МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра Гидрологии суши**

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(магистерская диссертация)

**На тему** **Расчет внутригодового распределения стока рек Ямало-Ненецкого автономного округа**

**Исполнитель** Соболева Вера Павловна

**Руководитель** кандидат географических наук, доцент

Сикан Александр Владимирович

**«К защите допускаю»**
**Заведующий кафедрой**

(подпись)

канд. геогр. наук, доцент Сикан Александр Владимирович

«8» июня 2016 г.

Санкт–Петербург

2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 2

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА ..... 4

1.1 Географическое положение ..... 4

1.2 Рельеф ..... 4

1.3 Вечная мерзлота ..... 7

1.4 Геология ..... 9

1.5 Почвы и растительность ..... 10

1.6 Общая характеристика гидрографической сети ..... 12

1.7 Подземные воды и их роль в формировании речного стока ... 17

1.8 Климатическая характеристика района исследований ..... 19

2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕК РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ ..... 37

3. РАСЧЕТ ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА НА РЕКАХ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА ..... 45

3.1 Методика расчета при наличии данных гидрометрических наблюдений ..... 45

3.2 Расчет внутригодового распределения стока по отдельным районам Ямало-Ненецкого автономного округа ..... 47

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ..... 74

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ..... 75

## ВВЕДЕНИЕ

Ямало-Ненецкий автономный округ занимает одно из ведущих мест в России по запасам углеводородов, особенно природного газа и нефти. На территории Ямало-Ненецкого автономного округа расположены 12 крупнейших месторождений: Уренгойское газовое, Южно-Русское нефтегазовое, Южно-Тамбейское газовое и др. Развитие экономики автономного округа связано с реализацией крупнейших инвестиционных проектов, которые направлены на комплексное освоение углеводородных месторождений, что подразумевает прокладку трубопроводов, развитие транспортной сети и требует проведения специальных гидрометеорологических исследований в бассейне Нижней Оби.

Объект исследования – распределение стока рек Ямало-Ненецого автономного округа по месяцам и сезонам. Предмет исследования – реки ЯНАО.

Основной целью предлагаемой работы является получение типовых районных распределений стока для рек Нижней Оби и их анализ в сопоставлении с распределениями, опубликованных в 1970-х годах в справочнике «Ресурсы поверхностных вод СССР».

В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие основные задачи:

- анализ рядов среднегодовых температур воздуха и годовых сумм осадков на предмет наличия значимых трендов;

- оценка временных трендов в рядах исходных данных о расходах воды, проверка на однородность и стационарность и оценка погрешностей;

- расчет внутригодового распределения стока по отдельным районам Ямало-Ненецкого автономного округа;

-сравнение полученных результатов с опубликованными ранее.

Исходные данные. Для решения поставленных задач использованы данные 13 гидрологических постов продолжительностью не менее 30 лет. Распределение постов по территории характеризуется большей плотностью на юге и западе и разреженностью на севере и востоке. Используются сред-

негодовые и среднемесячные расходы воды за период наблюдений по 2005 г., а также среднемноголетние и среднегодовые данные о температуре воздуха и годовых суммах осадков по 2010 год.

Методы исследования. При выполнении исследований использовались методы статистического анализа гидрологических характеристик: стандартные параметрические критерии внутрирядной однородности и репрезентативности рядов, оценка внутригодового распределения речного стока производилась с использованием метода компоновки сезонов.

Работа состоит из 3 глав, введения и заключения. Содержит 52 рисунка, 20 таблиц и список использованных источников из 20 наименований. Общий объем работы 76 страниц.

# 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

## 1.1 Географическое положение

Рассматриваемая территория расположена между 61° и 73° с. ш. и 60° и 84° в. д., занимаемая площадь – около 0,8 млн. км².

Территория полностью находится в пределах Западно-Сибирской равнины – одной из самых обширных равнин земного шара. Водораздельная линия между бассейнами рек Надыма, Пура, Таза и рек Средней Оби хорошо выражена и проходит по Сибирским увалам. На востоке линия водораздела с бассейном Енисея проходит через Гыданскую гряду, Танамскую и Средне-Тазовскую возвышенности. Западная граница включает в себя Северо-Сосьвинскую и Щучинскую возвышенности. Значительная протяженность территории с севера на юг (более 12°) и, в особенности, равнинность обусловили зональное распределение основных природных географических зон лесотундры и леса. Однако вследствие широкого распространения болот границы между природными зонами выражены нечетко [1].

По административному делению рассматриваемая территория находится в пределах Тюменской области. Гидрометеорологическое обслуживание ее осуществляется Обь-Иртышским УГМС.

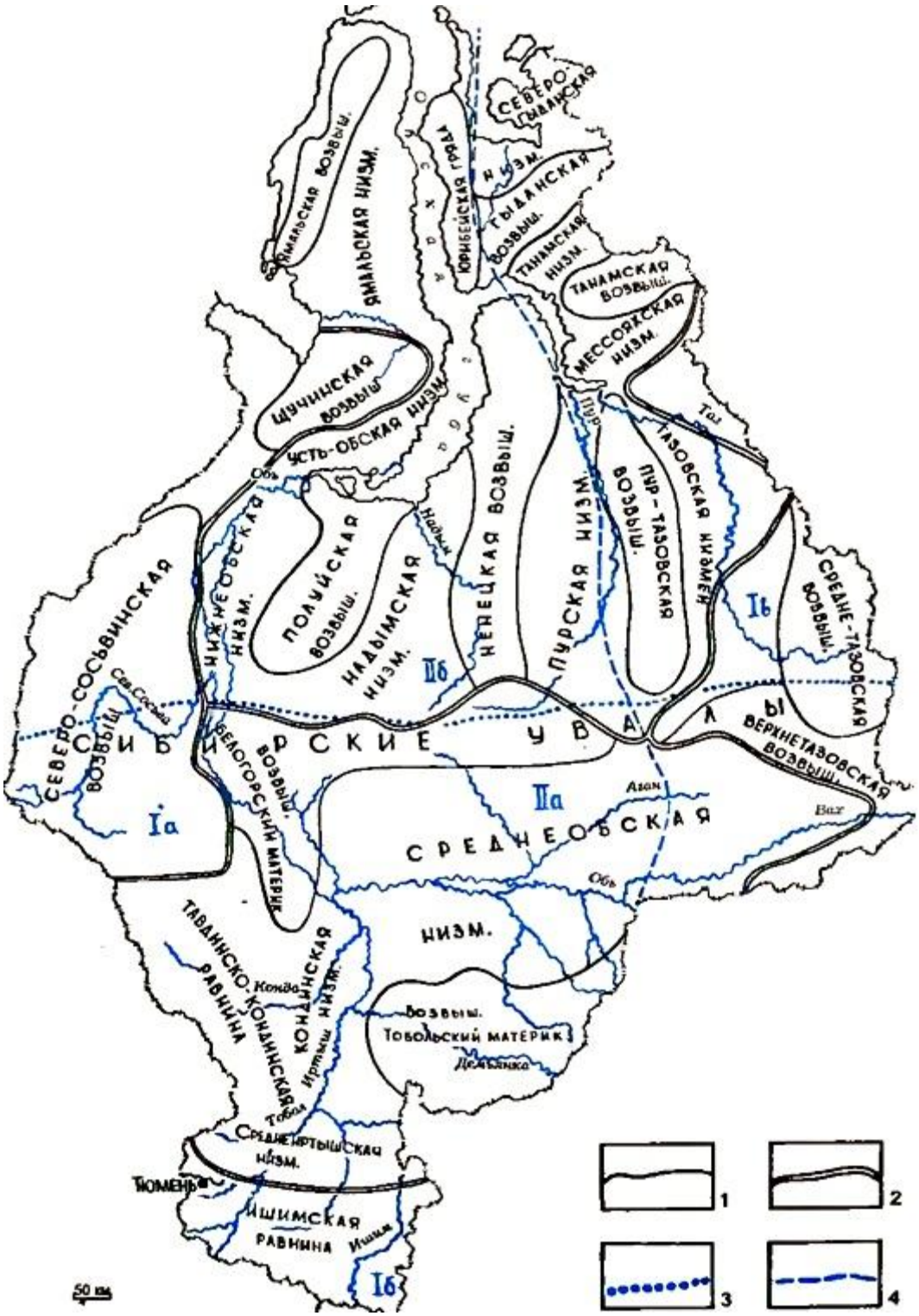
## 1.2 Рельеф

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

Поверхность Нижнеобской и Среднеобской котловин, за исключением небольшой части на северо-западе, занятой восточными склонами Уральских гор, - низменная равнина с приподнятыми краями с общим очень незначительным падением на север. Обе котловины соединены между собой широким понижением, по которому протекает р. Обь. Наиболее пониженные части Нижнеобской котловины приурочены к устьевому участку Оби и южной оконечности Обской губы.

Если в целом для Западно-Сибирской низменности выделяют три разновысотные ступени (возвышенные равнины, среднюю ступень и низины), то рельеф района Нижней Оби представлен в основном плоскими сильнозаболоченными многоозерными низменностями и разделяющими их повышенными менее заболоченными дренированными долины. То есть первой и второй ступенью. Так, с запада на восток, Северо-Сосьвинская возвышенность сменяется Нижнеобской низменностью, Полуйская возвышенность – Надымской низменностью, Ненецкая возвышенность – Пурской низменностью, Пур-Тазовская возвышенность – Тазовской низменностью (рис. 1.1).

С геоморфологической точки зрения в исследуемом районе выделяются два основных генетических макрокомплекса: водораздельные плато и речные долины [2]. Водораздельные плато – это, как правило, пологохолмистая поверхность с перемежающимися возвышенными и пониженными участками. Однако, в отличие от Русской равнины, пологонаклонные плоские поверхности на плато выработаны не стоком атмосферных осадков, временных и малых водотоков. Пологие склоны водораздельных плато относятся к элементам первичного рельефа (неровности морских равнин, в окраинных частях низменности – неровности ледниковой деятельности) и имеют только внутреннее распространение, не сопрягаясь со склонами речных долин. Склоны долин обычно более крутые, между системой рельефа водораздельного плато в целом и склонами речных долин всегда имеется более или менее четкая граница – бровка. Это указывает на то, что те и другие развиваются независимо друг от друга.




*Границы:* 1 - *орографических объектов*; 2 - *морфоструктурных областей*; I - *внешняя относительно повышенная область. Подобласти*: Iа - *Приуральская*, Iб – *Приказахстанская*, Iв - *Приенисейская*; II - *внутренняя, относительно сниженная область. Подобласти*: - IIа - *южная субширотная*, IIб - *северная субмеридиональная*.

*Основные разломы*: 3 – *субширотный*, 4 – *субмеридиональный*.

Рисунок 1.1 – Морфоструктурные области и крупные орографические элементы

Такая особенность геоморфологического строения региона сформировалась в результате активного эрозионного вреза в период осушения территории в конце плейстоцена – начале голоцена, около 10 тысяч лет назад. В настоящее время интенсивное врезание отсутствует, оно сменилось довольно быстрым боковым расширением долин, свойственным области распространения вечной мерзлоты. Замедлена и внутренняя переработка рельефа плато, его освоение молодой гидросетью.

Долины обычно широки и террасированы. Надпойменные террасы, несмотря на большую их ширину, практически не освоены мелкой гидросетью. Чаще на их поверхности встречаются песчаные раздувы.

Таким образом, современное устройство поверхности севера Западной Сибири таково, что имеющаяся гидросеть не может в достаточной степени дренировать поверхность региона. Только достаточно крутые склоны водоразделов, обращенные непосредственно к долинам, и прибровочные уступы террас взаимодействуют с речным стоком [2].

С севера исследуемый район замыкают возвышенности Гыдана и Ямала, разделяющиеся Обской губой, на юге – возвышенность Белогорский материк. Материками в Сибири называют дренированные возвышенности, с которыми связаны типичные черты густых высокоствольных темнохвойных лесов - урманов.

Современные микроформы рельефа на рассматриваемой территории формируются мерзлотно-солифлюкционными процессами (бугры пучения и др.), в южной же части – карстово-суффозионными процессами (наличие множества мелких плоских понижений).

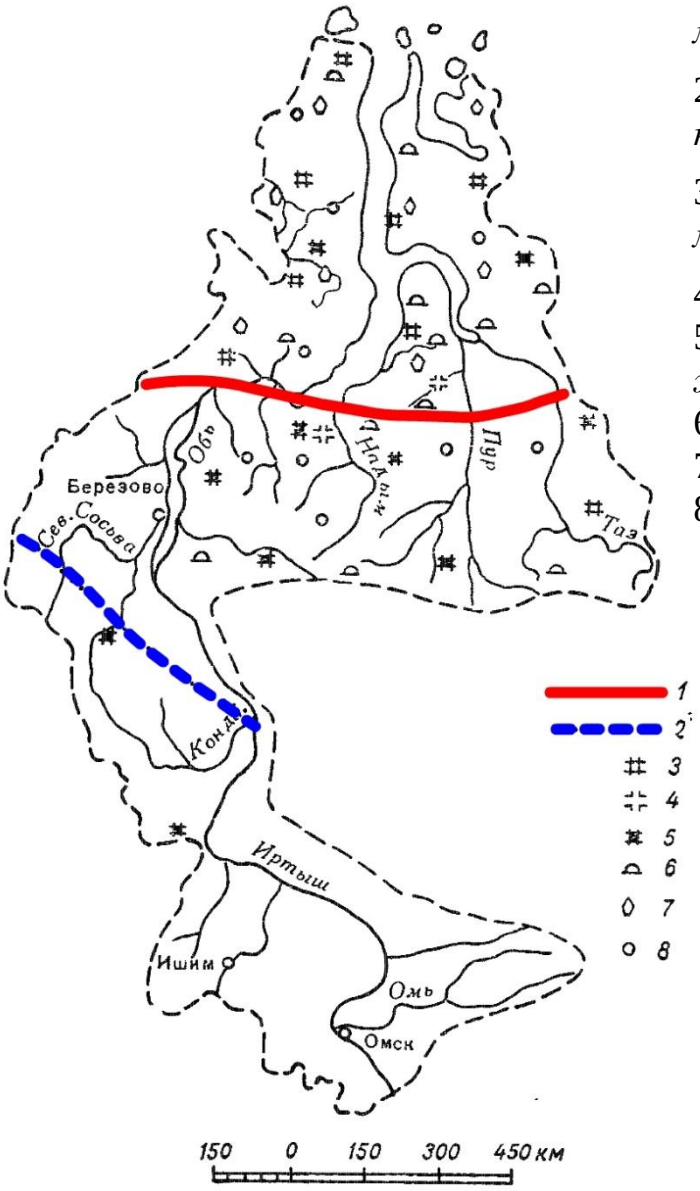
### 1.3 Вечная мерзлота

Главные пространственные закономерности распространения вечной мерзлоты в Западной Сибири проявляются в ее зональности [2]. В регионе в направлении с севера на юг  температура мерзлых пород постепенно повышается, а мощность уменьшается. Характерны (рис. 1.2):

– сплошное по площади распространение мерзлоты и низкие температуры (от -3 до -9° С) к северу от Полярного круга (66,5° с.ш.);

– прерывистое ее распространение с температурой грунтов от -1 до -3° С к югу от Полярного круга до широты примерно 64° с.ш.;

– островное распространение с температурой грунтов от 0 до -1° С – до широты 61-62° с.ш.




1 – *южная граница распространения монолитной многолетнемерзлой толщи;*

2 – *то же реликтовых многолетнемерзлых пород;*

3 – *растущие повторно-жильные льды,*

4 – *то же деградирующие,*

5 – *следы вытаявших повторно-жильных льдов,*

6 – *многолетние бугры пучения,*

7 – *пятнистая тундра,*

8 – *термокарстовые озера.*

Рисунок 1.2 – Схематическая карта распространения многолетнемерзлых пород

Мощность вечной мерзлоты уменьшается с севера на юг от 250-400 м в зоне тундры до 50-100 м у южной ее границы (в зоне тайги). Региональной особенностью Западной Сибири является существование на ее территории глубоко залегающего слоя реликтовой вечной мерзлоты. Этот слой обнаруживается к югу от Полярного круга и прослеживается вплоть до 60° с.ш. При этом, от широты Полярного круга до широты 61-62° с.ш. он образует второй (нижний) слой вечной мерзлоты, залегающей на глубинах от 100-150 м (кровля слоя) до 300-350 м (подошва слоя). К югу от широты 61-62° с.ш., где современная вечная мерзлота отсутствует (за исключением аномальных условий), этот слой существует в виде изолированного глубоко залегающего слоя вечной мерзлоты с температурой близкой к 0° С. Слой залегает на глубинах от 150-200 м (кровля слоя) до 300-400 м (подошва слоя).

## 1.4 Геология

В основании Западно-Сибирской равнины лежит Западносибирская плита. На востоке она граничит с Сибирской платформой, на юге - с палеозойскими сооружениями каледонской складчатости в Центральном Казахстане, Алтае и Салаирско-Саянской области, на западе - со складчатой системой Урала.

В основании Западносибирской плиты находится палеозойский фундамент, глубина залегания которого в центральных частях составляет 3,0-3,5 км [3]. Эти отложения изучены по результатам бурения скважин и геофизическими методами.

Над палеозойским фундаментом залегает мощный осадочный чехол мезозойско-кайнозойских отложений. Особенности распространения, состава и формирования этих образований позволяют геологам выделять в этом комплексе три подкомплекса: нижне-, средне- и верхнеплитный. Обладая сходными чертами тектонического строения, они достаточно четко различаются по фациальной природе и условиям образования слагающих их пород. В

нижнем и верхнем подкомплексах преобладают континентальные, прибрежно- и мелководно-морские отложения, в среднем – морские.

Формирование нижнеплитного подкомплекса проходило в условиях, когда в центральной и особенно в южной части Западно-Сибирской плиты господствовал контрастный, местами высокогорный рельеф. В осадках доминировали аллювиальные и озерно-болотные отложения. Принос терригенного материала шел не только с горного обрамления. Значительная часть его поставлялась внутренними выступами фундамента.

Формирование среднеплитного подкомплекса протекало в обширном морском бассейне. Значительное место в разрезе приобрели биогенные, планктоногенные образования (радиоляриты, диатомиты, трепела, опоки).

Верхнеплитный подкомплекс несет на себе следы новейших тектонических движений, охвативших в конце эоцена северные регионы плиты. Большое значение в верхах подкомплекса приобрели континентальные отложения, в том числе угленосные [3].

Средняя мощность чехла четвертичных отложений на севере Западной Сибири достигает 350-400 м [4]. Вещественный состав отложений – валунные суглинки, озерные ленточные глины и слоистые алевриты и пески, встречаются также линзы погребенного торфа и слои, богатые ископаемыми двустворчатыми моллюсками и раковинами фораминифер (простейшие одноклеточные морские животные размером от 30-50 мк до 1-2 см).

В отношении генезиса четвертичных отложений Западной Сибири в настоящее время среди геологов идет борьба двух концепций: материкового оледенения, господствующая в первой половине XX века, и, набирающая сторонников после детальных исследований нефтегазовых ресурсов региона, ледово-морская концепция [5].

### 1.5 Почвы и растительность

Зональное распределение количества тепла и влаги на Западно-Сибирской равнине обусловливает и зональное распространение в ее пределах типов почвенного покрова и растительности [1]. На ее территории посте-

пенно без резких переходов почти строго широтно сменяются природные зоны – тундры, лесотундры, лесная. При общем зональном распределении почвенных типов размещение их внутри зон тесно связано с микрорельефом и, в особенности, со степенью дренирования местности. В арктической зоне широко развиты полигональные пятнистые тундры, совершенно отсутствуют кустарники и сфагновые болота. Из представителей травянистой растительности наиболее распространенными являются полярные лисохвост и луговик. В типичной тундре, к югу от 70° с. ш., развиты торфянисто-поверхностно-глеевые суглинистые почвы. Подзолистые почвы встречаются только на песках, в наиболее сухих местах [1]. В основной массе растительность тундры представлена мхами и лишайниками. В слаборазвитом травянистом покрове преобладают осока, куропаточья трава, пушица, наиболее распространенный кустарник – карликовая береза. Южнее, приблизительно между 66 и 68° с. ш., в лесотундровой зоне почвы – переходные от торфяно-глеевых к подзолисто-глеевым. В лесотундре среди редких елово-лиственничных участков леса основу растительного покрова составляют лишайники (ягель) и мхи. Хорошо развита карликовая береза и кустарниковая ольха, богульник и голубика. На лугах и склонах речных долин - обилие сочных трав и ягод [1].

Характерной чертой растительного ландшафта является широкое развитие моховых (сфагновых) болот. По преобладающему распространению древесной растительности выделяются две подзоны (с севера на юг) [1]: 1. Узкая полоса подзоны редкостойных заболоченных елово-лиственничных лесов. Ель произрастает больше на глинистых почвах, лиственница - на песках. Кустарниковый ярус состоит из карликовой березы и болотных полукустарников. 2. Кедрово-болотная подзона располагается широкой полосой примерно между 65 и 60-61° с. ш. В лесах преобладает кедр; встречаются смешанные леса, в составе которых - сосна, лиственница, ель, пихта, береза, осина.

