



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Распределение осадков на территории Республика Саха (Якутия)»

Исполнитель Болдырева Анастасия Сергеевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Лаврова Ирина Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

Кандидат физико-математических, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 13 » 2022 г.

Санкт–Петербург

2022

Содержание

Введение.....	3
1. Физико-географическая характеристика территории Республики Саха (Якутия).....	4
1.1. Географическое положение и рельеф.....	4
1.2. Климат и климатическое районирование республики Саха (Якутии).....	6
1.3. Циркуляция атмосферы на территории Якутии и ее влияние на формирование климата и погоды в регионе.....	10
2. Образование и виды атмосферных осадков.....	13
Обложные осадки.....	14
Ливневые осадки.....	15
Моросящие осадки.....	16
3. Результаты исследования режима осадков на территории Республика Саха (Якутия).....	17
Заключение.....	40
Список использованных источников.....	41

Введение

Климат Якутии является резко континентальным, что обуславливает большой перепад температур зимой и летом. Зимний период продолжительный, а летний период довольно короткий. Диапазон средних температур января и июля превышает более 50 градусов по Цельсию.

На примере крупнейшего субъекта Российской Федерации - Республики Саха (Якутия) исследованы осадки по её территории.

Объект исследования – осадки на территории Республики Саха (Якутия). Предмет исследования – распределение осадков на данной территории.

Целью данной работы является анализ и обработка многолетних данных количества осадков на территории Республики Саха (Якутия).

Для достижения этой цели в работе решаются следующие задачи:

1. дать физико-географическое описание территории Саха-Якутии;
2. проанализировать пространственное распределение и межгодовой ход осадков на примере нескольких станций;
3. изучить процессы развития облачности и осадков на территории Республики Саха (Якутия);
4. проанализировать синоптические ситуации при большом количестве выпавших осадков на станции Усть-Чаркы;

В данной работе мы собрали данные об осадках с метеостанций в регионах Якутии, как Алдан, Тикси, Усть-Чаркы, Мирный, Оймякон и Якутск. Выбор этих станций обусловлен тем, что они расположены в разных районах Якутии.

Проанализированы осадки этих метеостанций за период с 1966 по 2020 гг.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка использованной литературы.

1. Физико-географическая характеристика территории Республики Саха (Якутия)

1.1. Географическое положение и рельеф

Якутия - самая большая республика в России по территории. Расстояние между крайними точками на севере и юге материковой части республики. Столица республики - Якутск. Более 40% территории Якутии находится за Полярным кругом.

Республика Саха (Якутия) расположена на северо-востоке Сибири. Крайняя северная точка республики на материке - мыс Нордвик - лежит на 74° с. ш.; самая северная островная точка находится на севере острова Генриетты (77° с. ш.). Крайняя южная точка находится на Становом хребте под $55^{\circ} 30'$ с. Самая западная точка Якутии расположена под $105^{\circ} 00'$ в. д.; самая восточная - под 165° в. д. Таким образом, территория Якутии раскинулась с севера на юг на 3000 км, а с запада на восток - на 2500 км.

Республика Саха-Якутия расположена между $55^{\circ} 29'$ - $76^{\circ} 46'$ северной широты, простирается с запада на восток на 2,5 тыс. км, с севера на юг на 2 тыс. км и занимает площадь 3,1 млн км². Этот регион расположен в зоне вечной мерзлоты, и около 90% территории (2,8 миллиона км²) находится в зоне сплошной вечной мерзлоты.

Многообразие природных условий и ресурсов Якутии определяется физико-географическим положением ее территории. Большую часть занимают горы и плоскогорья, на долю которых приходится более 2/3 ее поверхности, и лишь 1/3 расположена на низменности.

Почти вся континентальная территория представляет собой зону сплошной многовековой мерзлоты, которая только на крайнем юго-западе переходит в зону ее прерывистого распространения [5].

Физико-географическая карта Якутии представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1. Физико-географическая карта Якутии

Территория Якутии принадлежит преимущественно к двум крупнейшим тектоническим структурам - Сибирской платформе и Верхояно-Чукотской области мезозойской складчатости. Строение рельефа, характер и условия залегания горных пород на ней неоднородны.

Рельеф Якутии довольно разнообразен. Он определяется приуроченностью территории республики к восточной Сибирской платформе (Западная Якутия) и Верхояно-Колымской (Восточная Якутия) [2].

Северная Якутия имеет неоднородный рельеф. Вдоль побережья Северного ледовитого океана, в основном, расположены участки низменности. Река Лена разделяет регион на западную и восточную части, примерно равные по площади. В западной части основной формой рельефа является СреднеСибирское плоскогорье с высотами 250-500 м. Особенности восточной части являются хребты Верхоянский, Момский и Черского. Они вытянуты в меридиональном направлении. Роль рельефа важна в формировании зимних локальных очагов холода во впадинах и узких горных долинах, где при большой повторяемости штиля формируются

устойчивые приземные инверсии. Так, в Верхоянске (137 м над уровнем моря) средняя температура января составляет -50°C , а на восточном склоне Верхоянского хребта, но на высоте 1350 м — всего -28°C .

На Сибирской платформе развиты плоскогорья, пластовые плато и равнины, и, только на южной ее окраине, в пределах Алданского щита, находится нагорье со сравнительно интенсивно расчлененным рельефом. Верхояно-Чукотская складчатая область характеризуется рельефом, развивающимся на мезозойском складчатом основании. Наряду с горными районами здесь встречаются низменности, приуроченные к жестким срединным массивам или синклинальным структурам.

1.2. Климат и климатическое районирование республики Саха (Якутии)

Климат Якутии располагается на территории очень высоких широт. Соответственно, территория располагается на арктическом, субарктическом и умеренном поясах [17(4)].

Якутия расположена в зоне поперечного влияния арктического и континентального воздуха умеренных широт. Она расположена на крайнем северо-востоке Евразии, недалеко от Северного Ледовитого океана и значительно удалена от Атлантического океана.

Можно выделить три главных климатообразующих фактора, влияющих на климат Якутии: географическое положение, влияние рельефа, влияние общей циркуляции атмосферы.

Наличие открытых с севера меридиально вытянутых равнинных понижений рельефа, обуславливает застаивание застывание холодного воздуха зимой.

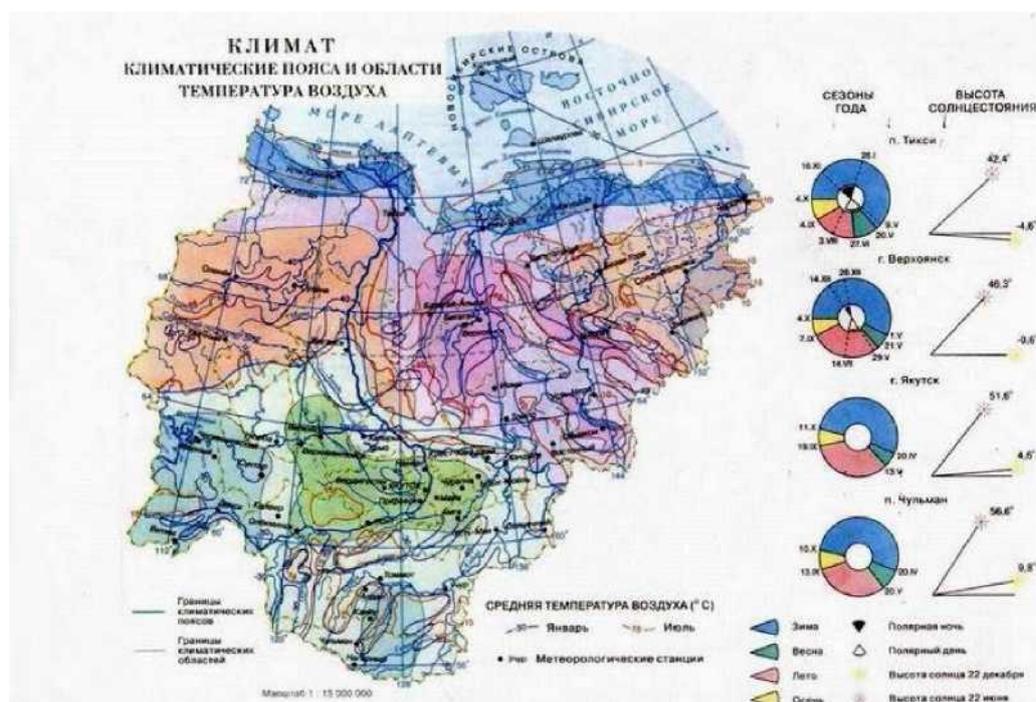


Рисунок 1.2. Карта климатических поясов и климатических областей Якутии

Географическое положение и различные атмосферные процессы определяют климат Якутии. Он суров, на большей части резко континентален и засушлив.

Якутия располагается в высоких широтах, из-за этого в течение года неодинаково освещается солнечными лучами, что влияет на продолжительность дня по сезонам года. В зимнее время ночи длинные, господствуют сумерки, а севернее полярного круга наблюдается круглосуточная ночь. Летом продолжительность дня увеличивается, наступают белые ночи, а к северу от полярного круга - круглосуточный полярный день. С середины октября по март из-за низкого расположения солнца и снега эффективное излучение земли больше поглощенной радиации, т.е. радиационный баланс отрицательный, а накопление солнечного тепла начинается в основном в апреле и заканчивается в июле.

Отличительная черта климата - выраженный антициклональный режим погоды зимой и частые вторжения воздушных масс со стороны Северного Ледовитого океана с малым содержанием водяного пара летом. Зима является продолжительной, холодной и малоснежной, а лето короткое, на

большой части территории засушливое с относительно высокими температурами. В Якутии самая долгая и самая холодная зима в России.

Главными факторами, определяющими такое своеобразие климата, являются характер общей циркуляции воздушных масс и физико-географические условия территории - её удаленность и отгороженность горными системами от Атлантического и Тихого океанов, открытость со стороны Северного Ледовитого океана, большая протяженность как с севера на юг, так и с запада на восток.

На территории Якутии климат резко континентальный, проявляющийся очень низкими зимними температурами до (-50, -65С) и высокими летними температурами до + 35С. Сильные различия между зимними и летними температурами воздуха связаны с сильным переохлаждением подстилающей поверхности зимой и прогревом летом. На морских побережьях климат более мягкий, так как моря осенью и зимой несколько согревают берега, а в теплое время года, наоборот, остывают.

Поскольку Якутия находится в высоких широтах, из-за этого в течение года территория неравномерно освещена солнечными лучами, что влияет на продолжительность дня по сезонам года. Зимой ночи длинные, преобладают сумерки, а к северу от полярного круга круглосуточно и без выходных. Летом продолжительность дня увеличивается, наступают белые ночи, а севернее Полярного круга - круглосуточный полярный день. С середины октября по март из-за низкого расположения солнца и снега эффективная радиация Земли больше, чем поглощенная радиация, т. е. Радиационный баланс отрицательный, и накопление солнечного тепла начинается в основном в апреле и заканчивается в июле.

Здесь длинная зима и короткое лето. Максимальная разница температур между самым холодным месяцем - январем и самым теплым месяцем - июлем составляет 90-95 ° С. В Якутии два самых холодных города в мире - Оймякон (-71,2 ° С) и Верхоянск (-68 ° С). Абсолютное значение минимальной температуры воздуха достигает -72 ° С. По общей

продолжительности периода с отрицательными температурами (до 9 месяцев в году) республика не имеет аналогов в Северном полушарии. Якутск - самый контрастный по температурному режиму город в мире, его годовой перепад температур составляет 102,7 ° С, это также самый крупный город в зоне вечной мерзлоты. Якутия - зона сплошной вечной мерзлоты, которая только на крайнем юго-западе переходит в зону ее прерывистого распространения. Средняя толщина мерзлого слоя достигает 300-400 метров. В горах Восточной Якутии 485 ледников общей площадью 413 км² и запасом пресной воды около 2 тыс. Км³. Зима в Республике Саха (Якутия) начинается в начале октября и длится на большей части территории до конца апреля. Якутская зима долгая, очень холодная и малоснежная. Вторым осенним месяцем - октябрь, в это время земля еще питает воздух своим теплом. Температура воздуха днем умеренно отрицательная (-6 - -8° С). Но прилив холода чувствуется достаточно, особенно ночью. Наличие открытых с севера меридиально вытянутых низменных низменностей, окаймленных горными системами, приводит к замерзанию холодного воздуха зимой.

С юга горные системы Алданского и Колымского нагорий препятствуют поступлению тихоокеанских морских воздушных масс. Верхоянские горы являются барьером для атлантических морских воздушных масс, что обуславливает крайнюю суровость климата Восточной Якутии. В возвышенностях, нагорных и горных районах с высотой увеличивается количество осадков.

Из-за сильного выхолаживания зимней поверхности в Якутии наблюдается удивительное явление природы - образование температурной инверсии воздуха, т.е. повышение температуры воздуха с высотой. Этот феномен впервые установил в 1917-1918 г.г. А.А Семенов во время метеонаблюдений на руднике Эндыбал, находящейся на высоте 1020 м. Инверсии температур наблюдаются лишь до высоты 2-3 км, но повышение температуры может достигнуть 30°С.

Природно-климатические условия Республики Саха (Якутия)

характеризуются как экстремальные. Здесь накоплен уникальный опыт ведения промышленности и сельского хозяйства в экстремальных климатических условиях Севера, применены первые технологии жилищного строительства на вечной мерзлоте.

