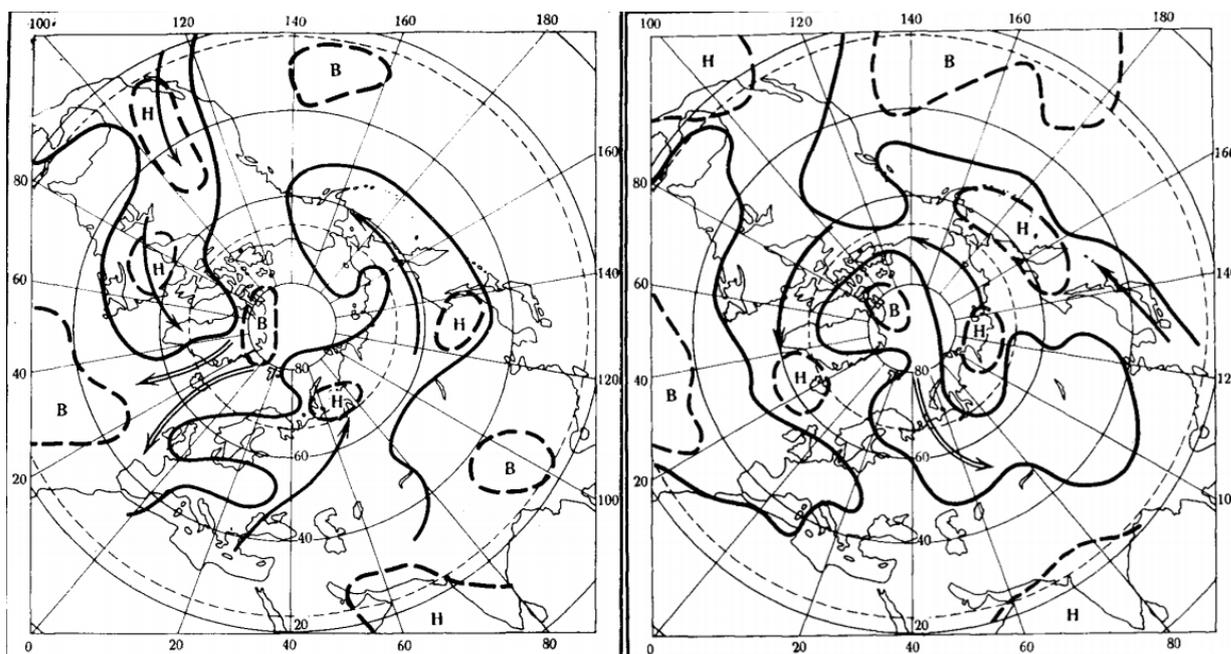


Рисунок 1.3 – Схема циркуляции весной и летом. Схема циркуляции летом [2]

Следует обратить внимание на следующее обстоятельство: в ряде случаев одни и те же типовые элементарные циркуляционные механизмы входят в циркуляционные схемы разных сезонов. Это прежде всего относится к двум переходным сезонам, которые являются симметричными (предвесень-предзимье). Но в одном случае не только элементарный циркуляционный механизм, но и один и тот же сезонный тип циркуляции отнесен к двум сезонам: весне и лету. Он наблюдается обычно в конце весны и в начале лета и определяет собой колебания погоды при переходе от одного сезона к другому [2].

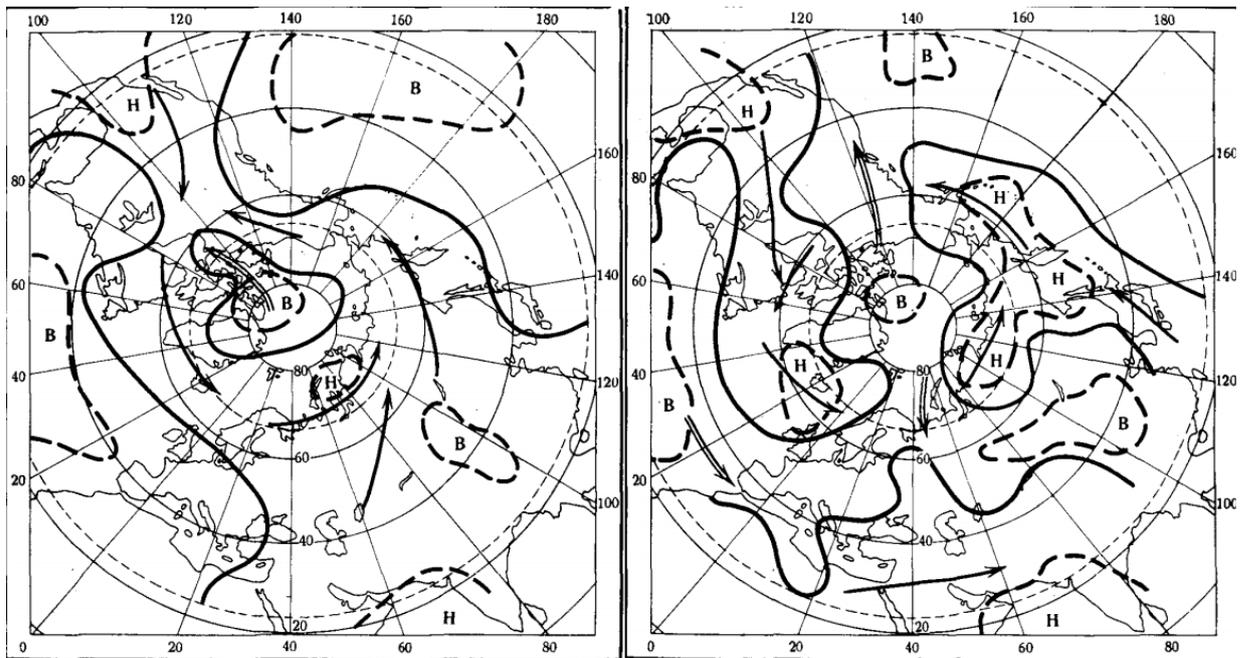


Рисунок 1.4 – Схема циркуляции летом. Схема циркуляции осенью [2]

Наиболее устойчиво и четко выражены сезонные схемы циркуляции зимы и осени [2].

Предзимье определяется двумя циркуляционными схемами, весна и лето – тремя, а предвесенье – четырьмя. Объясняется это понятными причинами – наибольшей определенностью и интенсивностью факторов, обуславливающих формирование зимней циркуляции, и наиболее сложными соотношениями факторов, определяющих окончание зимнего периода и переход к весеннему пробуждению природы [2].

Автор предлагает сопоставить между собой все сезонные схемы циркуляции. Таким образом убедимся, что динамика годового цикла циркуляции, перестройка барического поля полушария и смена знаков над континентами и океанами прослеживается в предлагаемых схемах достаточно хорошо [2].

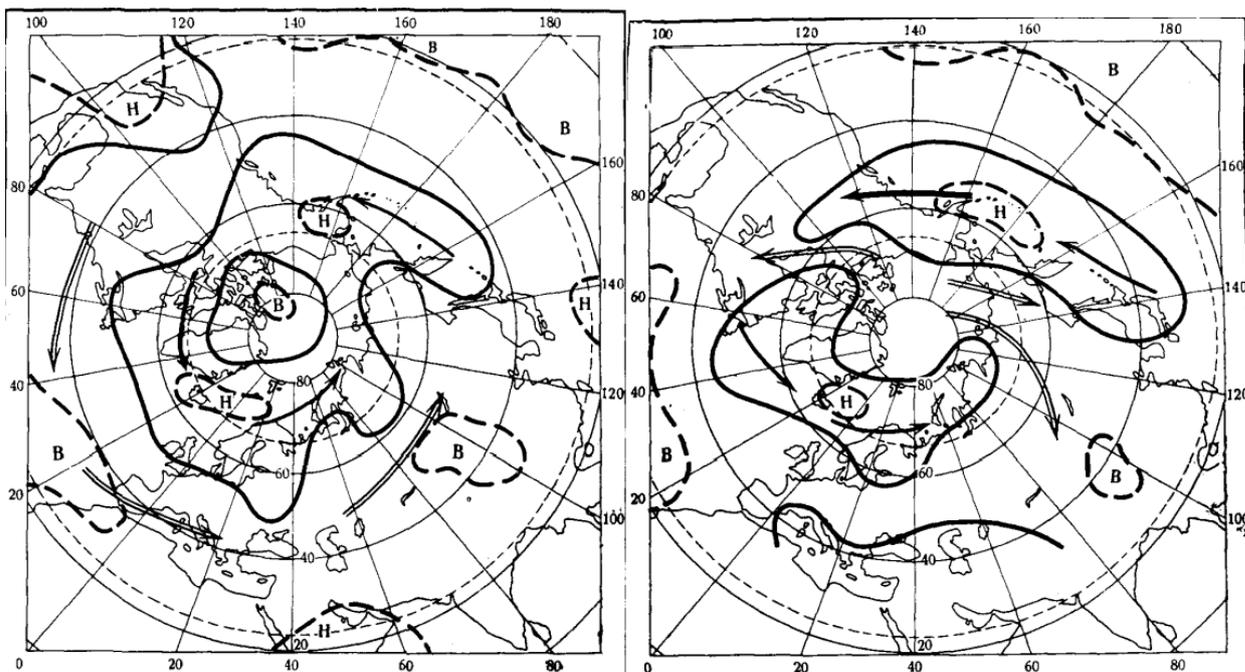


Рисунок 1.5 – Схема циркуляции в предзимье. Схема циркуляции зимой [2]

Поэтому теперь автор может объяснить ряд вопросов годового физико-географического цикла, причем не только его климатического компонента, но и других. Наряду с этим облегчается возможность исследования особенностей отдельных сезонов и лет, а также прогнозирования этих особенностей [2].

Сделаем следующее замечание. Рассматривая одну сезонную схему для всего полушария и говоря о датах начала и конца сезонов. Давайте поразмыслим на том, что на всем ли полушарии тот или иной сезон наступает в одно и то же время [2].

Если иметь в виду только тип циркуляционного процесса, то это верно; если же иметь в виду характер погоды и величину тех или иных климатических показателей, то это, безусловно, неверно. Совершенно очевидно, что отрицательные температуры в предзимье или положительные весной, появление или исчезновение снежного покрова и пр. в разных частях полушария наступают не одновременно. Но эта их разновременность как раз и обуславливается тем макроциркуляционным процессом, который наступает

для всего полушария в одно время и который вызывает, скажем, в Европе интенсивные и устойчивые выносы теплого воздуха с юга, а в Сибири вторжения холодного арктического воздуха с севера. Поэтому для каждого района на основе сезонных схем циркуляций должны быть установлены свои границы наступления тех или иных метеорологических и климатических показателей сезона [2].

2 Климатические особенности Республики Саха (Якутия)

2.1 Последствия климатических изменений

Для работы над магистерской диссертацией необходимо провести обзор современного состояния климата в научных исследованиях. Особенно актуальная проблема для территории Якутии, находящейся в резко-континентальном климатическом поясе. В последние годы наблюдается таяние многолетней мерзлоты, что повлияет не только на Республику Саха, но и приведет к глобальным климатическим изменениям.

Последствия климатических изменений влияют на жизнь населения и атмосферу. Глобальное потепление – одна из актуальных проблем. По мнению климатологов увеличение уровня парниковых газов к концу столетия приведет к тому, что повышение средней температуры воздуха во всем мире составит от 1,0 до 3,5 °С. Климатические модели предсказывают, что потепление должно быть наибольшим в высоких северных широтах зимой и незначительным в Арктике летом. В целом, зимой потепление должно быть больше на суше, чем на океанах [8].

Некоторые климатические модели предсказывают, что, если средняя температура воздуха во всем мире увеличится на 3°С, струйный поток ослабнет, и система ветров сместится с привычного положения. Тепло от поверхности Земли усилит испарение, что приведет к большему среднему количеству осадков во всем мире. Однако смещающиеся ветры могут уменьшить количество осадков в определенных районах, что создаст дополнительную нагрузку на некоторые сельскохозяйственные районы. Особенно когда модели предсказывают, что зимой в более высоких широтах выпадет больше осадков. Некоторые модели указывают на то, что интенсивность осадков должна увеличиться, что предполагает возможность более экстремальных осадков, таких как наводнения и сильные засухи. Если планета нагревается, общее количество осадков должно увеличиться для

равного увеличения испарения. На данный момент климатические модели не могут точно определить изменения глобальной структуры осадков [8].

В более теплом мире большая часть осадков может выпадать в виде дождя, даже в горных районах, что может привести к тому, что большая часть зимнего стока окажется в море, а не в резервуарах, которые захватывают тающий снег весной [8].

Другими последствиями глобального потепления может быть повышение уровня моря по мере отступления альпийских ледников, таяния полярных льдов и расширения океанов по мере их медленного прогрева. В настоящее время, по оценкам, к 2100 году уровень моря поднимется примерно на 50 см от его нынешнего уровня. При учете как более низких, так и более высоких прогнозов температур воздуха, подъем может достигать 15 см или 95 см. Повышение уровня океана может оказать разрушительное воздействие на прибрежные экосистемы. Кроме того, запасы прибрежных подземных вод могут быть загрязнены соленой водой [8].

Климатические модели предсказывают, что потепление должно быть сильнее в северных регионах. Рассмотрим представленный ниже рисунок 2.1.

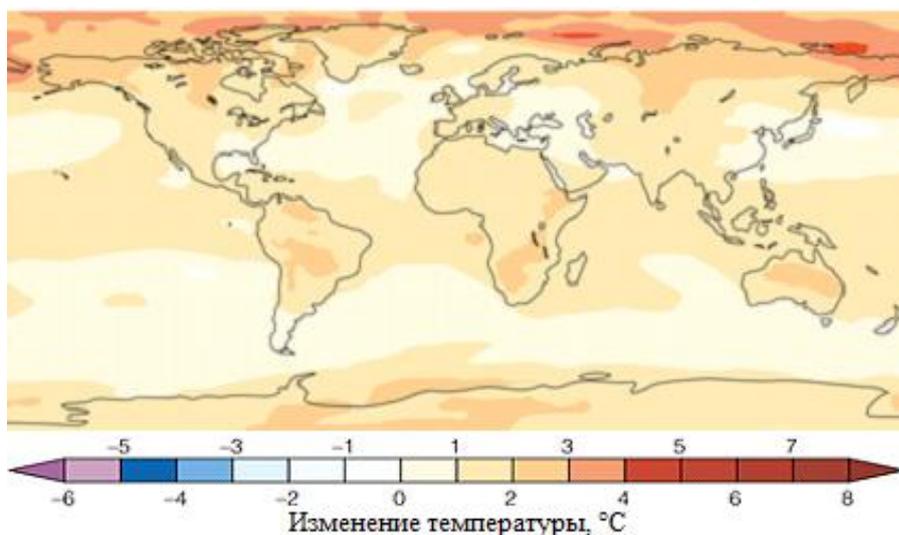


Рисунок 2.1 - Прогнозируемые изменения температуры воздуха [9]

На рисунке 2.1 изображена карта мира с прогнозируемым изменением температуры воздуха при увеличении выбросов углекислого газа (CO_2) и сульфидов. Рост температуры воздуха вызван антропогенным фактором, который приводит к удвоению выбросов углекислого газа и сульфидов. Прогноз изменения температуры воздуха проведен с помощью модели общей циркуляции Атмосферного океана (AOGCM). На рисунке видно, что наибольшее потепление прогнозируется для северных полярных широт [9].