## 1.6 Общая характеристика гидрографической сети

Гидрографическая сеть рассматриваемой территории принадлежит бассейну Карского моря и представлена большим количеством рек и речек с постоянным течением [1]. Наиболее значительными реками являются притоки Оби Сев. Сосьва и Полуй, реки Обской и Тазовской губ (Надым, Пур, Таз). Рассматриваемая территория отличается исключительным обилием озер. Всего их насчитывается более 460 тысяч. Озера в основном небольшие, с площадью зеркала менее 1,0 км² (98% общего количества озер), с глубинами от 2 до 5 м. Встречаются и крупные озера с большой площадью акватории и значительными глубинами. Например, оз. Шурышкаркжий Сор в районе Нижней Оби имеет площадь зеркала 203 км², а оз. Большое Щучье местами имеет глубину 136 м. У большинства рек широкие долины, двусторонние поймы, извилистые русла и малые уклоны.

Река Северная Сосьва образуется слиянием рек Большой и Малой Сосьв. Впадает в р. Обь слева на 287-м км от ее устья. Длина реки 754 км, площадь водосбора 98 300 км². Основные притоки – реки Большая Сосьва, Малая Сосьва, Мань-Я, Лепля, Лопси-Я, Няис, Тапсуй, Висим, Ялбын-Я, Воль-Я, Толтма, Каркась-Я, Ляпин, Ялбын-Я, Сысконсын-Я, Малая Сосьева, Вогулка. В верхнем течении река носит горный характер и протекает среди отрогов Северного Урала. Долина реки узкая, ограничена по правому берегу горами Северной экспедиции. Пойма мало развита, слабо заболочена, покрыта смешанным лесом. Русло хорошо выражено, имеет ширину от 20 до 100 м, глубины не превышают 1 м. Почти на всем протяжении встречаются каменистые пороги и перекаты. В среднем течении долина ящикообразная, шириной от 10 до 40 км. Пойма заболочена. Русло извилистое, слаборазветвленное. Ширина русла колеблется от 80 до 500 м, глубина – от 2 до 8 м. Часто встречаются перекаты. В нижнем течении р. Сев. Сосьва протекает по долине реки Обь среди большого количества проток. Границы долины выражены очень неопределенно, особенно по правому берегу. Расстояние между руслами рек Северной Сосьвы и Малой Оби здесь не превышает 15 – 20 км. Обе реки со-

единяются рядом проток. Русло Северной Сосьвы разветвлено на многочисленные рукава и протоки благодаря обилию островов. Ширина его от 500 до 800 м, глубины доходят до 18 м. Скорости течения от 0,2 м/сек на плёсах до 2,0 м/сек на перекатах.

Река Ляпин образуется слиянием рек Хулга (длина 218 км) и Щекурь-Я (длина 108 км). Впадает в р. Северную Сосьву слева на 337-м км от ее устья. Длина реки 151 км, длощадь водосбора 27 300 км². Основные притоки – реки Мань-Я, Бол. Кемпаж и целый ряд других водотоков. Местность, прилегающая к реке, имеет слабопересеченный плоский рельеф, переходящий по левому берегу в сильно пересеченный с отдельными ложбинами, имеющими крутые склоны. Долина реки пойменная, хорошо разработанная. Пойма двусторонняя, местами заболоченная. Ширина правобережной поймы 0,8 – 1 км, в некоторых местах до 7 км. Наименьшая ширина 400 м. Ширина левобережной поймы доходит до 20 км. Пойма заболоченная, изрезанная многочисленными озерками, старицами, ложбинами, наполненными водой. Русло реки извилистое и умеренно разветвленное (в среднем течении). Берега реки в большинстве случаев имеют прирусловой вал. Вогнутые берега обрывистые, выпуклые, пологие. Ширина реки в межень 80 – 120 м, наименьшая 60 м, наибольшая 150 м. Глубина реки на плёсах 1,5 – 2,5 м, в нижнем течении 5 – 6 м, в некоторых местах до 10 м, на перекатах 0,5 – 0,8 м. Скорости течения на плёсах 0,5 – 0,6 м/сек., на перекатах 0,8 – 1,20 м/сек.

Река Полуй образуется слиянием рек Глубокого и Сухого Полуя и впадает в р. Обь с правой стороны на 291-м км от ее устья. Длина реки 369 км, площадь водосбора 21 000 км². Общее направление течения реки с юго-востока на северо-запад. Бассейн имеет вытянутую форму. Территория бассейна предоставляет почти ¦невсхолмленную равнину, незначительно понижающуюся в северном направлении. Характерной особенностью рассматриваемого района является наличие на большей части водосбора р. Полуя вечной мерзлоты. Река Полуй имеет хорошо развитую, особенно в средней и нижней частях течения, гидрографическую сеть. Основные притоки – реки

Хады-Яха, Някхобо, Тойота, Бол. Еопедей, Янги-Юган, Сармик-Яха. Как и у всех рек района вечной мерзлоты, у р. Полуя преобладает сильно развитая боковая эрозия, следствием чего являются неустойчивость русла и широкая разработка поймы. На всем своем протяжении река изобилует протоками, курьями и старицами. Развитие поймы имеет левобережный характер. Правые склоны подходят к руслу реки. Извилистость Полуя значительна. Глубина реки в межень в средней ее части составляет 1,0 – 1,5 м. Ширина реки б верхнем и среднем течении равна 60 – l00 м, в нижнем течении у Салехарда 250 м, а у самого устья 900 м. С Обью р. Полуй соединяется системой проток – Большой Мохтылевой, Малой Мохтылевой, Люймаской Обью и др. В бассейне р. Полуя имеется большое количество озер. Большая часть их расположена в пойменной и припойменной частях реки и ее притоков, меньшая – на водораздельных участках. Большинство озер имеет площадь зеркала в несколько км², меньше озер с площадью зеркала более 10 км². Часть озер соединяется протоками друг с другом или с рекой, образуя целые озерные системы. Наиболее распространены озера в нижнем течении р. Полуя (левобережье), где процент озерности составляет около 20%, меньше озер в среднем и нижнем течении (около 10%). Значительная часть бассейна р. Полуя занята болотами. Заболоченность бассейна р. Полуя около 10%.

Река Щучья берет начало из оз. Большое Щучье; Впадает в р. Малая Обь на 16-м км от ее устья. Длина реки 565 км, площадь водосбора 12 300 км² Основные притоки – реки Большая Ходата, Юн-Яха, Хе-Яха, Тар-Седа-Яха, Танлова-Яха и др.

В верхнем течении до поселка Лаборовая река представляет стесненный в гористой местности узкий поток с большим падением, имеющий целый ряд водопадов, порогов и мелей.

В среднем течении рака приобретает равнинный характер. Река протекает по заболоченной, пойменной долине, наибольшая ширина долины достигает 13 км, наименьшая 1 км. Пойма двусторонняя, заболоченная. Русло сильно извилистое, встречаются острова, мели и перекаты. Средняя ширина

реки 100 – 150 м, в некоторых местах до 300 м. Глубина русла в среднем 2,0 – 2,5 м, наибольшая 6,5 м.

В нижнем течении река характеризуется медленным течением, большими глубинами, небольшим количеством островов и перекатов. Протекает в хорошо разработанной долине. Пойма двусторонняя, заболоченная. Русло сильно извилистое. Средняя ширина реки 150 – 200 м. Глубина русла 2,5 – 3,0 м, в некоторых местах 6,0 м. Низовье реки представляет дельту с целой сетью проток, переплетающихся между собой. Скорости течения от 0,2 до 3 м/сек.

Река Пур образуется от слияния рек Пяку-Пур и Айваседа-Пур, впадает в Тазовскую губу. Длина реки 389 км, площадь водосбора 112 000 км². Основные притоки – реки Хыльмит-Яха, Ягенет-та, Трыб-Яха, Бол. Хадырь-Яха, Ево-Яха, Нтарка-Хадыта-Яха, Надосале-Хадыта, Малой-Яха. Кроме указанных рек впадает ряд речек и мелких ручьев. Направление течения реки почти строго выдерживается с юга на север.

Долина реки хорошо развита и имеет ширину в верхней части 5 – 10 км, в средней 10 – 12 км и в нижней 20 – 25 км. Пойма реки преимущественно двусторонняя. Вогнутые берега обрывистые. Пойменные берега в верхней части бассейна покрыты смешанным лесом, постепенно переходящим в лесотундру и тундру (в приустьевом участке). Характерной особенностью реки является наличие стариц, проток, островов. В нижнем течении русло реки делится островами на рукава, достигающие местами 1 км ширины. При впадении в Тазовскую губу русло разделяется на два рукава: правый – Малый Пур и левый – Большой Пур. На выходе реки в Тазовскую губу имеется бар. Глубины на баре не постоянны и изменяются под действием сгонно-нагонных ветров. Извилистость р. Пура незначительна. Ширина реки колеблется от 200 до 850 м. Преобладающие глубины на плесовых участках 4 – 5 м, максимальные 12 м. Наименьшая глубина на перекатах 1,2 м. Скорости течения вследствие небольших уклонов незначительны. В межень скорости уменьшаются до 0,3 – 0,5 м/сек. на плёсах и до 0,6 – 0,8 м/сек. на перекатах.

Во время половодья скорости течения на р. Пуре возрастают до 1,2 – 1,3 м/сек.

Река Таз берет начало в северо-восточной части Сибирских увалов, из небольших соединяющихся между собой озер Тыниль-Ту и Кулы-Ту. Впадает в Тазовскую губу. Длина реки 1401 км, площадь водосбора 150000 км². Основные притоки – реки Дындовский Таз, Кондый-Кы, Ратта, Поколька, Бол. Ширта, Мал. Ширта, Ватылька, Кыпа-Кыталь-Кы, Толька, Печаль-Кы, Часелька, Пякаль-Кы, Хэтыль-Кы, Худосей, Парусовая, Варка-Сыль-Кы, Веярмолькы,Русская, Хэ-Яха, Лукы-Яха и др. Бассейн реки расположен в исключительно равнинной местности с очень малыми уклонами. Большая часть бассейна находится в лесной зоне, меньшая – в лесотундре и тундре. Характерной особенностью бассейна является обилие болот и небольших озер в долинах рек и отсутствие их на водоразделах. Значительная часть бассейна находится в зоне вечной мерзлоты. Долина реки в основном трапецеидальная, шириной около 20 км. Левый склон пологий, слабо изрезанный; правый более крутой с прирусловой террасой, рассечен балками. Пойма двусторонняя, но сравнительно неравномерно располагается по обе стороны от русла. Левобережная часть шириной до 4 км имеет общий незначительный уклон по направлению к руслу реки. Правобережная часть поймы имеет ширину до 16 км. Изобилует мелкими и крупными озерами. Располагаясь группами, они образуют целые системы сообщающихся между собой водоемов. Наиболее крупные озера имеют вытянутую форму и достигают в длину 3 км. Правобережная пойма несколько повышается от основного русла к центральной своей части, затем снова понижается и в притеррасной части имеет вид сильно заболоченной ложбины, примыкающей к коренному склону долины. Русло реки очень извилистое, часто разветвляется на рукава. Ширина реки в верхнем течении около 80 м, в среднем около 400 м, а в нижнем течении до 1 км. Глубина изменяется от 0,8 – 3,0 м в верхнем течении до 10,0 – 14,5 м в нижнем. Скорости течения от 0,2 до 0,5 м/сек.

## 1.7 Подземные воды и их роль в формировании речного стока

Бассейны рек Нижней Оби по условиям формирования подземного стока, определяющим взаимодействие поверхностных и подземных вод, в своей большей части относятся к территории мегарегиона Западно-Сибирской плиты. Лишь небольшая северо-западная часть левобережья р. Оби входит в границы мегареона Уральской горноскладчатой области [1]. По основным особенностям формирования подземных вод зоны свободного водообмена и их взаимосвязи с реками в пределах рассматриваемой территории выделяют следующие районы: бассейнов Нижней Оби и рек Надыма, Пура и Таза и небольшой район бассейнов Сев. Сосьвы и других более мелких притоков Нижней Оби, стекающих с восточных склонов Уральских гор [1].

Особенности формирования подземных вод и их связи с реками первых двух районов, входящих в границы сложного Западно-Сибирского артезианского бассейна, определяются незначительными уклонами поверхности, слабой эрозионной расчлененностью местности в сочетании с ярусным расположением водоносных и водоупорных пластов, имеющих малое падение к центральной части бассейна. В связи с этим такие водоносные комплексы (в юрских и меловых отложениях) повсеместно находятся в условиях затрудненного и весьма затрудненного водообмена, а формирование подземного притока в реки и озера осуществляется преимущественно за счет подземных вод в континентальных олигоценовых и четвертичных отложениях.

Бассейны Нижней Оби и рек Надыма, Пура, Таза находятся в условиях преимущественного формирования подземного притока в реки из водоносных горизонтов (комплексов) в четвертичных отложениях. На всей рассматриваемой территории в пределах Западно-Сибирской равнины чехол рыхлых четвертичных отложений имеет практически сплошное распространение. При незначительной глубине залегания подземных вод четвертичного комплекса (от 0 до 10 – 15 м), отдельные водоносные слои имеют мощность 40 – 60 м, но отличаются невысокой водоносностью. Дебит скважин изменяется от 0,05 до нескольких литров в секунду.

Территория к северу от Полярного круга находится в зоне распространения мощной толщи многолетнемерзлых пород, где формирование подземного питания рек осуществляется исключительно за счет грунтовых вод деятельного слоя и русловых и подрусловых таликов. В зимний период такие реки перемерзают. Разгрузка глубоких подземных вод дочетвертичных водоносных комплексов практически осуществляется только через сквозные талики, существующие под долинами крупных рек (Оби, Пура и Таза).

В условиях равнинного рельефа и относительно однородного геологического строения, характерного для описываемых районов, формирование подземного притока в реки и озера определяется преимущественно влиянием климата и местными физико-географическими особенностями [1]. Поэтому в распределении подземного стока здесь наблюдается хорошо выраженная широтная зональность, в первую очередь определяемая соответствующим распределением осадков. Наибольшая величина подземного притока в реки (до 3,0 – 3,5 л/сек, км²) наблюдается на территории Сибирских увалов (Обь-Пура-Тазовское междуречье), что связано с находящейся здесь областью повышенных атмосферных осадков и широким распространением песчаных флювиогляциальных и озерно-ледниковых отложений четвертичного возраста. К северу от увалов наблюдается ослабление подземного питания рек до 0,5 л/сек, км², связанное с увеличением распространения многолетнемерзлых пород и уменьшением количества осадков на побережье. Район бассейнов верховьев Сев. Сосьвы и других более мелких левобережных притоков Нижней Оби, входящий в границы мегарегиона Уральской горно-складчатой области характеризуется тем, что истоки рек здесь находятся в узкой полосе водораздельных пространств, сложенных метаморфизованными кристаллическими породами различной степени трещиноватости, перекрываемые вниз по склону рыхлыми обломками. В пределах Полярного Урала неблагоприятные условия подземного притока в реки связаны с влиянием многолетней мерзлоты. Если для других районов в распределении подземного стока наблюдается широтная зональность, то для рассматриваемой территории изме-

нение величин подземного стока связано с высотой местности в направлении, близком к меридиональному. Здесь, по восточному склону Уральских гор, подземный сток увеличивается от 2,0 л/сек, км² в предгорьях до 3 л/сек, км² в направлении к водоразделу. Однако слабая изученность этой территории позволяет оценить величину подземного стока только ориентировочно. Степень участия подземных вод в формировании речного стока всей рассматриваемой территории характеризуется распределением значений коэффициента подземного питания рек, показывающего величину подземного притока в процентах от общего речного стока [1]. Величина этого коэффициента закономерно увеличивается с севера на юг от 10 и менее до 40%. На территории севернее Полярного круга коэффициент подземного питания имеет самые низкие значения – 10% и менее. К югу от этой границы величины коэффициента постепенно повышаются и в бассейне нижнего течения Малой Оби и среднего течения рек Надыма, Пура и Таза достигают 10 – 30%. В верховьях последних трех рек доля подземного стока в общем речном стоке увеличивается до 30 – 40%.

## 1.8 Климатическая характеристика района исследований

Западно-Сибирская равнина находится почти на равном расстоянии как от Атлантического океана, так и от центра континентальности Азиатского материка. Под воздействием этих двух центров погоды и формируется ее в общих чертах умеренно-континентальный климат. В любой сезон года возможны резкие изменения погоды, переход от тепла к холоду, резкие колебания температуры воздуха от месяца к месяцу, от суток к суткам и в течение суток.

Для рассматриваемого района характерны суровая продолжительная зима, сравнительно короткое, но теплое лето, короткие переходные сезоны – весна и осень, поздние весенние и ранние осенние заморозки, короткий безморозный период.

Климатическая характеристика района составлена по обобщенным метеонаблюдениям на четырех метеостанциях, данные измерений которых репрезентативны для исследуемой территории: Уренгой, Тарко-Сале, Надым, Березово.

1.8.1 Температура воздуха

Средняя годовая температура воздуха на рассматриваемой территории от минус 3,8 °С до минус 7,8 °С (таблица 1.1). Величина годовой амплитуды между средней месячной температурой самого холодного и самого теплого месяца составляет 40,0 – 41,8 °С (таблица 1.1, рисунки 1.3-1.5).

Наиболее холодным месяцем в году является январь, средняя температура которого составляет минус 24,5 °С, а средняя минимальная минус 30,4 °С (таблица 1.2, рисунки 1.7-1.10).

Таблица 1.1 - Средняя многолетняя месячная и годовая температура воздуха

| Станция | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Уренгой | -26,4 | -26,4 | -19,2 | -10,3 | -2,6 | 8,4 | 15,4 | 11,3 | 5,2 | -6,3 | -18,2 | -24,0 | -7,8 |
| Тарко-Сале | -25,1 | -24,4 | -18,0 | -8,1 | -0,7 | 9,8 | 15,8 | 12,0 | 6,0 | -5,0 | -16,8 | -23,1 | -6,5 |
| Надым | -24,5 | -24,0 | -16,8 | -8,8 | -1,0 | 8,8 | 15,5 | 11,4 | 5,6 | -5,4 | -16,1 | -21,9 | -6,4 |
| Березово | -22,0 | -19,6 | -13,8 | -4,3 | 2,8 | 11,3 | 15,8 | 13,1 | 6,8 | -2,6 | -13,4 | -19,9 | -3,8 |

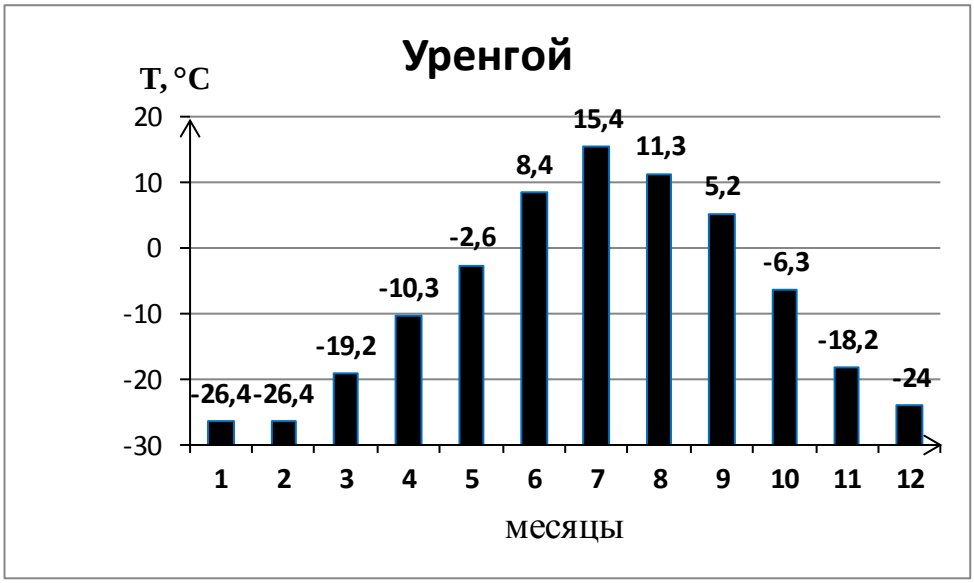



Рисунок 1.3 - Средняя многолетняя месячная температура воздуха по данным метеостанции Уренгой