1.3. Циркуляция атмосферы на территории Якутии и ее влияние на формирование климата и погоды в регионе

Циркуляционные процессы атмосферы над территорией Якутии определяются общей циркуляцией атмосферы Земли, но сильное влияние оказывают и местные физико-географические условия.

Над Якутией циркуляция атмосферы носит резко выраженный сезонный характер, что проявляется в изменениях свойств воздушных масс разности давления и температуры воздуха между воздушными массами и изменении траектории и повторяемости циклонов и антициклонов.

Начиная с сентября континентальный воздух умеренных широт (полярный воздух) формируется над территорией Якутии в области отрога азиатского антициклона. От центра антициклона в октябре на Якутию вытягивается гребень высокого давления, ориентированный с юго-запада на северо-восток. Здесь он усиливается и часто обособляется в самостоятельное ядро. Разрушение антициклона среди зимы — явление редкое. Воздушная масса, формирующаяся в нем, отличается чрезвычайно низкими температурами и малым содержанием влаги. Наличие антициклона обуславливает ясную морозную, со слабым ветром, погоду.

Зимой над Азией воздух выхолаживается и формируется антициклональная область повышенного давления с замкнутой циркуляцией. Основным фактором, определяющим характер климата холодного периода Якутии, является отрог азиатского антициклона, почти полностью заполняющий территорию республики в это время. Продвижение циклонов с запада на восток на севере республики часто сопровождается сильными

ветрами и продолжительными метелями.

Над всей Якутией зимой царит Сибирский антициклон, преобладает безветренная и очень холодная погода с густыми морозными туманами в населенных пунктах, лишь кратковременные поступления атлантических и тихоокеанских морских влажных воздушных масс вызывают небольшое потепление и выпадение снега.

В северо-восточной части территории потепление в зимнее время происходит при северо-восточных и восточных ветрах. Обычно оно обусловлено притоком теплых и влажных масс воздуха с Тихого океана. В юго-восточной части и в центральных районах Якутии значительное потепление вызывается выносом теплого влажного воздуха из районов Охотского моря в северо-западном направлении. В этих случаях потепление чаще всего сопровождается снегопадами, отрог азиатского антициклона ослабляется. [3]

В области отрога высокого давления формируется воздух, характеризующийся очень низкими температурами в приземном слое, устойчивостью, сильными приземными инверсиями, малой влажностью и высокой прозрачностью воздуха.

Циклоны, возникающие или регенерирующие на арктическом и полярном фронтах, оказывают влияние на погоду в центральных районах Якутии лишь своими ложбинами. Влияние западных циклонов проявляется чаще всего в повышении температуры воздуха и выпадении незначительного количества осадков.

При переходе к весне резко увеличивается западно-восточный перенос, циклоны смещаются с запада на восток; вынос тепла с востока встречается все реже, появляются случаи выхода циклонов с юга, приносящих значительные осадки, и с Западно-Сибирской низменности, в крайнем случае циклоны приходят к устьям Лены и Яны.

Летом арктический фронт между арктическим воздухом и воздухом умеренных широт расположен около 65° с.ш., а умеренный фронт между

воздухом умеренных широт и тропическим воздухом проходит около 50° с.ш. Летом вторжение арктического воздуха вызывает похолодание и заморозки, а вторжение тропического воздуха - сильно жаркую и ясную погоду.

Влияние центров сказывается в развитии гребня высокого давления со стороны Охотского моря или в распространении антициклона с севера (последний несет похолодание до заморозков), то в выходе циклонов с запада, несущих основную массу осадков. Значительные осадки приносят встречающиеся намного реже южные циклоны.

Летом арктический фронт между арктическим воздухом и умеренным воздухом и тропическим воздухом проходит около 50° с.ш. Летом вторжение тропического воздуха - очень жаркую и ясную погоду. Иногда поступление масс морского воздуха с Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов - циклонов - вызывает облачные дожди. [1]

Осенью серии циклонов с запада все чаще заменяются антициклоном, формирующимся в холодном воздухе в тылу последнего циклона. Антициклон приносит значительное похолодание. Выход циклонов с юго-запада и юга встречается все реже, зато все более и более сказывается влияние отрога вновь формирующегося азиатского антициклона.

Для климата важны перемещения воздушных масс как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Чем сильнее прогревается воздух, тем ниже его плотность, поэтому он поднимается вверх, образуя области низкого давления. Так как на полюсах температура воздуха ниже, то давление там выше, в результате чего воздушные массы в нижних слоях атмосферы движутся от полюсов к экватору. В верхних же слоях атмосферы наблюдается обратное движение воздуха, от экватора к полюсам.

Таким образом, циркуляция атмосферы имеет огромное значение. На территории Якутии, в основном, оказывают попеременное воздействие арктического воздуха и умеренный континентальный воздух, имеющие сухие воздушные массы. Поэтому дождей выпадает мало.

2. Образование и виды атмосферных осадков

Атмосферные осадки - это капли воды и кристаллы льда, выпадающие из атмосферы и облаков на земную поверхность, называют атмосферными осадками.

Формирование осадков из облака идет за счет укрупнения капель до размеров, способных преодолеть восходящие потоки и сопротивление воздуха. Укрупнение капель идет за счет слияния капель, испарения влаги с поверхности капель (кристаллов) и конденсации водяного пара на других.

Обязательным условием выпадения осадков из облака является укрупнение облачных элементов. Основными процессами, вызывающими их укрупнение, являются конденсация (или сублимация) на них водяного пара и коагуляция, т. е. слияние капель или сцепление кристаллов при соударении. Конденсационный рост облачных элементов. Рост облачных капель радиусом менее 0,01 мм за счет конденсации на них водяного пара сначала происходит довольно быстро: за несколько секунд их радиус увеличивается в 2-3 раза. Но с увеличением радиуса капли скорость ее дальнейшего конденсационного роста при данном перенасыщении пара в окружающем пространстве резко падает. Для образования капель радиусом более 0,1 мм при перенасыщениях, реально встречающихся в облаках, потребовалось бы длительное время (десятки часов), в течение которого не только меняются все условия в облаке, но и само оно может рассеяться.

В облаках, состоящих из капель разных размеров, конденсационный рост происходит более интенсивно, чем в облаках, состоящих из одинаковых капель. Это объясняется различием давлений насыщенного пара над мелкими и 5 крупными каплями, вызванным неодинаковой кривизной их поверхности. В таких облаках мелкие капли испаряются, а на крупный водяной пар конденсируется, т.е. происходит перенос пара с мелких капель на крупные. Так как конденсационный рост капель с увеличением их радиуса

замедляется, то в течение нескольких часов в облаках образуются лишь сравнительно мелкие капли почти одинакового размера. Таким образом, при конденсационном росте капли не могут вырасти до размера дождевых.

По синоптическим условиям образования различают фронтальные и внутримассовые осадки:

Фронтальные осадки всегда связаны с прохождением атмосферных фронтов. Для теплого фронта характерными являются обложные осадки, для холодного фронта - ливневые, но при прохождении холодного фронта первого рода осадки, имеющие вначале ливневый характер, переходят в обложные.

Внутримассовые осадки образуются внутри однородных воздушных масс. Для устойчивой теплой воздушной массы характерны осадки в виде мороси из слоистых облаков или в виде слабого обложного дождя выпадающие из плотных слоисто-кучевых облаков. В неустойчивой холодной воздушной массе выпадают ливневые осадки.

Классификация атмосферных осадков

Важной характеристикой осадков является их интенсивность, т.е. количество осадков, выпадающих в единицу времени. На метеорологических станциях количественно определяется только интенсивность жидких осадков (в мм/мин). [5, с.217]. 5. Городецкий, О.А., Гуральник, И.И., Ларин, В.В. Метеорология, методы и технические средства наблюдений. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 280 с. Убратъ в список литературы

По физическим условиям образования и по характеру выпадения осадки подразделяются на обложные, ливневые и морозящие.

Обложные осадки

Характеризуются монотонностью выпадения без значительных колебаний интенсивности. Начинаются и прекращаются постепенно.

Длительность непрерывного выпадения составляет обычно несколько часов (а иногда 1—2 суток), но в отдельных случаях слабые осадки могут длиться полчаса-час.

Длительные (от нескольких часов до суток и более) атмосферные осадки в виде дождя (обложной выпадают обычно из слоисто-дождевых, высоко - слоистых и перисто- слоистых облаков.дождь) или снега (обложной снег), выпадающие на значительной площади с достаточно равномерной интенсивностью из слоисто-дождевых и высокослоистых облаков на теплом фронте.

Дождь — жидкие осадки в виде капель диаметром от 0.5 до 5 мм. Отдельные капли дождя оставляют на поверхности воды след в виде расходящегося круга, а на поверхности сухих предметов — в виде мокрого пятна.

Снег — твердые осадки, выпадающие в виде снежных кристаллов или хлопьев. При слабом снеге горизонтальная видимость (если нет других явлений — дымки, тумана и т. п.) составляет 4-10 км, при умеренном 1-3 км, при сильном снеге — менее 1000 м (при этом усиление снегопада происходит постепенно, так что значения видимости 1-2 км и менее наблюдаются не ранее чем через час после начала снегопада). В морозную погоду слабый снег может выпадать из малооблачного неба.

Мокрый снег — смешанные осадки, выпадающие при положительной температуре воздуха в виде хлопьев тающего снега.

Дождь со снегом — смешанные осадки, выпадающие (чаще всего при положительной температуре воздуха) в виде смеси капель и снежинок.

Ливневые осадки

Характеризуются внезапностью начала и конца выпадения, резким изменением интенсивности. Длительность непрерывного выпадения составляет обычно от нескольких минут до 1—2 часов. Нередко сопровождаются грозой и кратковременным усилением ветра (шквалом).

Выпадают из кучево-дождевых облаков. Главным признаком осадков ливневого характера является выпадение из конвективной облачности, что и определяет колебания интенсивности осадков.

Ливневый дождь - кратковременные атмосферные осадки, обычно в виде дождя отличающиеся большой интенсивностью (до 100 мм/ч). Возникают в неустойчивых воздушных массах на холодном фронте или в результате конвекции. Обычно ливневый дождь покрывает сравнительно небольшую территорию.

Ливневый снег — снег ливневого характера.

Ливневый дождь со снегом — смешанные осадки ливневого характера, выпадающие (чаще всего при положительной температуре воздуха) в виде смеси капель и снежинок.

Снежная крупа — твердые осадки ливневого характера, выпадающие при температуре воздуха около нуля^о и имеющие вид непрозрачных белых крупинок диаметром 2-5 мм; крупинки хрупкие, легко раздавливаются пальцами.

Ледяная крупа — твердые осадки ливневого характера, выпадающие при температуре воздуха от +5 до +10^о в виде прозрачных (или полупрозрачных) ледяных крупинок диаметром 1-3 мм; в центре крупинок — непрозрачное ядро.

Град — твердые осадки, выпадающие в теплое время года в виде кусочков льда различной формы и размеров: обычно диаметр градин составляет 2-5 мм. Продолжительность града обычно невелика — от 1-2 до 10-20 минут. В большинстве случаев град сопровождается ливневым дождём и грозой.

Моросящие осадки

Морось – очень мелкие водяные капли (диаметром менее 0,5 мм), их скорость падения 0,05–0,25 мм/ч. Они практически взвешены в атмосфере и следуют в ней, выпадают из слоистых (St) облаков и при рассеянии туманов.

3. Результаты исследования режима осадков на территории Республика Саха (Якутия)

3.1 Описание исходных данных по осадкам

Для исследования выбраны метеостанций, имеющие различное расположение на выбранной территории. Это связано с большим разнообразием погодных и климатических условий на территории республики.

Метеостанции: на севере – Тикси и Усть-Чаркы, на западе – Мирный, на юге – Алдан, на востоке – Оймякон и в центральной части – Якутск.

Таблица 2.1 Список исследуемых станций на территории **Республики Саха (Якутия)**

Индекс	Название станции	Северная широта	Восточная долгота
21824	Тикси	71°35′	128°55′
24371	Усть-Чаркы	66°48′	136°41′
24688	Оймякон	63°15′	143°09′
24726	Мирный	62°32′	113°52′
24959	Якутск	62°01′	129°43′
31004	Алдан	58°37′	125°02′

Архив данных по станциям взят с сайта ВНИИГМИ-МЦД [6]. Данные по станциям - Тикси, Мирный, Якутск и Алдан взяты за период 1966 – 2020 гг. Наблюдения за осадками на этих станциях проводятся в сроки 0, 12 ВСВ. А данные по станциям Усть-Чаркы и Оймякон за период 1986 - 2020 год, в сроки 9, 21 ВСВ. Также использован архив данных реанализа CPC Merged Analysis of Precipitation (CMAP) с сайта NOAA [7] за период наблюдений с 1979 по 2022 гг.

Пространственное распределение среднесуточное количества осадков в мм/день по территории Республика Саха (Якутия) по сезонам показана на рисунке 2.1.