В высоких широтах Северного полушария темно-зеленые бореальные леса поглощают в три раза больше солнечной энергии, чем заснеженная тундра. Таким образом, присутствие деревьев повышает зимние температуры в субарктических районах в среднем примерно на $11,5^\circ\text{C}$. Если потепление позволит бореальным лесам распространиться в тундру, леса могут ускорить потепление в этом регионе. По мере повышения температуры органическое вещество в почве должно разлагаться быстрее, но в воздухе станет больше углекислого газа (CO_2). Из-за этого процесс потепления ускорится. Деревья могут особенно сильно пострадать, поскольку повышение температуры помещает их в неблагоприятную среду. В ослабленном состоянии они могут стать более восприимчивыми к насекомым и болезням [8].

Некоторые климатологи считают, что в XXI веке земля будет нагреваться с высокой скоростью. Такой процесс может вызвать множество проблем. При этом увеличение уровня углекислого газа (CO_2) в атмосфере может иметь некоторые положительные последствия. Например, более высокий уровень углекислого газа будет ускорять рост некоторых растений. Тем самым, рост растений употребит больше углекислого газа и может замедлить увеличение его количества в окружающей среде [8].

Другие ученые считают, что увеличение роста растений может заставить некоторых насекомых есть больше. Это приведет к потере растительности. Также, значительное увеличение выбросов углекислого газа (CO_2) может нарушить природный баланс. В этом случае некоторые виды растений станут настолько преобладать, что другие будут уничтожены. В

холодном климате, где сельскохозяйственные культуры в настоящее время выращиваются лишь незначительно, эффект потепления может увеличить урожайность сельскохозяйственных культур. При этом в тропических районах, где расположены многие развивающиеся страны, потепление может снизить урожайность сельскохозяйственных культур [8].

Повышение температурного фона может изменить способ поглощения и выделения углекислого газа (CO_2) наземными массивами. Например, за последние 35 лет температура воздуха в тундре Аляски возросла до такой степени, что ускорило таяние мерзлой почвы в летние сезоны. В теплое время года глубокие слои разлагающегося торфа выделяют углекислого газа в атмосферу. До недавнего времени этот регион поглощал больше углекислого газа, чем выделял. Однако сейчас большая часть тундры служит его источником. Влияние увеличения углекислого газа на верхние слои атмосферы не изучено в полной мере. Однако климатические модели предполагают, что при постоянном нагреве нижней атмосферы (тропосфера), верхняя атмосфера (стратосфера, мезосфера и термосфера) будет охлаждаться. Охлаждение происходит за счет дополнительных молекул углекислого газа (и других следовых газов), испускающих больше инфракрасного излучения как вверх, так и вниз [8].

2.2 Географическое положение региона

Республика Саха (Якутия) является единственным субъектом в России, где используется время трех часовых поясов. Разница времени республики по сравнению с московским временем образует +6, +7, и +8 часов [10].

Республика Саха (Якутия) как субъект Российской Федерации содержит такие административно-территориальные единицы, как: 34 улуса (района) и в их составе наслеги (сельские округа), города улусного

(районного) подчинения, поселки городского типа, села, и 1 город республиканского значения (город Якутск) [10].



Рисунок 2.2 – Административная карта Республики Саха (Якутия).

На рисунке 2.2 изображена карта с разделением по районам и указаны их административные центры.

Следуя данным переписи населения Республики Саха (Якутия), по уменьшению численности населения можно отсортировать и перечислить следующие районы (улусы), муниципальные районы, городские округа и их административные центры: 1. город Якутск – город Якутск; 2. Нерюнгринский район – город Нерюнгри; 3. Мирнинский район – город Мирный; 4. Алданский район – город Алдан; 5. Ленский район – город Ленск; 6. Хангаласский улус – город Покровск; 7. Мегино-Кангаласский улус – поселок городского типа Нижний Бестях; 8. Вилюйский улус – город

Вилуйск; 9.Олекминский улус – город Олекминск; 10.Намский улус – село Намцы; 11.Нюрбинский улус – город Нюрба; 12. Сунтарский улус – село Сунтар; 13. Чурапчинский улус – село Чурапча; 14.Верхневилуйский улус – село Верхневилуйск; 15.Усть-Алданский улус – село Борогонцы; 16.Амгинский улус – село Амга; 17.Таттинский улус – село Ытык-Кюель; 18.Томпонский район – поселок городского типа Хандыга; 19.Кобяйский улус – поселок городского типа Сангар; 20.Горный улус – село Бердигестях; 21.Верхоянский улус – поселок городского типа Батагай; 22.Жатай – поселок городского типа Жатай; 23.Оймяконский улус – поселок городского типа Усть-Нера; 24.Булунский улус – поселок городского типа Тикси; 25.Среднеколымский улус – город Среднеколымск; 26.Усть-Майский улус – поселок городского типа Усть-Мая; 27.Усть-Янский улус – поселок городского типа Депутатский; 28.Нижнеколымский улус – поселок городского типа Черский; 29.Жиганский национальный эвенкийский улус – село Жиганск; 30.Верхнеколымский улус – поселок городского типа Зырянка; 31.Момский район – село Хонуу; 32.Оленекский национальный эвенкийский улус – село Оленек; 33.Абыйский улус – поселок городского типа Белая Гора; 34.Анабарский национальный (долгано-эвенкийский) улус – село Саскылах; 35.Эвено-Бытантайский национальный улус – село Батагай-Алыта; 36.Аллаиховский улус – поселок городского типа Чокурдах [10].

Республика Саха (Якутия) входит в состав Дальневосточного федерального округа и Дальневосточного экономического района.

На рисунке 2.3 изображена физическая карта Республики Саха (Якутия).



Рисунок 2.3 – Физическая карта Республики Саха (Якутия).

Республика Саха (Якутия) располагается в северо-восточной части Сибири. Менее половины территории Республики Саха (Якутия) находится за Северным полярным кругом [10].

Якутию на севере омывают моря Лаптевых и Восточно-Сибирское, а также Янский залив. Береговая линия простирается более чем на 4,5 тыс. км. На западе Республика Саха (Якутия) соприкасается с Таймырским и Эвенкийскими автономными округами, которые относятся к Красноярскому краю. Юго-западная граница рядом с Иркутской областью. На юге территория прилегает к Читинской области, относящейся к Забайкальскому краю, и Амурской области. Юго-восточная часть Якутии граничит с

Хабаровским краем. Восток Республики Саха (Якутия) расположен вблизи Магаданской области и Чукотским автономным округом. К Якутии также относятся Новосибирские острова [10].

С запада на восток протяженность Якутии составляет 2,5 тыс. км, а с севера на юг – 2 тыс. км [10].

Якутск расположен примерно на противоположной стороне от центра России – города Москвы. Расстояние от центра республики до Москвы составляет 8 365 км, до Санкт-Петербурга – 8 826 км [10].

2.3 Обзор климатических поясов Республики

В каждом полушарии Земли выделяют четыре основных климатических пояса в зависимости от преобладающих воздушных масс. Названия поясов соответствуют их географическому положению: экваториальный, тропический, умеренный и полярный [1].

Поскольку Солнце нагревает полушария неравномерно, границы климатических поясов смещаются в зависимости от сезона. В результате образуются территории, на которые действуют более холодные, а иногда и более теплые воздушные массы. Климат на такой территории называют переходным. Названия переходных зон имеют латинский префикс «под»: субэкваториальный, субтропический, субарктический и субантарктический [3].

На рисунке 2.4 изображена карта с основными климатическими поясами России и выделены климатические области.

Республика Саха (Якутия) охватывает три климатических пояса: арктический, субарктический и область умеренного пояса.



Рисунок 2.4 – Карта климатических поясов Российской Федерации.

Многообразием климат России обязан обширности территории и открытостью к Северному Ледовитому океану. Большая протяжённость объясняет существенную разницу среднегодовых температур, неравномерность воздействия солнечной радиации и обогрева страны. На большей части отмечаются суровые погодные условия с выраженным континентальным характером и чёткой сменой температурных режимов и количества осадков по временам года [1].

Нередко Якутию называют краем вечной мерзлоты, хотя лето здесь может быть очень жарким и засушливым. Это объясняется резко континентальным типом климата, при котором наблюдается высокая разница температур в зимнее и летнее время. Так, в Якутии она составляет 70-90 °С [1].

Арктический климатический пояс. Острова, морское побережье и малая северная часть Якутии охвачена климатом арктических пустынь и тундр. Одно из заселенных мест – поселок городского типа Тикси

Булунского улуса. Именно здесь встречаются такие явления, как полярный день и ночь. Зима и лето преимущественно холодные [10].

Субарктический климатический пояс. Область субарктического климата расположена с обеих сторон Северного полярного круга и занимает обширную территорию Якутии. Район охвачен северной тайгой и лесотундрой, в горах же – горной тундрой. В этом месте распложены такие поселки городского типа, как Батагай Верхоянского улуса, Черский Нижнеколымского улуса, Усть-Нера Оймяконского улуса и село Хонуу Момского района. Зимой температуры воздуха может повышаться, а летом – понижаться [10].

Умеренный климатический пояс. Оставшаяся часть Якутии находится под властью резко континентального климата, и ее территория относится к тайге с неустойчивым увлажнением. Климат охватывает центральную и южную Якутию, становой хребет. Столица Республики Саха (Якутия) – город Якутск, Алданского района – город Алдан, Верхневиллюйский улуса – село Верхневиллюйск расположены в области резко континентального климата. Зимы холодные, летом температура воздуха растет, количество осадков изменчиво [10].

В последнее время в научной литературе появляются сообщения о том, что современное потепление климата в различных регионах Северного полушария сопровождается уменьшением годовых амплитуд температуры воздуха. Наряду с этим отмечается, что минимальные температуры воздуха растут быстрее максимальных. На территории Российской Федерации самая большая изменчивость экстремальных значений температуры воздуха выявлена в Республике Саха (Якутия) [3].

На большинстве северных станций Сибири современное потепление климата не достигло знаменитого потепления Арктики в 1930-х годах, как и в Западной Европе [3].

В свете вышеизложенного, Якутия интересна для изучения и анализа климатических особенностей. В Республике Саха (Якутия) самое продолжительное время года – зима, она длительная и холодная с постоянным снежным покровом, лето небольшой продолжительности и теплое с возможными заморозками. Безморозный период в Якутии небольшой. Весенние температуры, как и осенние – обладают быстрым ростом и падением. Туманы преобладают в зимний период. Осадков, как правило, мало и при этом ветры слабые.

3 Анализ синоптических условий формирования летнего сезона в городе Якутске

3.1 Постановка цели и задач научно-исследовательской работы

По данным публикаций после 70-х годов прошлого века изменения климата происходят по всему миру. В последние годы фиксируется повышение среднесезонной температуры, что влияет на условия жизнедеятельности человека и существование природы. Климатические изменения также приводят к опасности таяния многолетней мерзлоты на северной части России. Анализ климатических изменений летнего сезона в городе Якутске является задачей актуальной и практически значимой. В связи с этим, актуальность научно-исследовательской работы не вызывает сомнений.

Целью работы было проанализировать синоптические условия формирования летнего сезона в городе Якутске.

Для решения поставленной цели работы были выделены три задачи. Первая из них – проанализировать термический режим летнего сезона в городе Якутске, выделить градации по летней температуре воздуха... «среднее», «ниже среднего», «значительно ниже среднего», «выше среднего», «значительно выше среднего».

Второй задачей является анализ синоптических особенностей летних сезонов, попадающих по значениям среднесезонных температур воздуха в квартильную градацию «среднее».

На третьем этапе предполагается выявить синоптические особенности формирования аномально жаркого и холодного лета в городе Якутске.

Для выполнения первой задачи необходимо выделить границы градаций для средних летних температур воздуха и оценить повторяемость сезонов каждой градации. Для данной работы был получен архив среднесуточной температуры воздуха по городу Якутску из ВНИИГМИ-

МЦД (г. Обнинск). Архив получен за период с 1990 года по 2019 год.

Для выполнения второй и третьей задачи необходимо каждый день выделенных летних сезонов сопоставить с синоптическими картами. Для данной работы был получен архив синоптических карт по Республике Саха (Якутия) из реанализа модели МЕРРА-2 КАРТЫ ПОГОДЫ (fluid.nccs.nasa.gov). Архив получен за период с 1990 года по 2019 год.

3.2 Анализ летнего термического режима

Рассмотрим местоположение города Якутска. Якутск находится на территории Республики Саха (Якутия). Республика входит в состав Дальневосточного федерального округа. На рисунке 3.1 изображена карта Якутии и местонахождение города Якутска.



Рисунок 3.1 – Административная карта Республики Саха (Якутия)

В ходе научно-исследовательской работы над магистерской диссертацией были проанализированы летние сезоны в городе Якутске за

период с 1990 года по 2019 год.

При помощи полученного архива среднесуточной температуры воздуха по городу Якутску из ВНИИГМИ-МЦД (г. Обнинск) были рассчитаны среднелетние и среднемесячные температуры воздуха.

На рисунке 3.2 представлен ход среднелетних температур воздуха за исследуемый период с 1990 года по 2019 год в городе Якутске. Для осреднения использовался метод скользящего среднего.