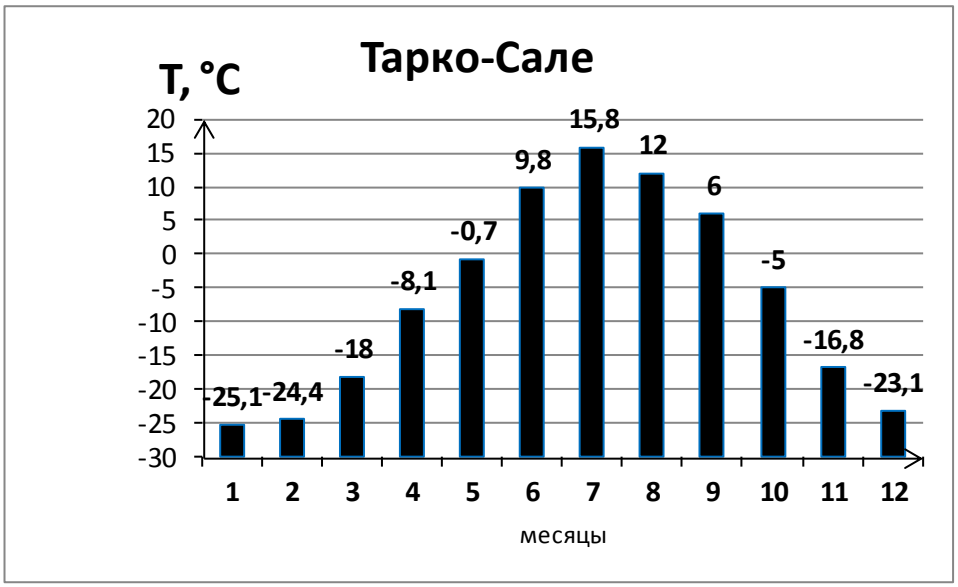



Рисунок 1.4 - Средняя многолетняя месячная температура воздуха по данным метеостанции Тарко-Сале

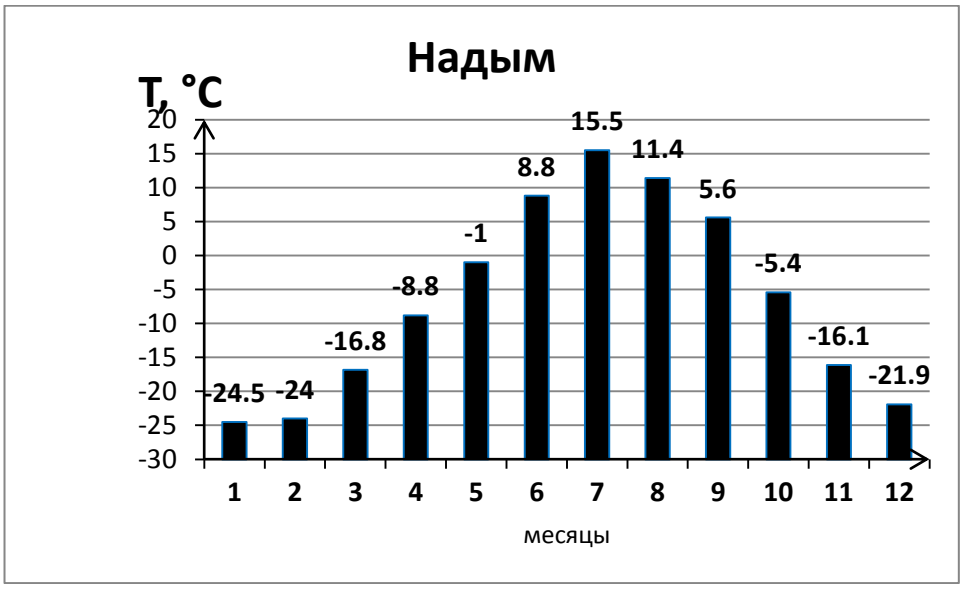



Рисунок 1.5 - Средняя многолетняя месячная температура воздуха по данным метеостанции Надым

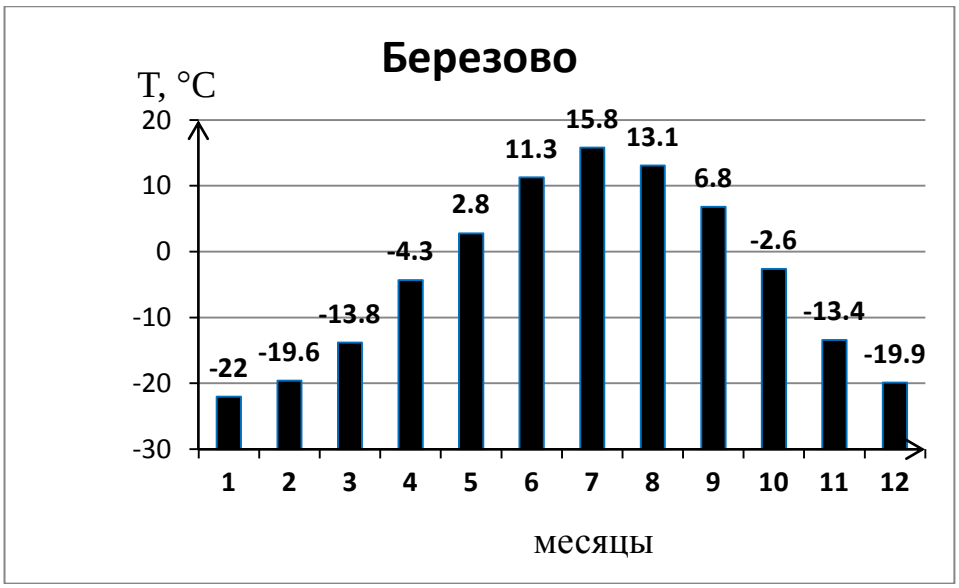



Рисунок 1.6 - Средняя многолетняя месячная температура воздуха по данным метеостанции Березово

Таблица 1.2 - Средняя многолетняя месячная и годовая минимальная температура воздуха

| Станция | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Уренгой | -31,6 | -31,8 | -25,1 | -16,4 | -6,9 | 4,2 | 10,3 | 6,8 | 2,2 | -9,3 | -22,9 | -22,3 | -12,4 |
| Тарко-Сале | -30,1 | -29,6 | -24,1 | -13,8 | -4,9 | 5,5 | 10,7 | 7,6 | 2,7 | -8,2 | -21,4 | -28 | -11,1 |
| Надым | -29,6 | -28,9 | -27,7 | -14,7 | -5,4 | 4,4 | 10,4 | 7,2 | 2,5 | -8,3 | -20,8 | -26,9 | -11,1 |
| Березово | -26,4 | -24,6 | -19,9 | -9,2 | -1,3 | 7,4 | 11,5 | 9,1 | 3,2 | -5,5 | -17,1 | -24,4 | -8,1 |

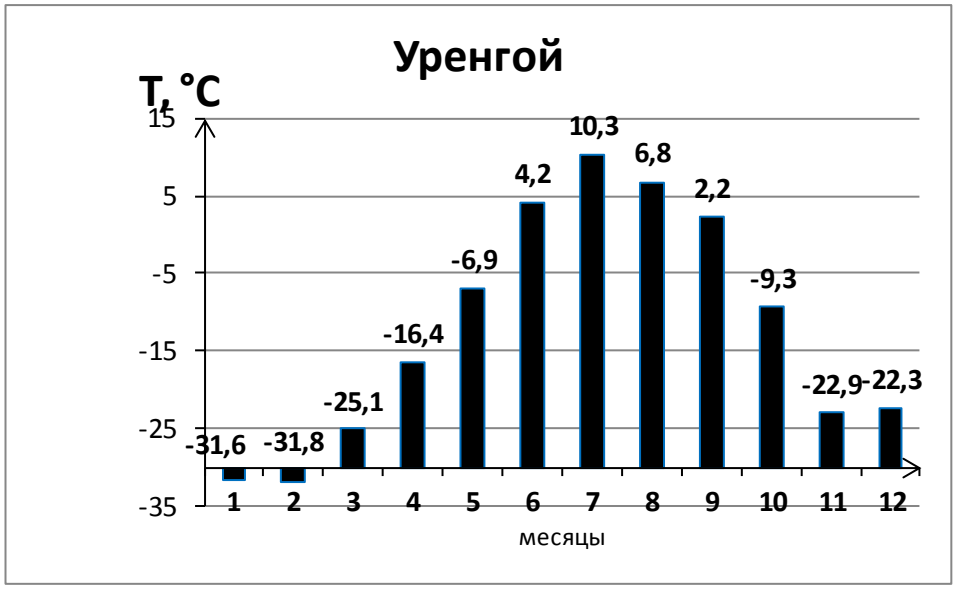



Рисунок 1.7 - Средняя многолетняя месячная минимальная температура воздуха по данным метеостанции Уренгой

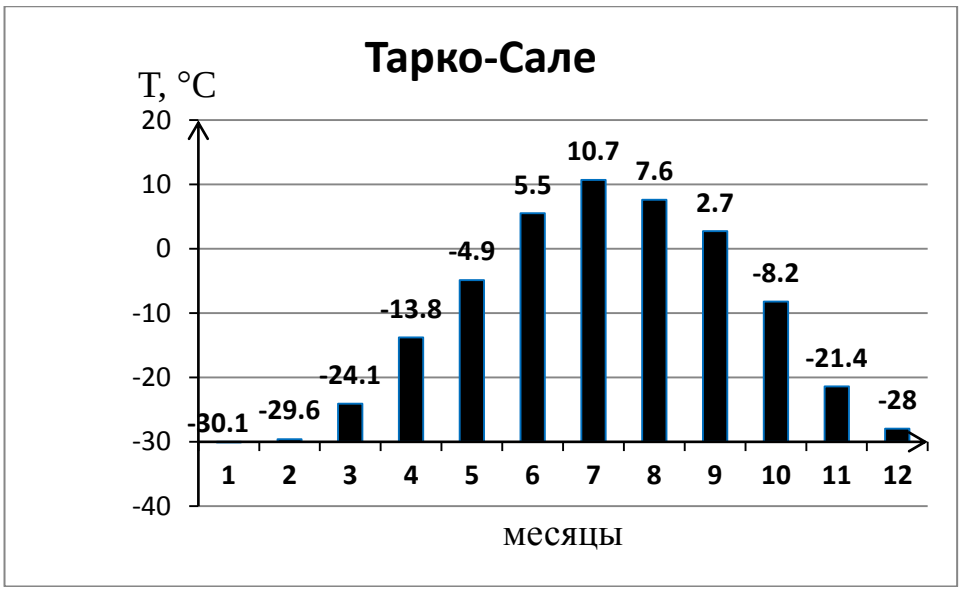



Рисунок 1.8 - Средняя многолетняя месячная минимальная температура воздуха по данным метеостанции Тарко-Сале

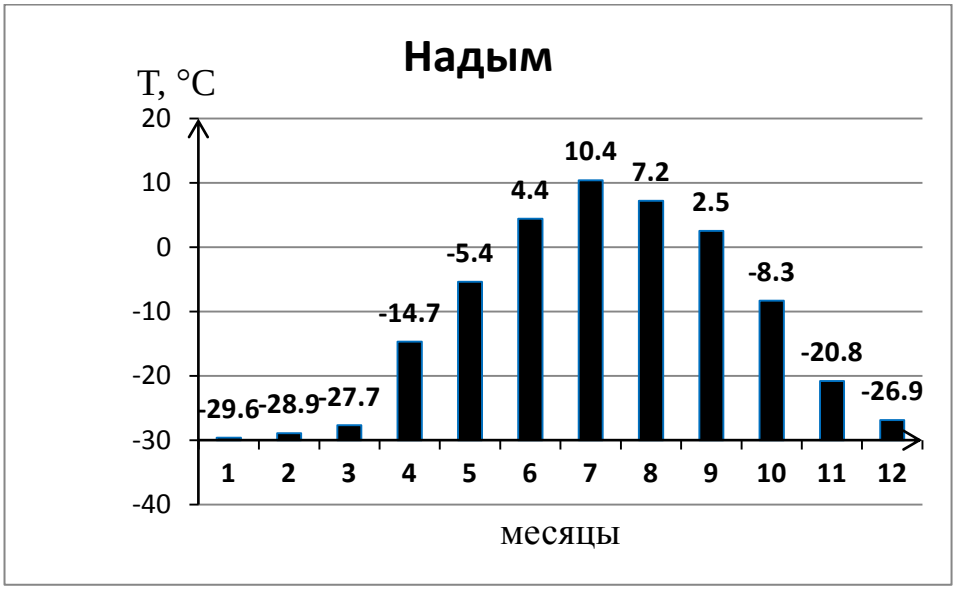



Рисунок 1.9 - Средняя многолетняя месячная минимальная температура воздуха по данным метеостанции Надым

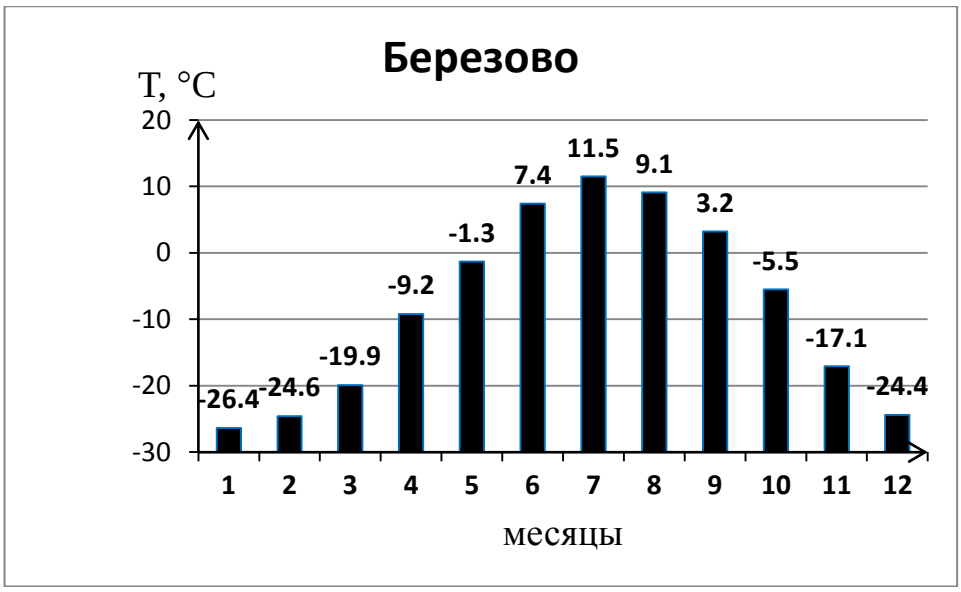



Рисунок 1.10 - Средняя многолетняя месячная минимальная температура воздуха по данным метеостанции Березово

Самым теплым в году месяцем является июль, средняя температура которого около 15,6 °С (табл. 1.1, рис. 1.11-1.14), а средняя максимальная 20,7 °С (табл. 1.3).

При вторжении холодных арктических масс воздуха возможны очень резкие понижения температуры даже в июле, до минус 5 – минус 6 °С.

Таблица 1.3 - Средняя многолетняя месячная и годовая максимальная температура воздуха

| Станция | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Уренгой | -21,7 | -21,8 | -13,2 | -4,5 | 1,5 | 13,2 | 20,7 | 16 | 8,8 | -3,2 | -14 | -19,4 | -3,1 |
| Тарко-Сале | -20,2 | -19,5 | -11,9 | -2,6 | 3,7 | 15,1 | 21,2 | 16,9 | 9,8 | -1,9 | -12,6 | -18,4 | -1,7 |
| Березово | -17,8 | -15,1 | -8,4 | 0,8 | 7,5 | 16 | 20 | 17,5 | 10,9 | 0,5 | -9,8 | -15,8 | 0,5 |
| Надым | -20 | -19,3 | -11,1 | -3,4 | 3,5 | 13,9 | 20,9 | 16 | 9,2 | -2,3 | -11,9 | -17,5 | -1,8 |

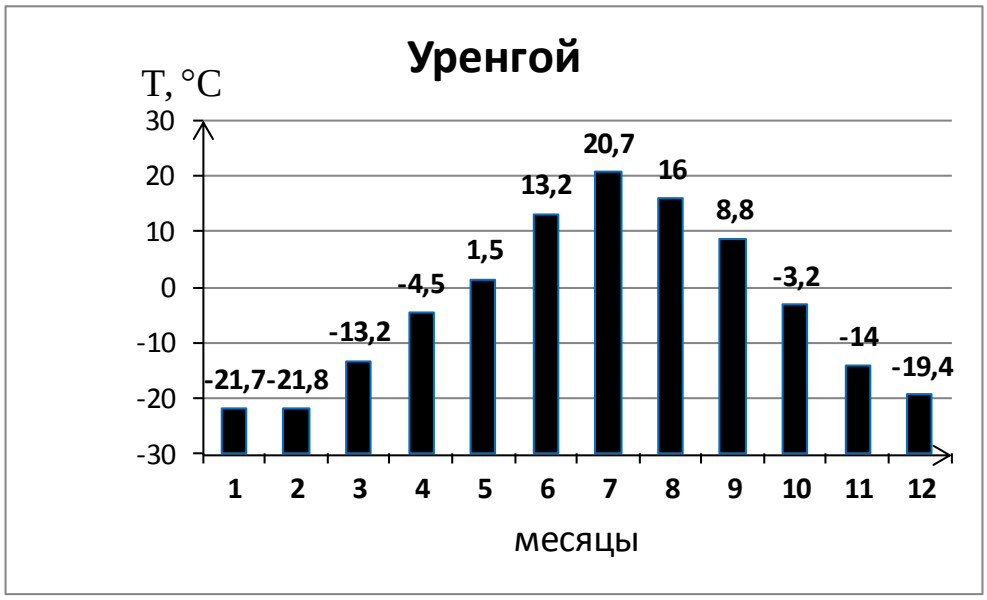



Рисунок 1.11 - Средняя многолетняя месячная максимальная температура воздуха по данным метеостанции Уренгой

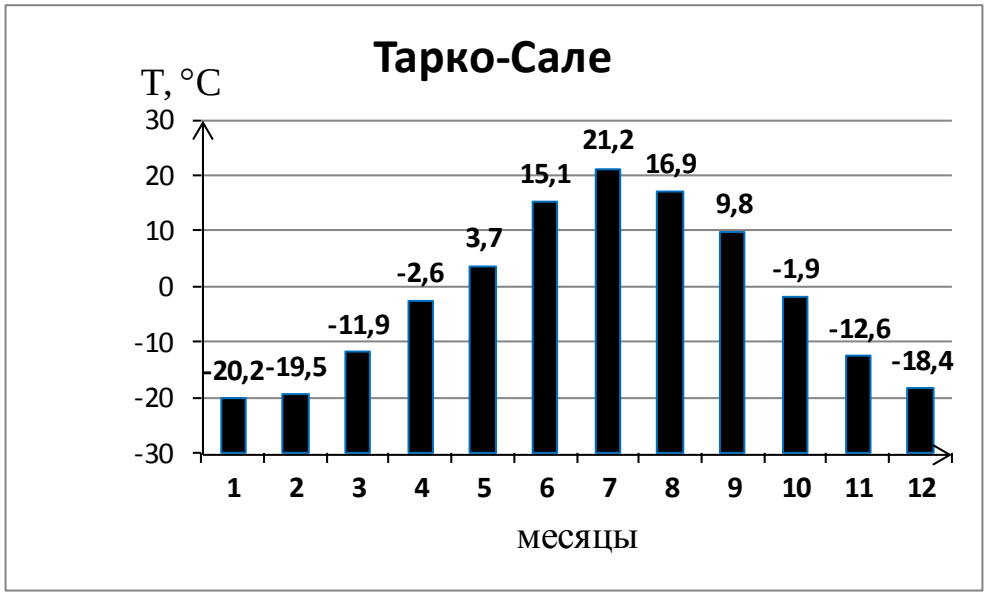



Рисунок 1.12 - Средняя многолетняя месячная максимальная температура воздуха по данным метеостанции Тарко-Сале

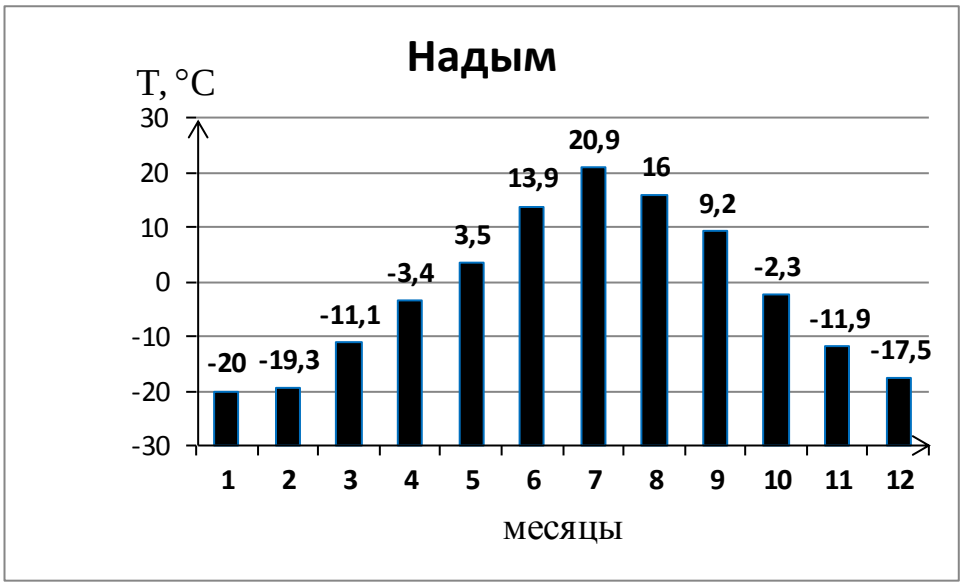



Рисунок 1.13 - Средняя многолетняя месячная максимальная температура воздуха по данным метеостанции Надым

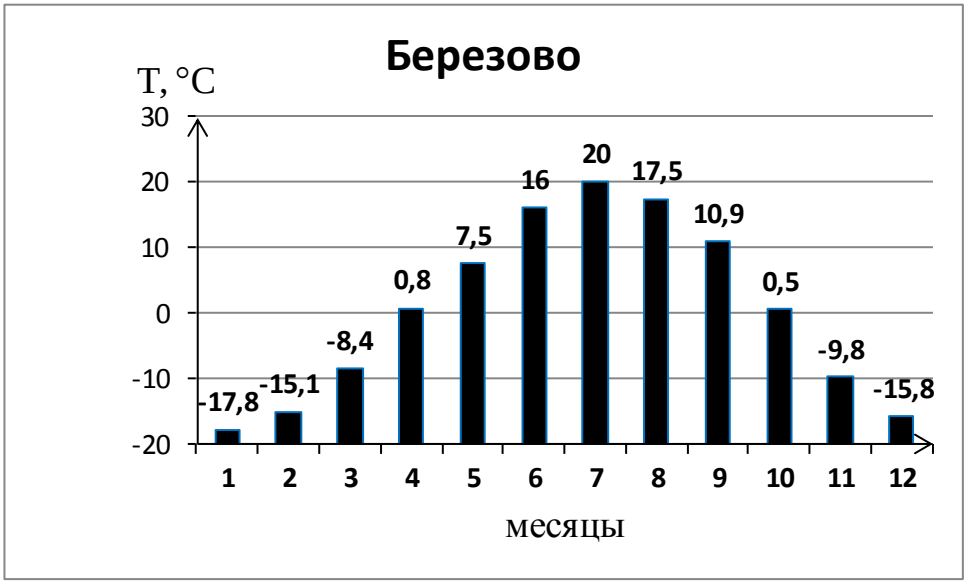



Рисунок 1.14 - Средняя многолетняя месячная максимальная температура воздуха по данным метеостанции Березово

### 1.8.2 Осадки

Количество и распределение осадков на рассматриваемой территории определяются, главным образом, особенностями общей циркуляции атмо-

сферы, в частности, фронтальной деятельностью западных циклонов. Средняя многолетняя сумма осадков в районе составляет 487 мм (табл. 1.4, рис. 1.16-1.18).