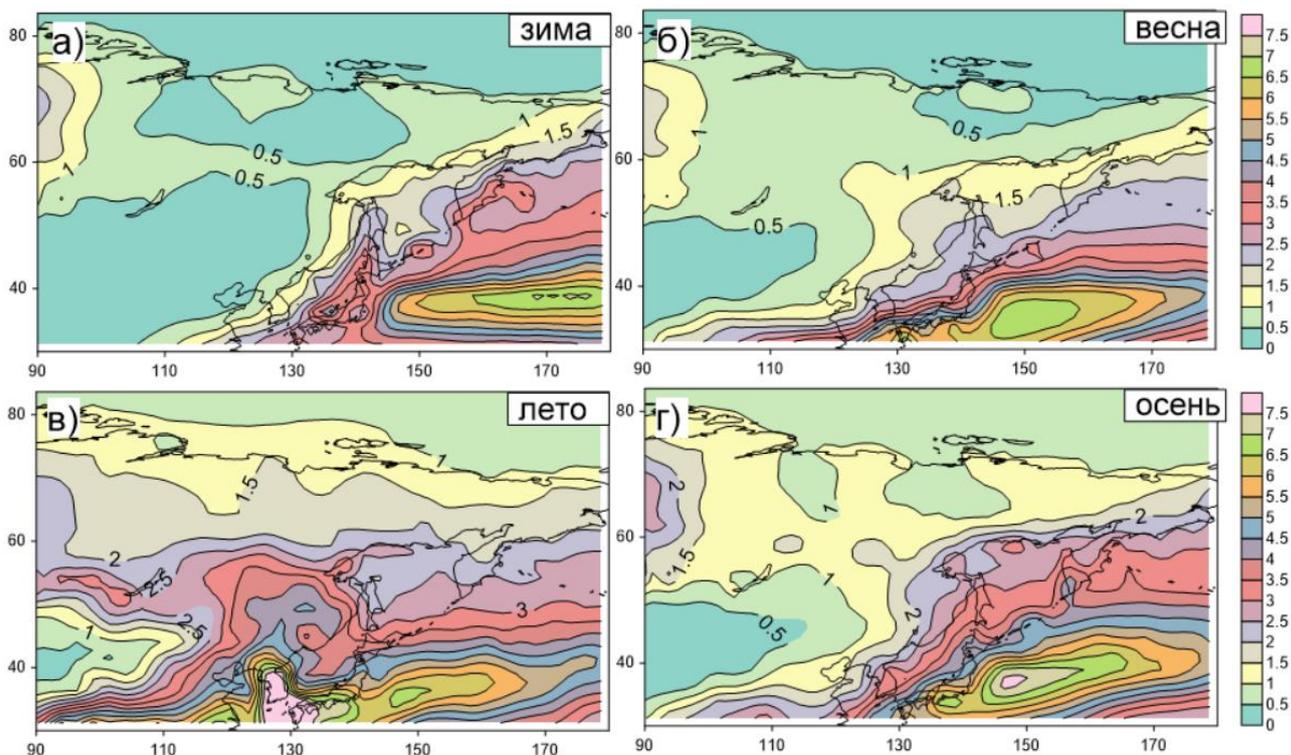


Рисунок 2.1 Распределение осадков по сезонам

На рисунке 2.1 (а) на большей части Якутии зима сухая и малоснежная из-за резко выраженного антициклонального режима погоды в холодный период на большей части территории Якутии.

На рисунке 2.1 (б) распределение осадков весной похоже на зиму. В центральной части выпадает больше осадков.

На рисунке 2.1. (в) летом уходит Сибирский антициклон. Выпадает до 2 мм осадков в южных районах, что связано с полярным фронтом. В центральных районах 1,5-2 мм., и в северных районах 1-1,5 мм.

На рисунке 2.1. (г) осенью выпадает в среднем от 0,5 до 3 мм.

В рамках работы построены графики среднего количества осадков по месяцам за период 1966 – 2020 гг. (рисунки 2.2 - 2.7).

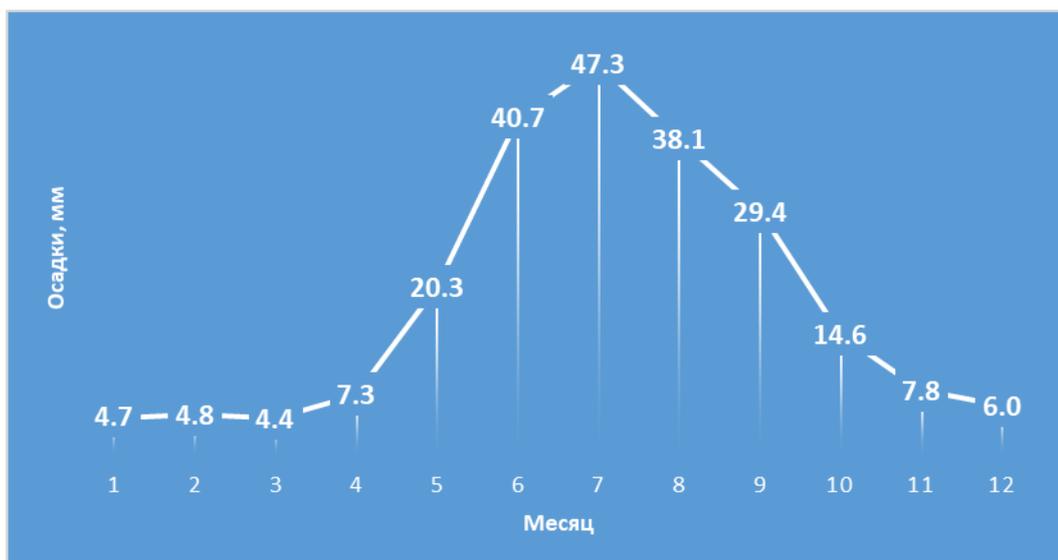


Рисунок.2.2. Годовое распределение количества осадков на станции
Усть- Чаркы

На рисунке 2.2 на станции Усть-Чаркы построен график средних месячных сумм осадков за период 1986-2020 гг. По графику видно, что наибольшее количество осадков выпадает в летний период с максимумом в июле 47.3 мм. Минимум осадков с ноября 7,8 мм по апрель 7,3 мм.

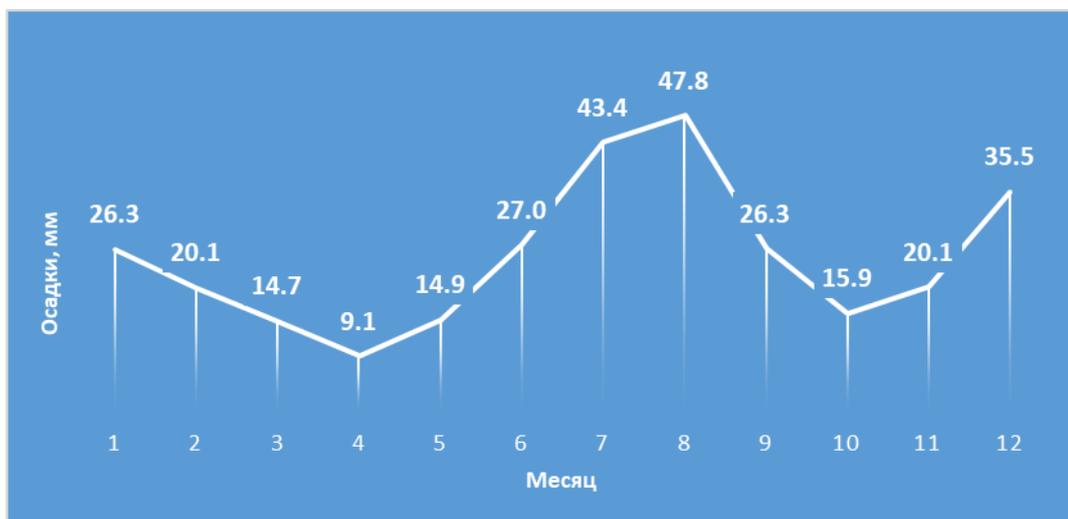


Рисунок.2.3. Годовое распределение количества осадков на станции
Тикси

На рисунке 2.3 построен график осадков метеостанции Тикси. Данные были взяты за период 1966-2020 гг. Максимальное количество осадков выпадает август - 47,8 мм, второй максимум приходится на зимние месяцы – декабрь 35,5 мм, январь 26,3 мм. Минимум выпадает в апреле 9,1 мм.

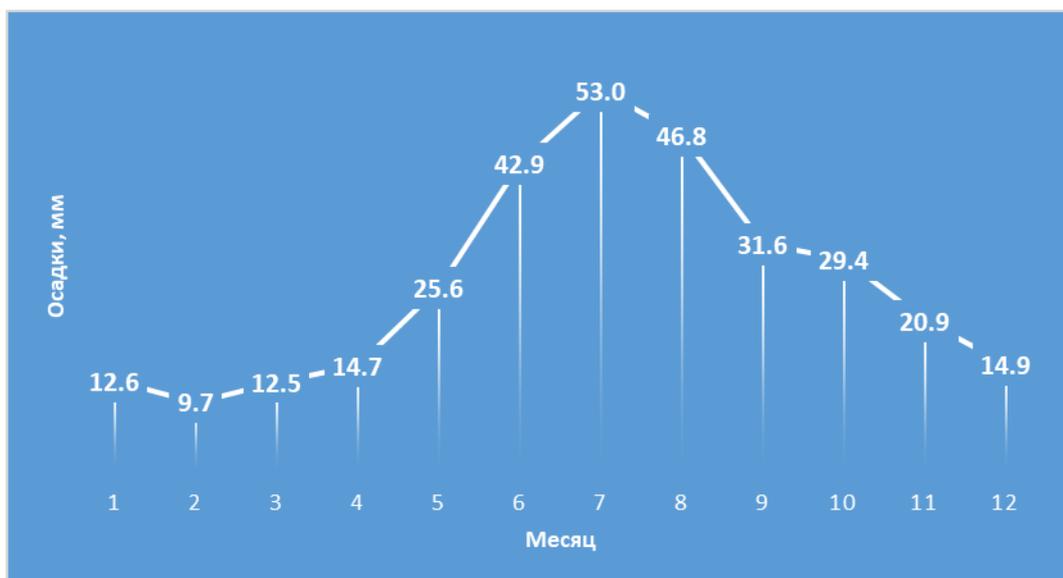


Рисунок 2.4. Годовое распределение количества осадков на станции Мирный

На рисунке 2.4 график осадков станции Мирный за период 1966-2020 гг. Максимум осадков выпадает в июле 53 мм. Минимум зимой, а именно в феврале 9,7 мм.

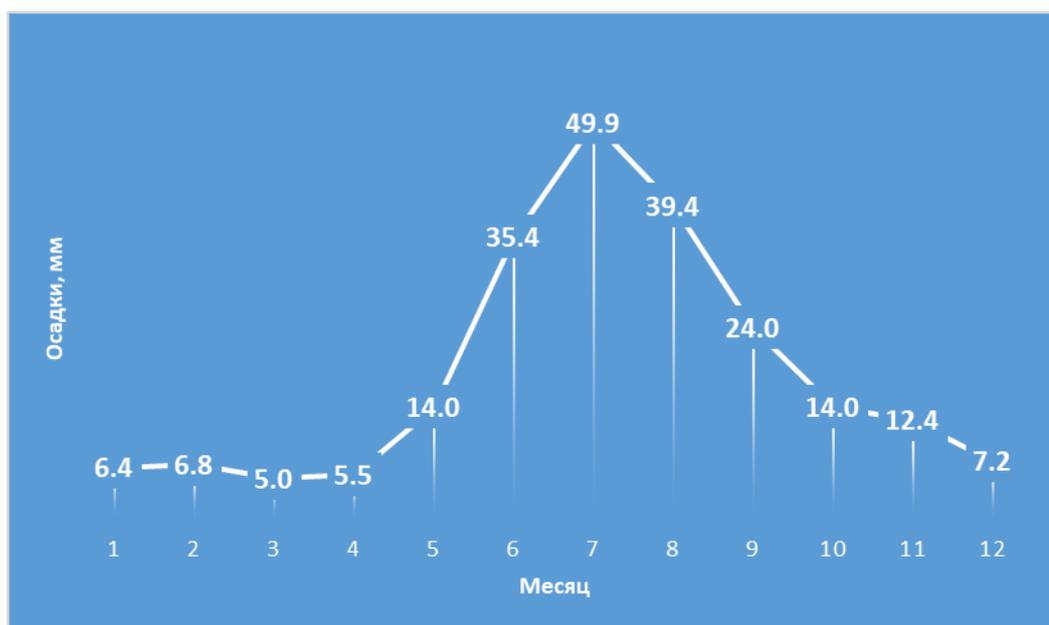


Рисунок. 2.5 Годовое распределение количества осадков на станции Оймякон

На рисунке 2.5 представлен график осадков станции Оймякон за период 1986- 2020 гг. Максимум осадков выпадает в июле 49,9 мм, а минимум с декабря по апрель 7,2-5,5 мм.