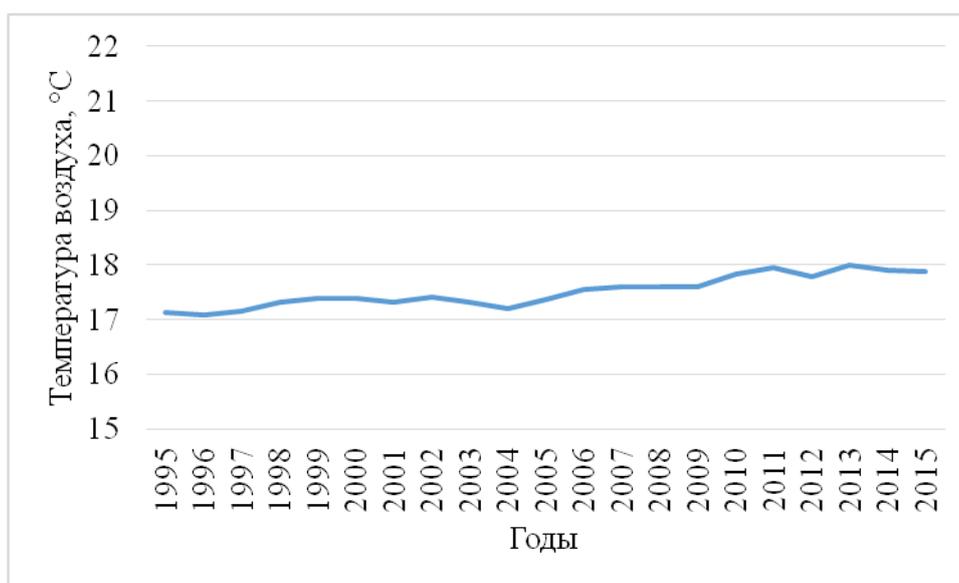


Рисунок 3.2 – Среднелетняя температура воздуха города Якутска. Скользящее среднее. (Окно осреднения 10 лет)

В результате анализа графика на рисунке 3.2 можно сделать вывод о том, что среднелетняя температура воздуха в городе Якутске повышается. Наиболее активный рост температуры воздуха начинается с 2004 года.

В период с 1990 года по 2004 год среднелетняя температура воздуха составила 17,1 °C. В период с 2005 года по 2019 год составила 17,8 °C. В результате, повышение среднелетней температуры воздуха за исследуемый период составило 0,7 °C.

На рисунке 3.3 представлен ход средних месячных температур воздуха за исследуемый период с 1990 по 2019 гг. в городе Якутске. Для осреднения

использовался метод скользящего среднего.

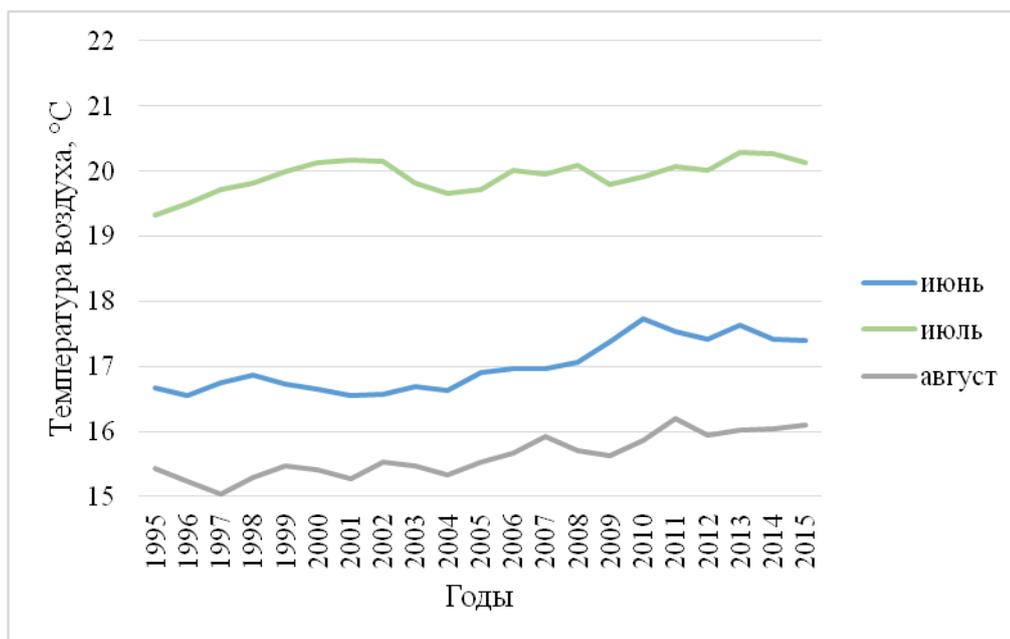


Рисунок 3.3 – Средняя месячная температура воздуха по месяцам города Якутска. Скользящее среднее. (Окно осреднения 10 лет)

В результате анализа графика на рисунке 3.3 можно сделать вывод о том, что средняя месячная температура воздуха в город Якутске повышается. Наиболее активный рост температуры воздуха начинается с 2004 года.

В период с 1990 года по 2004 год средняя месячная температура воздуха в июне составила 16,4 °С. В период с 2005 года по 2019 год составила 17,6 °С. В результате, повышение средней температуры воздуха в июне за исследуемый период составило 1,2 °С.

В период с 1990 года по 2004 год средняя месячная температура воздуха в июле составила 19,7 °С. В период с 2005 года по 2019 год составила 19,8 °С. В результате, повышение средней температуры воздуха в июле за исследуемый период составило 0,1 °С.

В период с 1990 года по 2004 год средняя месячная температура воздуха в августе составила 15,4 °С. В период с 2005 года по 2019 год составила 16,0 °С. В результате, повышение средней температуры воздуха в августе за исследуемый период составило 0,6 °С.

При сопоставлении кривых хода средних месячных температур воздуха в городе Якутске необходимо отметить, что наблюдаются четкие диапазоны изменения температуры воздуха для каждого месяца. В данном случае, изменение температуры воздуха в июне находится в диапазоне 16 - 18 °С. В июле изменение температуры воздуха находится в диапазоне 19 - 21 °С. В августе фиксируется значительно резкое понижение температуры воздуха в диапазоне 15 - 17 °С. При этом повышение температуры воздуха каждого месяца наблюдается в последнее десятилетие. Кривая хода средней температуры воздуха июля характеризуется наименьшей амплитудой изменения температуры воздуха за исследуемый период.

Рассмотрим максимальные и минимальные температуры воздуха для каждого месяца, осредненные по 30 лет.

На рисунке 3.4 представлены средние месячные температуры воздуха за исследуемый период с 1990 года по 2019 год.

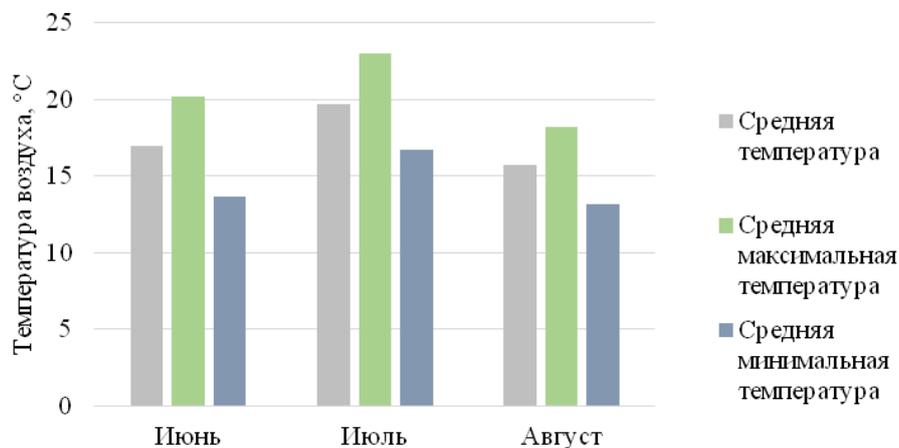


Рисунок 3.4 – Средняя месячная температура воздуха города Якутска

Средняя температура воздуха в июне за исследуемый период составила 17,0 °С. Средняя максимальная температура воздуха составила 20,2 °С. Средняя минимальная температура воздуха составила 13,7 °С. Отклонение минимальной и максимальной температуры воздуха в июне составило 6,5 °С.

Средняя температура воздуха июля за исследуемый период составила

19,7 °С. Средняя максимальная температура воздуха составила 23,0 °С. Средняя минимальная температура воздуха составила 16,7 °С. Отклонение минимальной и максимальной температуры воздуха в июле составило 6,3 °С.

Средняя температура августа за исследуемый период составила 15,7 °С. Средняя максимальная температура воздуха составила 18,2 °С. Средняя минимальная температура воздуха составила 13,2 °С. Отклонение минимальной и максимальной температуры воздуха в августе составило 5,0 °С.

В результате анализа рисунка 3.4 можно сделать вывод о том, что холодным месяцем является август, а июль – самым теплым за исследуемый период в городе Якутске. Средняя температура воздуха в августе холоднее температуры воздуха в июле на 4 °С.

3.3 Выделение градаций средней летней температуры воздуха

На следующем этапе были рассчитаны квартильные градации для летней температуры воздуха города Якутска за исследуемый период с 1990 года по 2019 год.

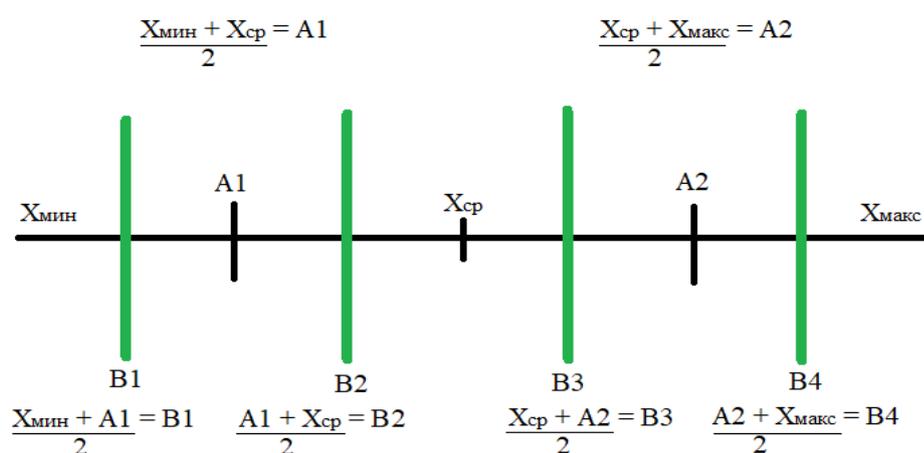


Рисунок 3.5 – Схема расчета границ градаций средней летней температуры воздуха города Якутска

На рисунке 3.5 представлена схема расчета квартильных градаций для летней температуры воздуха города Якутска.

Обозначение градаций для летней температуры воздуха: ЗНС - «значительно ниже среднего», НС - «ниже среднего», С - «среднее», ВС - «выше среднего», ЗВС - «значительно выше среднего».

Результат расчета границ квартильных градаций и среднелетние температуры, попадающие в них, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Значения среднелетних температур воздуха в пределах градаций

ЗНС, °С $15,5 \leq X$		НС, °С $15,6 \leq X \leq 16,4$		С, °С $16,5 \leq X \leq 17,8$		ВС, °С $17,9 \leq X \leq 19,0$		ЗВС, °С $X \geq 19,1$	
1994	15,5	2001	16,4	1990	17,1	2002	18,3	1998	20,1
2004	15,4	2016	15,8	1991	17,3	2009	18,4	2008	19,1
				1992	16,7	2010	18,3		
				1993	16,8	2011	18,7		
				1995	17,4	2012	18,3		
				1996	16,5	2017	18,6		
				1997	17,5	2018	18,1		
				1999	16,6	2019	18,1		
				2000	16,6				
				2003	17,5				
				2005	16,7				
				2006	17,3				
				2007	16,6				
				2013	17,4				
				2014	17,8				
				2015	17,7				

Таким образом, исследуемый период с 1990 года по 2019 год был распределен в различные градации по среднелетней температуре воздуха. Ниже представленная диаграмма на рисунке 3.6 отображает соотношение

повторяемости числа случаев, которые входят в ту или иную градацию для летней температуры воздуха города Якутска.

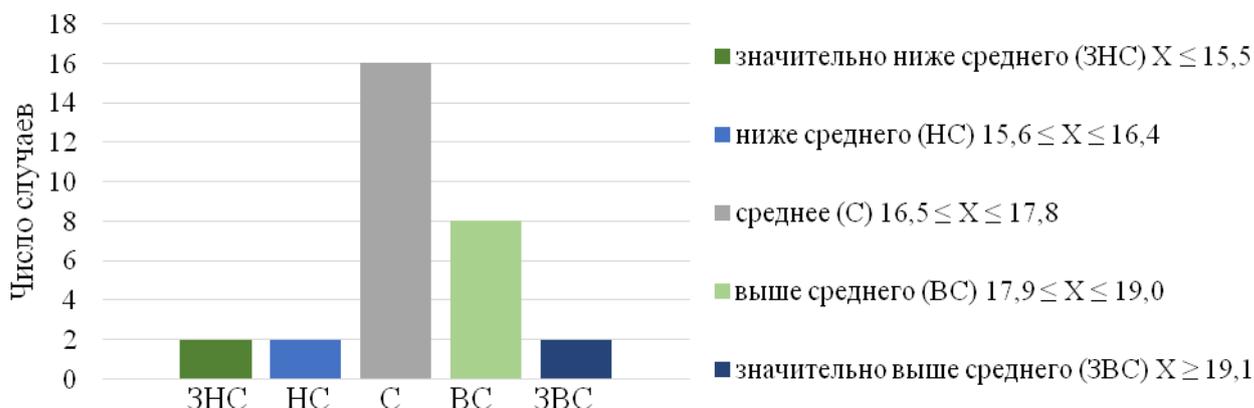


Рисунок 3.6 - Повторяемость летних сезонов, попадающих в различные градации по температуре воздуха

Рассмотрим, в каком соотношении находятся летние сезоны в различных градациях за период исследований с 1990 года по 2019 год. Здесь уместно обратить внимание на то, что наибольшее число случаев относится к градации «среднее». К градации «среднее» относятся 16 летних сезонов (1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2003, 2005, 2006, 2007, 2013, 2014, 2015). Следующие летние сезоны распределились по градациям «выше среднего», «ниже среднего», «значительно ниже среднего», «значительно выше среднего». К градации «выше среднего» относятся 8 летних сезонов (2002, 2009, 2010, 2011, 2012, 2017, 2018, 2019). Градации «ниже среднего» (2001, 2016), «значительно ниже среднего» (1994, 2004), «значительно выше среднего» (1998, 2008) включают в себя по 2 летних сезона.

В основном, летние сезоны первого десятилетия относятся к градации наименьших температур воздуха. Летние сезоны последнего десятилетия, наоборот, входят в градации наибольших температур воздуха. Все вышесказанное доказывает, что среднелетняя температура воздуха в городе

Якутске повышается.

3.4 Анализ повторяемости дней с циклонами и антициклонами

Для следующего этапа научно-исследовательской работы был применен полученный архив синоптических карт по Республике Саха (Якутия) из реанализа модели МЕРРА-2 КАРТЫ ПОГОДЫ.

В процессе исследования каждый день выделенных летних сезонов был сопоставлен с синоптическими картами. Рассмотрим в таблице 3.2, полученные средние значения количества дней с различными барическими образованиями за период исследований с 1990 года по 2019 год.