Таблица 1.4 - Месячное и годовое количество осадков (мм) с поправками к показаниям осадкомера

| Станция | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | XI-III | IV-X | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Уренгой | 22 | 15 | 21 | 20 | 27 | 49 | 64 | 67 | 62 | 47 | 35 | 24 | 117 | 336 | 453 |
| Тарко-Сале | 24 | 17 | 22 | 25 | 35 | 62 | 67 | 67 | 70 | 49 | 34 | 26 | 123 | 375 | 498 |
| Надым | 23 | 17 | 22 | 24 | 37 | 62 | 70 | 60 | 65 | 48 | 32 | 24 | 118 | 366 | 484 |
| Березово | 27 | 19 | 24 | 30 | 51 | 64 | 64 | 65 | 55 | 46 | 38 | 31 | 139 | 375 | 514 |

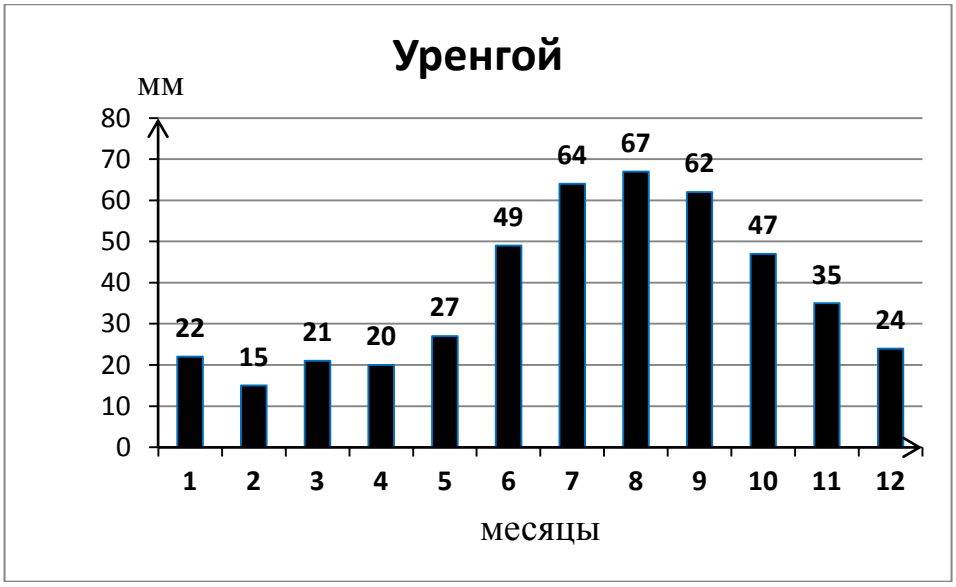



Рисунок 1.15 - Месячное количество осадков по данным метеостанции Уренгой

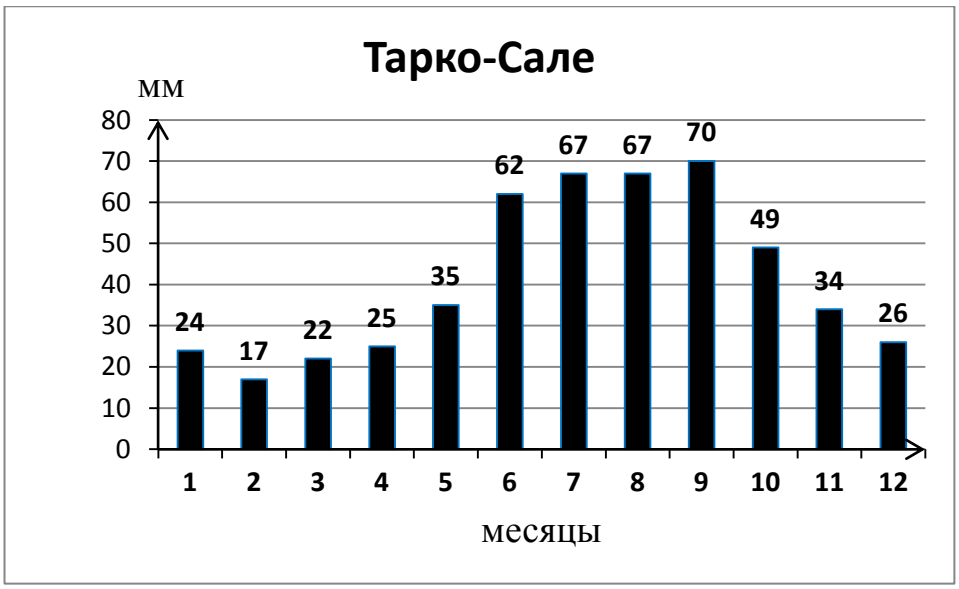



Рисунок 1.16 - Месячное количество осадков по данным метеостанции Тарко-Сале

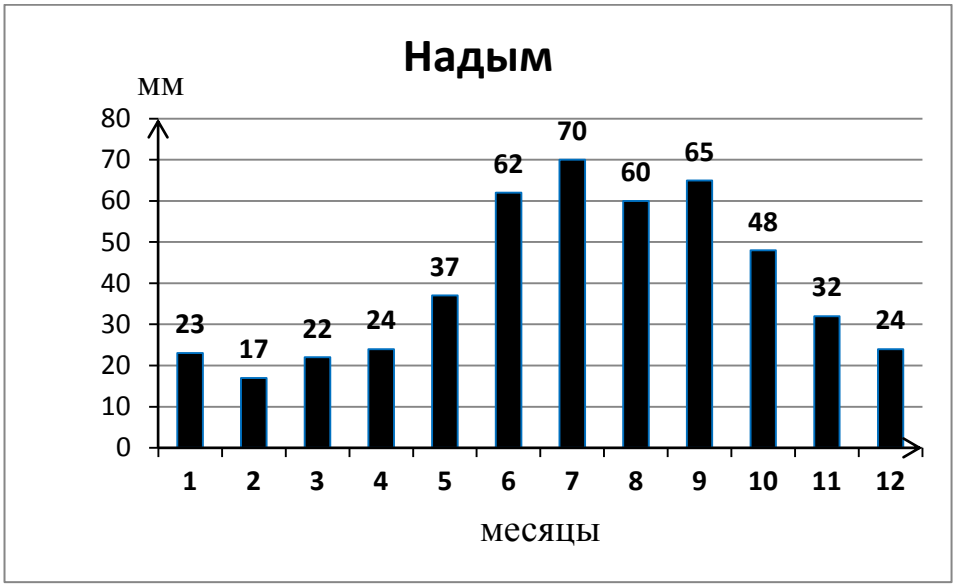



Рисунок 1.17- Месячное количество осадков по данным метеостанции Надым

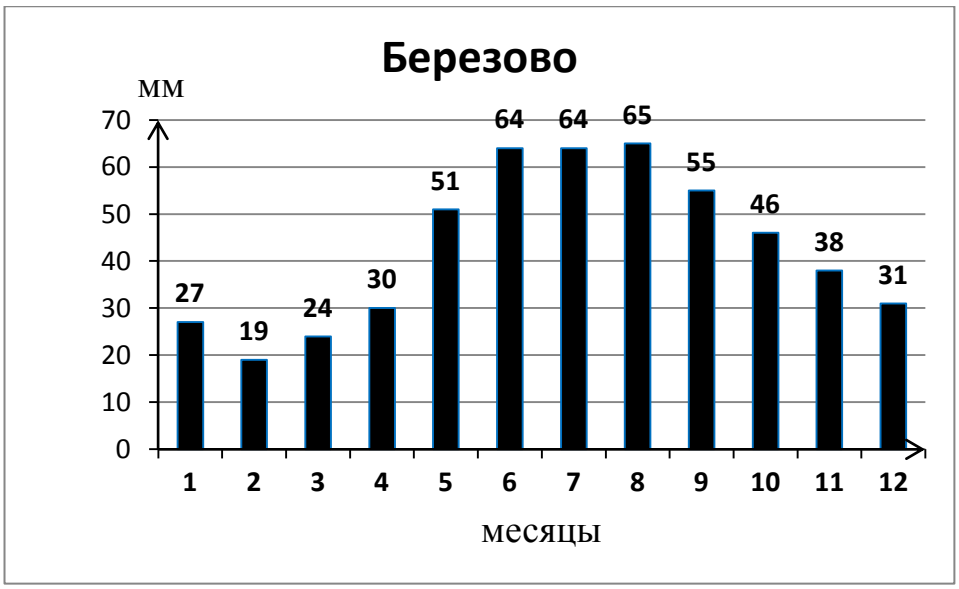



Рисунок 1.18 - Месячное количество осадков по данным метеостанции Березово

Из годового количества осадков на холодный период (ноябрь-март) приходится лишь 25 %. Таким образом, зимний сезон отличается значительной сухостью. В первую половину зимы выпадает больше половины зимнего количества осадков. Годовой минимум осадков падает на февраль. Основное количество осадков выпадает с мая по октябрь, и годовая сумма осадков на 75-80 % складывается из осадков теплого полугодия. Годовой максимум осадков приходится июль-сентябрь. В эти месяцы суммы осадков достигают 70 мм. Число дней с осадками для большей части территории составляет около половины всех дней в году. Преобладают осадки слоем менее 5 мм в сутки. Годовое число дней со слоем осадков 10 мм составляет 3-5 дней. Осадки со слоем более 20 или 30 мм в сутки редки, наблюдаются не ежегодно и только в летний период.

1.8.3 Снежный покров

Снежный покров является одним из существенных факторов, оказывающих влияние на формирование климата. Высота снежного покрова и характер его залегания существенным образом влияют на термический режим почвы, в частности, на глубину ее промерзания.

В исследуемом районе снежный покров появляется в среднем в первых числах октября (таблица 1.5). Первый снег стаивает под влиянием оттепелей и жидких осадков.

Устойчивый снежный покров образуется в начале второй декады октября. Сроки образования устойчивого снежного покрова, так же как и сроки появления его, из года в год колеблются в зависимости от характера погоды, определяемой особенностями циркуляции предзимнего периода.

Наиболее интенсивный рост высоты снежного покрова на рассматриваемой территории происходит в период со второй половины ноября и до начала января, когда количество выпадающих осадков значительно за счет наибольшей повторяемости циклонической погоды. Средняя из наибольших декадных высот снежного покрова за зиму на защищенных от ветра местах 72 см (таблица 1.6).

Район характеризуется очень неравномерным залеганием снежного покрова. Наряду с сугробами, которые образуются в понижениях или в кустарниках, здесь имеются места с очень тонким слоем снега. На рассматриваемой территории снег держится в среднем 230 дней. Средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова – 20 мая (таблица 1.5).

Таблица 1.5 - Число дней со снежным покровом, даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова

| Станция | Число дней со снежным покровом | Дата появления снежного покрова | | | Дата образования устойчивого снежного покрова | | | Дата разрушения устойчивого снежного покрова | | | Дата схода снежного покрова | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | средняя | самая ранняя | самая поздняя | средняя | самая ранняя | самая поздняя | средняя | самая ранняя | самая поздняя | средняя | самая ранняя | самая поздняя |
| Уренгой | 235 | 28.09 | 06.09 | 10.10 | 08.10 | 24.09 | 01.11 | 25.05 | 23.04 | 11.06 | 30.05 | 16.05 | 13.06 |
| Тарко-Сале | 226 | 02.10 | 06.09 | 20.10 | 11.10 | 26.09 | 28.10 | 19.05 | 22.04 | 06.06 | 23.05 | 11.05 | 09.06 |

| Станция | Число дней со снежным покровом | Дата появления снежного покрова | | | Дата образования устойчивого снежного покрова | | | Дата разрушения устойчивого снежного покрова | | | Дата схода снежного покрова | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | средняя | самая ранняя | самая поздняя | средняя | самая ранняя | самая поздняя | средняя | самая ранняя | самая поздняя | средняя | самая ранняя | самая поздняя |
| Надым | 226 | 01.10 | 11.09 | 28.10 | 12.10 | 21.09 | 01.11 | 16.05 | 22.04 | 05.06 | 26.05 | 05.05 | 20.06 |
| Березово | 208 | 05.10 | 13.09 | 28.10 | 18.10 | 28.09 | 04.11 | 05.05 | 09.04 | 31.05 | 18.05 | 21.04 | 05.06 |

Таблица 1.6 - Средняя декадная высота (см) снежного покрова по постоянной рейке

| Станция | IX | | | X | | | XI | | | XII | | | I | | | II | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Уренгой | • | • | • | 2 | 8 | 15 | 16 | 27 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 51 | 55 | 58 | 50 | 62 |
| Тарко-Сале | | • | • | 3 | 7 | 14 | 21 | 26 | 31 | 36 | 41 | 46 | 51 | 55 | 58 | 61 | 64 | 67 |
| Надым | | • | • | 3 | 8 | 13 | 19 | 25 | 31 | 27 | 40 | 43 | 48 | 53 | 57 | 59 | 62 | 64 |

| Станция | III | | | IV | | | V | | | VI | | | Наибольшая за зиму | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | Ср. | max | min |
| Уренгой | 64 | 66 | 68 | 66 | 66 | 62 | 54 | 42 | 42 | 4 | • | • | 72 | 120 | 38 |
| Тарко-Сале | 38 | 40 | 41 | 38 | 35 | 31 | 20 | 10 | • | • | • | | 47 | 94 | 12 |
| Надым | 36 | 36 | 37 | 36 | 31 | 25 | 17 | 8 | • | • | • | | 43 | 88 | 15 |

Примечание: точка (•) обозначает, что снежный покров наблюдался менее чем в 50 % зим.

Снегозапасы достигают максимума к концу марта. Наибольшая плотность снежного покрова составляет 0,34 г/см$^3$.

Интенсивность схода снежного покрова зависит от местных условий. На пониженных защищенных местах таяние снега происходит медленнее, на возвышенных и открытых местах – быстрее.

1.8.4 Динамика изменения климата на территории ЯНАО

Проанализированы данные за период 1936-2010 годы по среднемесячным температурам и месячным суммам осадков трех метеостанций: Тарко-

Сале, Березово, Салехард. Для оценки линейных трендов использовался критерий значимости выборочного коэффициента корреляции ($R$). Гипотеза об отсутствии тренда не опровергалась, если выполнялось условие

$$|R| < t_{2\alpha}\sigma_R \qquad (1.1)$$

где $t_{2\alpha}$– теоретическое значение статистики Стьюдента при уровне значимости $2\alpha = 5\%$;

$\sigma_R$ – стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

$$\sigma_R = \left(1 - R^2\right)/\sqrt{n-1}\,. \qquad (1.2)$$

Результаты проверки представлены в таблицах 1.7, 1.8 и на рисунках 1.19-1.24.

Таблица 1.7 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовых температур воздуха

| Река. пункт | $R$ | $R^2$ | $\sigma_R$ | $t_{2\alpha}*\sigma_R$ | $H_0$: $R = 0$ |
|---|---|---|---|---|---|
| р. Пяку-Пур – г.Тарко-Сале | 0,17 | 0,029 | 0,112 | 0,226 | не опр. |
| р. Сев. Сосьва – п.Березово | 0,07 | 0,005 | 0,116 | 0,231 | не опр. |
| р. Обь – г.Салехард | 0,001 | 0 | 0,11 | 0,232 | не опр. |

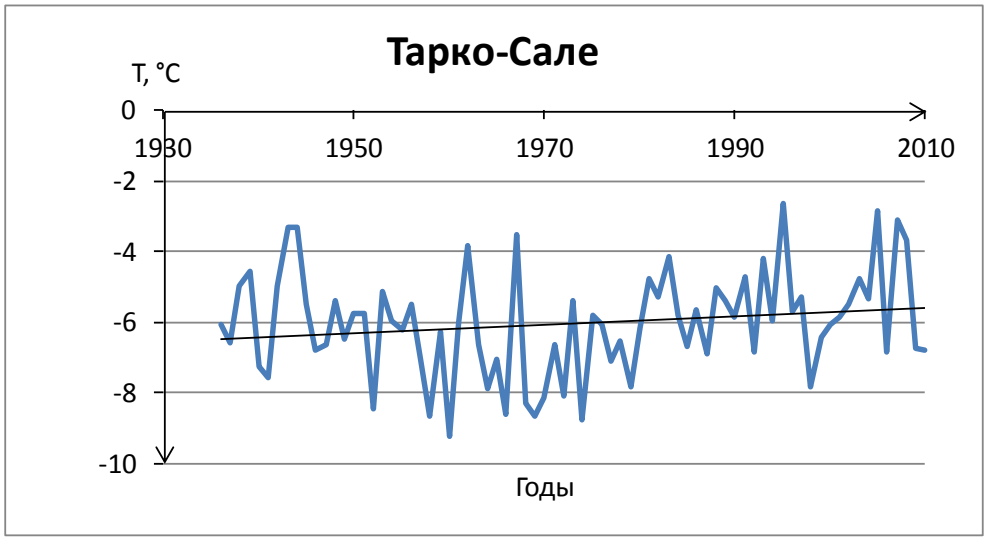



Рисунок 1.19 - Среднегодовые температуры воздуха по данным метеостанции Тарко-Сале