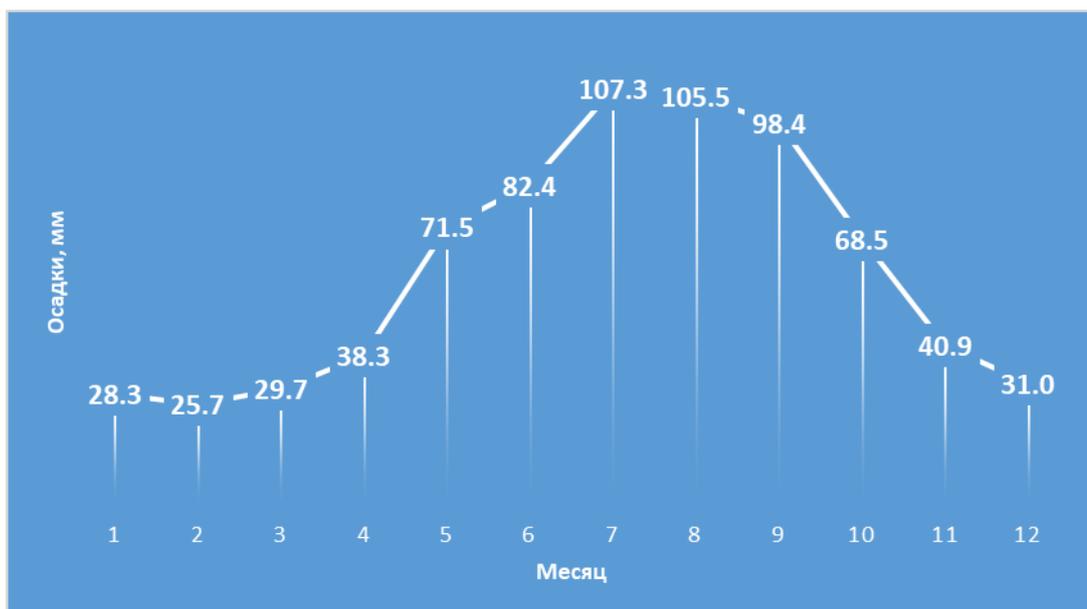


Рисунок 2.6 Годовое распределение количества осадков на станции Алдан

На рисунке 2.6 представлен график станции Алдан, данные взяты за период 1966-2020 год. По этому графику можно сказать, что максимум осадков выпадет в июле 107,3 мм по сентябрь 98,4 мм, это связано с большим количеством циклонов. Минимум выпадает в зимний период, а именно с декабря 31 мм по март 29,7 мм.

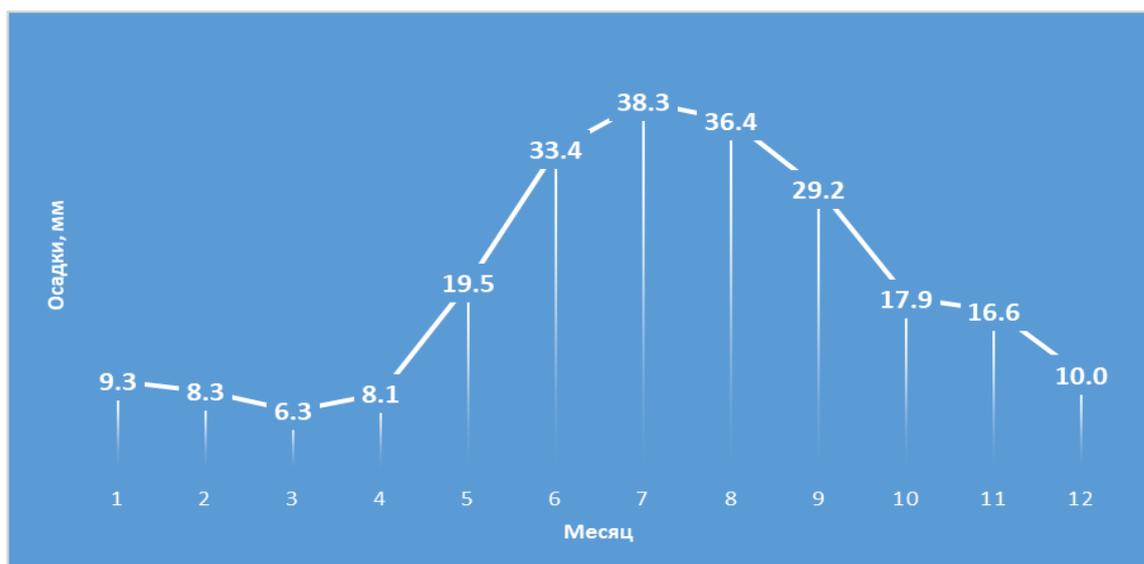


Рисунок 2.7 Годовое распределение количества осадков на станции Якутск

На рисунке 2.7 представлен график осадков по Якутску, данные за период 1966-2020 гг. Максимум осадков выпадает летом, а именно в июле 38,3 мм. Минимум в марте 6,3 мм.

На рассматриваемой территории годовой ход осадков примерно одинаковый – с максимумом в летние месяцы и минимумом зимой. В зимний период преобладание области высокого давления (гребень Сибирского антициклона) что приводит к малому количеству осадков. Летом Сибирский антициклон разрушается, поверхность суши прогревается, обостряются контрасты температур с Северным Ледовитым океаном и обостряется арктический фронт. Второй максимум зимой имеет только станция Тикси, у нее самое северное положение, на арктическом побережье. На эту территорию и в зимний период могут проникать циклоны.

Отметьте на какой станции больше всего осадков

Далее рассмотрим интенсивность осадков на рассматриваемых станциях (рисунки 2.8-2.19).

Для дальнейшей градации количества осадков, будем пользоваться таблицами из наставления по краткосрочным прогнозам погоды [8], характеризующие факт отсутствия или наличия осадков, при наличии осадков – их вид (фазовое состояние), количество, продолжительность. Термины и соответствующие им количественные величины для жидких и смешанных осадков приведены в таблице 2.2, для твердых осадков – в таблице. 2.3.

Таблица 2.2 Термины, применяемые при прогнозировании жидких и смешанных осадков

Термин	Кол-во осадков, мм/12 часов
Без осадков, сухая погода	-
Небольшой дождь, слабый дождь, морось, морозящие осадки, небольшие осадки	0,0-2

Дождь, дождливая погода, осадки, мокрый снег, дождь со снегом; снег, переходящий в дождь; дождь, переходящий в снег	3-14
Сильный дождь, ливневый дождь (ливень), сильные осадки, сильный мокрый снег, сильный дождь со снегом, сильный снег с дождем	15-49

Таблица 2.3 Термины, применяемые при прогнозировании твёрдых осадков

Термин	Кол-во осадков, мм/12 час
Без осадков, сухая погода	-
Небольшой снег, слабый снег	0,0-1
Умеренный снег, снегопад	2-5
Сильный снег, сильный снегопад	6-19

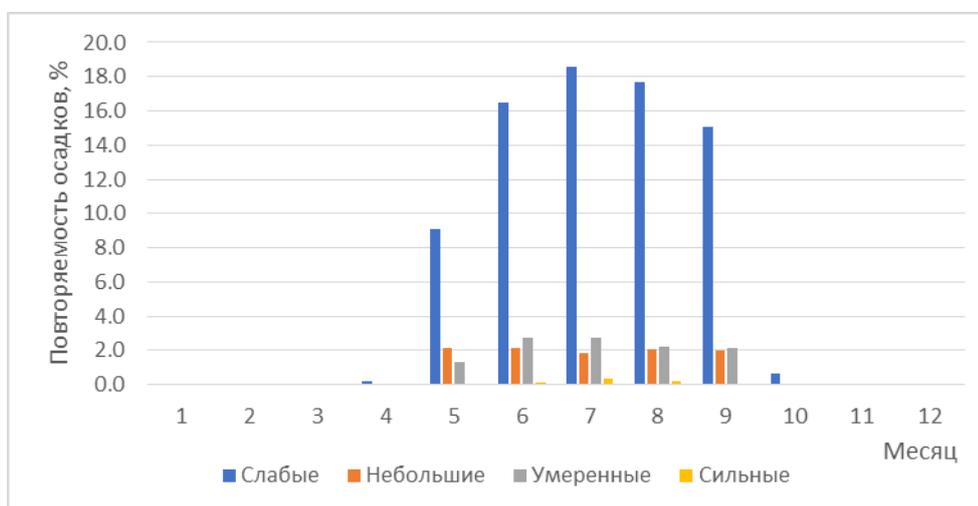


Рисунок 2.8. — Жидкие и смешанные осадки на станции Усть-Чаркы.

На рисунке 2.8 представлена диаграмма повторяемости жидких и смешанных осадков метеостанции Усть-Чаркы. На самой диаграмме видно, что жидкие и смешанные осадки бывают в период с апреля по октябрь, в

оставшийся период они отсутствуют. В течение отмеченного периода преобладают слабые осадки. Слабые осадки составляют - 77,8 % выпадения. Обильное выпадение слабых осадков происходит с мая по сентябрь, а в апреле и в октябре эти осадки незначительны. Обильное выпадение слабых осадков не очень звучит. Небольшие и умеренные осадки выпадают с апреля по октябрь, но больший процент выпадения осадков приходится с мая по сентябрь. Небольшие осадки составляют - 10,4 %. Умеренные осадки составляют - 11,3 %. И 0,7 % это сильные осадки, которые выпадают с июня по август.

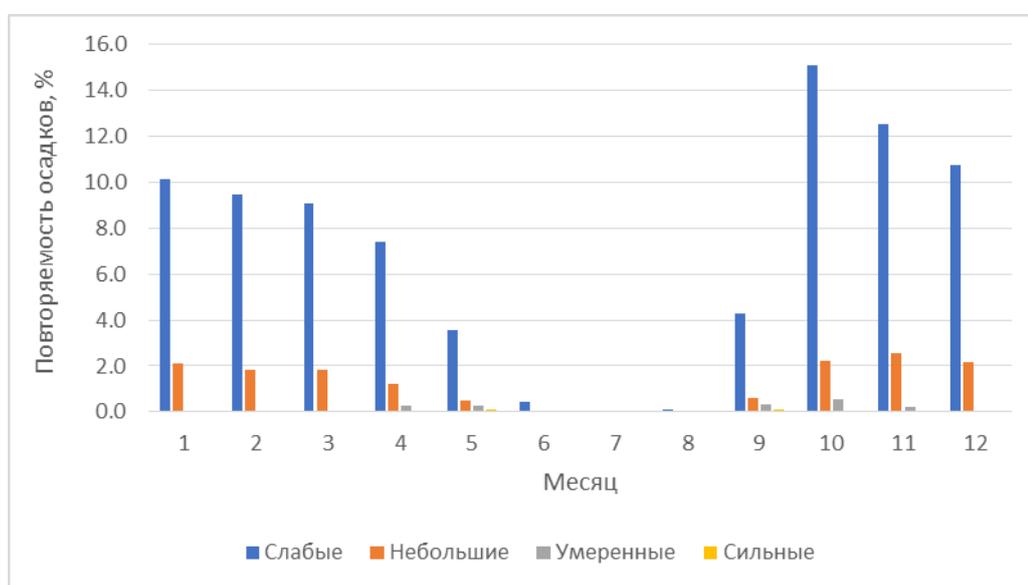


Рисунок 2.9. Твёрдые осадки на станции Усть-Чаркы.

На рисунке 2.9. представлена диаграмма повторяемости твердых осадков метеостанции Усть-Чаркы. На диаграмме видно, что сильные твердые осадки практически отсутствуют, что составило 0,3 %. Слабые осадки идут в течение всего года, кроме июля, что составило - 82,8 %. Небольших осадков выпало с сентября по май-15,1 %, а умеренных - 1,8 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что на станции Усть-Чаркы выпадает больше твердых слабых осадков, чем жидких и смешанных. Умеренные осадки выпадают в весенне-осенний период.

Таким образом, можно сделать вывод, осадки преимущественно слабые в течение всего года, реже бывают наибольшие. Сильные осадки летом приходится на середину лета. В холодный период умеренные осадки в основном наблюдаются в переходные сезоны. Аналогично можно написать и для остальных.

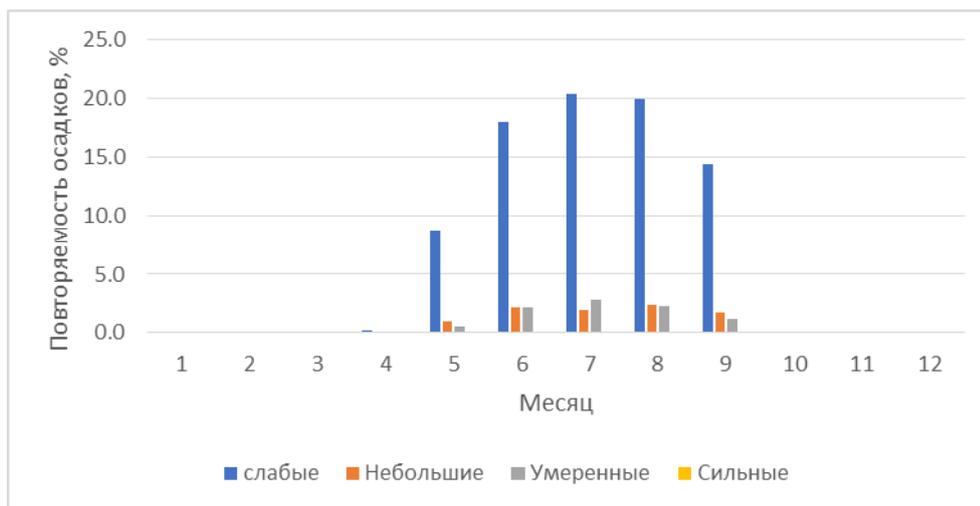


Рисунок 2.10. Жидкие и смешанные осадки станции Оймякон

На рисунке 2.10 рассмотрим жидкие осадки на станции Оймякон. Слабых осадков с апреля по октябрь выпало 81,8 %. Небольшие с мая по сентябрь 9,0 %. Умеренные с мая по сентябрь 8,9 %. Сильные в летний период с июля по август 0,3 %.