Таблица 3.2 - Повторяемость дней с циклонами и антициклонами

	Среднее лето			Теплое лето			Холодное лето		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Антициклон	7	12	8	13	15	14	6	5	8
Циклон	13	7	11	5	5	5	14	13	8
Другое	10	12	12	12	12	12	10	13	15

Примечание для таблицы 3.2: другое барическое образование - малоградиентное поле давления, седловина.

В средних летних сезонах за весь период исследований наибольшее среднее число антициклонов наблюдалось в июле и составило 12 дней. Наименьшее число антициклонов наблюдалось в июне и составило 7 дней. Наибольшее среднее число циклонов наблюдалось в июне и составило 13 дней. Наименьшее число циклонов наблюдалось в июле и составило 7 дней. Среднее число дней с малоградиентным полем давления и седловинами в июле и августе составило 12, а в июне 10.

В теплых летних сезонах наибольшее среднее число антициклонов наблюдалось в июле и августе и составило 15 дней, а наименьшее в июне и

составило 13 дней. Среднее число циклонов наблюдалось во всех летних месяцах и составило 5 дней. Среднее число дней с малоградиентным полем давления и седловинами во всех летних месяцах и составило 12.

В холодных летних сезонах наибольшее среднее число антициклонов наблюдалось в августе и составило 8 дней, а наименьшее в июне и составило 6 дней. Наибольшее среднее число циклонов наблюдалось в июне и составило 14 дней, а наименьшее в августе и составило 8 дней. Наибольшее среднее число малоградиентного поля давления и седловин наблюдалось в августе и составило 15 дней, а наименьшее в июне и составило 10 дней.

Рассмотрим, в каком соотношении находятся средние значения количества дней с различными барическими образованиями за период исследований с 1990 года по 2019 год. На рисунке 3.7 представлена повторяемость дней с циклонами и антициклонами.

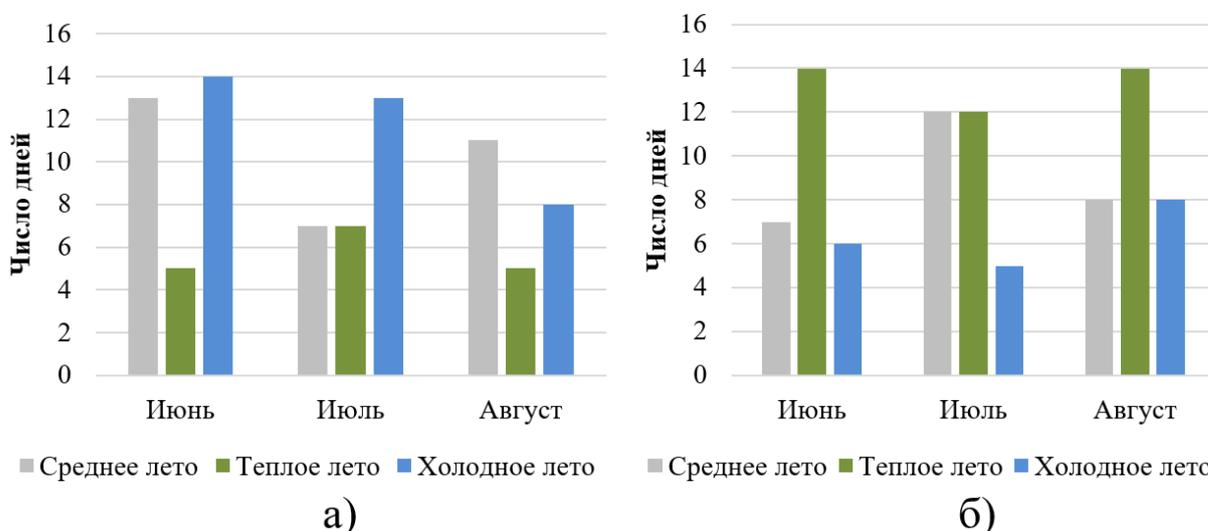


Рисунок 3.7 – а) Повторяемость дней с циклонами; б) Повторяемость дней с антициклонами

Диаграмма показывает, что при средних летних сезонах в июне среднее число дней с циклонами больше чем с антициклонами на 6 дней. В июле среднее число дней с антициклонами больше чем с циклонами на 5 дней. В августе среднее число дней с циклонами больше чем с антициклонами на 3

дня.

При теплых летних сезонах в июне среднее число дней с антициклонами больше чем с циклонами на 9 дней. В июле среднее число дней с антициклонами больше чем с циклонами на 5 дней. В августе среднее число дней с антициклонами больше чем с циклонами на 9 дней.

При холодных летних сезонах в июне среднее число дней с циклонами больше чем с антициклонами на 8 дней. В июле среднее число дней с циклонами больше чем с антициклонами на 8 дней. В августе среднее число дней с антициклонами и циклонами равно 8 дням.

Следовательно, в теплые летние сезоны за весь период исследования преобладают антициклонические барические образования. При антициклоническом типе погода устанавливается жаркая, осадки выпадают кратковременные.

В холодные летние сезоны преобладают циклонические барические образования. Увеличение циклонической активности приводит к повышению частоты сильных ветров, а потоки арктического воздуха к похолоданиям и возможным заморозкам. Осадки выпадают в значительном количестве.

3.5 Анализ условий формирования термического режима летних сезонов градации «среднее»

3.5.1 Установившийся процесс

В ходе научного исследования был детально проанализирован термический режим сезонов со среднелетней температурой воздуха градации «среднее».

К градации «среднее» относятся 16 летних сезонов со значением среднелетней температуры воздуха в пределах: $16,5 \leq X \leq 17,8$ (1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2003, 2005, 2006, 2007, 2013, 2014, 2015).

По изменениям среднесуточной температуры воздуха внутри каждого летнего сезона были выделены 3 группы процесса:

1. Установившийся процесс (межсуточная изменчивость температуры воздуха по модулю не превышает $5\text{ }^{\circ}\text{C}$).
2. Потепление (межсуточное повышение температуры воздуха превышает $5\text{ }^{\circ}\text{C}$)
3. Похолодание (межсуточное понижение температуры воздуха превышает $5\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Под установившимся процессом рассматривается период более 7 дней (естественный синоптический процесс по Мультановскому).

Изменение температуры воздуха в $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ для разделения процесса выбрано на основании того, что в синоптической метеорологии значительным считается контраст выше $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Например, при таком изменении температуры атмосферный фронт считается не размытым.

В результате подробного анализа термического режима 16 выделенных летних сезонов градации «среднее» следует отметить, что каждый летний сезон разнообразен.

Рассмотрим первую группу изменения среднесуточной температуры воздуха «установившийся процесс». Средняя продолжительность установившегося процесса в летнее время в городе Якутске составила 12 дней.

На рисунке 3.8 представлен пример изменения средней суточной температуры воздуха при установившемся процессе.

А на графике рисунка 3.8 среднесуточная температура воздуха в среднем летнем сезоне представлена в диапазоне от 15 до $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. В первые дни этого периода температура воздуха только начинает повышаться. При установившемся процессе среднесуточная температура воздуха сосредоточена около значения $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

температуры воздуха не превышает 5 °С. Фиксируются незначительные колебания температуры воздуха в районе города Якутска. В данном случае, город Якутск находится в малоградиентном поле высокого давления. К югу от Якутска располагается ложбина от неглубокого циклона, на западной границе Якутии отмечается ядро антициклона с давлением в центре 1016 гПа.

Продолжение ситуации рассмотрим на следующих синоптических картах (рисунок 3.10 а, б, в). На рисунке 3.10 на последовательно выбранных по времени синоптических картах показана динамика синоптического процесса «установившийся процесс».

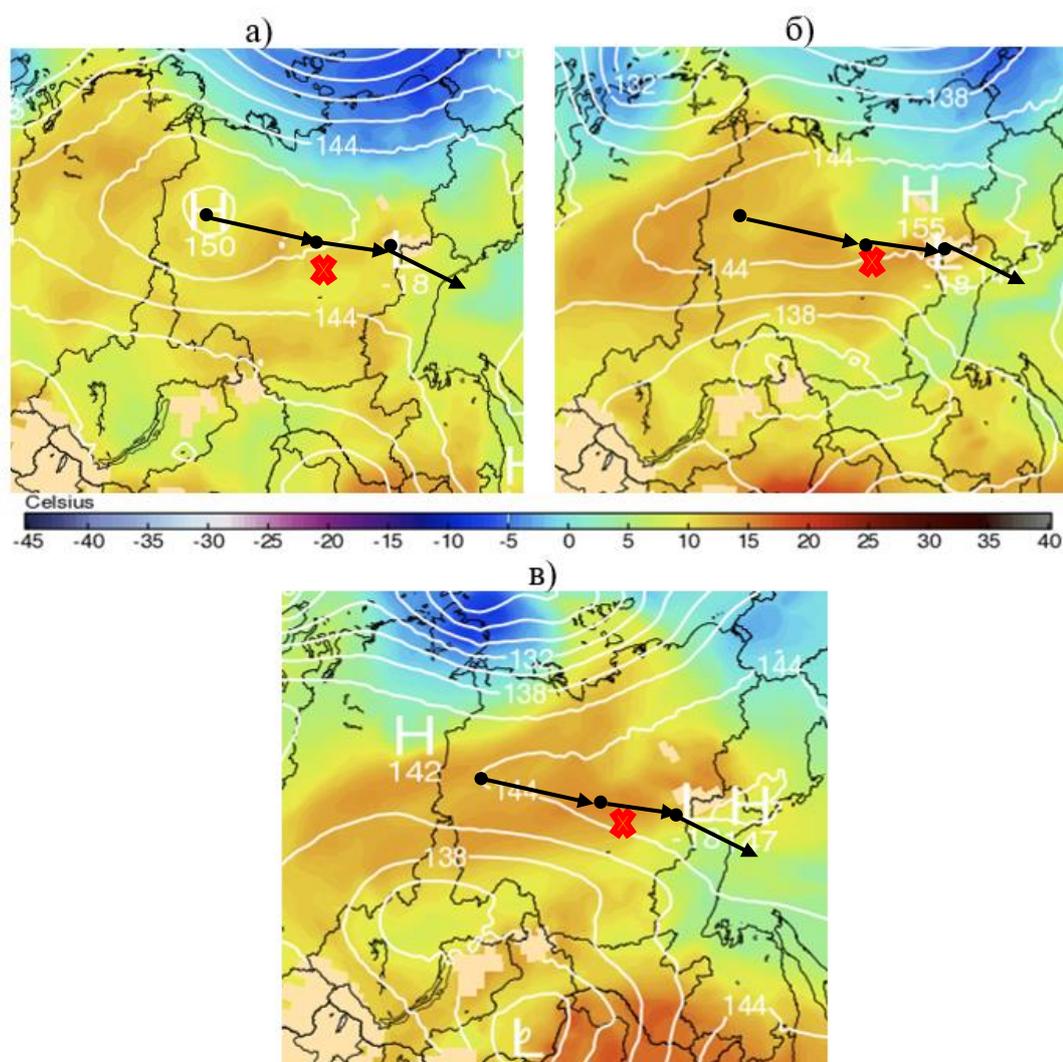


Рисунок 3.10 – Карты погоды (совмещенные: приземная, АТ 850).
Траектория смещения антициклона

Синоптические карты, представленные на рисунке 3.10 удобны для анализа как барического поля (приземная карта погоды), так и поля температуры воздуха (карта АТ 850).

Незначительные колебания температуры воздуха при установившемся процессе вызваны перемещением обширного антициклона с запада на восток – по представленной траектории.

Антициклон движется сначала в сторону города Якутска (рисунок 3.10 а). Якутск находится в восточной периферии данного антициклона. В данном случае поле малоградиентное, что соответствует отсутствию значительных адвективных потоков. В результате движения антициклона наблюдаем чередование потепления и незначительного похолодания. Волны относительного волны тепла и холода сменяют друг друга, но межсуточные колебания не превышают 5 °С.

Происходит движение антициклона. Установившийся процесс заканчивается, когда антициклон выходит на Охотское море. В дальнейшем его сменит циклоническое образование, что приведет к понижению температуры.

Вывод. Наиболее часто для однородного установившегося процесса в районе города Якутска характерно малоградиентное барическое поле. Или продвижение антициклона с запада в сторону Охотского моря малой интенсивностью.

3.5.2 Значительные потепления и похолодания в летних сезонах градации «среднее».

В процессе работы было отмечено, что летние сезоны градации «среднее» могут иметь два типа хода среднесуточных температур воздуха.

Первый тип – среднесуточная температура воздуха близка к своим среднемесячным значениям. В среднем типе высокая повторяемость периодов с установившимся процессом, значения близки к

среднегодовым.

Второй тип отличается кратковременными резкими похолоданиями и потеплениями, но при расчете среднелетних температур эти изменения взаимопоглощаются.

Рассмотрим второй тип процесса. На рисунке 3.11 представлены траектории антициклона, характерные для резкого потепления в обычные летние сезоны.

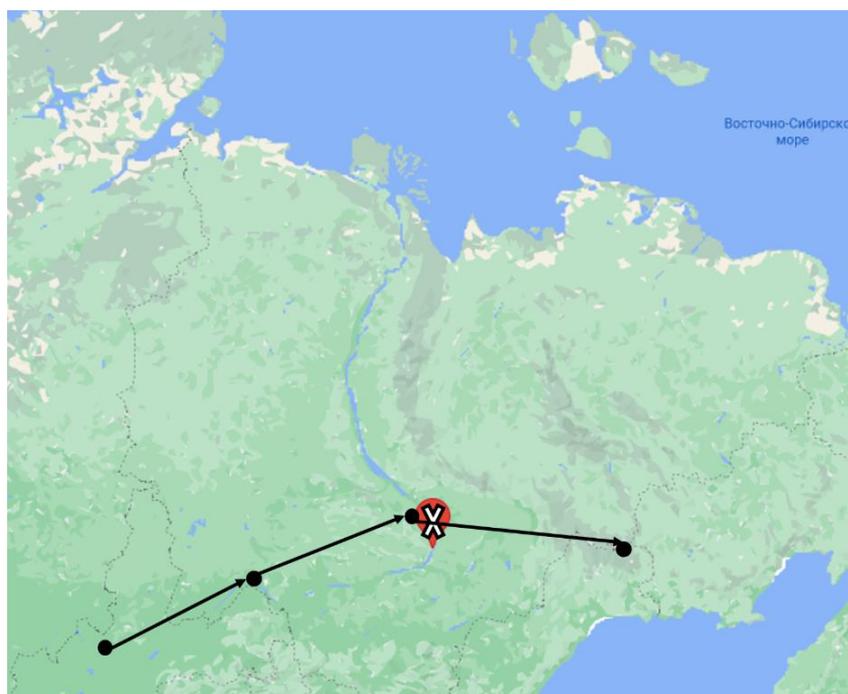


Рисунок 3.11 - Типовая траектория антициклона при значительных потеплениях

В общем, для летнего периода в городе Якутске наиболее характерно малоградиентное поле высокого давления. Потеплению с повышением температуры воздуха более чем на 5 °С чаще всего соответствует антициклон, ядро которого продвигается с юго-запада (Иркутская область) на северо-восток (Охотское море), при этом в городе Якутске происходит точка поворота траектории.