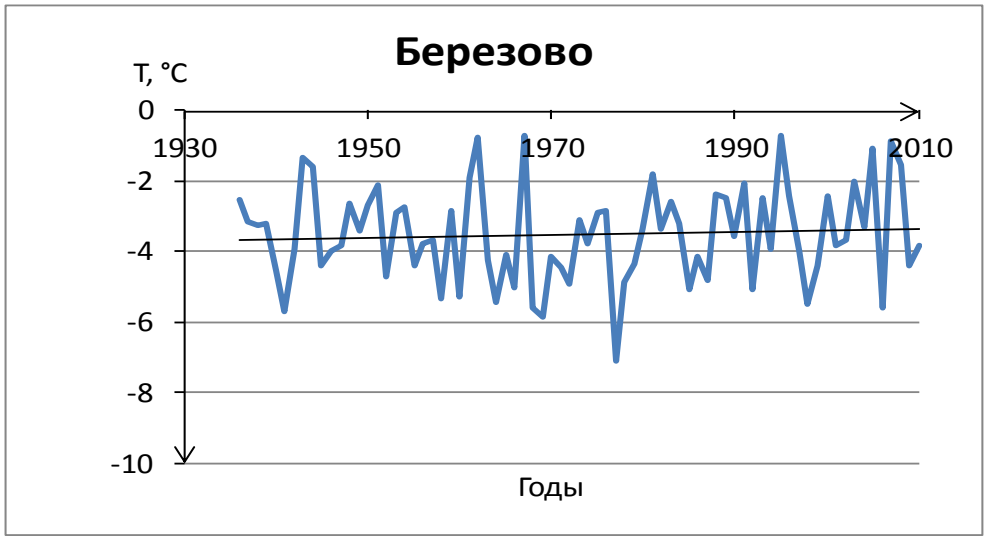



Рисунок 1.20 - Среднегодовые температуры воздуха по данным метеостанции Березово

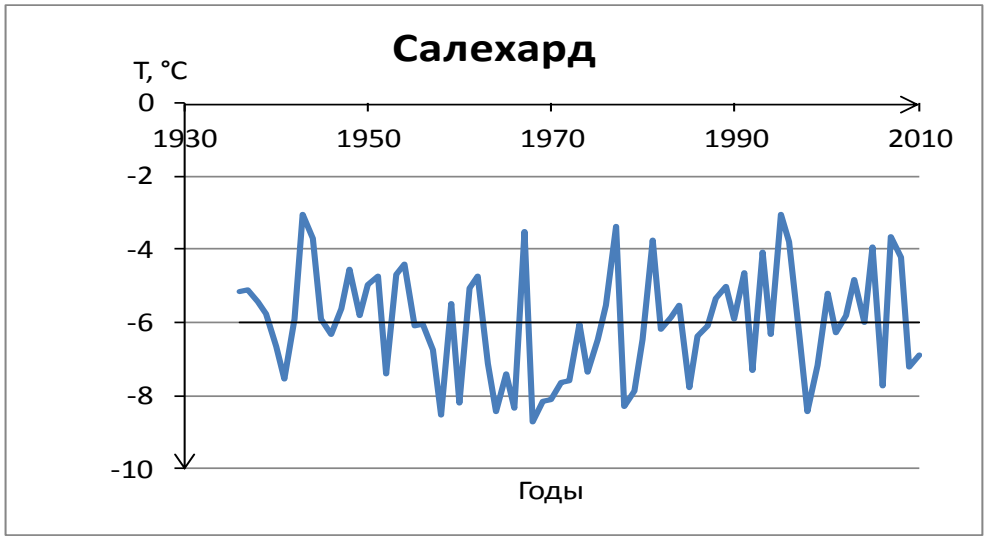



Рисунок 1.21 - Среднегодовые температуры воздуха по данным метеостанции Салехард

В рядах месячных сумм осадков в пунктах Тарко-Сале и Березово были выявлены значимые тренды. По этим данным были построены интегральные кривые осадков для определения сроков начала увеличения годовых сумм осадков. Оценка кривых показала, что в Тарко-Сале изменения начались в 1976-1978 годах, а в Березово – в 1981-1982 гг. (рис.1.22,1.23)

Таблица 1.8 – Оценка значимости линейных трендов в рядах годовых сумм осадков

| Река. пункт | $R$ | $R^2$ | $\sigma_R$ | $t_{2\alpha}*\sigma_R$ | $H_0$: $R = 0$ |
|---|---|---|---|---|---|
| р. Пяку-Пур – г.Тарко-Сале | 0,527 | 0,278 | 0,084 | 0,168 | опр. |
| р. Сев. Сосьва – п.Березово | 0,417 | 0,174 | 0,097 | 0,195 | опр. |
| р. Обь – г.Салехард | 0,22 | 0,05 | 0,11 | 0,221 | не опр. |

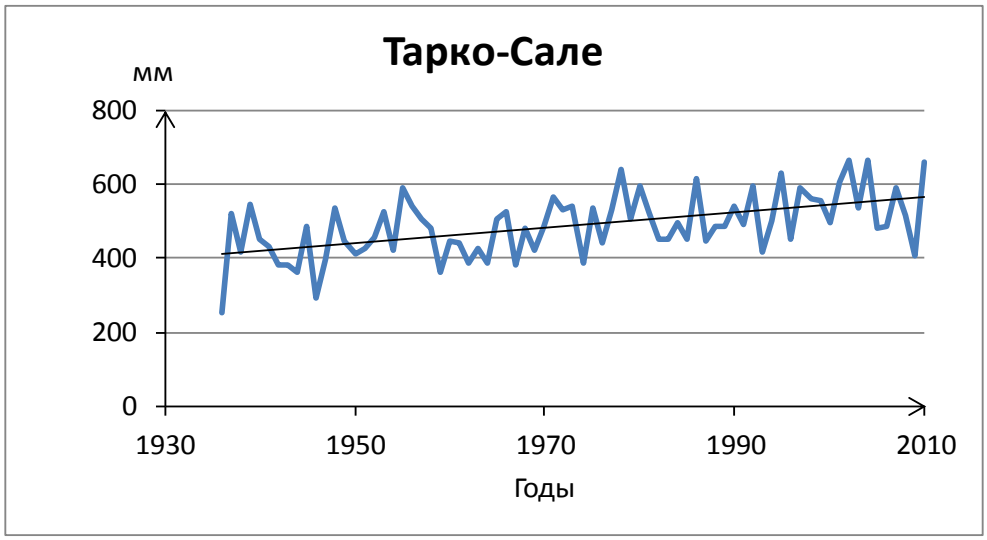



Рисунок 1.22 – Годовые суммы осадков по данным метеостанции Тарко-Сале

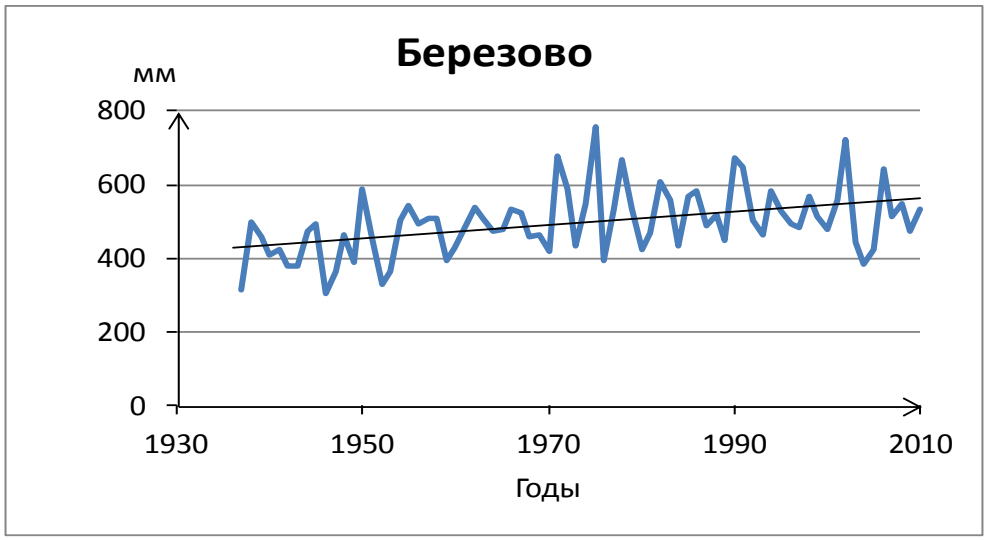



Рисунок 1.23 - Годовые суммы осадков по данным метеостанции Березово

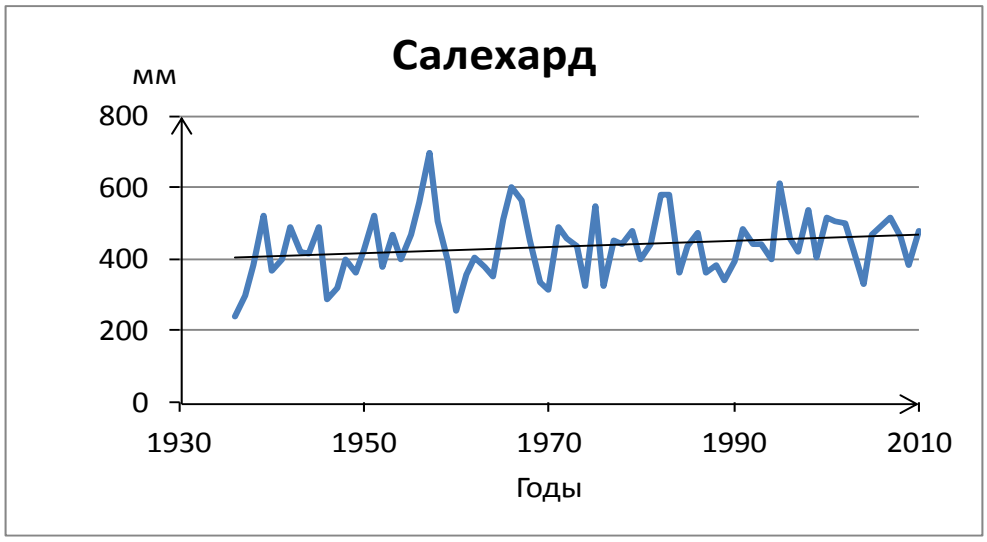



Рисунок 1.24 - Годовые суммы осадков по данным метеостанции Салехард

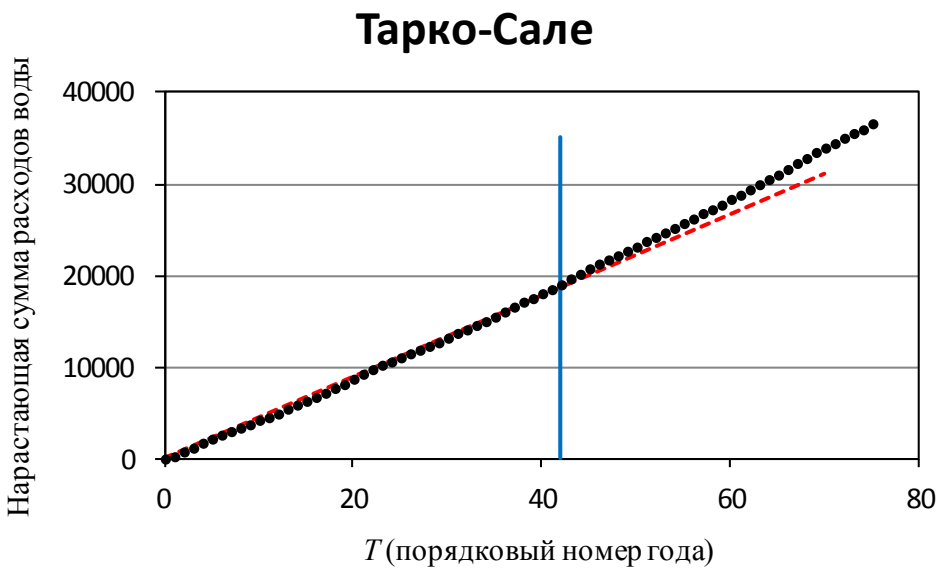



Рисунок 1.22 - Интегральные кривые годовых сумм осадков по данным метеостанции Тарко-Сале

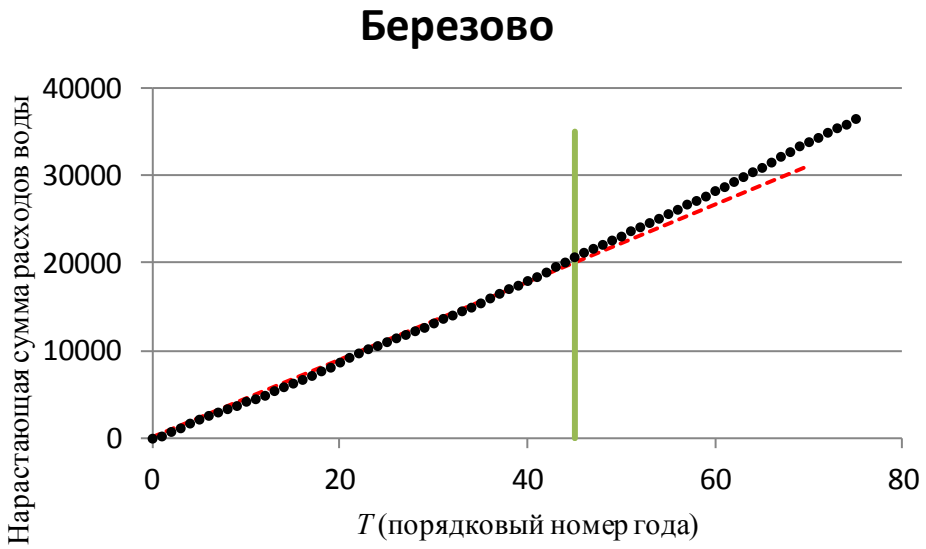



Рисунок 1.23 - Интегральные кривые годовых сумм осадков по данным метеостанции Березово

## 2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕК РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

По однородности типов водного режима, климатических условий, источников питания, рельефа, условий формирования речного стока и его внутригодового распределения на рассматриваемой территории выделено три гидрологических района (рис. 2.1): II. Лесной (таежный) с тремя подрайонами; III. Лесотундры, IV. Тундры. Выделенные гидрологические районы в основном укладываются в пределы природных географических зон данной территории [1].

II. Лесной район. Северо-Сосьвинский подрайон (II г) занимает северо-западную часть лесной (таежной) зоны Западно-Сибирской низменности. К нему относятся бассейны рек Сев. Сосьвы, Сыни и др. Реки рассматриваемого подрайона в основном берут начало с восточных склонов Уральских гор, что определяет особенности их водного режима. Лесистость водосборов района составляет от 50 до 90%, болота занимают от 5 до 35% площади рассматриваемой территории [1]. Водный режим рек характеризуется весенне-летним половодьем, летними и осенними паводками, превышающими в отдельные годы половодье (рис.2.2).

Половодье начинается в конце апреля – начале мая. Максимум проходит в середине мая. Заканчивается половодье в конце июня – середине июля. Продолжительность его 80 – 90 дней. Объем стока половодья составляет 55 – 70% годового. Высокая летне-осенняя межень со средней продолжительностью 30 – 45 дней постоянно нарушается дождевыми паводками. Паводки хорошо выражены, и только в отдельные годы они сливаются с весенним половодьем. В этих случаях продолжительность, объемы и максимальные расходы паводков существенно превышают весенние подъемы воды и образуют один высокий и мощный подъем. Средние модули стока летне-осенней межени 4,10 – 9,90 л/сек, км². Зимняя межень продолжительная, низкая по водности. Средние модули стока за зимнюю межень 1.20 – 2,00 л/сек, км².

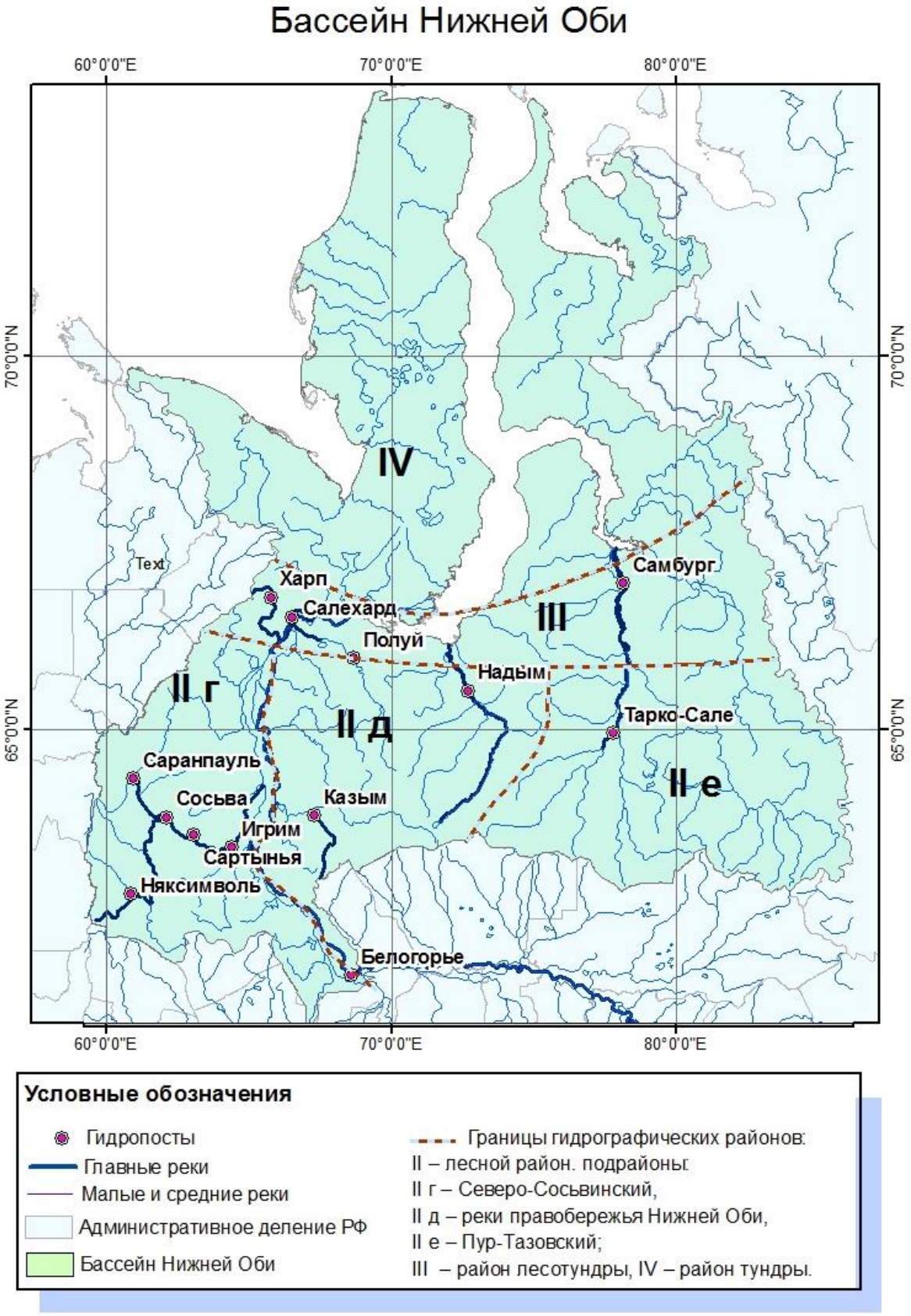



Рисунок 2.1 – Схема гидрологических районов бассейнов Нижней Оби.

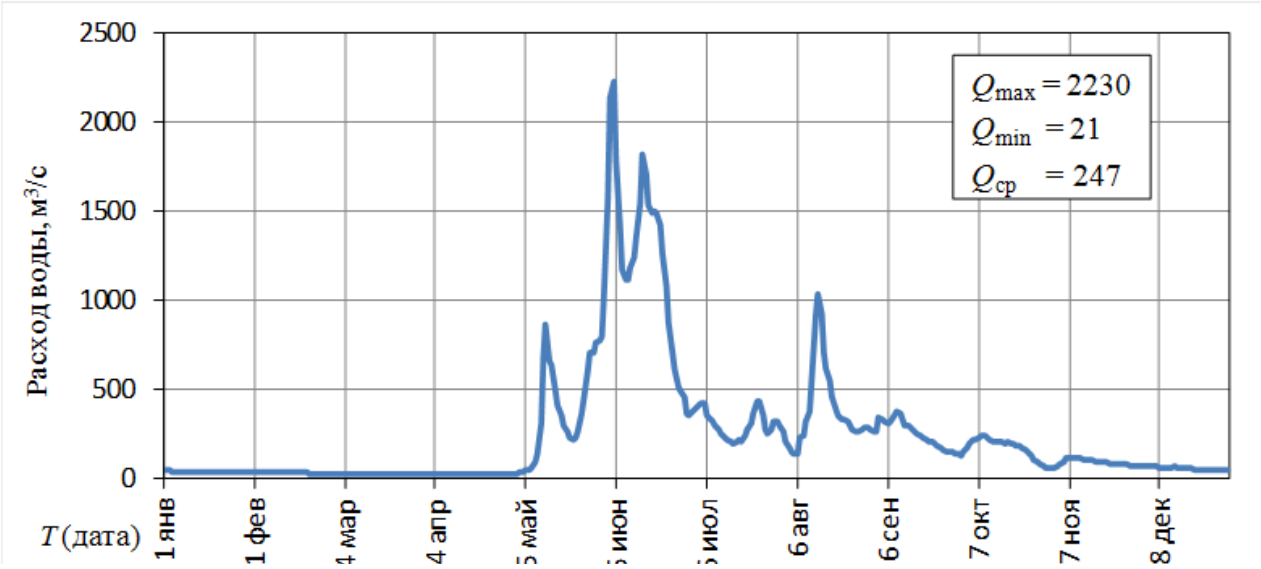



Рисунок 2.2 – Гидрограф стока р. Ляпин у с. Саранпауль, 1981 г.

Появление ледовых образований (сала, шуги, ледохода) на реках в среднем относится к середине – концу ноября. Ледостав устойчивый, со средней продолжительностью 200 дней. Средний годовой модуль стока 6,00 – 12,0 л/сек, км². Коэффициент внутригодовой зарегулированности стока 0,60.

Реки правобережья Нижней Оби (подрайон II д). Поверхность рассматриваемой территории (Полуй, Надым) низменная, равнинная. Лесистость водосборов рек района колеблется от 35 до 60%, болота занимают от 10 до 45% площади водосборов [1]. Водный режим рек характеризуется хорошо выраженным весенне-летним половодьем и летне-осенними паводками (рис.2.3, 2.4). Половодье начинается в начале – середине мая. Максимум проходит в конце мая. Заканчивается половодье в начале – середине июля. Форма половодья стройная, большей частью одновершинная. Средняя продолжительность его 65 – 70 дней. На спаде половодья часто наблюдаются дождевые паводки. Объем стока половодья составляет 40 – 50% годового.