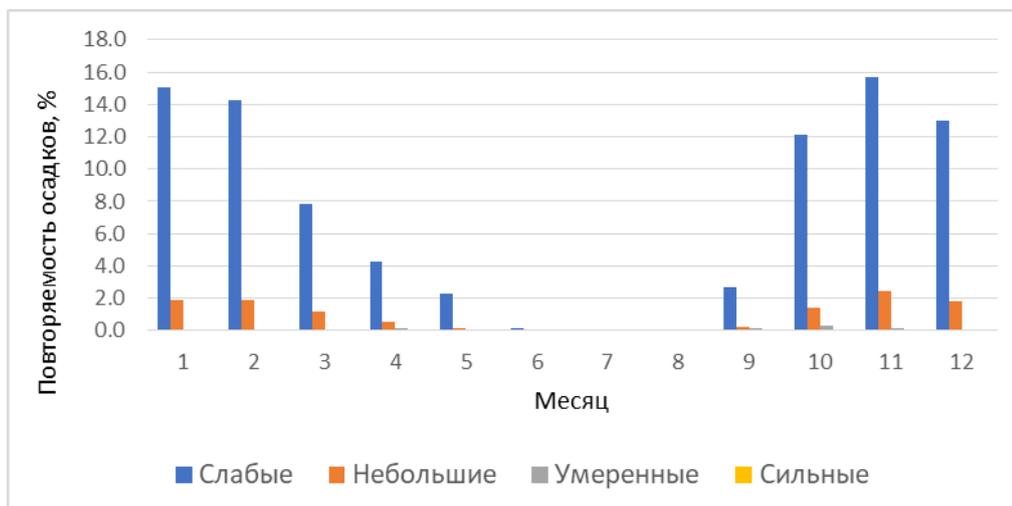


Рисунок 2.11. Твердые осадки станции Оймякон

На рисунке 2.11 рассмотрим повторяемость твёрдых осадков Оймякона. На графике видно, что сильных осадков практически не бывает, что составило –0,1 %. Умеренные осадки отсутствуют только в июне и в июле. В остальной период они выпадают одинаково, что составило– 0,9%. Слабых выпало большая часть с сентября по май 87,2%, и по 0,1% в июне и августе. Небольших - 11,6% с сентября по май.

Таким образом, по рисункам 2.10 и 2.11 можно сказать, что на станции Оймякон твердые осадки выпадают в виде града и в теплое время года. При этом слабые твердые осадки бывают чаще, чем все остальные.

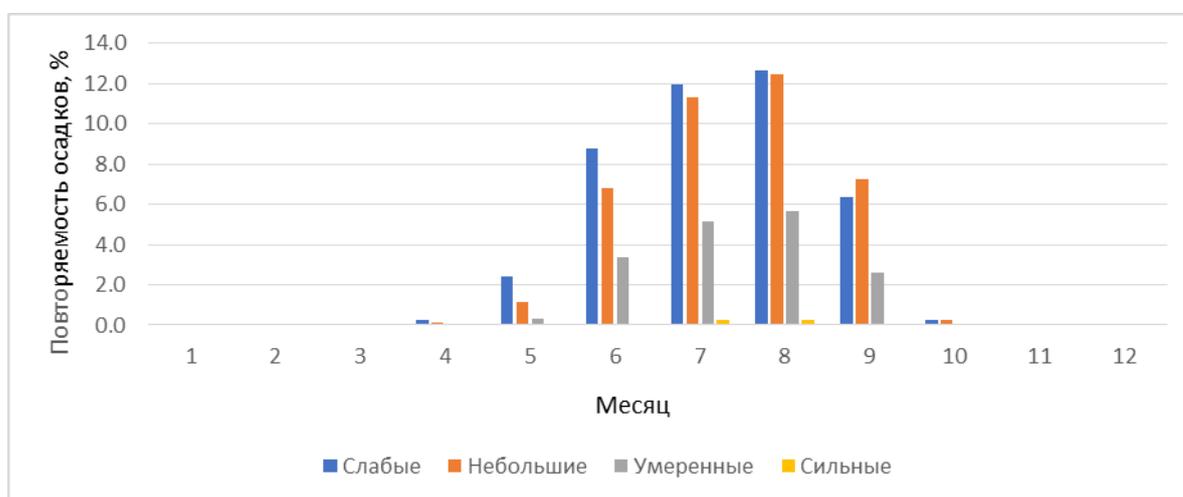


Рисунок 2.12. Жидкие и смешанные осадки станции Тикси

На рисунке 2.12 представлена диаграмма повторяемости жидких и смешанных осадков на метеостанции Тикси. На диаграмме видно, что в зимний период с декабря по февраль, отсутствуют жидкие и смешанные осадки. Небольшие и слабые осадки выпадают практически одинаково. Повторяемость слабых осадков с апрель по октябрь составила 42,8%, а повторяемость небольших осадков 39,4% с апреля по октябрь. Умеренных с мая по сентябрь 17,1%. Сильных с июня по сентябрь с максимумом в августе 0,7%.

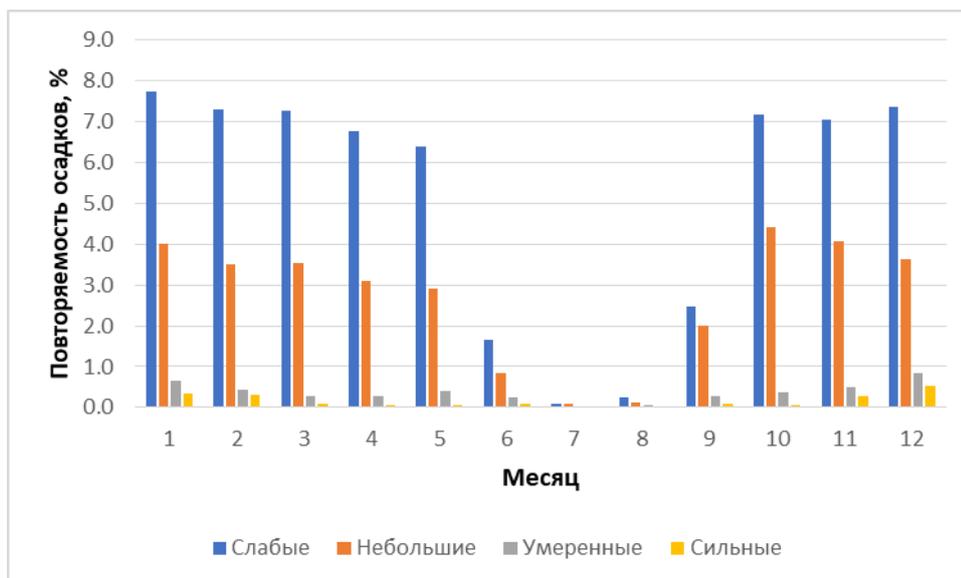


Рисунок 2.13. Твердые осадки станции Тикси

На рисунке 2.13 изображена диаграмма повторяемости твердых осадков метеостанции Тикси. Слабые выпадали в течение всего года - 61,5%, большая часть с октября по май. Небольшие твердые осадки так же выпадали в течение всего года 32,3 %. Умеренные 4,3%. Сильные 1,9% с максимумом в декабре. Также на графике видно, что слабые твердые осадки выпадают летом, что составило 2 % от общей суммы слабых осадков. 1% небольших твердых осадков от общей суммы. 0,3 % умеренных и 0,1% в июне сильных.

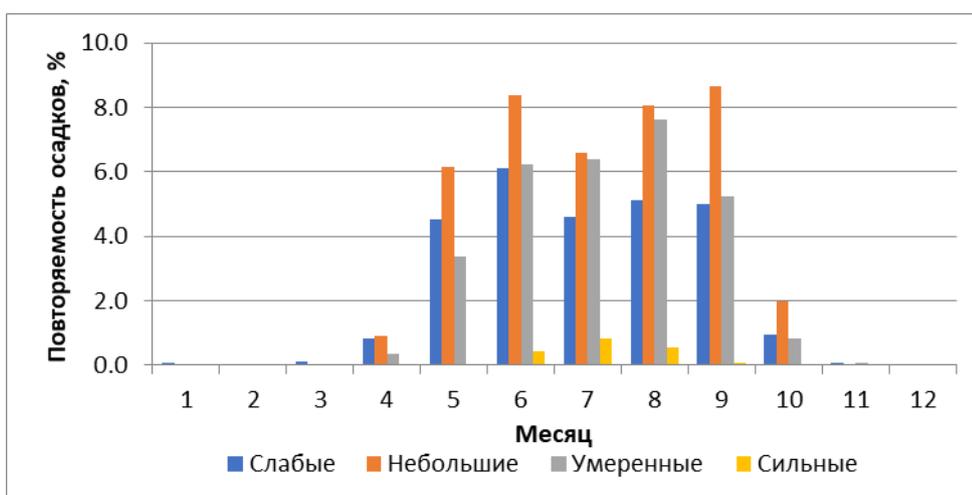


Рисунок 2.14. Жидкие и смешанные осадки станции Мирный

На рисунке 2.14 представлена диаграмма повторяемости жидких и смешанных осадков метеостанции Мирный. Слабых осадков выпадало 27,3%, из них 27% выпало с апреля по октябрь, и по 0,1% выпало в январе, марте и ноябре. Небольших осадков 40,8% с апреля по октябрь. Умеренных 30,1 % с апреля по октябрь. Сильных выпало 1,9% с июня по сентябрь.

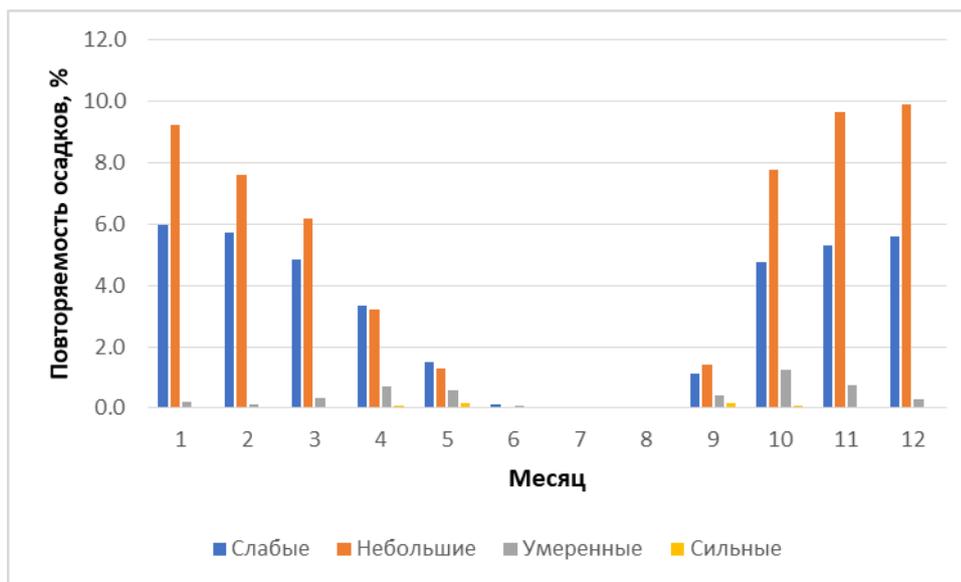


Рисунок 2.15. Твердые осадки станции Мирный

На рисунке 2.15 изображена диаграмма повторяемости твердых осадков метеостанции Мирный. На графике видно, что сильные осадки отсутствуют с января по февраль, на эти осадки приходится всего 0,6%. Слабых выпало 38,3% с сентября по май. Небольших 56,3 % с сентября по май. Умеренных осадков выпало 4,7 % на протяжении всего времени и большей частью в переходные сезоны.

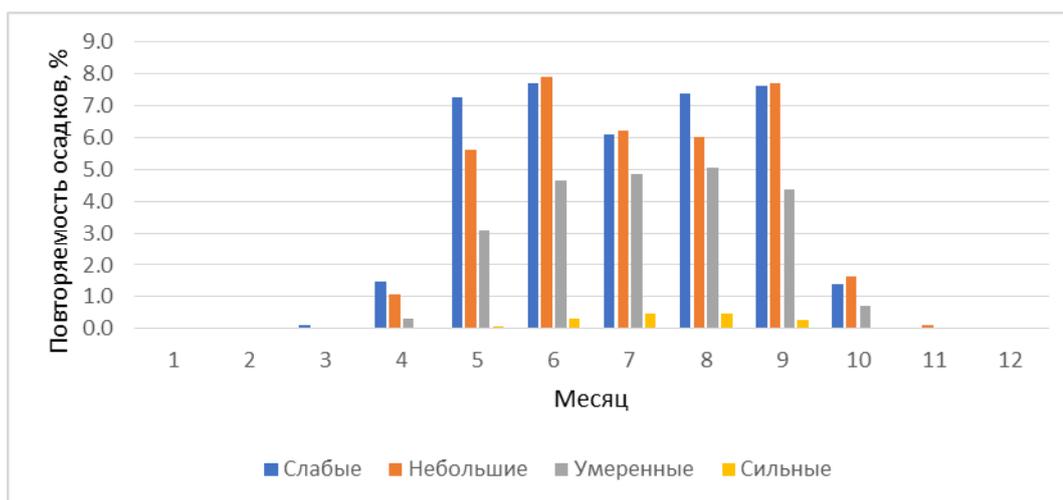


Рисунок 2.16. Жидкие и смешанные осадки станции Якутск

На рисунке 2.16 изображена диаграмма повторяемости жидких и смешанных осадков метеостанции в Якутске. На графике можно увидеть, что с декабря по февраль жидкие и смешанные осадки совсем отсутствуют. Большой процент повторяемости осадков приходится на слабые и небольшие осадки. Слабых осадков больше выпало 39,1% с марта по октябрь. Небольших выпало 36,3% с апреля по ноябрь. Умеренных 23,1 % с апреля по октябрь. Сильных 1,6 % с мая по сентябрь.