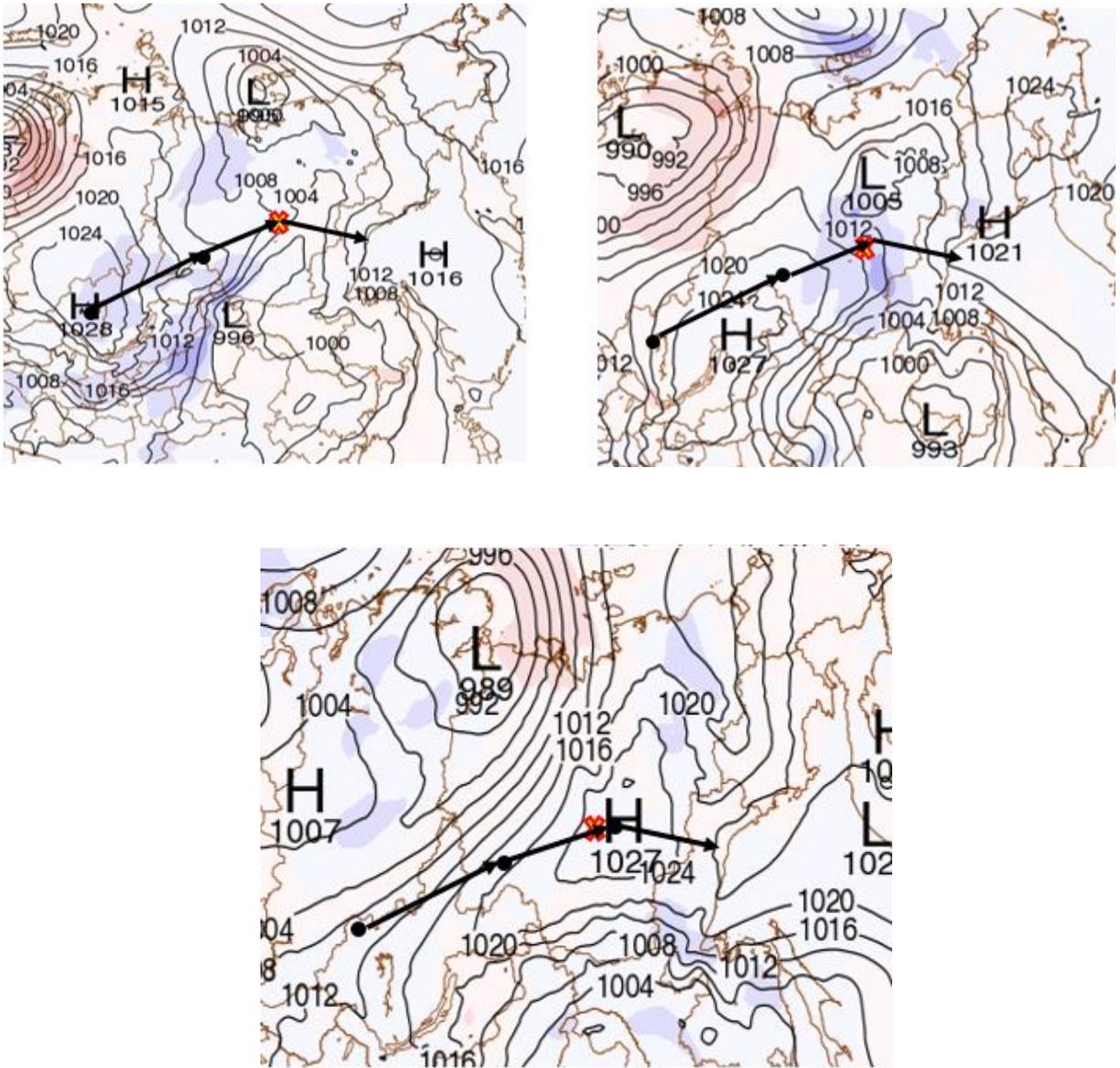


Рисунок 3.12 – Синоптическая ситуация при резком потеплении в городе Якутске

На рисунке 3.12 последовательно представлены синоптические карты для подобного случая резкого потепления с траекторией на рисунке 3.11.

Над Дальним Востоком, с центром над Новосибирскими островами располагается циклон. Его ложбина направлена в сторону Охотского моря и на юге-востоке Якутии также находится область пониженного давления.

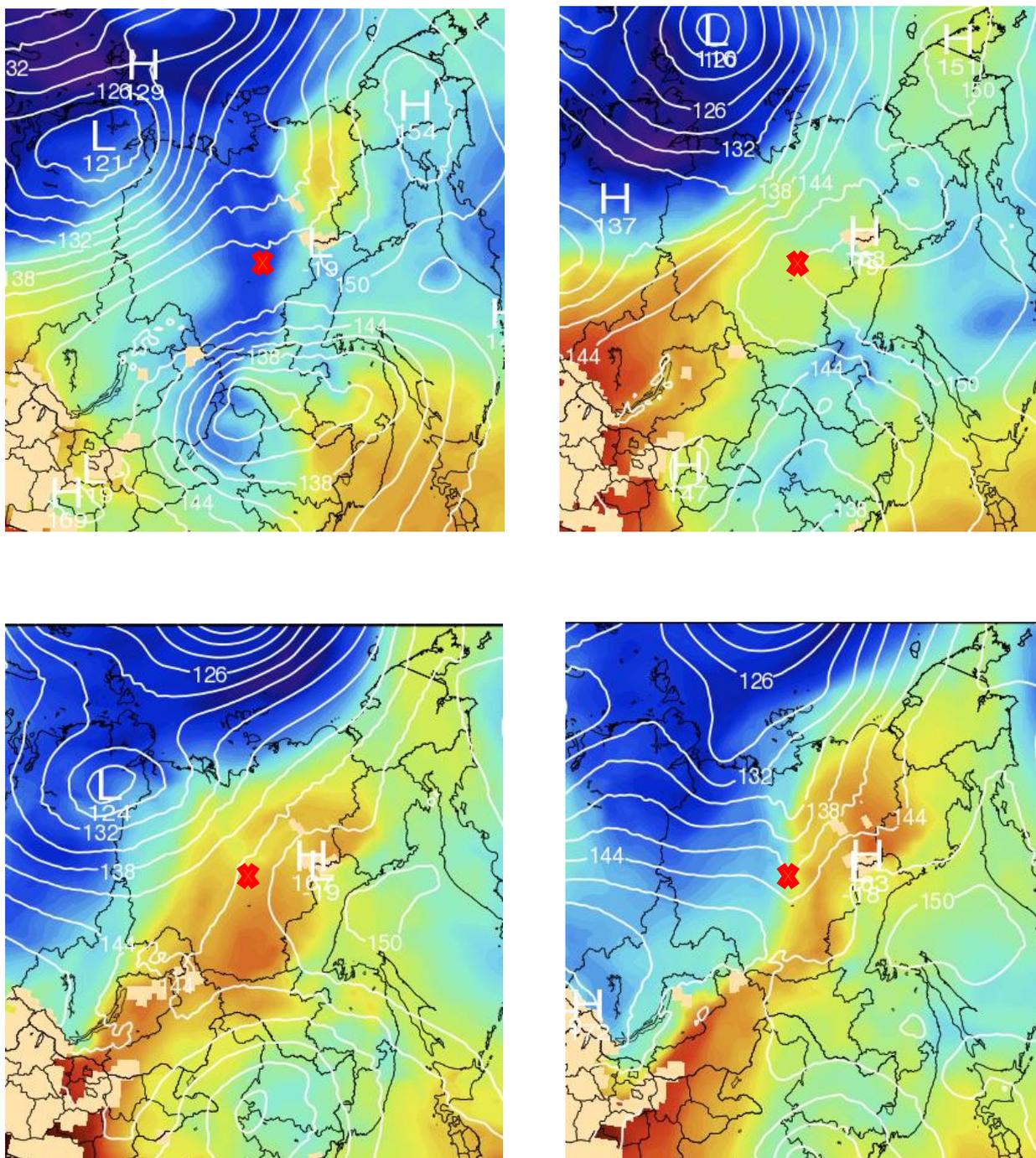


Рисунок 3.13 – Процесс значительного потепления в летнем сезоне («С»).
 а - до потепления; б - начало потепления; в, г - максимум потепления

В дальнейшем, на рисунке 3.12 б, наблюдается углубление циклонического образования на юго-востоке Якутии. Якутск находится в западной части седловины. Антициклон с Иркутской области начинает двигаться в сторону Якутска. Далее, антициклон оказывается над Центральной Якутией (рисунок 3.12 в) и в последующие сутки медленно продвигается в сторону Охотского моря.

Изменение поля температуры при данной ситуации на высоте 1,5 км представлено на рисунке 3.13.

В течение всего периода потепления происходит продвижение гребня тепла с юго-востока Иркутской области в сторону Центральной части Республики Саха (Якутия). Достаточно низкие температуры воздуха до потепления (от -5°C до -10°C на высоте 1,5 км) связаны с тыловой частью антициклона над Амурской областью. В последующие дни в центральную часть Якутии продвигается гребень тепла (3.13 б,в,г). Максимальные температуры воздуха наблюдались 08 и 09 июня на высоте 1,5 км от 15°C до 18°C , а среднесуточная, зафиксированная на метеостанции Якутск, составила $19,4^{\circ}\text{C}$ и 21°C соответственно.

Такие летние сезоны, которые по общей среднелетней температуре относятся к градации «среднее» значительные потепления сменяются похолоданием. Чаще всего такие изменение температуры воздуха встречаются при арктических вторжениях. Наиболее часто можно наблюдать два типа арктического вторжения.

Рассмотрим случай арктического вторжения на Республику Саха (Якутия). На рисунке 3.14 представлены приземные карты погоды за 15 и 16 июля 1996 года на которых помимо изобар представлена интенсивность осадков (мм/ч).

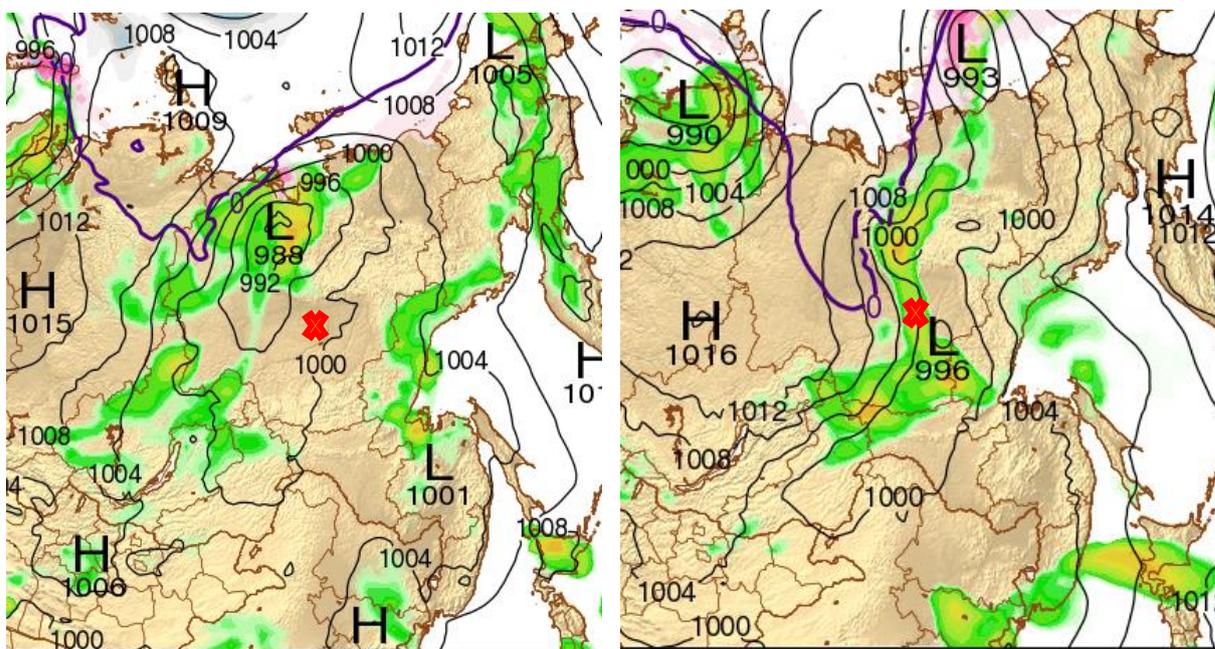


Рисунок 3.14 – Арктическое вторжение на Якутию. Июль. Температура воздуха понизилась от 22 °С до 09 °С

При арктическом вторжении циклон продвигается в юго-восточном направлении с арктического побережья в районе между полуостровом Таймыр и Новосибирскими островами. Циклон движется со значительной скоростью 60-70 км/ч и за сутки проходит путь от побережья до города Якутска.

Интересно отметить, что в момент располагается циклона над Якутском он находится в стадии окклюдирования. В этот момент по В.И. Воробьеву циклоническое образование становится высоким и холодным, что подтверждают обособленные очаги холода, соответствующие приземному центру циклона в поле температуры воздуха на карте АТ 850 и АТ 500 (рисунок 3.15 б, а).