Короткая летне-осенняя межень со средней продолжительностью 30 дней начинается обычно в конце июля – начале августа (на р. Амня – в первой половине июля) и продолжается до середины сентября. Меженный пери-

од нарушается дождевыми паводками, высота которых не превышает половодья. Средние модули летне-осенней межени 6,00 – 8,20 л/сек, км². Появление ледовых образований на реках в среднем относится к первой половине октября. Зимняя межень продолжительная (в среднем 200 дней).

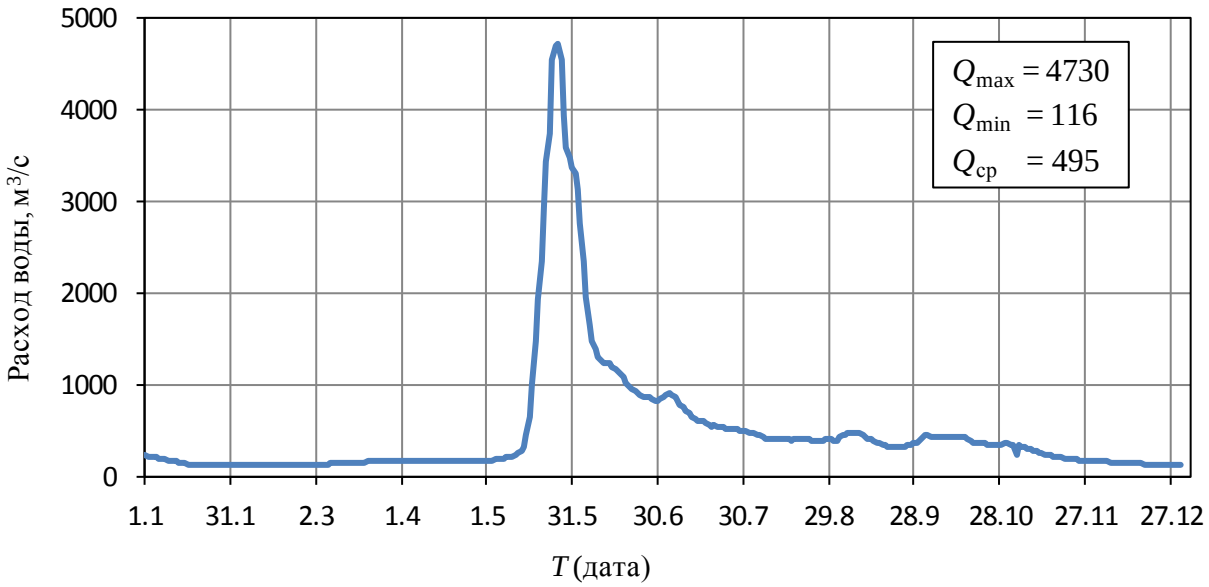



Рисунок 2.3 – Гидрограф стока р. Надым у п. Надым, 1987 г.

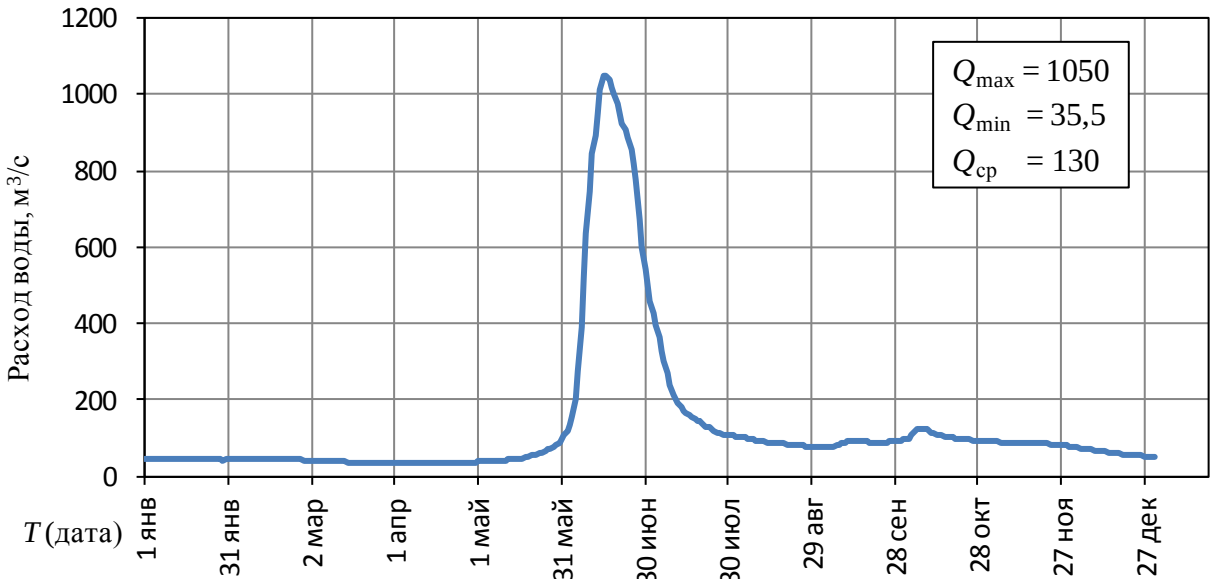



Рисунок 2.4 – Гидрограф стока р. Полуй у с. Полуй, 1983 г.

Ледостав устойчивый со средней продолжительностью 210 дней. Средние модули стока за зимнюю межень составляют 2,80 – 4,80 л/сек км². Средний годовой модуль стока 8,00 – 9,00 л/сек, км². Коэффициент внутригодовой зарегулированности стока 0,60.

Пур-Тазовский подрайон (II е) занимает северо-восток лесной зоны. К нему относится большая часть бассейнов рек Пур и Таз. Низовья этих рек располагаются в лесотундре и тундре. Поверхность рассматриваемого подрайона представляет собой плоско-холмистую равнину с общим, очень небольшим уклоном на север, значительно залесенную (40 – 80%) и заболоченную (10 – 45%)[1]. Водный режим рек характеризуется весенне-летним половодьем, летними и осенними паводками (рис. 2.5).

Половодье начинается в первой декаде мая. Максимум проходит в начале июня. Заканчивается половодье в конце июля – начале августа. Продолжительность его 80 – 90 дней. Объем стока половодья составляет 50 – 60% годового. Летне-осенняя межень обычно длится с июля (на крупных реках с августа) по сентябрь. Средняя продолжительность ее 40 – 70 дней. Летние и осенние паводки достаточно выражены. На крупных реках они сливаются вместе и образуют повышенный летне-осенний сток. Паводки здесь не превышают половодья.

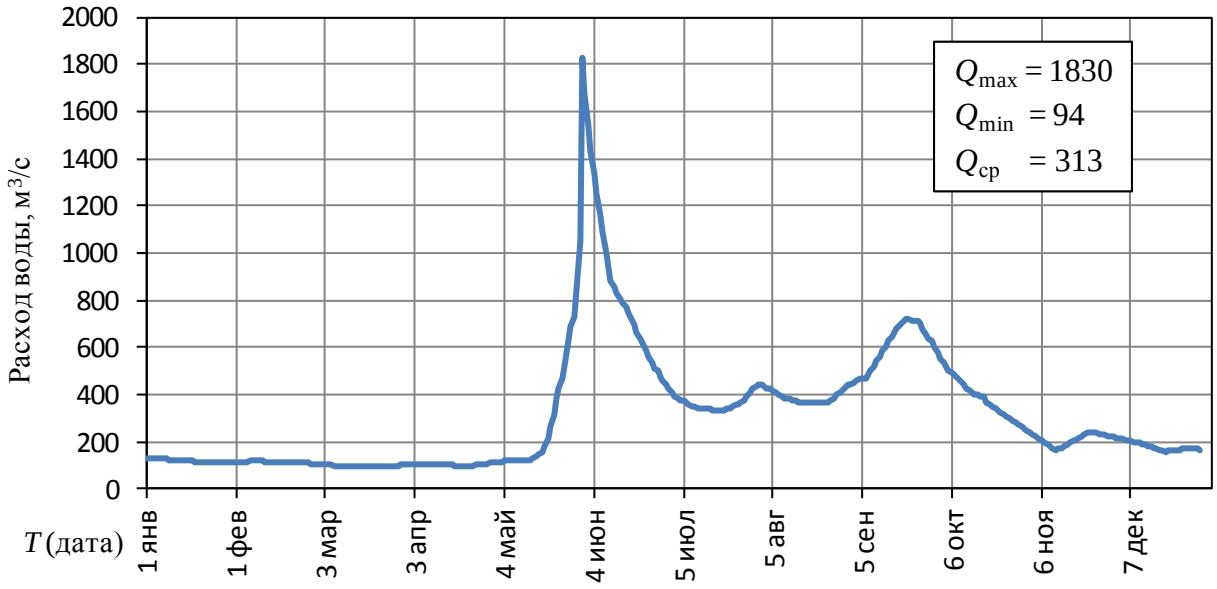



Рисунок 2.5 – Гидрограф стока р. Пяку-Пур у п. Тарко-Сале, 1983 г.

Средние модули летне-осенней межени 7,20 – 8,60 л/сек, км². Появление ледовых образований на реках в среднем относится к первой половине

октября. Зимняя межень продолжительная А95 дней). Ледостав устойчивый, средняя продолжительность его 225 дней. Средние модули стока за зимнюю межень 3,00 – 4,80 л/сек, км². Средний годовой модуль стока 9,00 – 10,0 л/сек, км². Коэффициент внутригодовой зарегулированности стока 0,60.

III. Район лесотундры. Является переходным от лесной зоны к тундре, она простирается неширокой полосой в широтном направлении. Для всего района характерно наличие многолетней мерзлоты[1]. Речные долины здесь слабо разработаны. Русла небольших рек соединяются системой озер и болот.

Основное питание рек осуществляется водами снегового и дождевого происхождения. Грунтовое питание вследствие наличия вечной мерзлоты весьма незначительно. Речная сеть здесь хорошо развита, но мало изучена.

Половодье имеет довольно высокую и острую волну. Зачастую гидрограф половодья носит расчлененный характер, что объясняется характером весны, неравномерным таянием снега в горах и прохождением дождей на спаде половодья (рис.2.5). Начинается половодье обычно в середине мая и продолжается до середины июля. Максимум проходит в середине июня. Продолжительность половодья в среднем 60 – 65 дней. Объем стока половодья составляет 60% годового.

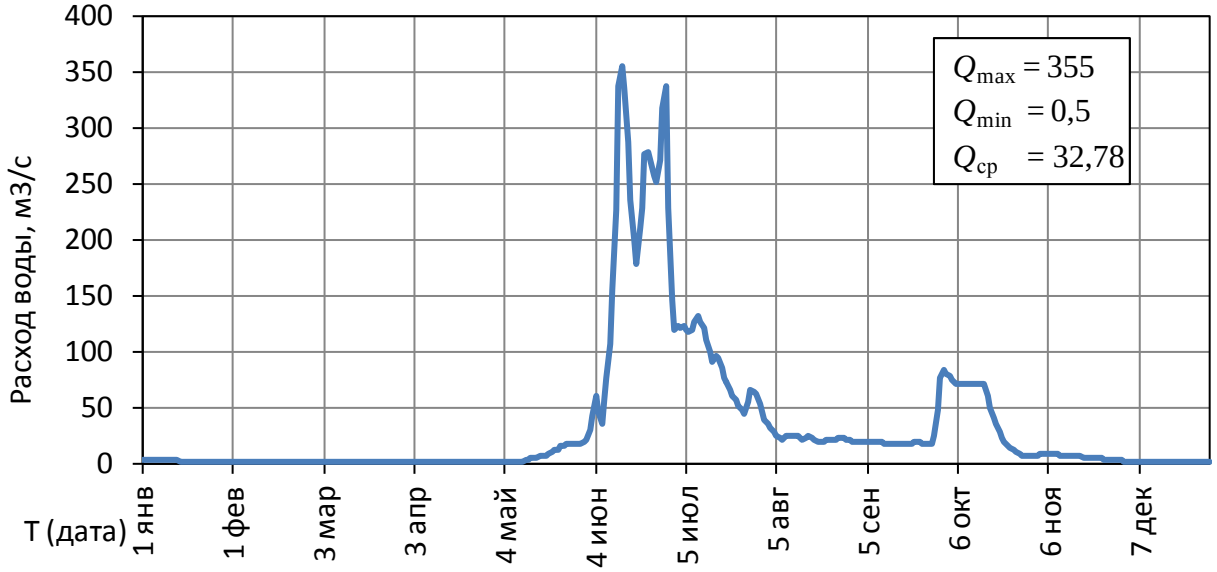



Рисунок 2.5 – Гидрограф стока р. Собь у п. Харп, 1988 г.

Летне-осенняя межень не имеет ярко выраженного характера. Она неустойчива, непродолжительна, нарушается серией дождевых паводков. Средняя продолжительность летне-осеннего меженного периода 30 – 35 дней. Средний модуль стока 20,7 л/сек, км². Зимняя межень начинается обычно в конце октября и заканчивается в середине мая. Средняя продолжительность ее 200 дней. Средний модуль стока за зимнюю межень 2,23 л/сек, км².

Ледовые явления начинаются в первой .половине октября. Ледостав устойчивый, средняя продолжительность его 205 дней. Средний годовой модуль стока 24,1 л/сек, км². Коэффициент внутригодовой зарегулированности стока 0,40.

IV. Район тундры. Реки тундровой зоны, как правило, имеют небольшие размеры [1]. Многие реки представляют короткие протоки, соединяющие многочисленные озера. Вследствие равнинности рельефа и близкого залегания к земной поверхности вечной мерзлоты реки тундры имеют мелкие долины, неглубокие, очень извилистые русла и низкие берега. Основное питание рек рассматриваемой территории осуществляется поверхностными водами снегового и дождевого происхождения. Грунтовое питание вследствие наличия вечной мерзлоты незначительно. Половодье на реках тундры имеет довольно высокую и быструю волну, что объясняется быстрым стоком поверхностных вод, а также слабым влиянием пойменного, руслового и озерного регулирования. Паводки вызываются здесь летними и осенними дождями. В зимний период реки не получают дополнительного питания из-за влияния вечной мерзлоты, в результате чего они имеют сильно пониженный зимний сток или промерзают до дна. На реках этой зоны развиты наледные явления. Большая часть тундровой зоны в гидрологическом отношении не изучена.

Водный режим реки характеризуется весенне-летним половодьем со средней продолжительностью 80 дней. Начинается оно обычно в середине мая и продолжается до конца июля. Максимум проходит во второй половине июня. Объем стока составляет 70% годового. После прохождения половодья

начинается период летне-осенней межени, который, как правило, прерывается одним или несколькими дождевыми паводками. В некоторые годы наблюдается целая серия дождевых паводков. Межень в таких случаях представлена в виде непродолжительного маловодного периода. В отдельные годы максимальные расходы дождевых паводков даже превышают весенние.

Начинается летне-осенняя межень в первой половине августа и заканчивается в середине сентября. Средняя продолжительность ее 40 дней. Летне-осенняя межень характеризуется повышенным стоком. Средний модуль стока за летне-осеннюю межень составляет 8,20 л/сек, км². Зимняя межень начинается обычно в середине октября и продолжается 210 дней, заканчиваясь в начале мая. Период зимней межени характеризуется пониженным стоком, средний модуль стока равен 0,69 л/сек, км². Река ежегодно промерзает. Средняя продолжительность промерзания 3—6 месяцев. Средний годовой модуль стока 10,2 л/сек. км². Коэффициент внутригодовой зарегулированности стока 0,49.

# 3. РАСЧЕТ ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА НА РЕКАХ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

## 3.1 Методика расчета при наличии данных гидрометрических наблюдений

Расчет внутригодового распределения стока представляет собой количественную оценку распределения речного стока по сезонам и месяцам года. Сведения о внутригодовом распределении стока необходимы при проектировании водохранилищ, для оценки баланса притока и потребления воды, при разработке проектов промышленного и хозяйственного водоснабжения.

При расчете внутригодового распределения стока используются среднемесячные расходы за водохозяйственные годы. Целесообразно переводить расходы воды в объемы стока в км$^3$ или в тыс. м$^3$, так как при этом учитывается различие в числе дней не високосных и високосных лет и в числе секунд в разные месяцы года.

За начало водохозяйственного года принимается наиболее ранняя дата наступления многоводной фазы с округлением до месяца. На практике за начало водохозяйственного года принимают первый месяц, для которого средняя многолетняя величина месячного расхода превышает норму годового стока.

Для большей части территории России наиболее многоводной фазой является весеннее половодье, и, следовательно, водохозяйственный год начинается с началом весны. В отличие от календарного года, водохозяйственный год начинается в разные сроки в различных климатических зонах. Так на большей части северо-запада ЕТР водохозяйственный год начинается с 1 апреля, а в Восточной Сибири – с 1 мая.

Водохозяйственный год делится не на четыре, а на три сезона – два смежных сезона, со сходными условиями формирования стока, объединяются в один составной. Для северо-запада ЕТР сходные условия формирования стока наблюдаются летом и осенью. В эти сезоны сток рек формируется за счет грунтового питания и жидких осадков. Поэтому для данной территории

составным сезоном является сезон «лето-осень». Весной река питается главным образом за счет таяния снега, а зимой переходит преимущественно на грунтовое питание. Границы сезонов назначаются едиными для всех лет.

Два смежных сезона, когда сток лимитирует потребление, объединяются в лимитирующий период, следовательно, нелимитирующий период всегда состоит из одного сезона.

Внутри лимитирующего периода выбирается лимитируюший сезон. Следовательно, лимитирующий период состоит из лимитирующего и нелимитирующего сезонов (рис.2.1).

Назначение лимитирующего периода и сезона зависит от конкретной задачи. Так для сельского хозяйства лимитирующим сезоном в большинстве случаев является «лето-осень», а для нужд водоснабжения лимитирующим будет самый маловодный сезон в году (для многих регионов России – это зима).

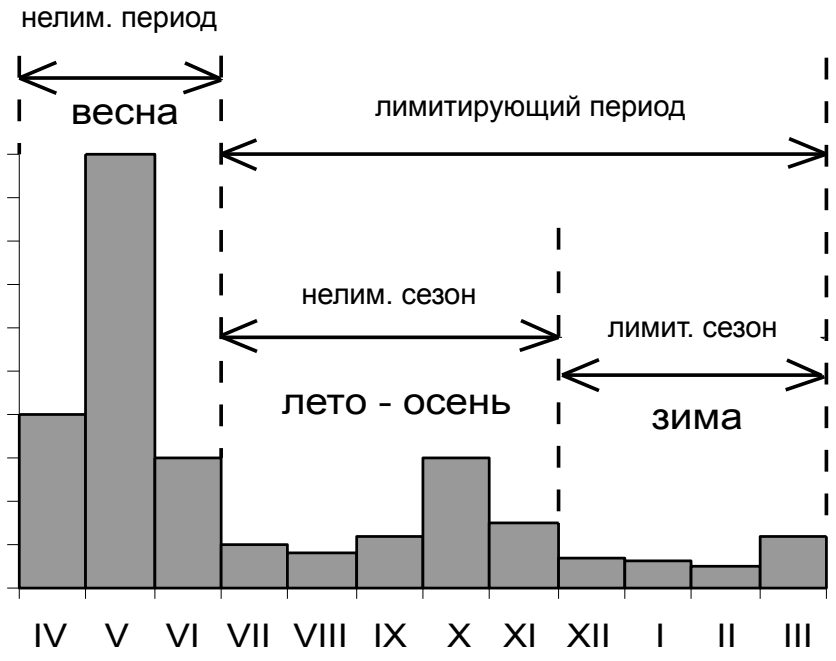



Рис.3.1 - Схема разбивки водохозяйственного года на сезоны и периоды при расчете внутригодового распределения стока

Расчет внутригодового распределения стока был произведен в соответствии с действующими нормативными документами для года 90%-ной обеспеченности методом компоновки сезонов.

## 3.2 Расчет внутригодового распределения стока по отдельным районам Ямало-Ненецкого автономного округа

### 3.2.1 *Районирование территории по особенностям внутригодового распределения стока*

II. Лесной район.

*Северо-Сосьвинский подрайон (II г).*

Водный режим рек характеризуется весенне-летним половодьем, летними и осенними паводками, превышающими в отдельные годы половодье (см. рис. 2.2).

Деление водохозяйственного года по сезонам произведено по обобщенным наблюдениям на пяти гидрологических постах: р. Северная Сосьва - п. Сартынья, р. Северная Сосьва - п. Игрим, р. Сев.Сосьва - с.Няксимволь, р. Северная Сосьва - п. Сосьва, р. Ляпин - п. Саранпауль (рис.3.2-3.6).