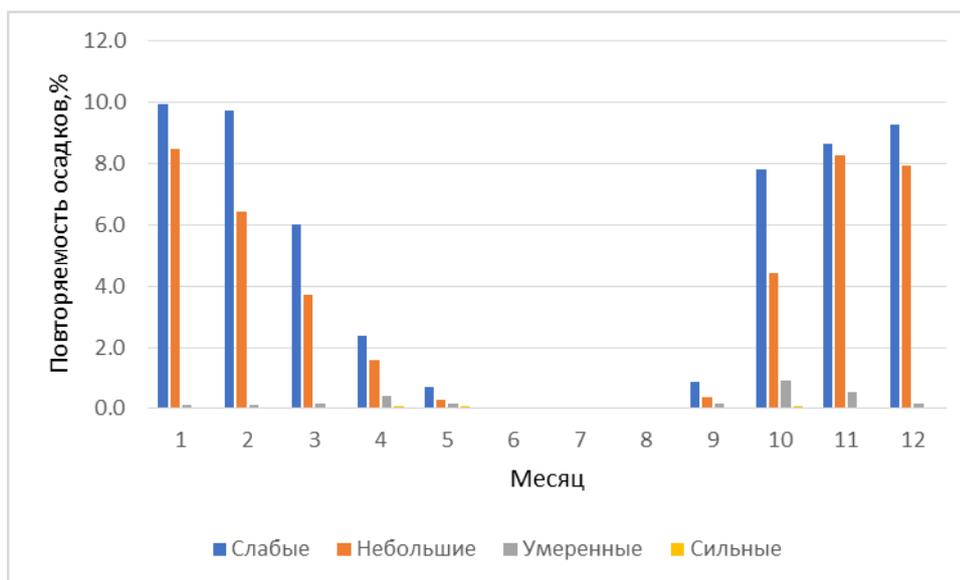


Рисунок 2.17. Твердые осадки станции Якутск

На рисунке 2.17 представлена диаграмма повторяемости твердых осадков метеостанции в Якутске. Сильные твердые осадки выпадают только

в апреле, мае и октябре, что составило 0,3%. С сентября по май выпало слабых осадков 55,5%, небольших осадков с сентября по май выпало 41,5%. Умеренных осадков выпало 2,7 % с сентября по июнь.

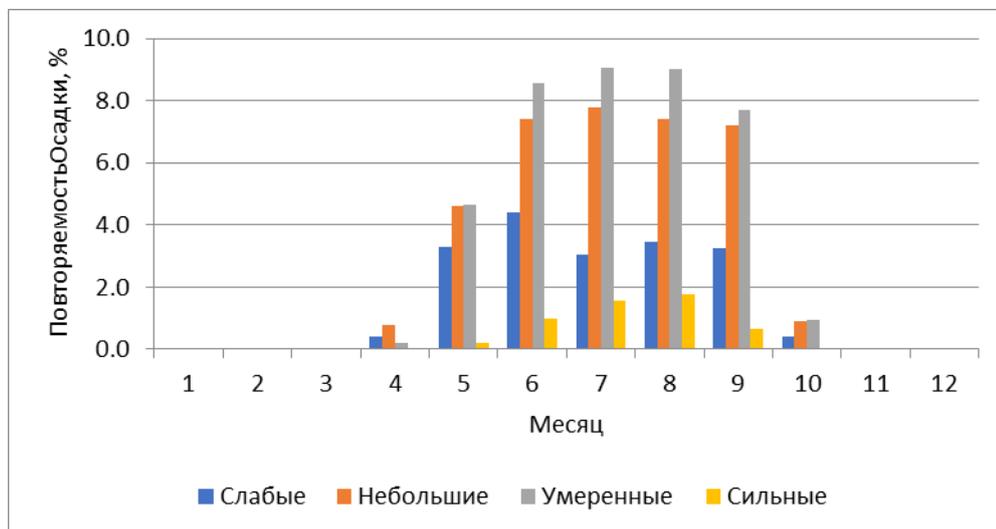


Рисунок 2.18. Жидкие и смешанные осадки станции Алдан

На рисунке 2.18 представлена диаграмма повторяемости жидких и смешанных осадков на станции Алдан. На диаграмме видно, что в декабре жидких и смешанных осадков не бывает. Слишком очевидный вывод. А умеренные и небольшие осадки в процентном соотношении выпадают практически одинаково. С апреля по октябрь умеренных выпало 40,3%, а небольших с марта по октябрь 36,2%. С апреля по октябрь выпало 18,3 % слабых осадков, а сильных выпало с мая по октябрь 5,3%.

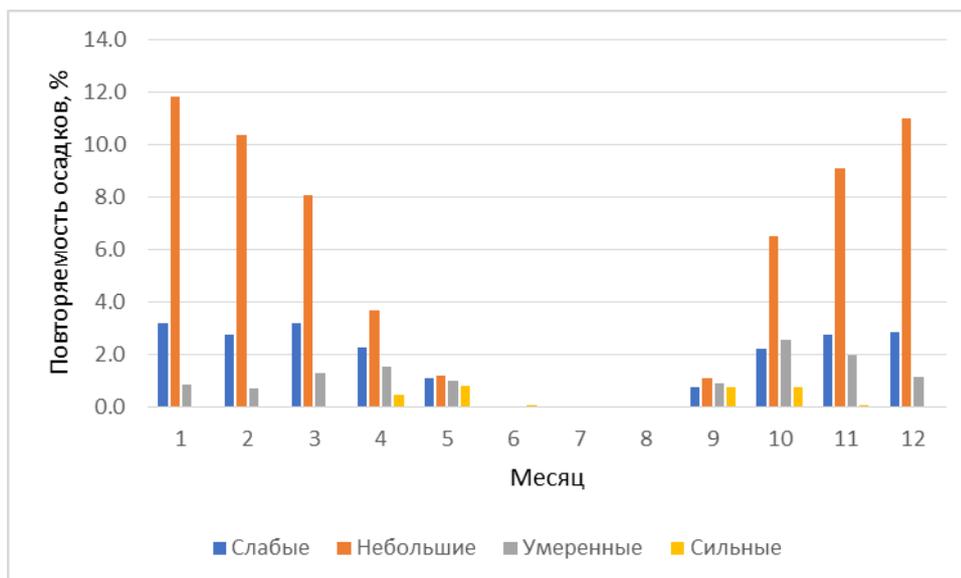


Рисунок 2.19. Твердые осадки станции Алдан

На рисунке 2.19 представлена диаграмма повторяемости слабых твердых осадков станции Алдан. Большое количество твердых осадков выпадает на протяжении всего года, кроме летнего периода. Повторяемость небольших осадков в процентном соотношении гораздо больше, чем всех остальных. Слабых выпадало с сентября по май 21,3 %. А вот небольших осадков выпало 63,2 % с сентября по июнь. Умеренных 12,3% с сентября по май. Сильных 3,2% весной и осенью.

Изучив все графики метеостанций: Усть-Чаркы, Оймякон, Тикси, Мирный, Якутск и Алдан, можно сделать вывод, что на этих станциях твердые и жидкие осадки выпадают по сезонам. Что значит по сезонам?

Далее переходим к анализу распределения осадков при различных типах облачности.

Градация облачности:

Cirrus (Ci), Cirrocumulus (Cc), Cirrostratus (Cs)- облака верхнего яруса

Alto cumulus (Ac), Altostratus (As)- Облака среднего яруса

Cumulus (Cu), Cumulonimbus (Cb)- Облака вертикального развития

Stratus (St), Stratocumulus (Sc)-Облака нижнего яруса

Nimbostratus (Ns), Fractonimbus (FrNb)- Облака нижнего яруса

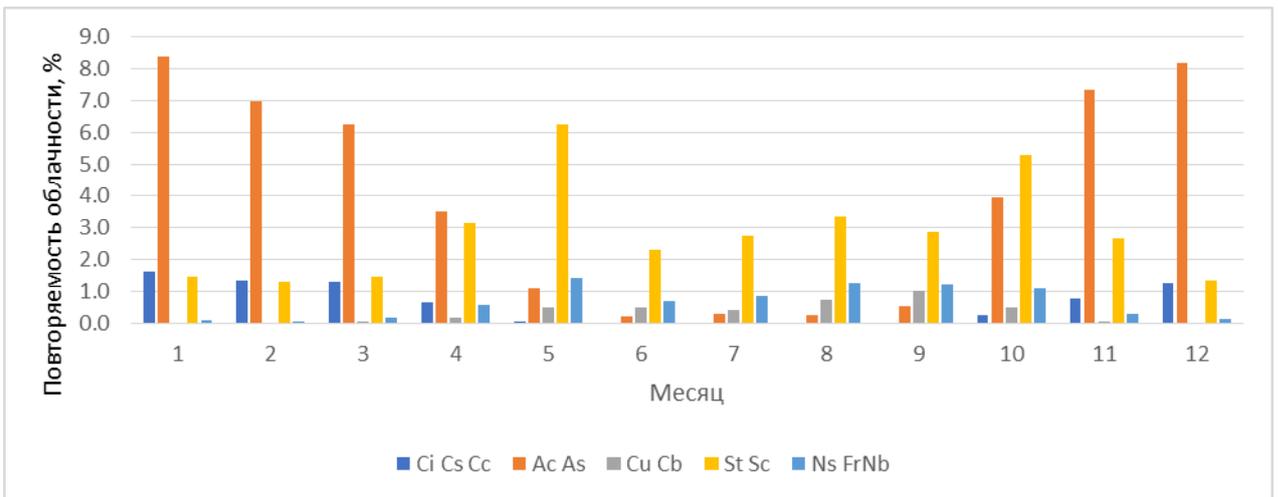


Рисунок 2.20 Распределение повторяемости осадков при различных типах облачности на метеостанции Тикси

На рисунке 2.20 представлена диаграмма распределения повторяемости осадков, при различной облачности на метеостанции Тикси. В течение всего года в основном наибольшее количество осадков выпадают из облаков среднего яруса, а именно с As, и с облаков нижнего яруса St и Sc. С октября по апрель выпадают осадки из верхнего яруса, а именно из Cs. Добавьте цифры.

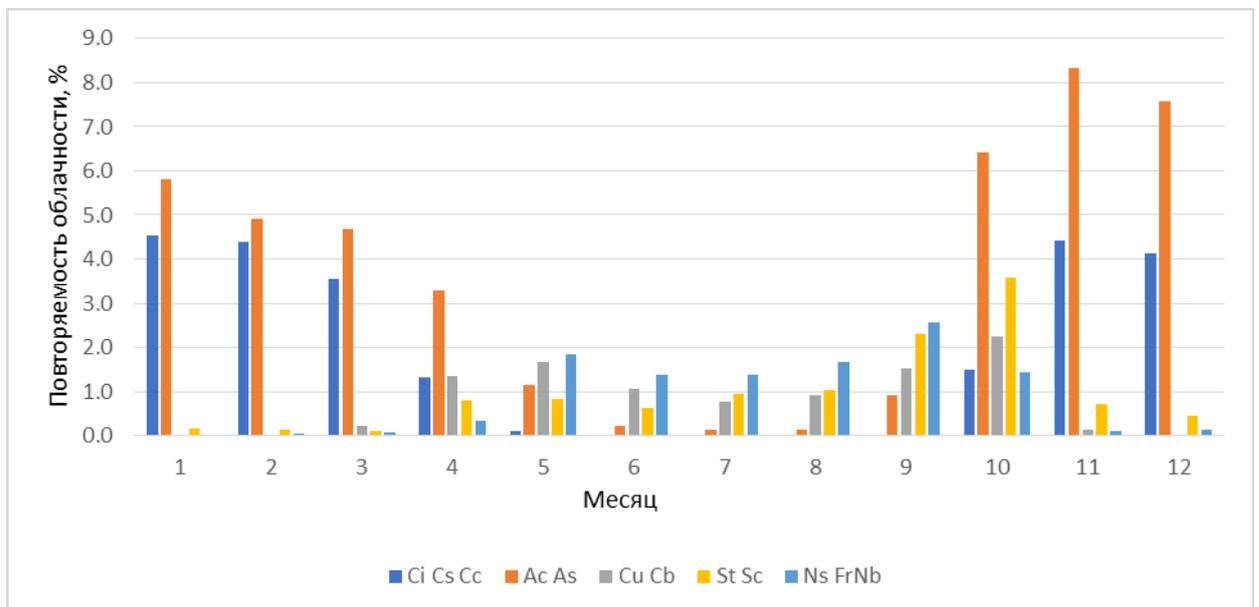


Рисунок 2.21 Распределение повторяемости осадков при различных типах облачности на метеостанции Усть-Чаркы

На рисунке 2.21 изображена диаграмма повторяемости распределения осадков, при различной облачности на метеостанции Усть-Чаркы. Осадки выпадают обложные с октября по май из облаков Cs, As. С апреля по

сентябрь осадки выпадают с облаков As, Cb, St, Ns, FrNb. С Апреля по октябрь присутствует облачность вертикального развития - Cu и Cb, значит выпадают ливневые осадки.