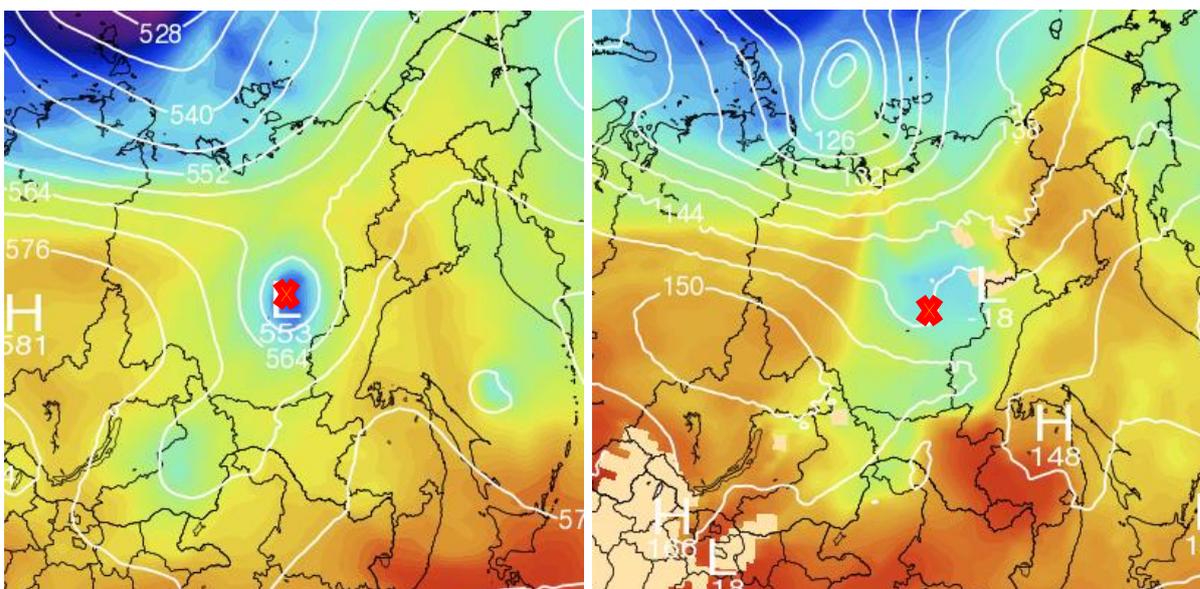


Рисунок 3.15 – а) Карта погоды АТ 500. Температура воздуха на высоте 5,5 км; б) Карта погоды АТ 850. Температура воздуха на высоте 1,5 км

В результате анализа резких потеплений и похолоданий в летний период в градации «средне» можно заключить, что похолоданию наиболее часто соответствует арктическое вторжение. С арктического побережья с моря Лаптевых циклон продвигается в юго-восточном направлении, в районе города Якутска находится в стадии заполнения и приносит кратковременные похолодания.

Резкому потеплению обычного среднего лета соответствует продвижение антициклона с Иркутской области до Центральной Якутии. Над Якутском наблюдается точка поворота, после которой антициклон смещается на юго-восток в сторону Охотского моря. Наиболее высокие температуры воздуха фиксируется в центральной и западной частях антициклона. Затоки теплого воздуха направляются с Амурской области. Изменение температуры в этом случае могут превышать 8 - 10 °С.

3.6 Анализ синоптических условий формирования аномально холодного лета в городе Якутске

В процессе выполнения магистерской диссертации были использованы некоторые предварительные данные, которые были получены в бакалаврской работе [6]. Например, синоптический анализ самого холодного дня в аномальный холодный летний сезон [6].

В магистерской диссертации детально проанализированы летние сезоны за период с 1990 года по 2019 год, соответствующие градации «значительно ниже среднего». К градации «значительно ниже среднего» относятся два летних сезона (1994, 2004) с значением среднелетней температуры воздуха в пределах: $X \leq 15,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

В качестве примера рассмотрим холодное лето 2004 года со среднелетней температурой воздуха $15,4 \text{ }^\circ\text{C}$. На графике рисунка 3.16 представлен ход среднесуточных температур воздуха холодного летнего сезона в городе Якутске.

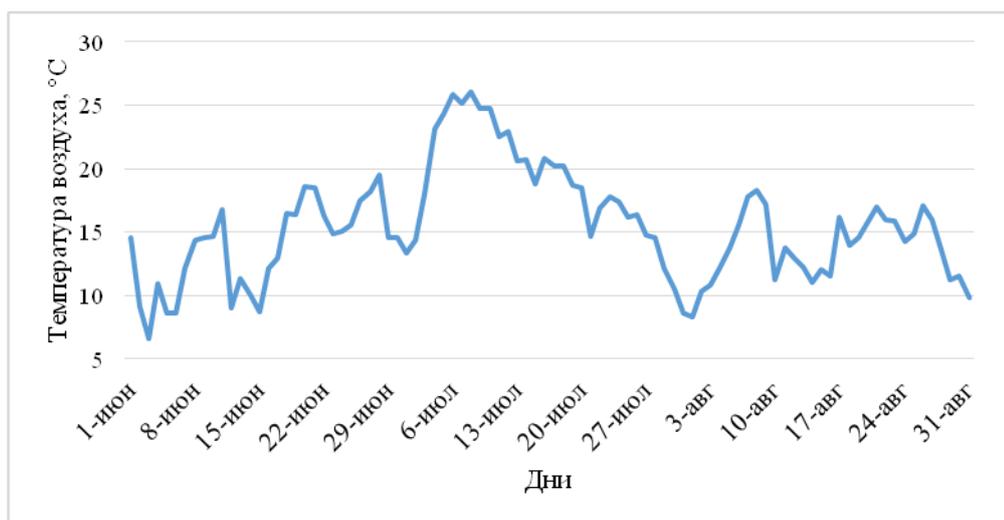


Рисунок 3.16 – Среднесуточная температура воздуха холодного летнего сезона 2004 года в городе Якутске

В результате анализа термического режима летнего сезона 2004 года необходимо отметить, что июнь и август по среднесуточным температурам воздуха были значительно ниже среднелетней температуры воздуха за весь период исследований. Средняя температура воздуха в июне и августе

составила 13,7 °С и 13,8 °С. Данные значения ниже среднемесячных температур воздуха за весь исследуемый период с 1990 года по 2019 года, которые составили: 17,0 °С в июне, 15,7 °С в августе. Вместе с тем, средняя температура воздуха июля была близка к средней за весь период исследований и составила 18,8 °С. Средняя температура воздуха в июле за весь период исследований 19,7 °С.

В июне фиксируется высокая повторяемость дней со среднесуточной температурой воздуха ниже 15 °С (20 дней). Самые холодные дни были отмечены в первой половине месяца: 03 июня среднесуточная температура воздуха составила 6,6 °С, 12 июня 9,0 °С, 15 июня 8,7 °С.

В августе был период с 10 по 16 число, в котором среднесуточная температура воздуха не превышала 15 °С. Самые холодные дни были отмечены в начале и конце месяца: 01 августа среднесуточная температура воздуха составила 8,3 °С, 10 августа 11,2 °С, 31 августа 9,8 °С.

В июле был период с 04 по 14 число, в котором среднесуточная температура воздуха превышала 20 °С. Самые теплые дни были в первой половине месяца: 06 июля среднесуточная температура воздуха составила 25,9 °С, 08 июля 26,1 °С, 10 июля 24,8 °С.

Теплые дни не смогли повысить температурный фон летнего сезона из-за их непродолжительного периода и наличия большого количества холодных дней.

Исходя из анализа хода среднесуточных температур воздуха для холодного летнего сезона 2004 года в городе Якутске, можно сделать вывод о том, что среднелетняя температура воздуха (относящаяся к градации «значительно ниже среднего») была сформирована термическим режимом июня и августа.

В ходе работы были рассмотрены синоптические ситуации для каждого дня аномально холодных летних сезонов, которые относились к градации «значительно ниже среднего». Аномальными холодными летними сезонами являются два года – 1994 и 2004, среднелетняя температура воздуха которых

составила 15,5 и 15,4 °С, соответственно.

Рассмотрим таблицу 3.3 для холодного и среднего лета. Таблица составлена в ходе анализа повторяемости дней с циклонами и антициклонами

Таблица 3.3 - Повторяемость дней с циклонами и антициклонами.

	Среднее лето			Холодное лето		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Антициклон	7	12	8	6	5	8
Циклон	13	7	11	14	13	8
Другое	10	12	12	10	13	15

Примечание для таблицы 3.3: другое барическое образование - малоградиентное поле давления, седловина.

В холодных летних сезонах наибольшее среднее число антициклонов наблюдалось в августе и составило 8 дней, а наименьшее в июне и составило 6 дней. Наибольшее среднее число циклонов наблюдалось в июне и составило 14 дней, а наименьшее в августе и составило 8 дней. Наибольшее среднее число малоградиентного поля давления и седловин наблюдалось в августе и составило 15 дней, а наименьшее в июне и составило 10 дней.

Для анализа синоптических ситуаций к выделенным годам 1994 и 2004 был добавлен аномальный летний сезон 1979 года. Его было интересно оценить в связи с тем, что он был аномальным и сопоставим по своим значениям с синоптическими процессами 1994 и 2004 гг.

Необходимо отметить, что в результате сравнительного анализа хода среднесуточных температур воздуха 1979 год является подобным 1994 и 2004 гг. В 1979 году в общий температурный фон низких летних температур также вносят вклад июнь и август.

В результате анализа синоптических процессов в июне и августе 1994, 2004 и 1979 годов, можно отметить высокую повторяемость циклонов над регионом исследования. Направления движения циклонов наиболее часто

соответствовали юго-восточной траектории. Они становились малоподвижными в районе Дальнего Востока, иногда имели несколько центров: центр над Дальним Востоком и центр южнее Певека. Такое положение центров циклонов приводило к похолоданию из-за вторжения арктического воздуха. Совмещенная карта погоды АТ 500 (а) для этого случая и траектория циклонов (б) представлена ниже на рисунке 3.17.

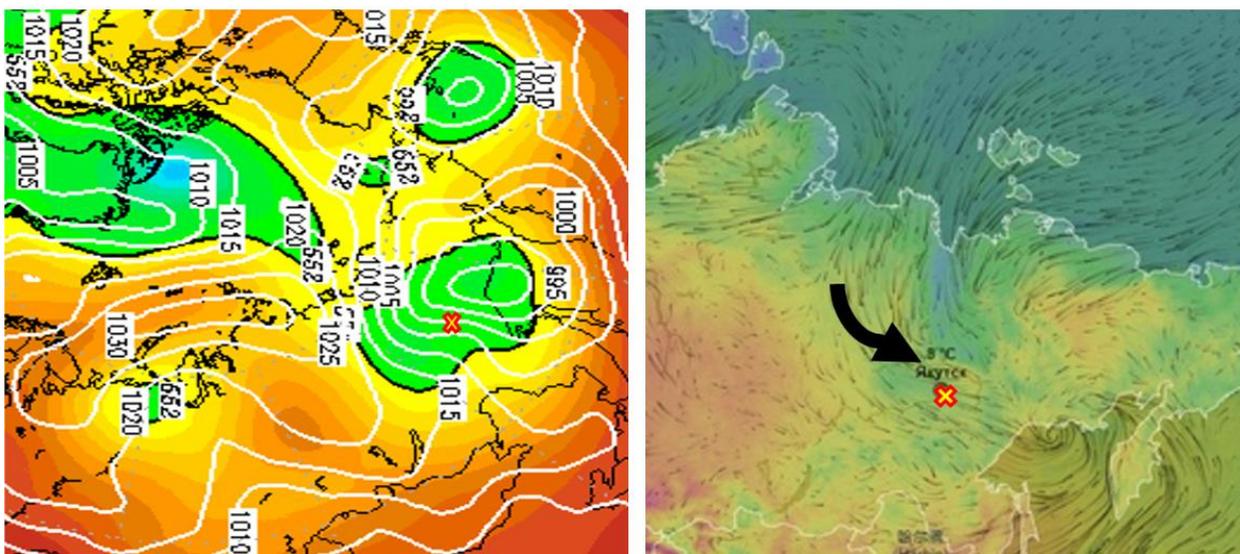


Рисунок 3.17 – а) Карта погоды АТ 500; б) Траектория циклонов при холодных летних сезонах.

В некоторых ситуациях циклоны находятся в максимальной стадии развития в районе города Якутска, область исследования попадает в их тыловую часть. В некоторых случаях циклоны окклюдируются, но при этом остаются малоподвижными. Потом циклоны могут регенерировать и двигаться в сторону Охотского моря. Низкие температуры, как правило, были вызваны серией таких циклонов.

На рисунке 3.17-б помимо поля температуры воздуха представлено поле ветров (линии тока, которые изображены черными короткими линиями). Исходя из анализа направлений движения воздушных масс, в данном случае движение потоков холодного воздуха в сторону города Якутска наблюдается с арктического побережья.

Необходимо отметить, что часто в таких ситуациях над приземным центром циклона обнаруживается высотный центр. Это подтверждает совмещенная карта погоды на рисунке 3.17-а. Это зеленая область в районе города Якутска, очерченная черной изолинией – 552 изогипсой. Наличие высотного циклона свидетельствует о том, что циклон в районе города Якутска находится в стадии от максимального развития до стадии заполнения. Он активно заполняется холодным воздухом в районе средней тропосферы. 552 изогипса в районе Евразии показывает северную сторону высотной планетарной фронтальной зоны, то есть полярного климатического фронта.

В районе Дальнего Востока и Восточной Сибири в летнее время года высотная фронтальная зона часто представлена замкнутой изогипсой 552, внутри которой заключается область холода на высотах. Она не имеет широтную конфигурацию, а обнаруживается как отдельные замкнутые центры.

Детально рассмотрим синоптическую ситуацию наиболее типичного холодного дня летом 2004 года. Этот случай представлен на рисунке 3.18.

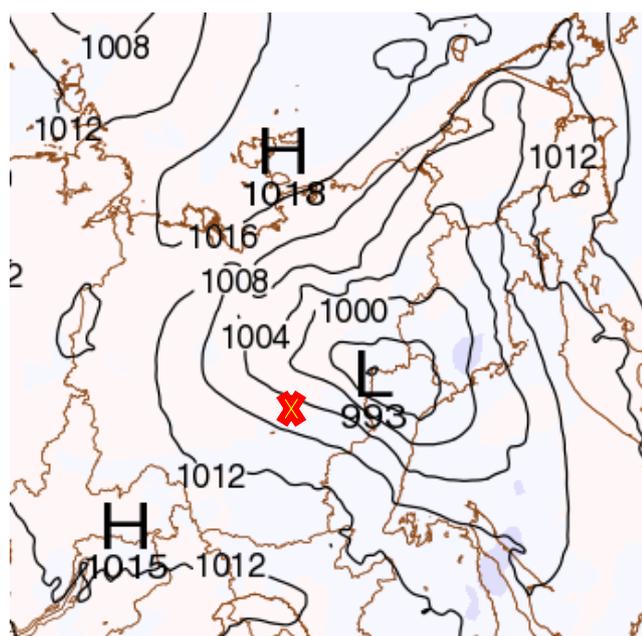


Рисунок 3.18 – Приземная карта погоды. Типичный холодный день лета 2004 года.

Над территорией Якутии располагается циклон. Город Якутск находится в тыловой части данного циклона с центром 993 гПа. Его траектория соответствует траектории, изображенной на рисунке 3.18-б. Циклон находится в начале стадии окклюдирования.

Следующим шагом рассмотрим поле температуры воздуха для данного дня. На рисунке 3.19 представлены совмещенные карты погоды АТ 500 (а) и АТ 850 (б).