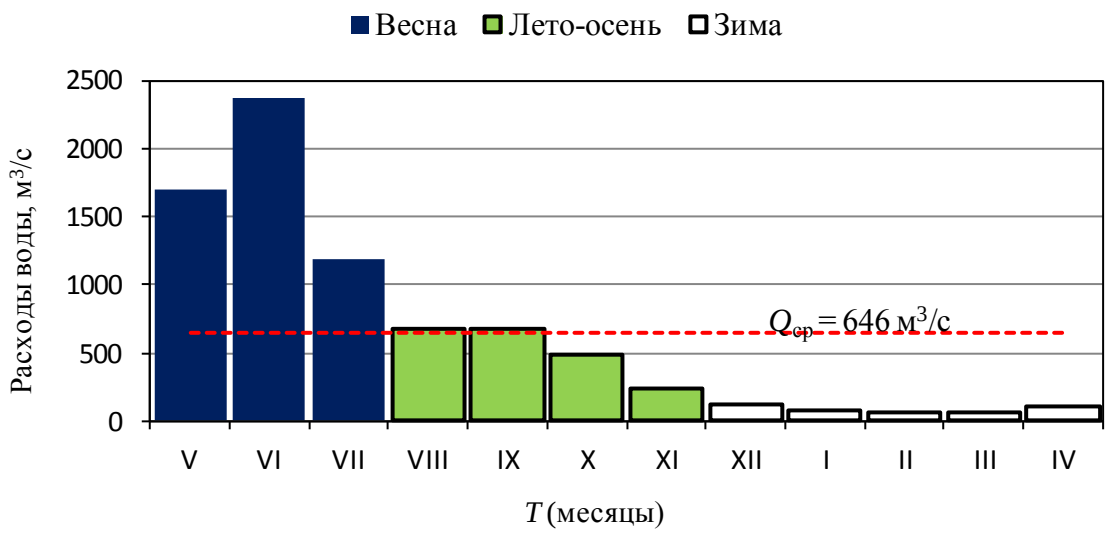



Рис.3.2 – Среднемесячные расходы воды, р. Северная Сосьва - п. Сартынья

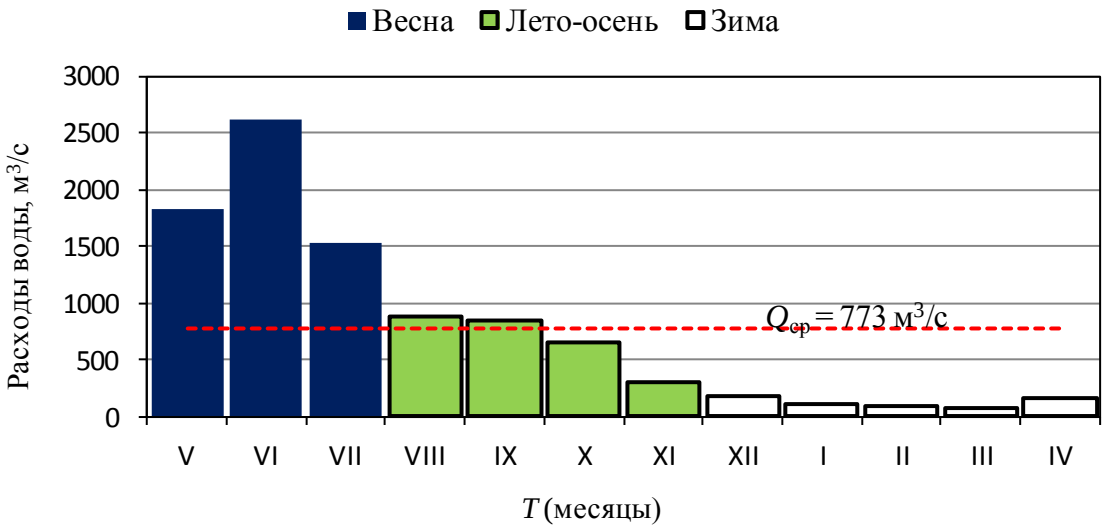



Рис.3.3 – Среднемесячные расходы воды, р. Северная Сосьва - п. Игрим

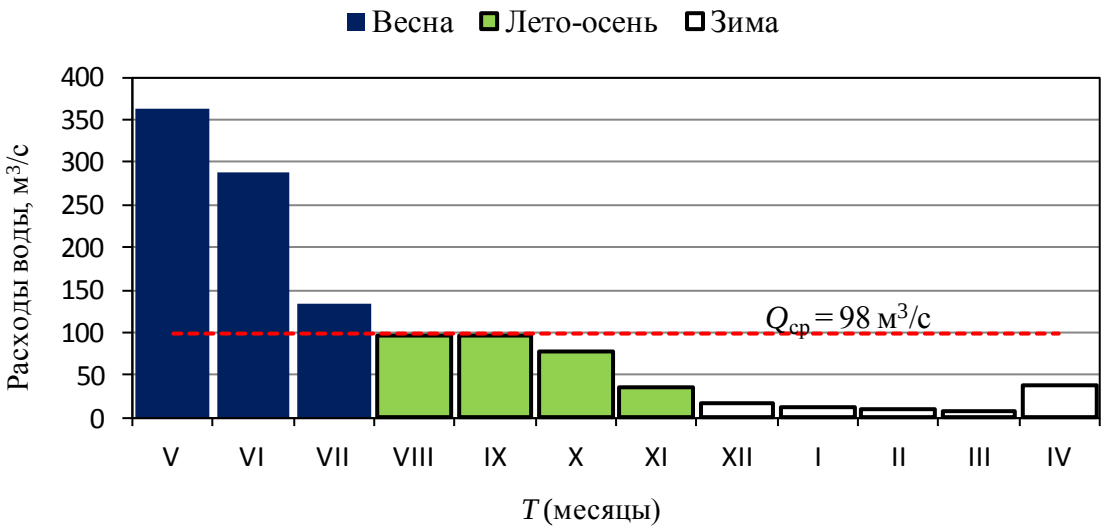



Рис.3.4 – Среднемесячные расходы воды, р. Северная Сосьва - с.Няксимволь

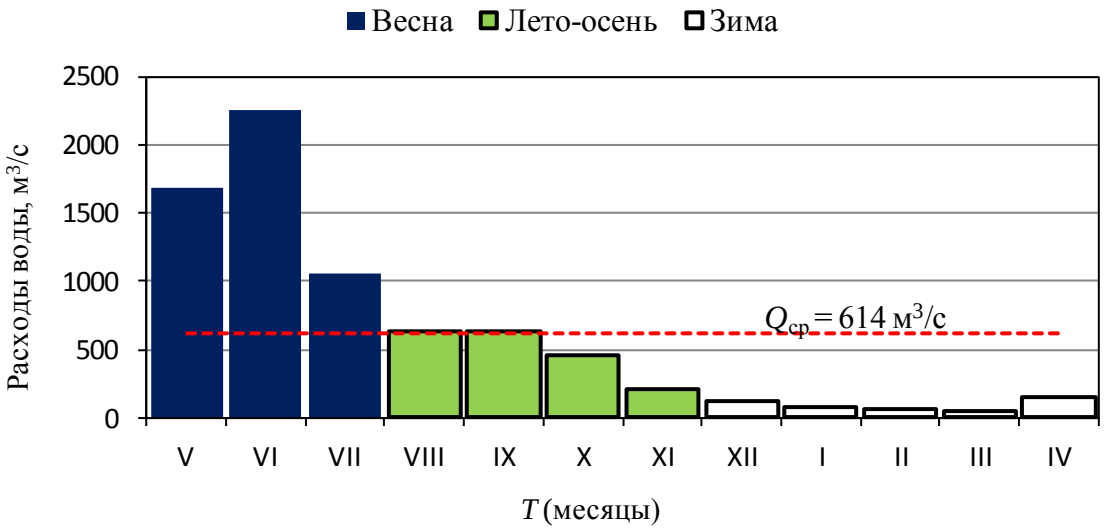



Рис.3.5 – Среднемесячные расходы воды, р. Северная Сосьва - п. Сосьва

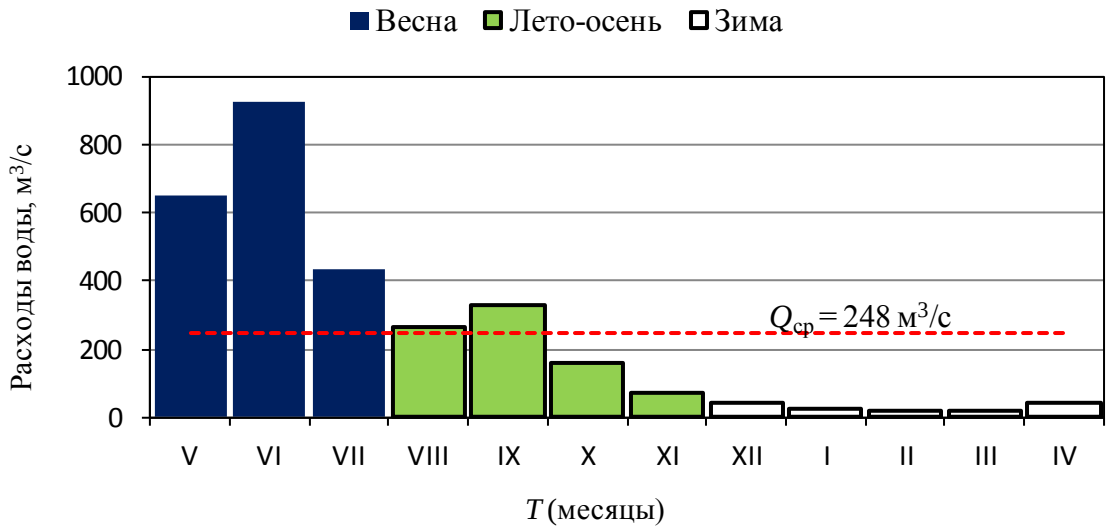



Рис.3.6 – Среднемесячные расходы воды, р. Ляпин - п. Саранпауль.

После анализа эмпирических данных (рис.3.2-3.6) были приняты: за основные сезоны – весну (май-июль), лето-осень (август-ноябрь), зиму (декабрь-апрель); за лимитирующий период – лето-осень-зиму; за лимитирующий сезон – зиму.

*Подрайон II д* – Реки правобережья Нижней Оби. Водный режим рек характеризуется хорошо выраженным весенне-летним половодьем и летне-осенними паводками (см. рис. 2.3, 2.4).

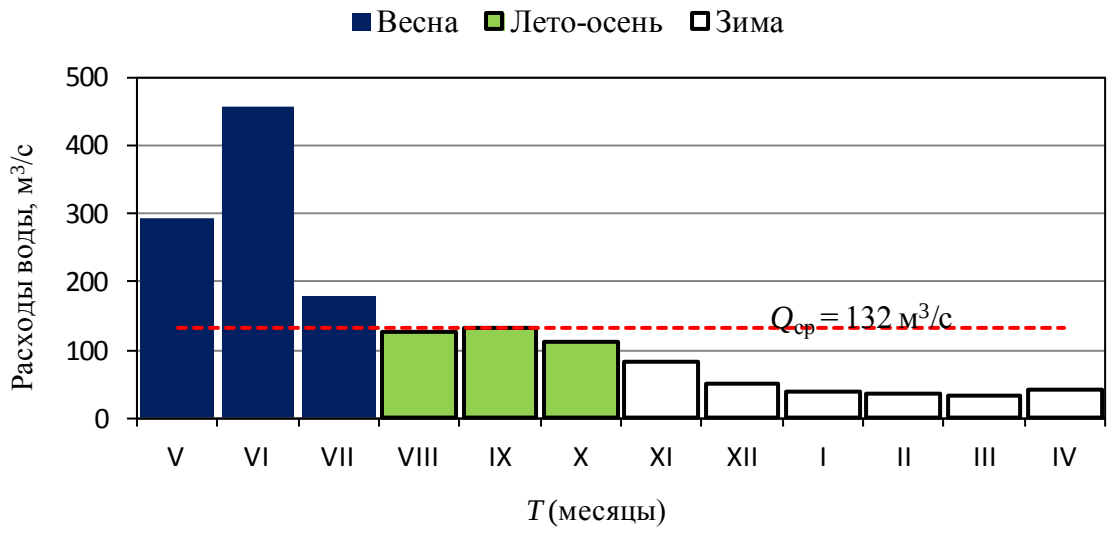



Рис.3.7 – Среднемесячные расходы воды, р. Полуй-п. Полуй.

Деление водохозяйственного года по сезонам произведено по обобщенным наблюдениям на трех гидрологических постах: р. Полуй – п. Полуй, р. Надым – п. Надым, р.Амня – п. Казым (рис.3.7-3.9).

После анализа эмпирических данных (рис.3.7-3.9) были приняты: за основные сезоны – весну (май-июль), лето-осень (август-октябрь), зиму (ноябрь-апрель); за лимитирующий период – лето-осень-зиму; за лимитирующий сезон – зиму.

*Подрайон II е* – Пур-Тазовский район. Водный режим рек характеризуется весенне-летним половодьем, летними и осенними паводками (рис. 2.5).

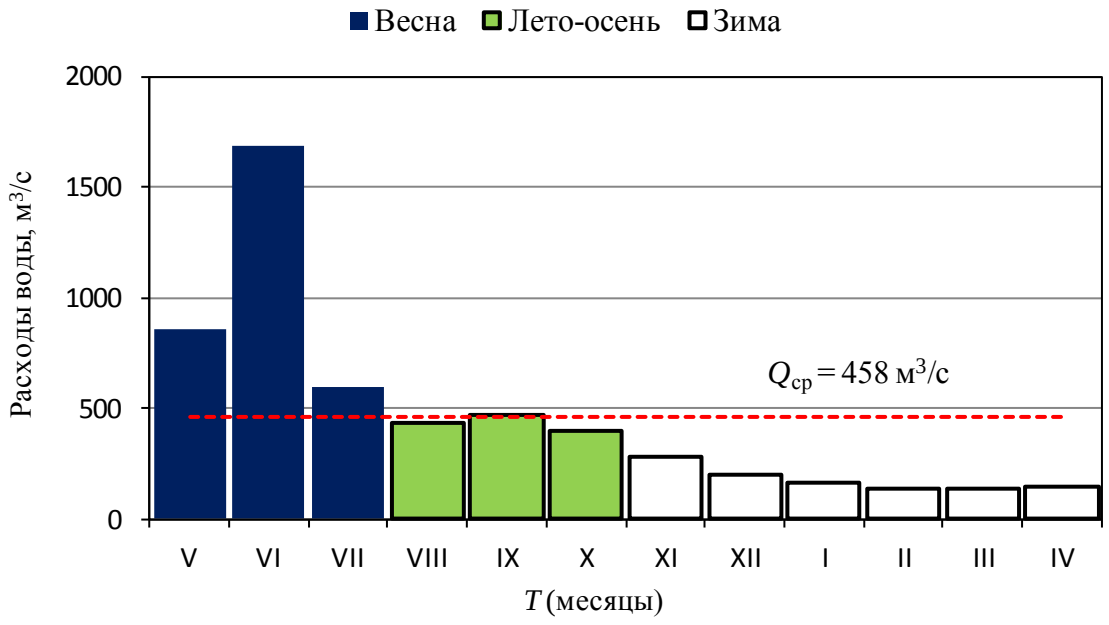



Рис.3.8 – Среднемесячные расходы воды, р. Надым - п. Надым

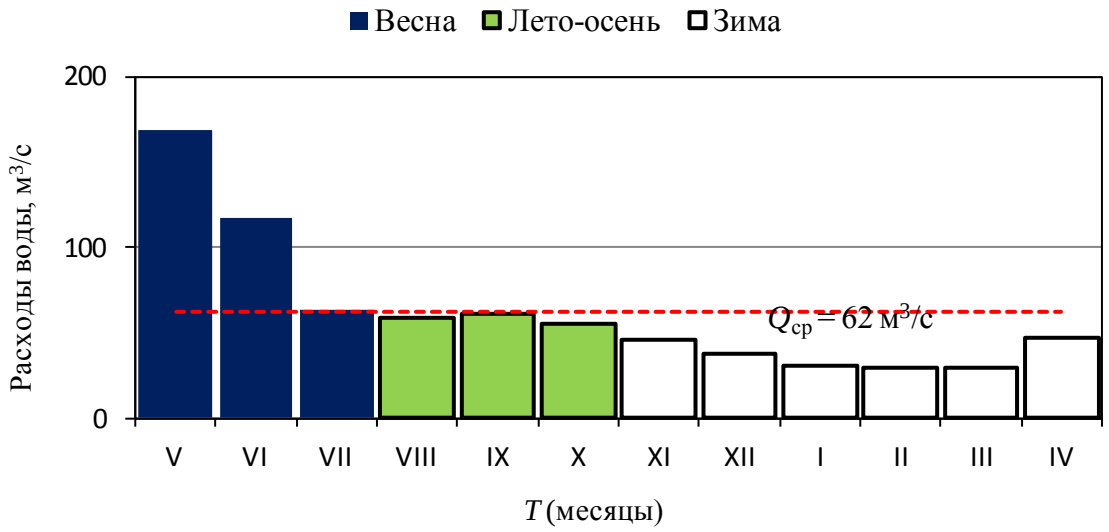



Рис.3.9 – Среднемесячные расходы воды, р.Амня - п. Казым

Деление водохозяйственного года по сезонам произведено наблюдениям на гидрологическом посту Тарко-Сале (р. Пяку-Пур) (рис.3.10). Были приняты: за основные сезоны – весну (май-июль), лето-осень (август-октябрь), зиму (ноябрь-апрель); за лимитирующий период – лето-осень-зиму; за лимитирующий сезон – зиму.

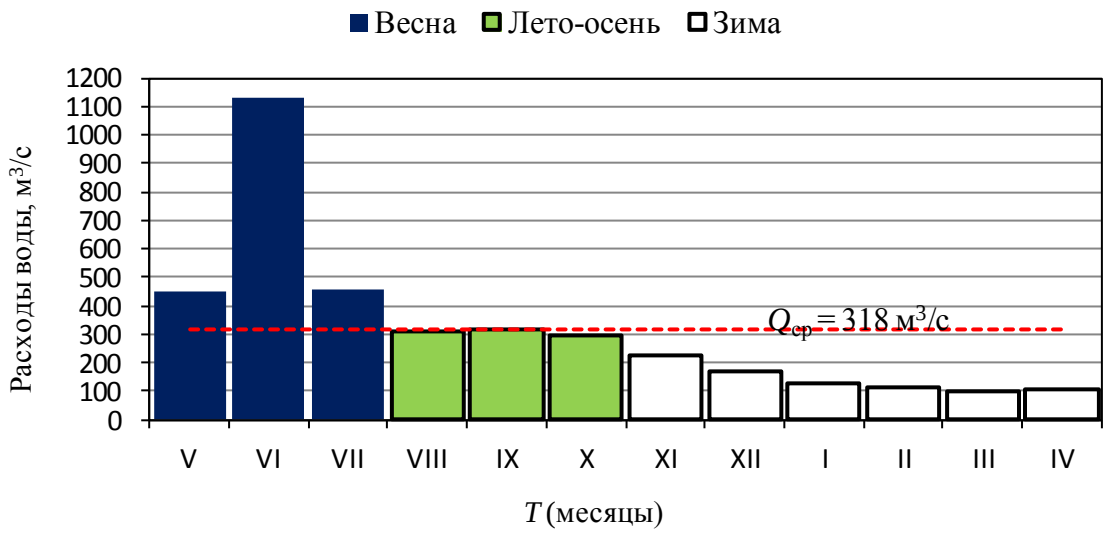



Рис.3.10 – Среднемесячные расходы воды, р.Пяку-Пур - п. Тарко-Сале

Район III – Район лесотундры.

Является переходным от лесной зоны к тундре, она простирается неширокой полосой в широтном направлении. Половодье имеет довольно высокую и острую волну. Летне-осенняя межень не имеет ярко выраженного характера (см.рис.2.5).

Деление водохозяйственного года по сезонам произведено по обобщенным наблюдениям на двух гидрологических постах: р. Собь-п. Харп, р. Пур- п. Самбург (рис.3.11, 3.12).