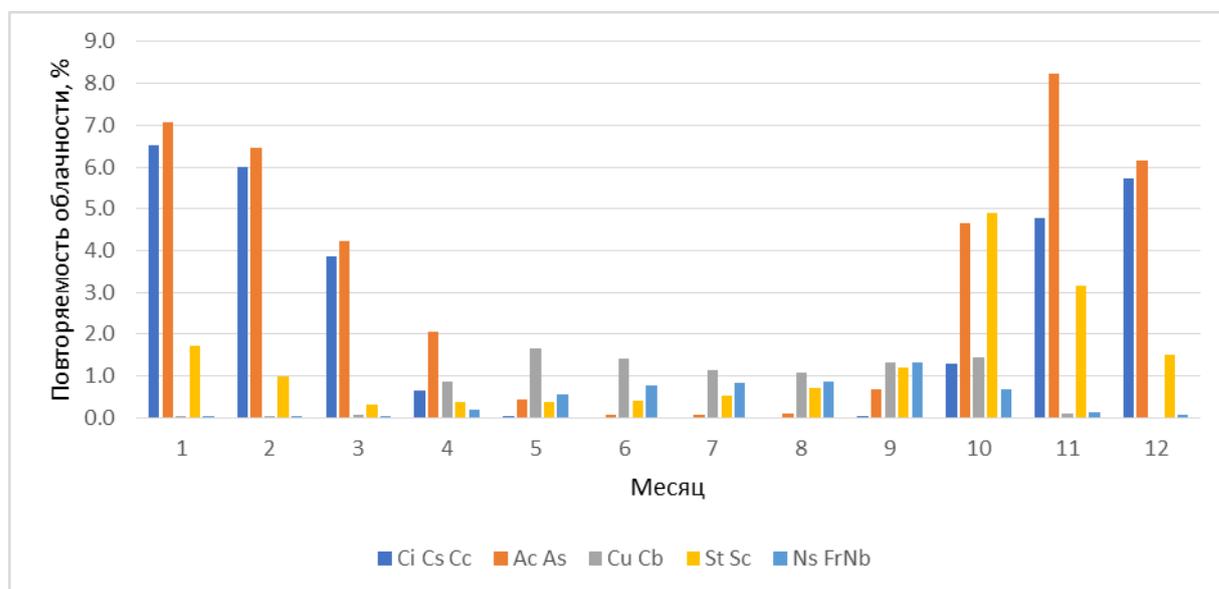


Рисунок 2.22 Распределение повторяемости осадков при различных типах облачности на метеостанции Оймякон

На рисунке 2.22 представлена диаграмма распределения повторяемости осадков при различной облачности на метеостанции Оймякон. В зимний период наибольшее количество осадков выпадает из облаков верхнего яруса – Cs 28,9 %, и из облаков среднего яруса – As 40, 2% в период с октября по март- обложные осадки. С апреля по сентябрь идут ливневые осадки с Cb, и обложные осадки с облаков Sc, Ns, FrNb.

На рисунке 2.23 представлена диаграмма повторяемости осадков при различной облачности на метеостанции Мирный. В течении года выпадали осадки с Cb 35,6%-ливневые осадки, наибольший процент был в октябре-7,7 %. В осенне-зимний период с октября по апрель выпадали обложные осадки с Cs- 20,7%, и 28,5% с As.

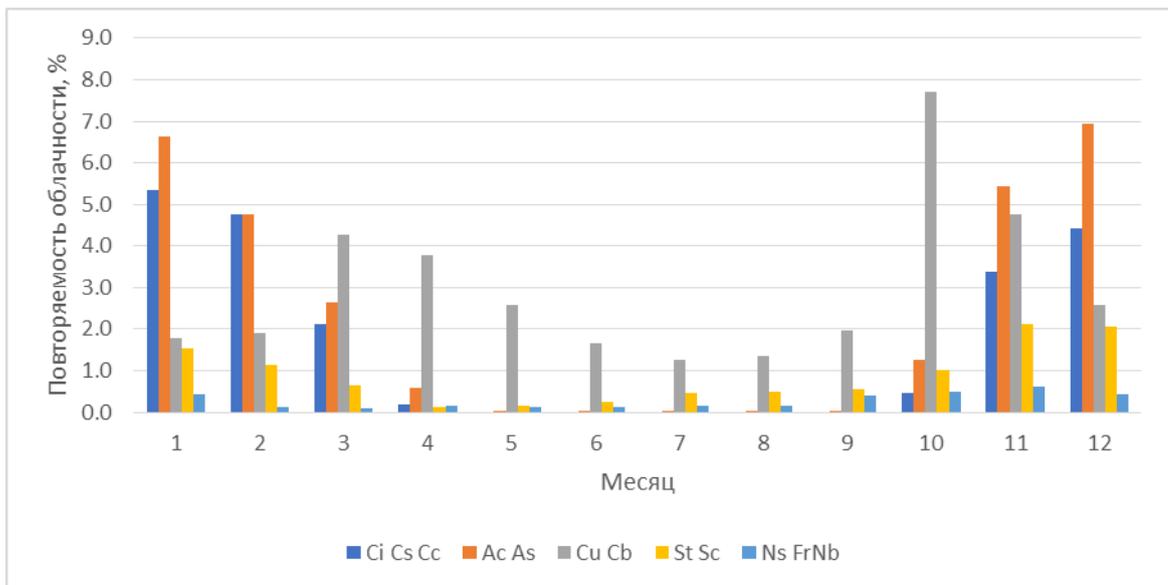


Рисунок 2.23 Распределение повторяемости осадков при различных типах облачности на метеостанции Мирный

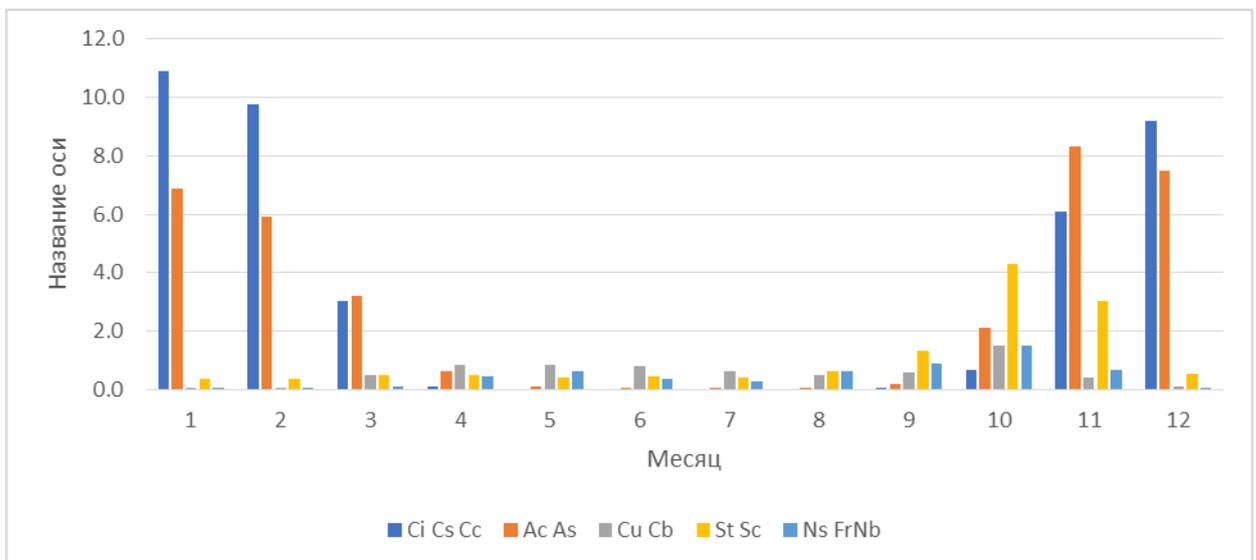


Рисунок 2.24 Распределение повторяемости осадков при различных типах облачности на метеостанции Якутск

В Якутске обложные осадки с октября по март выпадали из облаков верхнего яруса 39,8% с Cs. С апреля по октябрь выпадали осадки из облаков всех ярусов- As, Cb, St, Sc, Ns, FrNb. С Cb ливневых осадков выпадало 6,8 % в весенне-осенний период. С St, Sc, Ns и FrNb обложные 18,4 %.

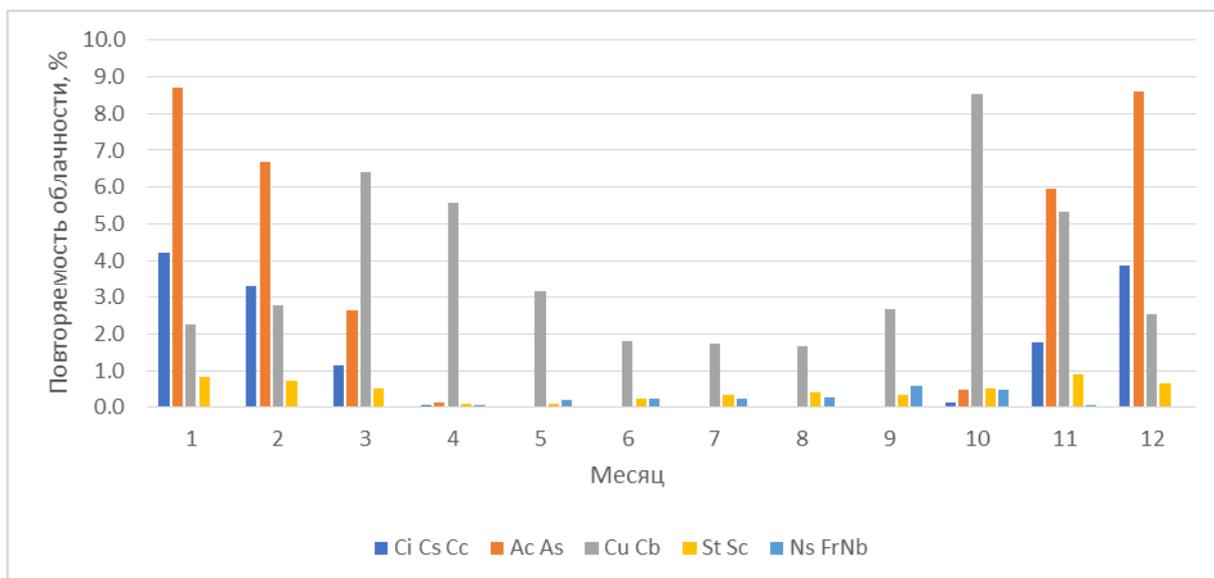


Рисунок 2.25 Распределение повторяемости осадков при различных типах облачности на метеостанции Алдан

На рисунке 2.25 изображена диаграмма распределения осадков на метеостанции в городе Алдан. С марта по октябрь были в основном облака вертикального развития Cb - 44,4 %, из которых выпадают ливневые осадки. С октября по март были облака Cs, As, Sc, Ns, FrNb из которых выпадают обложные осадки.

По графикам 2.20 - 2.25 можно сделать вывод что зимой осадки на выбранных станциях выпадают из Cs, As, но на станциях Мирный и Алдан в зимний период были облака вертикального развития Cb, Cu соответственно выпадали ливневые осадки. Летом осадки выпадают из облаков Cb, Ns, FrNb, Sc, St.

Далее рассмотрим синоптические ситуации при которых выпадает большое количество осадков на станции Усть-Чаркы.

Рассмотрим синоптическую ситуацию над метеостанцией Усть – Чаркы за 13 июля 2007 года. Циклон арктического фронта, малоподвижный, находится над морем Лаптевых с центром координаты 75° с.ш 126° в.д. За 12 часов на станции выпало 29,5 мм осадков (данные из таблицы с архива) связанные с холодным фронтом. С 21:00 часов по местному времени был