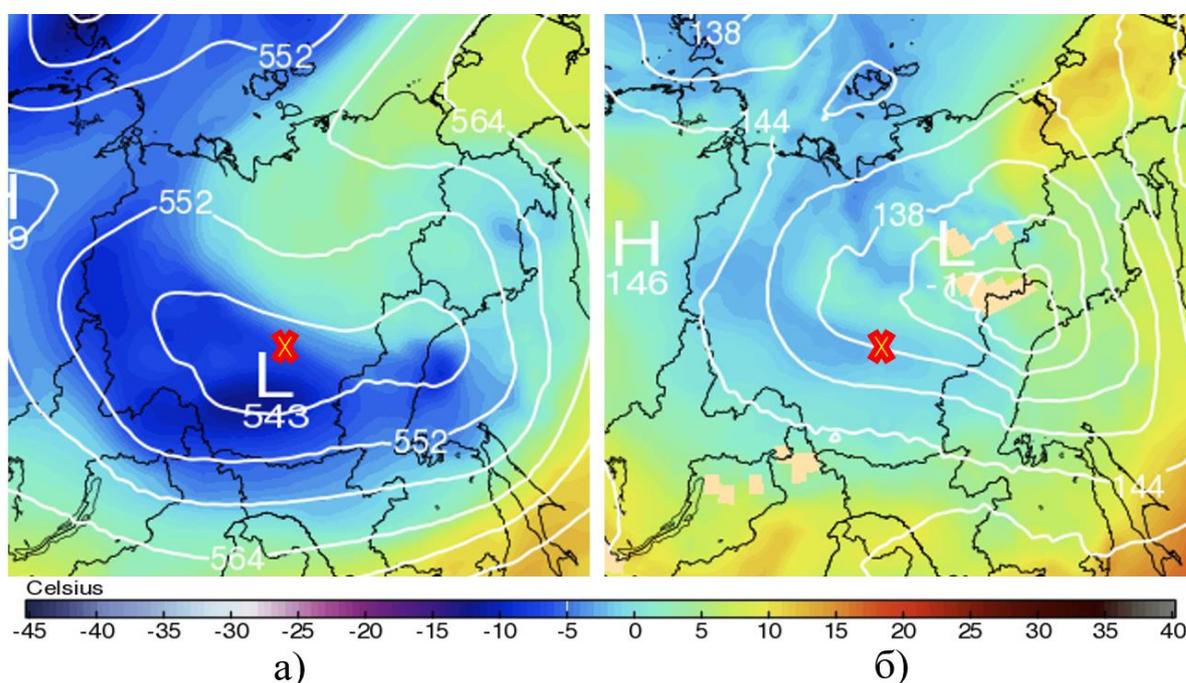


Рисунок 3.19 – а) Карта погоды АТ 500. Температура воздуха на высоте 5,5 км; б) Карта погоды АТ 850. Температура воздуха на высоте 1,5 км.

Для описания данного дня выбрали поле температуры воздуха на высоте 5,5 км (а) и 1,5 км (б). В обоих случаях над городом Якутском, в тыловой части высотного циклона, прослеживаются очаги холода. Данные карты подтверждают, что при такой синоптической ситуации город Якутск действительно находится в области холода.

Также по карте АТ 500 можно проследить распространение очага холода. Поле низких температур воздуха распространяется с арктического

побережья, продвигается в тыловую часть циклона и частично в его центральную часть.

В результате анализа синоптических условий формирования аномально холодного лета в городе Якутске можно сделать следующий вывод. Пониженный температурный фон июня и августа в аномально холодные летние сезоны формируется тыловыми частями циклонов, находящихся в стадии окклюдирования (по классификации фронтального циклона в стадию окклюдирования входит стадии максимального развития и заполнения). Часто синоптическая ситуация такова, что в тыловую часть циклона (нередко двухцентрового, с одним из центров над Певеком) продвигаются холодные воздушные массы или с Красноярского края либо с арктического побережья. Необходимо отметить, что рассмотренные циклоны охватывают обширные территории.

3.7 Анализ синоптических условий формирования аномально теплого лета в городе Якутске

В процессе выполнения магистерской работы для анализа теплого лета были использованы некоторые предварительные данные, полученные в бакалаврской работе [6].

В магистерской диссертации детально проанализированы летние сезоны за период с 1990 года по 2019 год, соответствующие градации «значительно выше среднего». К градации «значительно выше среднего» относятся два летних сезона (1998, 2008) с значением среднелетней температуры воздуха в пределах: $X \geq 19,1$ °С.

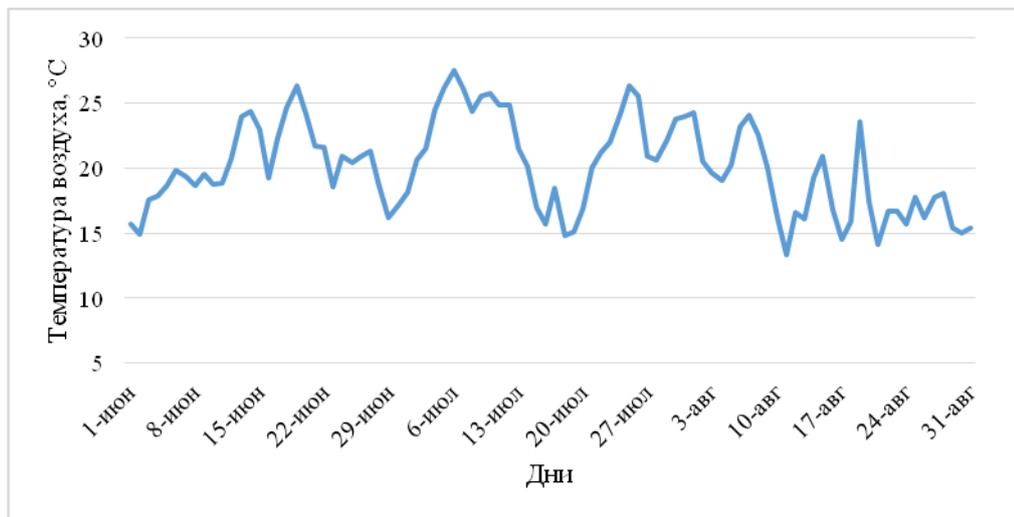


Рисунок 3.20 – Среднесуточная температура воздуха теплого летнего сезона 1998 года города Якутска.

Рассмотрим теплое лето 1998 года со среднелетней температурой воздуха 20,1 °С. На графике рисунка 3.20 представлен ход среднесуточных температур воздуха теплого летнего сезона города Якутска в этом году.

В результате анализа термического режима летнего сезона 1998 года необходимо отметить, что среднемесячным температурам воздуха были значительно выше средних многолетней за весь период исследований. Средняя месячная температура воздуха июня составила 20,2 °С, в июле 22,0 °С, в августе 18,2 °С. Средняя многолетняя (период с 1990 года по 2019 года) температура воздуха за июнь составила 17,0°С в июне, 19,7 °С в июле, 15,7 °С в августе.

Наименьшее отклонение среднемесячной температуры воздуха от многолетней фиксируется в июле и составило 2,3 °С. Наибольшее отклонение отмечается в июне и составило 3,2 °С.

В июне были отмечены два периода со среднесуточной температурой воздуха выше 20 °С (с 12 по 15 число, с 17 по 27 число). Самые теплые дни были во второй декаде месяца: 18 июня среднесуточная температура воздуха составила 24,7 °С, 19 июня 26,3 °С. Самые холодные дни отмечены в первой декаде месяца: 01 июня среднесуточная температура воздуха составила 15,7

°С, 02 июня 14,9 °С.

В июле были периоды с 02 по 14 число и с 21 по 31 число, в которых среднесуточная температура воздуха превышала 20 °С. Самые теплые дни зафиксированы в начале и конце месяца: 06 июля среднесуточная температура воздуха составила 27,5 °С, 25 июля 26,3 °С. Самые холодные дни были во второй декаде месяца: 18 июля среднесуточная температура воздуха составила 14,8 °С, 19 июля 15,1 °С.

В августе наблюдались непродолжительные периоды с 01 по 02 число и с 05 по 09 число, в которых среднесуточная температура воздуха превышала 20 °С. Самые теплые дни зафиксированы в первой декаде месяца: 01 августа среднесуточная температура воздуха составила 24,3 °С, 07 августа 24,1 °С. Самые холодные дни были во второй и третьей декаде месяца: 11 августа среднесуточная температура воздуха составила 13,3 °С, 21 августа 14,1 °С.

Холодные дни не смогли понизить температурный фон летнего сезона из-за их непродолжительного периода и наличия большого количества теплых дней. Относительно холодные периоды отличались от средних многолетних значений небольшой амплитудой отклонений от среднего.

Анализ хода среднесуточных температур воздуха для теплого летнего сезона 1998 года в городе Якутске показал, что среднелетняя температура воздуха, относящаяся к градации «значительно выше среднего», была сформирована ходом температур всех месяцев летнего сезона.

В ходе исследования были рассмотрены синоптические ситуации для каждого дня аномально теплых летних сезонов, которые соответствуют градации «значительно выше среднего». Аномально тепломu летнему сезону соответствует два года – 1998 и 2008, среднелетняя температура воздуха которых составила 20,1 и 19,1 °С.

Рассмотрим таблицу 3.4 для теплого и среднего лета. Таблица составлена в ходе анализа повторяемости дней с циклонами и антициклонами

Таблица 3.4 - Повторяемость дней с циклонами и антициклонами.

	Среднее лето			Теплое лето		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Антициклон	7	12	8	13	15	14
Циклон	13	7	11	5	5	5
Другое	10	12	12	12	12	12

Примечание для таблицы 3.4: другое барическое образование - малоградиентное поле давления, седловина.

В теплых летних сезонах наибольшее среднее число антициклонов наблюдалось в июле и составило 15 дней, а наименьшее в июне и составило 13 дней. Среднее число циклонов во всех летних месяцах составило 5 дней. Среднее число дней с малоградиентным полем давления и седловинами во всех месяцах составило 12.

Следующим шагом рассмотрим несколько типичных синоптических ситуаций для теплого лета 1998 года. Один из случаев представлен на приземной карте погоды рисунка 3.21.

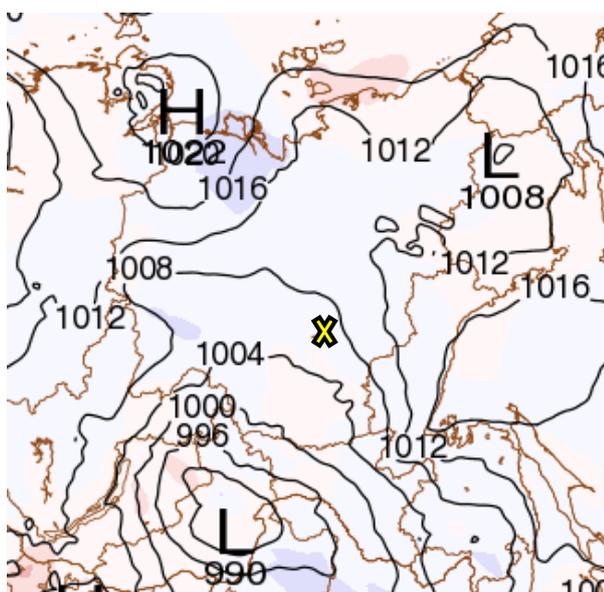


Рисунок 3.21 – Приземная карта погоды. Седловина. Типичный теплый день лета 1994 года

Над территорией Якутии наблюдается малоградиентное барическое поле. Город Якутск находится в седловине. Центры высокого и низкого атмосферного давления располагаются крестообразным образом. В центре седловины, между двумя антициклонами и циклонами, наблюдается слабый ветер.

Рассмотрим поле температуры воздуха для данного случая исследуемой территории. На рисунке 3.22 представлены совмещенные карты погоды АТ 500 (а) и АТ 850 (б).

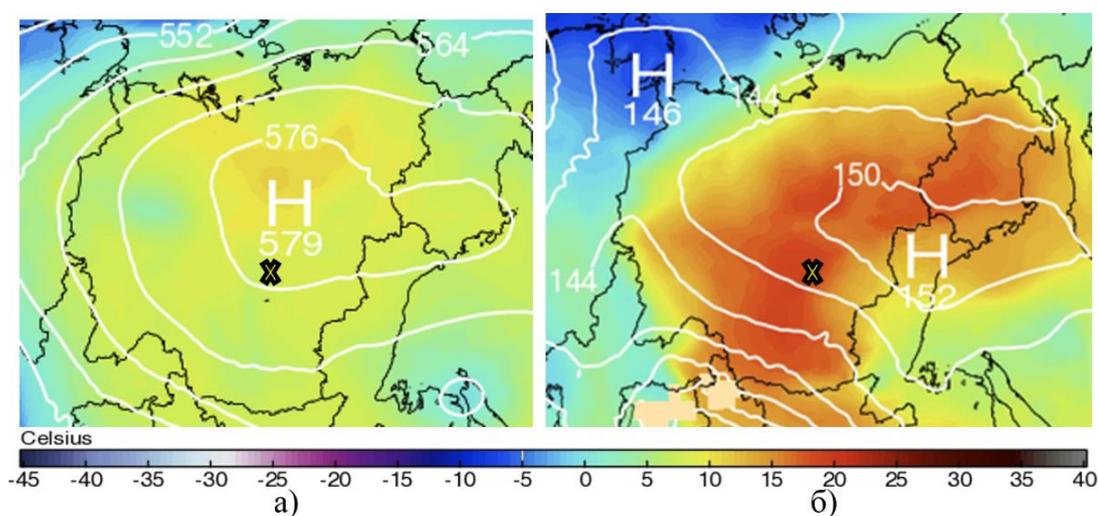


Рисунок 3.22 – а) Карта погоды АТ 500. Температура воздуха на высоте 5,5 км; б) Карта погоды АТ 850. Температура воздуха на высоте 1,5 км.

Поле температуры воздуха отображает значение температуры воздуха на высотах 5,5 км (а) и 1,5 км (б) для данного дня. На представленных картах погоды фиксируется высокий малоподвижный антициклон. Город Якутск находится в очаге тепла. Значительный очаг тепла затрагивает территории Якутии и Магаданской области.

Вследствие таких синоптических ситуаций устанавливается малооблачная и жаркая погода при штиле или слабых ветрах. Карты с полем температур воздуха доказывают наличие очага тепла над городом Якутском. Использование карты АТ 500 позволяет обнаружить распространение очага

тепла. Поле воздушных масс с высокими значениями температур направляется с Азиатской территории и охватывает большую часть Дальнего Востока.

В ходе исследования выявлено, что ход среднесуточных температур воздуха 2008 года является подобным 1998 году. В 2008 году в общий температурный фон высоких температур воздуха также вносят вклад все летние месяцы. Среднелетняя температура воздуха составила 19,1 °С.