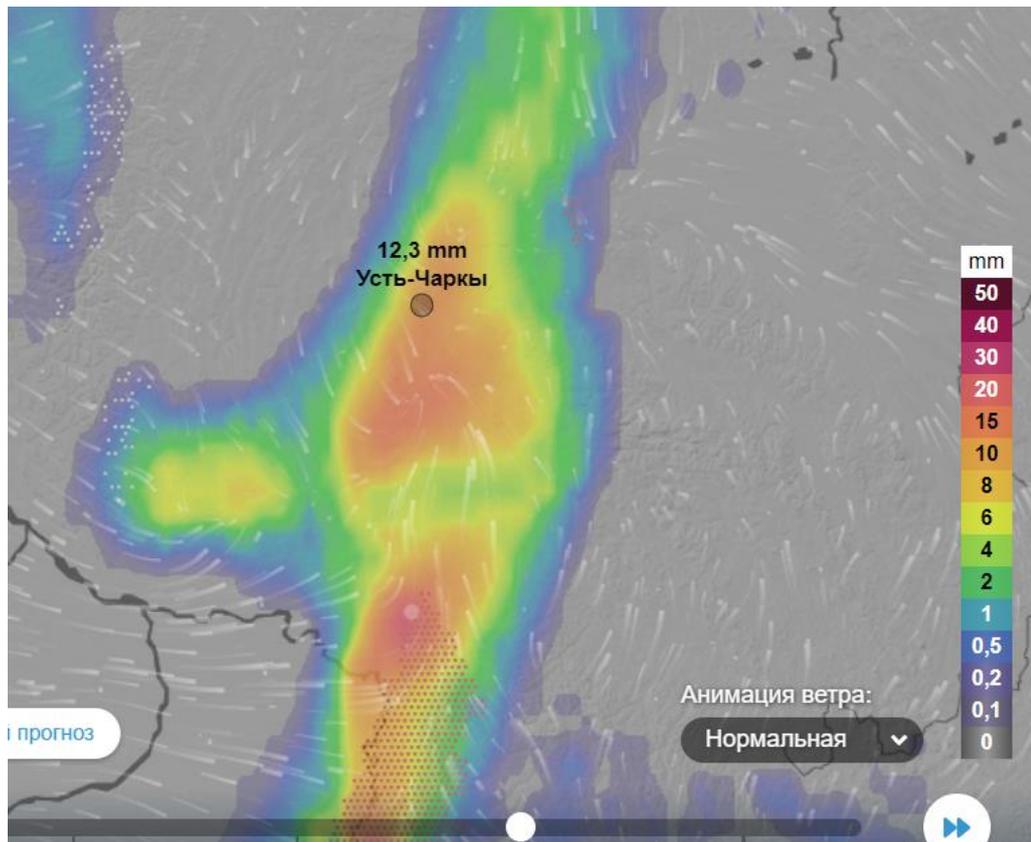


Рисунок 2.27 Данные реанализа ESMWF Усть-Чаркы 13 июля 2007 г 12 UTC

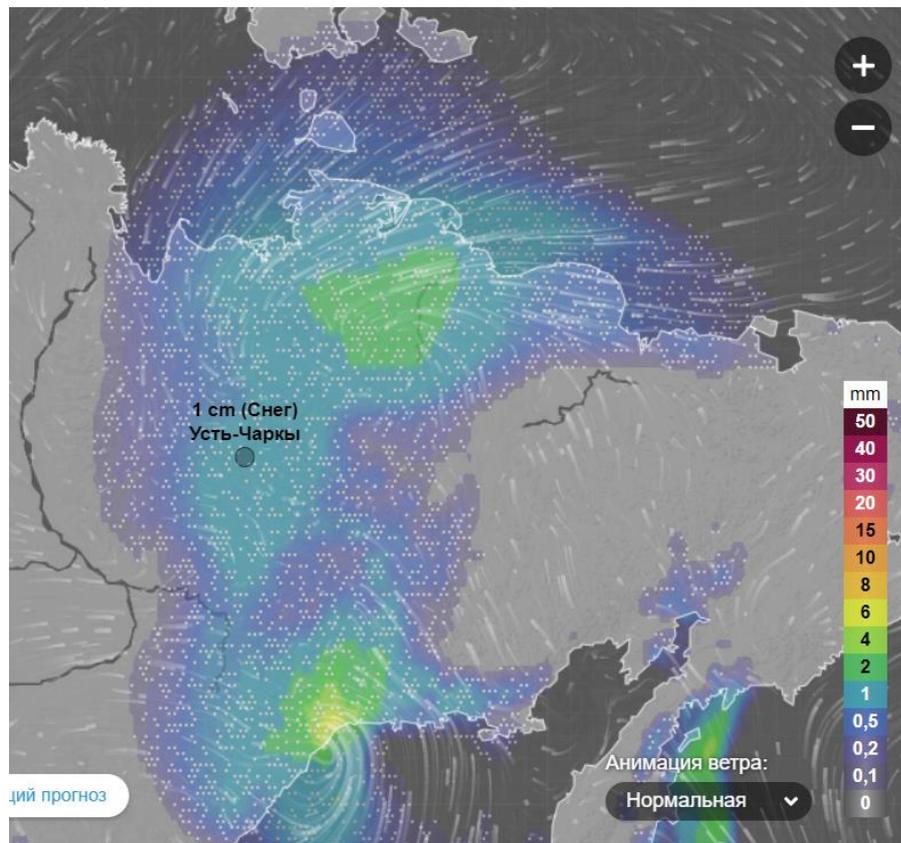


Рисунок 2.28 Данные реанализа ESMWF Усть-Чаркы 10 декабря 2010 г 15 UTC

Рассмотрим так же зимний случай с максимальным количеством осадков. 10 декабря 2010 года южный циклон, движется с Охотского моря на север. К моменту, когда наблюдается максимальное количество осадков циклон переходит в стадию заполнения. Метеостанция находится на периферии между двух циклонов. Один находится на западном побережье Охотского моря с центром координат $58^{\circ} 47'$ с.ш $141^{\circ} 28'$ в.д, второй занимает северную часть Якутии координаты $68^{\circ} 40'$ с.ш $144^{\circ} 47'$ в.д. В 21 срок по ВСВ присутствовали облака среднего яруса As, шел слабый и умеренный снег. По архиву данных за 12 часов выпало 4,8 мм снега.

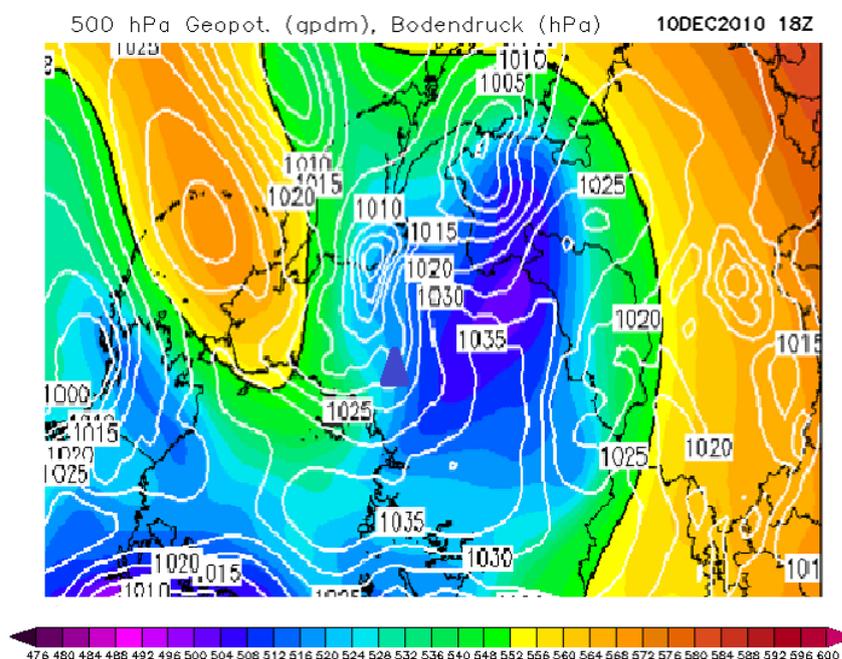


Рисунок 2.29 Данные реанализа ERA 500 гПа 10 декабря 2010 г 18 UTC

На рисунках 2.30 и 2.31 изображена синоптическая обстановка. 10 сентября 1998 года похожая ситуация с зимним циклоном. На снимке южный циклон. С координатами центра $65^{\circ} 44'$ с.ш $135^{\circ} 11'$ в.д. По архиву данных с 21:00 UTC был слабый и умеренный обложной дождь, за 12 часов UTC выпало 25, 5 мм осадков, связанные с холодным фронтом. Были облака As, Ns и FrNb. На данном снимке в 7 часов по местному времени выпало 8,9 мм осадков в виде дождя.

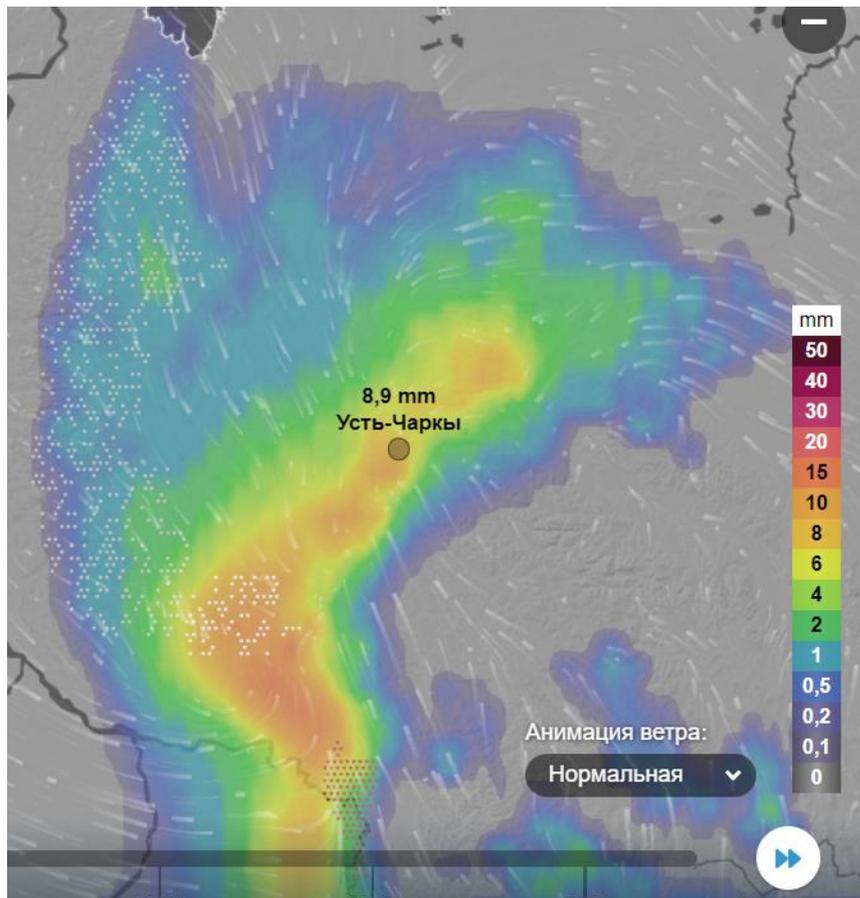


Рисунок 2.30 Данные реанализа ECMWF Усть-Чаркы 10 сентября 1998 г 21 UTC

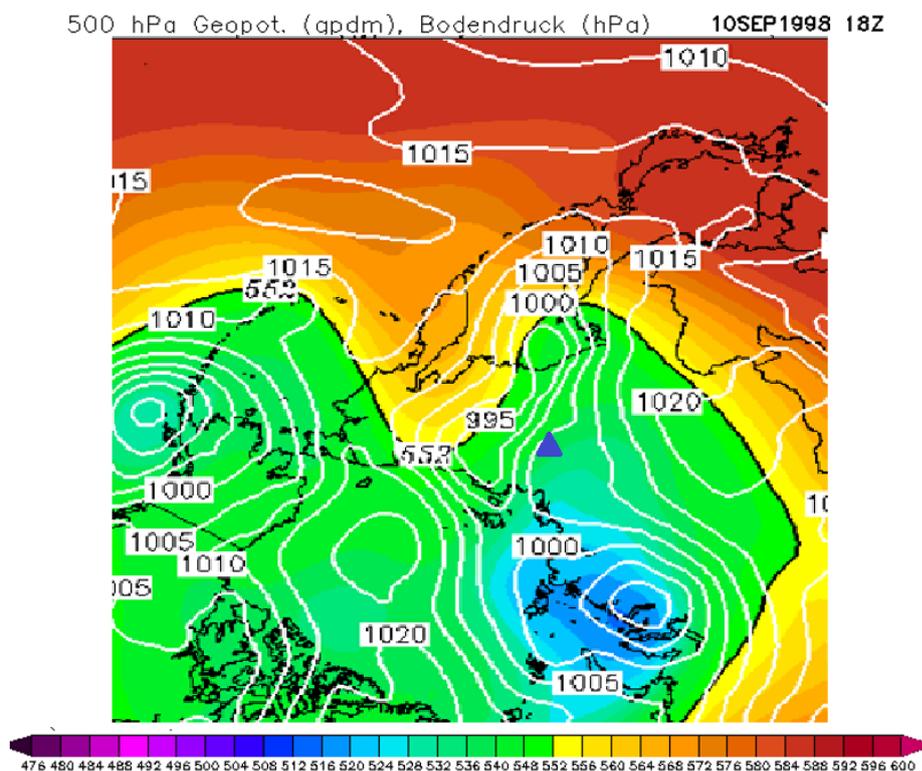


Рисунок 2.31 Данные реанализа ERA 500 гПа 10 сентября 1998 г 18 UTC

Заключение

Климат республики Саха (Якутия) субарктический, резко-континентальный. Вся территория республики относится к районам Крайнего Севера. Здесь - длинная зима и короткое лето.

В ходе написания выпускной квалификационной работы выявлены и обобщены:

- имеющиеся данные о климате и условиях климатообразования на территории Республики Саха-Якутия.

- на выбранных станциях зимой осадки выпадают из облаковс Cs, As, что составляет большую часть процента. Летом осадки выпадают из Cb, Ns, FrNb, St, Sc.

Проанализировано распределение осадков, интенсивность. Отметьте основные выводы.

За период 1966-2021 гг наибольшее количество наблюдений за твердыми осадками было на метеостанции Тикси- 19460, а наименьшее на метеостанции Якутск - 13472. Наблюдений за жидкими и смешанными осадками на станции Тикси, а наименьшим Мирный.

За период 1986-2021 гг больше всего наблюдений было на станции Оймякон за твердыми - 19170, жидкими и смешанными осадками – 5071. А на метеостанции Усть-Чаркы за твердыми 7136, за жидкими и смешанными- 2559.

Список использованных источников

1. Швер Ц.А., Изюменко С.А. Климат Якутска. Ленинград, Гидрометеиздат 1982г. с.246
2. Визе В.Ю. Климат Якутии. Издательство АН, Ленинград 1927г. - 33 с.
3. Костина Н.И. История гидрометеорологических наблюдений в Якутии. Фонд данных ФГБУ «Якутское УГМС».
4. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме/ Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). - М., 2014. - 60 с.
5. Алисов Б.А., Полтараус Б.В. Климатология , Издание 2, Изд-во МГУ 1974 - 299 с.
6. <http://meteo.ru/>
7. <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cmap.html>
8. Наставление по краткосрочным прогнозам ФГБУ «Гидрометцентр России» 2019 г 65 с