При сопоставлении каждого дня данного летнего сезона с синоптическими картами фиксируется высокая повторяемость антициклонов над выбранным регионом. Вместе с тем, погоду определяет достаточное число ситуаций с малоградиентными полями высокого давления.

Рассмотрим следующую типичную ситуацию для аномально теплого лета за исследуемый период. На рисунке 3.23 представлена карта погоды АТ 500.

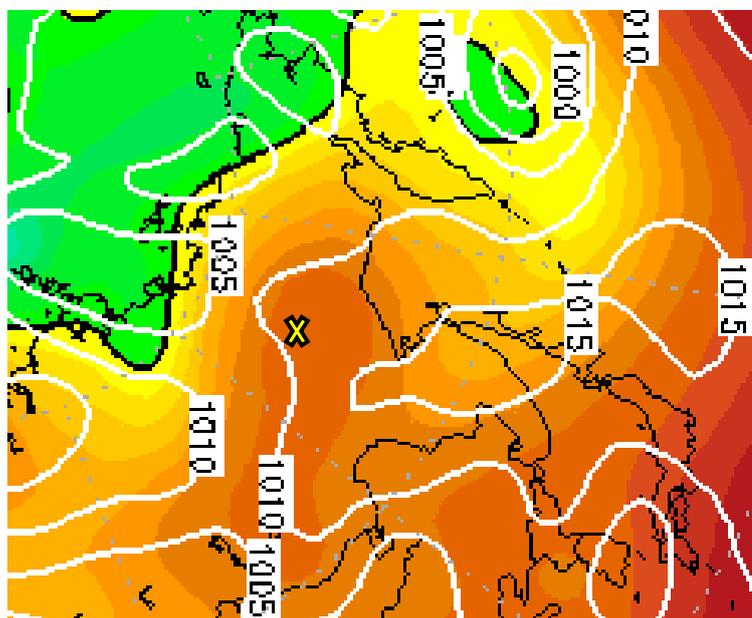


Рисунок 3.23 – Карта погоды АТ 500. Малоградиентное барическое поле.

Над Якутией располагается малоградиентное поле высокого давления. Город Якутск находится в западной периферии малоподвижного

антициклона малой интенсивности (давление в центре 1015 гПа). В данном случае отмечаются размытые поля давления, фиксируются слабые ветра, устанавливается ясная и жаркая погода, отсутствуют осадки.

В дополнение вышесказанного приведены карты погоды на высотах данного дня для исследуемой территории. Рассмотрим ниже представленные совмещенные карты погоды АТ 500 (а) и АТ 850 (б) на рисунке 3.24.

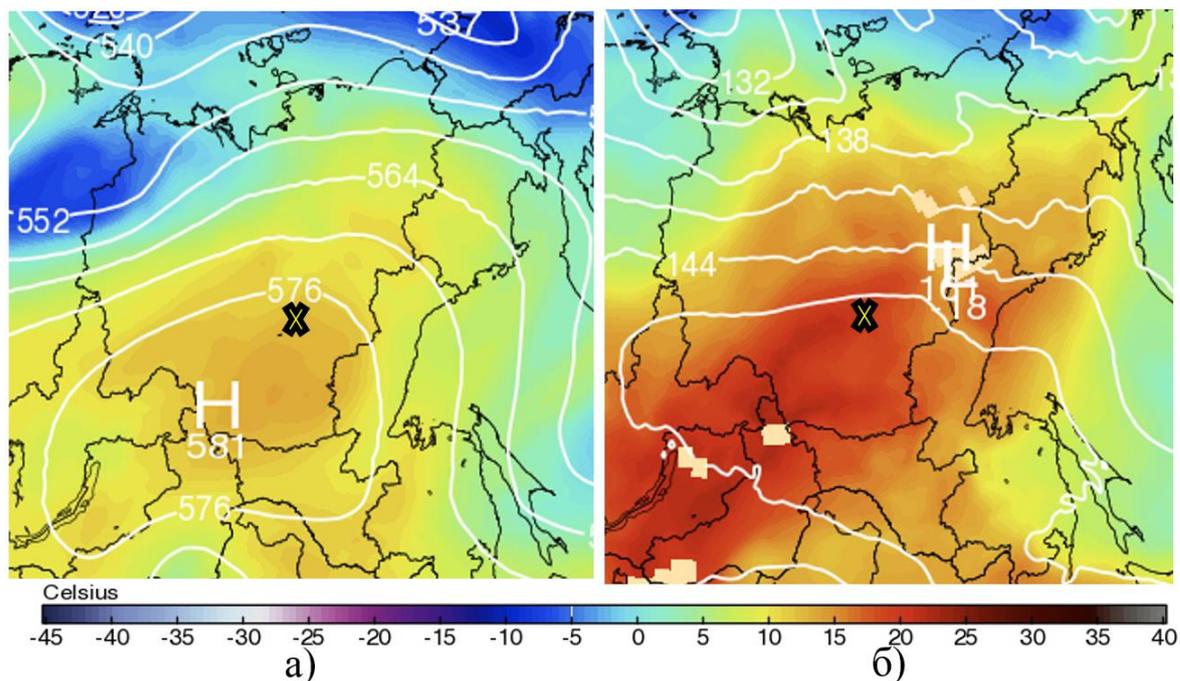


Рисунок 3.24 – а) Карта погоды АТ 500. Температура воздуха на высоте 5,5 км; б) Карта погоды АТ 850. Температура воздуха на высоте 1,5 км.

На предложенных карты погоды (рисунок 3.24) представлены поля температуры воздушных масс на высотах 5,5 км (а) и 1,5 км (б) для данного дня. Над городом Якутском и южной частью территории Якутии наблюдается устойчивый высокий антициклон. Отмеченный высокий антициклон малоподвижен. Масштабный очаг тепла является дополнительным влияющим фактором для периодов аномально высоких температур воздуха в городе Якутске. Вместе с тем, очаг тепла затрагивает большую часть Дальнего Востока и Иркутскую область.

Антициклоны над Якутском в период аномально теплого летнего

сезона практически всегда имеют невысокие значения давления в центре (до 1025 гПа) и малоградиентные барические поля. Приведем еще один пример подобной ситуации, представленной на синоптической карте рисунка 3.25.

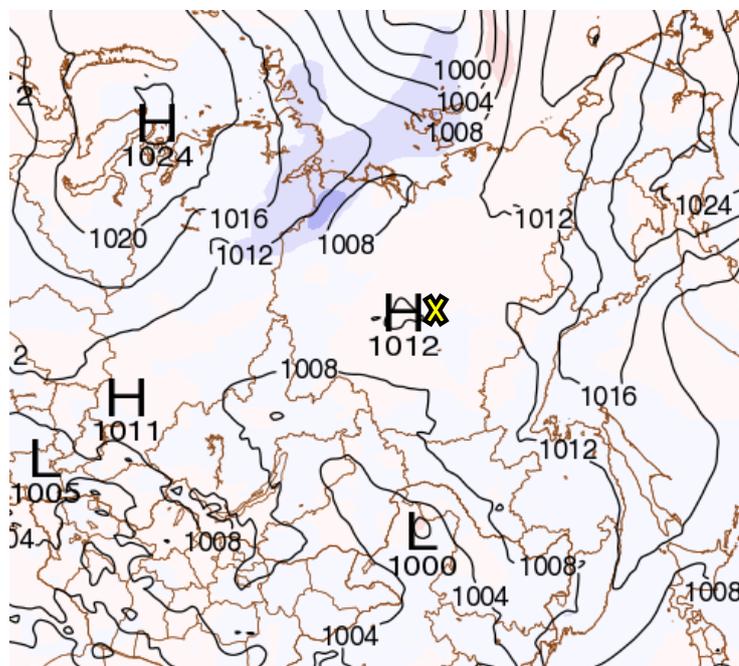


Рисунок 3.25 – Приземная карта погоды. Типичный теплый день лета («ЗВС») 1994 года.

По данным синоптической карты можно предложить наличие нетипичной седловины. На севере и юге от нее наблюдаются циклоны различной интенсивности. Над арктическим побережьем глубокий циклон с давлением в центре 996 гПа. На юге циклон с давлением в центре 1000 гПа. Над полуостровом Таймыр и Иркутск областью располагается поле высокого давления. Ядро антициклона имеет центр над Карским морем. Другой центр антициклона располагается над океаном.

Судя по карте можно предположить, что в малоградиентной седловине формируется отдельное ядро антициклона. Подобную ситуацию можно увидеть на синоптической ситуации рисунка 3.26.

На рисунке 3.26 представлены карты погоды с полями температуры воздуха, отображающие значения температуры воздуха на высотах 5,5 км (а)

и 1,5 км (б). По полю температуры и полю изогипс мы наблюдаем характерную синоптическую ситуацию для седловины и связанного с ней очага тепла.

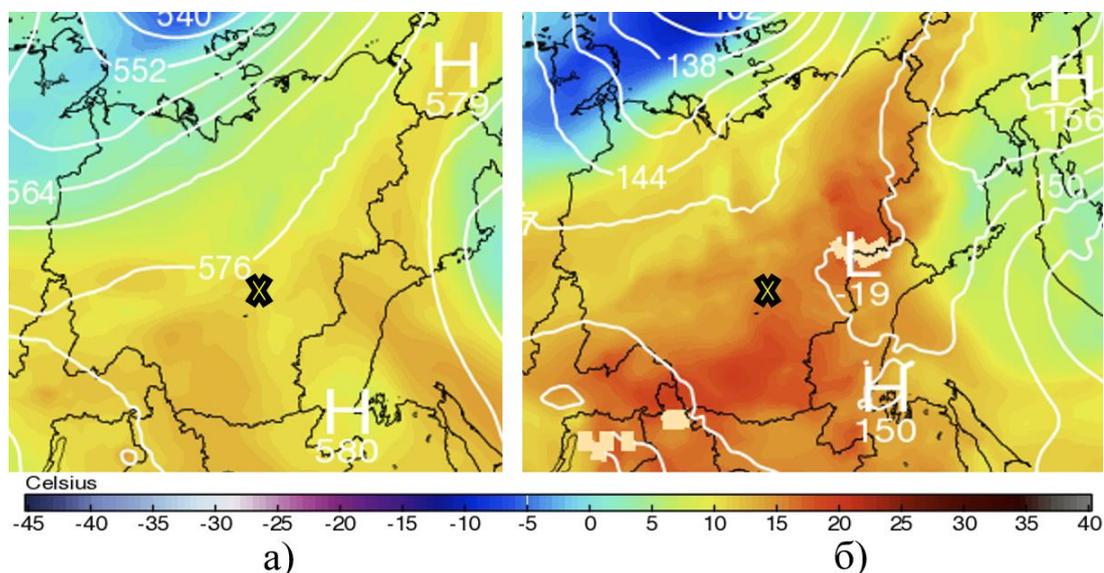


Рисунок 3.26 – а) Карта погоды АТ 500. Температура воздуха на высоте 5,5 км; б) Карта погоды АТ 850. Температура воздуха на высоте 1,5 км.

На рисунке 3.26 представлены карты погоды с полями температуры воздуха, отображающие значения температуры воздуха на высотах 5,5 км (а) и 1,5 км (б). По полю температуры и полю изогипс мы наблюдаем характерную синоптическую ситуацию для седловины и связанного с ней очага тепла.

В результате анализа синоптических условий формирования аномально теплого лета в городе Якутске можно сделать следующий вывод.

Аномально теплый летний период связан с высокой повторяемостью антициклонов и малоградиентных полей высокого давления. Барические объекты малоподвижны. Ситуация схожа и у земли, и на высотах. Основной вклад формирования летних высоких температур вносит июнь (со второй декады), июль и первая декада августа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования все летние сезоны за период с 1990 года по 2019 год были разделены по градациям. Отдельно были рассмотрены синоптические процессы в летние сезоны градации «среднее» и «значительно выше среднего» и «ниже среднего».

Для лета градации «среднее» были выделены и проанализированы по синоптическим условиям формирования три типа процесса: «установившийся», «похолодание» и «потепление».

Характерной ситуацией для «установившегося» процесса является малоградиентное поле высокого давления. В некоторых случаях поле высокого давления отмечается при движении обширного антициклона слабой интенсивности с запада на восток через Центральную Якутию.

В летние сезоны градации «средние» могут наблюдаться потепления и похолодания, которые в совокупности нивелируют друг друга. Характерной синоптической ситуацией «похолодания» является арктическое вторжение циклона с моря Лаптевых в юго-восточном направлении в сторону Якутска.

«Потеплению» в летние сезоны градации «среднее» характерно продвижение ядра антициклона с юго-запада Иркутской области в сторону Центральной Якутии. Максимальным температурам в Якутске соответствует центральная часть антициклона, затем антициклон смещается по направлению к Охотскому морю.

Для аномально холодного лета основным отличием является высокая по сравнению с другими годами повторяемость циклонов. Особенностью является формирование двухцентральной депрессии, с одним из центров над арктическим побережьем в районе Певека. Якутск находится в тыловой части этого образования и холодные воздушные массы к нему продвигаются с полярного региона. Аномальные процессы формируются в течение июня и июля, август чаще всего является близким к среднему.

Аномально теплые летние сезоны связаны с высокой повторяемостью антициклонов и малоградиентных полей высокого давления. Барические объекты малоподвижны и являются высокими (то есть фиксируются на уровнях выше 5,5 км) Основной вклад в формирование летних высоких температур воздуха вносит июнь (со второй декады), июль и первая декада августа.

Анализ синоптических процессов в летний сезон является задачей сложной и очень интересной. В данной работе были получены предварительные результаты по типизации и работа должна быть продолжена.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев И. С. Контрастность ландшафтов Якутии, обусловленная воздействием климатических факторов. Якутск, 2012. - С. 32-39.
2. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. Москва, Издательство «Наука», 1975. - 285 с.
3. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1989. - 568 с.
4. Матвеев. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. Ленинград, Гидрометеорологическое издательство, 1965. - 875 с.
5. Мякишева Н.В. Климатическая система Земли Санкт-Петербург, РГГМУ, 2008. - 94 с.
6. Рудых В.В. Анализ термического режима основных климатических сезонов в г. Якутск. Выпускная квалификационная работа. Санкт-Петербург: РГГМУ, 2019. - 52 с.
7. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1974. - 568 с.
8. С. Donald Ahrens. Essentials of meteorology: an invitation to the atmosphere. Thomson Brooks/Cole, 2000. - 464 p.
9. After F. V. Mitchell. Transient climate response to increasing sulphate aerosols and greenhouse gases. Nature, 1995. 376: P. 501–504.
10. Самойлова Г.С., Горячко М.Д., Дьяконов В.М., А. Н. Прокинова А.Н., Павлинов П.С. Саха (Якутия). Редакция БРЭ, 2017, 2018. [сайт] URL: <https://bigenc.ru/geography/text/5753444>