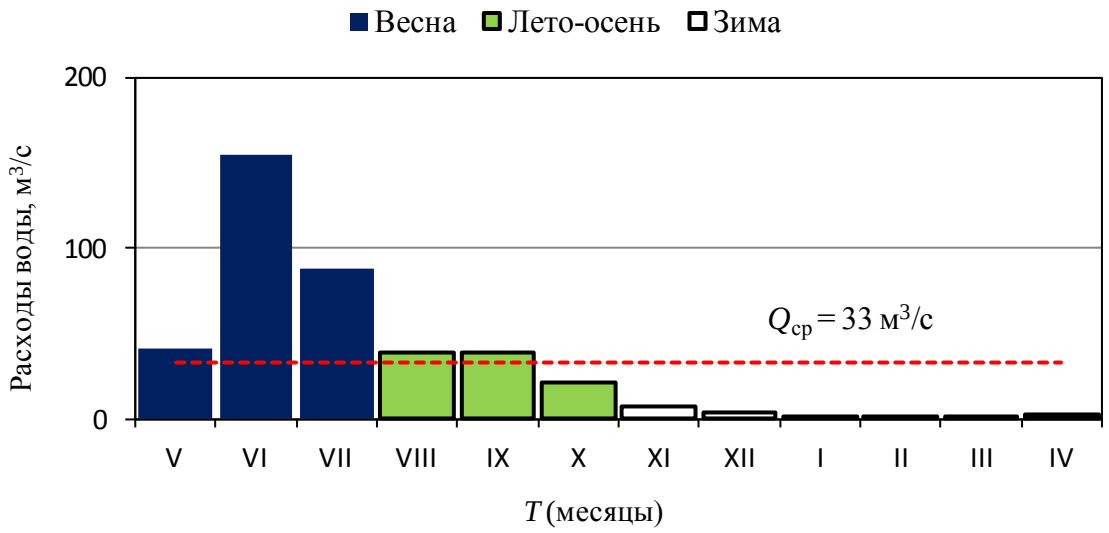



Рис.3.11 – Среднемесячные расходы воды, р. Собь-п. Харп

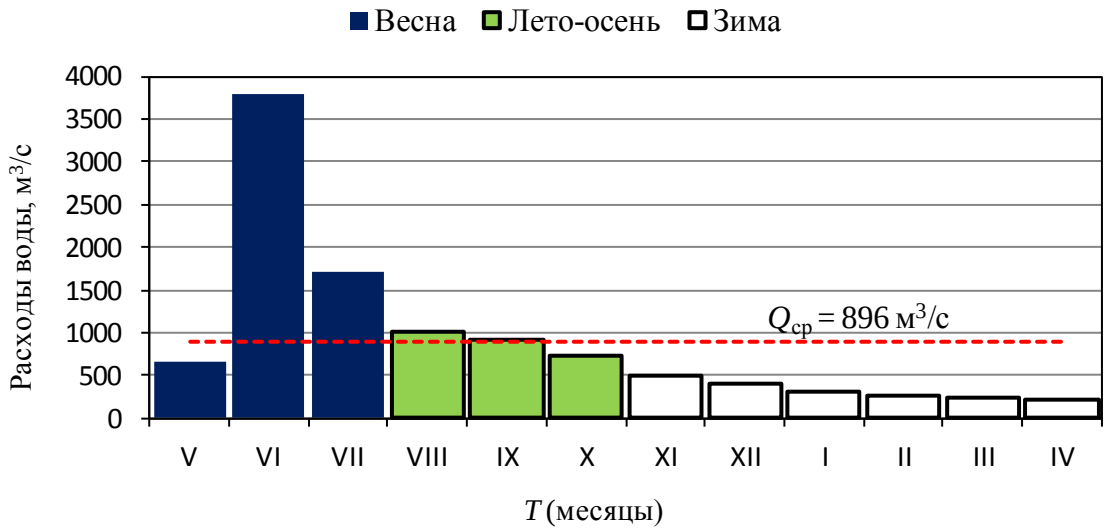



Рис.3.12 – Среднемесячные расходы воды, р. Пур- п. Самбург.

После анализа эмпирических данных (рис.3.11, 3.12) были приняты: за основные сезоны – весну (май-июль), лето-осень (август-октябрь), зиму (ноябрь-апрель); за лимитирующий период – лето-осень-зиму; за лимитирующий сезон – зиму.

Река Обь.

Самая большая река России по площади водосбора. Гидрологический режим Оби формируется в четырех природных зонах, поэтому расчеты по Оби были выделены в отдельный район.

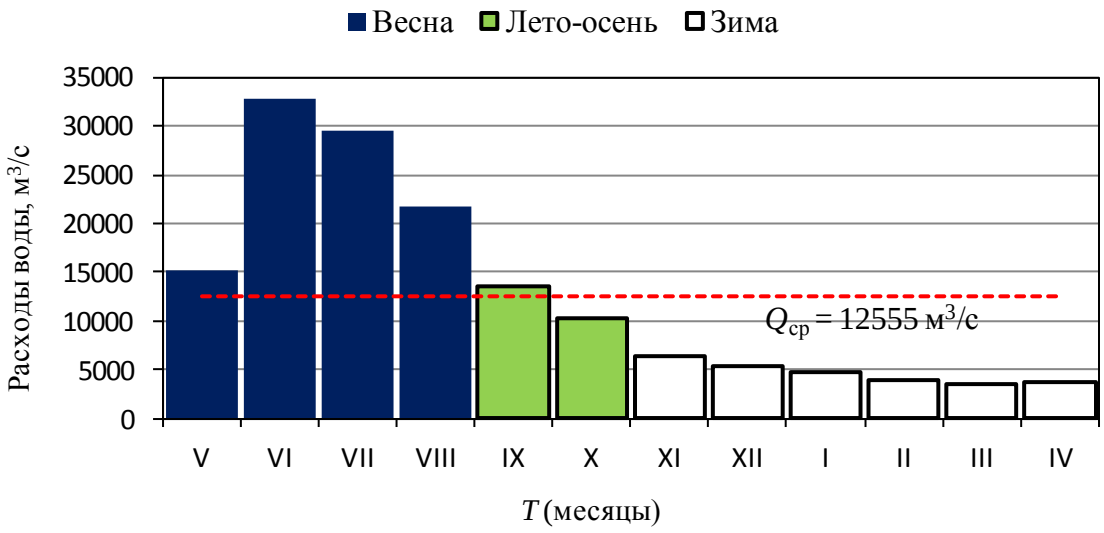



Рис.3.13 – Среднемесячные расходы воды, р. Обь - п. Салехард

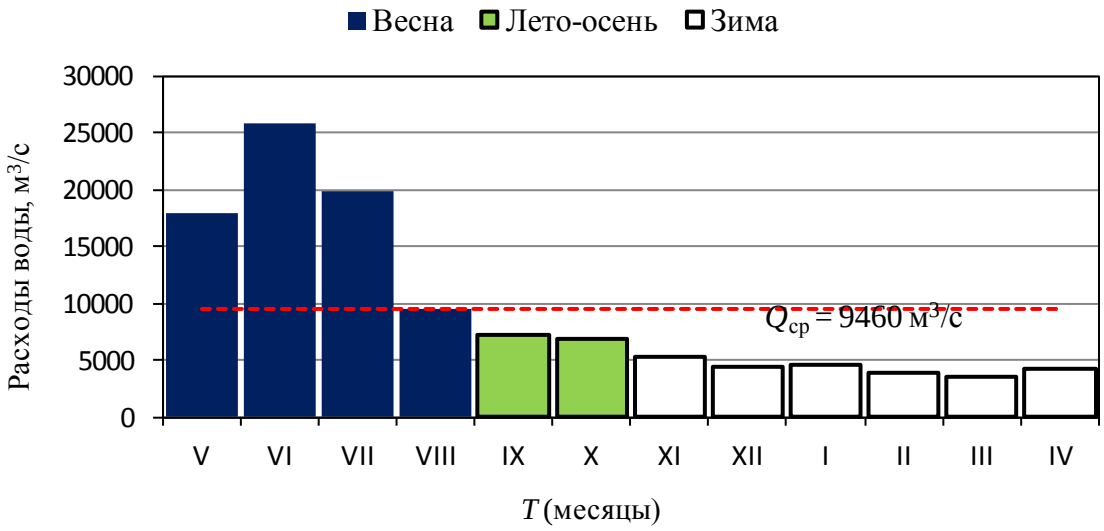



Рис.3.13 – Среднемесячные расходы воды, р. Обь - п. Белогорье

Район IV – Район тундры. Ввиду малой изученности района, отсутствия данных наблюдений достаточной продолжительности, расчеты внутригодового стока рек этого района не производились.

3.2.2 *Исходные данные*

В работе использовались данные наблюдений 13 гидрологических постов продолжительностью не меньше 30 лет. Схема расположения постов представлена на рисунке 2.1.

3.2.3 *Оценка временных трендов*

Для оценки линейных трендов в рядах среднегодовых расходов воды использовался критерий значимости выборочного коэффициента корреляции ($R$) для зависимостей $Q = f(t)$ и $h = f(t)$. Гипотеза об отсутствии тренда не опровергалась, если выполнялось условие (1.1). Результаты проверки представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовых расходов воды

| № п/п | Река. пункт | $R$ | $R^2$ | $\sigma_R$ | $t_{2\alpha*}\sigma_R$ | $H_0$: $R = 0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | р. Северная Сосьва – п. Игрим | 0,10 | 0,01 | 0,15 | 0,29 | Не опр. |
| 2 | р. Северная Сосьва – п. Сартынья | 0,09 | 0,01 | 0,18 | 0,36 | Не опр. |
| 3 | р. Северная Сосьва - п. Сосьва | 0,09 | 0,01 | 0,12 | 0,24 | Не опр. |
| 4 | р. Северная Сосьва – с. Няксимволь | 0,30 | 0,09 | 0,14 | 0,27 | Опр. |
| 5 | р. Ляпин - п. Саранпауль | 0,03 | 0,00 | 0,16 | 0,32 | Не опр. |
| 6 | р. Амня - п. Казым | 0,11 | 0,01 | 0,17 | 0,33 | Не опр. |
| 7 | р. Надым - г. Надым | 0,03 | 0,00 | 0,17 | 0,35 | Не опр. |
| 8 | р. Полуй - п. Полуй | 0,02 | 0,00 | 0,14 | 0,29 | Не опр. |
| 9 | р. Пур - п. Тарко-Сале | 0,41 | 0,17 | 0,12 | 0,25 | Опр. |

| № п/п | Река. пункт | $R$ | $R^2$ | $\sigma_R$ | $t_{2\alpha*}\sigma_R$ | $H_0$: $R = 0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | р. Пур - п. Самбург | 0,01 | 0,00 | 0,16 | 0,32 | Не опр. |
| 11 | р. Собь - п. Харп | 0,47 | 0,22 | 0,12 | 0,23 | Опр. |
| 12 | р. Обь - г. Белогорье | 0,18 | 0,03 | 0,13 | 0,26 | Не опр. |
| 13 | р. Обь - г. Салехард | 0,17 | 0,03 | 0,11 | 0,22 | Не опр. |

По итогам проверки из дальнейших расчетов были исключены данные наблюдений на реке Собь, для которой гипотеза о наличии тренда опровергается даже при уровне значимости $2\alpha = 1\%$.

### 3.2.4 *Проверка рядов на однородность*

Проверка рядов на однородность проводилась с использованием критериев Фишера и Стьюдента.

*Критерий Фишера* позволяет оценить однородность ряда по дисперсии. Эмпирическое значение Статистика Фишера рассчитывалось по формуле:

$$F^* = \frac{D_1^*}{D_2^*} \qquad (3.1)$$

где $D_1^*$ и $D_2^*$ – дисперсии по первой и второй частям анализируемого ряда, при этом в качестве первой дисперсии обычно рассматривают ту, которая больше ( $D_1^* > D_2^*$ ).

Критическое значение статистики Фишера определялось по таблицам, опубликованным в [6], в зависимости от числа степеней свободы $\nu_1 = n_1 - 1$, $\nu_2 = n_2 - 1$ при уровне значимости $2\alpha = 5$ % ($n_1$ и $n_2$ – длина первой и второй частей ряда). Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялись условие:

$$F^* < F_{2\alpha}, \qquad (3.2)$$

*Критерий Стьюдента* позволяет оценить однородность ряда по среднему значению. Эмпирическое значение Статистика Стьюдента рассчитывалось по формуле:

$$t^* = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S}\sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}, \qquad (3.3)$$

где $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ – средние значения по первой и второй частям анализируемого ряда; $\sigma_1$ и $\sigma_2$ – среднеквадратические отклонения по первой и второй частям ряда. $S$ – среднеквадратическое отклонение разности $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$, определяемое по формуле

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}; \qquad (3.4)$$

Критическое значение статистики Стьюдента определялось по таблицам, опубликованным в [6], в зависимости от числа степеней свободы $\nu = n_1 + n_2 - 2$ при уровне значимости $2\alpha = 5$ %.

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялись условие:

$$|t^*| < t_{2\alpha}, \qquad (3.5)$$

Результаты проверки рядов на однородность для среднегодовых расходов воды представлены таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты проверки на однородность рядов среднегодовых расходов воды

| № п/п | Река, пункт | $n$ | $t^*$ | $t_{5\%}$ | $H_0$: $Q_1 = Q_2$ | $F^*$ | $F_{5\%}$ | $H_0$: $D_1 = D_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | р. Северная Сосьва – п. Игрим | 47 | -0,99 | 2,01 | Не опр. | 1,10 | 2,33 | Не опр. |
| 2 | р. Северная Сосьва – п. Сартынья | 32 | -0,10 | 2,04 | Не опр. | 1,63 | 2,86 | Не опр. |
| 3 | р. Северная Сосьва – п. Сосьва | 68 | -0,07 | 2,00 | Не опр. | 1,13 | 2,00 | Не опр. |
| 4 | р. Северная Сосьва – с. Няксимволь | 46 | -1,94 | 2,02 | Не опр. | 2,19 | 2,36 | Не опр. |

| № п/п | Река, пункт | $n$ | $t^*$ | $t_{5\%}$ | $H_0$: $Q_1 = Q_2$ | $F^*$ | $F_{5\%}$ | $H_0$: $D_1 = D_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | р. Ляпин - п. Саранпауль | 41 | 0,01 | 2,02 | Не опр. | 1,53 | 2,48 | Не опр. |
| 6 | р. Амня - п. Казым | 36 | -0,12 | 2,03 | Не опр. | 1,39 | 2,67 | Не опр. |
| 7 | р. Надым - г. Надым | 34 | -0,10 | 2,04 | Не опр. | 1,70 | 2,76 | Не опр. |
| 8 | р. Полуй - п. Полуй | 49 | 0,64 | 2,01 | Не опр. | 1,81 | 2,30 | Не опр. |
| 9 | р. Пур - п. Тарко-Сале | 47 | -1,95 | 2,01 | Не опр. | 2,13 | 2,33 | Не опр. |
| 10 | р. Пур - п. Самбург | 39 | -0,88 | 2,03 | Не опр. | 1,10 | 2,55 | Не опр. |
| 11 | р. Обь - г. Белогорье | 56 | 0,96 | 2,00 | Не опр. | 1,15 | 2,16 | Не опр. |
| 12 | р. Обь - г. Салехард | 76 | -1,61 | 1,99 | Не опр. | 1,13 | 1,92 | Не опр. |

Как видно из таблицы, для всех рассмотренных створов гипотеза об однородности рядов среднегодовых расходов воды не опровергается.

### 3.2.5 *Оценка основных статистических характеристик и их погрешностей*

Для расчета основных статистических характеристик среднегодового стока и их погрешностей использовался метод моментов[7].

Расчет среднего значения, определяемого в зависимости от числа лет гидрометрических наблюдений, осуществлялся по формуле:

$$m_x = \overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} X_i \qquad (3.6)$$

Оценка коэффициента вариации и асимметрии производилась по следующим формулам:

$$C_V = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(K_i - 1)^2}{n-1}} \qquad (3.7)$$

$$C_S = \frac{n\sum_{1}^{n}(K_i - 1)^3}{(n-1)(n-2)C_V^3} \qquad (3.7)$$

где $k_i = x_i / \bar{x}$ – модульный коэффициент

Относительная погрешность выборочного среднего:

$$\varepsilon_X = \frac{C_V}{\sqrt{n}} 100\% \qquad (3.8)$$

где $C_v$ – выборочный коэффициент вариации.

Для расчета относительной погрешности коэффициента вариации используется формула:

$$\varepsilon_{C_V} = \frac{\sqrt{1 + C_V^2}}{\sqrt{2n}} 100\% \qquad (3.9)$$

Результаты расчетов статистических характеристик и их погрешностей рядов среднегодовых расходов воды представлены таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Основные статистические характеристики рядов среднегодовых расходов воды рек Ямало-Ненецкого автономного округа

| № | Река – створ | Площадь водосбора, км² | Среднее значение, м³/с | Коэфф. вариации, $C_v$ | Коэфф. асимметрии, $C_s$ | $C_s/C_v$ | Относительная погрешность, % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | среднего | $C_v$ |
| 1 | р. Северная Сосьва – п. Игрим | 87800 | 772,6 | 0,23 | 0,25 | 1,12 | 10,58 | 10,53 |
| 2 | р. Северная Сосьва - п. Сартынья | 69100 | 647,2 | 0,25 | -0,36 | -1,42 | 4,44 | 12,79 |
| 3 | р. Северная Сосьва - п. Сосьва | 65200 | 613,7 | 0,23 | 0,90 | 3,83 | 2,85 | 8,78 |
| 4 | р. Северная Сосьва - с. Няксимволь | 9850 | 97,9 | 0,27 | 0,43 | 1,57 | 4,03 | 10,74 |
| 5 | р. Ляпин - п. Саранпауль | 18500 | 248,0 | 0,19 | -0,02 | -0,12 | 2,92 | 11,20 |
| 6 | р. Амня - п. Казым | 7100 | 62,2 | 0,14 | 0,32 | 2,25 | 2,37 | 11,88 |
| 7 | р. Надым - г. Надым | 48000 | 458,5 | 0,18 | 0,82 | 4,54 | 3,10 | 12,28 |
| 8 | р. Полуй - п. Полуй | 15100 | 131,9 | 0,19 | 1,24 | 6,64 | 2,67 | 10,25 |
| 9 | р. Пур - п. Тарко-Сале | 31400 | 317,9 | 0,19 | 1,00 | 5,40 | 2,71 | 10,46 |
| 10 | р. Пур - п. Самбург | 95100 | 892,2 | 0,12 | -0,10 | -0,79 | 1,97 | 11,39 |

| № | Река – створ | Площадь водосбора, км² | Среднее значение, м³/с | Коэфф. вариации, $C_v$ | Коэфф. асимметрии, $C_s$ | $C_s/C_v$ | Относительная погрешность, % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | среднего | $C_v$ |
| 11 | р. Обь - г. Белогорье | 2690000 | 10126,1 | 0,16 | 0,34 | 2,13 | 2,16 | 9,55 |
| 12 | р. Обь - г. Салехард | 2950000 | 12554,6 | 0,15 | 0,58 | 3,87 | 1,73 | 8,19 |

### 3.2.6 *Расчет внутригодового распределения стока на реках Ямало-Ненецкого Автономного округа методом компоновки*

Расчет производился для 12 пунктов с последующим осреднением по районам.

II. Лесной район. Северо-Сосьвинский подрайон (II г). Пункт Сартынья у реки Северная Сосьва.

В таблице 3.4 представлены ежегодные объемы стока за водохозяйственный год, лимитирующий период и лимитирующий сезон.

Таблица 3.4 – Объемы стока за водохозяйственный год, лимитирующий период и лимитирующий сезон; р. Северная Сосьва – ст. Сартынья

| № п/п | Водохозяйственный год | Объем стока, млн. м³ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Год IV-III | Лимитирующий период VII-III | Лимитирующий сезон XII-III |
| 1 | 1962-63 | 19646 | 8324 | 1429 |
| 2 | 1963-64 | 17884 | 7440 | 955 |
| 3 | 1964-65 | 18090 | 4261 | 715 |
| 4 | 1965-66 | 27369 | 11113 | 1015 |
| 5 | 1966-67 | 26501 | 9915 | 1783 |
| 6 | 1967-68 | 13500 | 4173 | 1032 |
| 7 | 1968-69 | 16581 | 4567 | 567 |
| 8 | 1969-70 | 26129 | 7636 | 798 |
| 9 | 1970-71 | 16730 | 4094 | 659 |
| 10 | 1971-72 | 24456 | 5887 | 1197 |

| № п/п | Водохозяйствен-ный год | Объем стока, млн. м$^3$ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Год IV-III | Лимитирую-щий период VII-III | Лимитирую-щий сезон XII-III |
| 11 | 1972-73 | 20056 | 7355 | 2046 |
| 12 | 1973-74 | 18774 | 5265 | 1118 |
| 13 | 1974-75 | 20671 | 4438 | 1268 |
| 14 | 1975-76 | 21335 | 8600 | 1060 |
| 15 | 1976-77 | 18542 | 2933 | 735 |
| 16 | 1977-78 | 12343 | 3811 | 946 |
| 17 | 1978-79 | 26899 | 9946 | 1004 |
| 18 | 1979-80 | 24157 | 8080 | 998 |
| 19 | 1980-81 | 14161 | 6115 | 1181 |
| 20 | 1981-82 | 7958 | 5370 | 1244 |
| 21 | 1982-83 | 18507 | 3611 | 1022 |
| 22 | 1983-84 | 24675 | 6125 | 1469 |
| 23 | 1984-85 | 18717 | 7643 | 865 |
| 24 | 1985-86 | 28182 | 11234 | 1364 |
| 25 | 1986-87 | 25340 | 10321 | 1216 |
| 26 | 1987-88 | 24116 | 7079 | 957 |
| 27 | 1988-89 | 14181 | 4296 | 925 |
| 28 | 1989-90 | 13597 | 2648 | 602 |
| 29 | 1990-91 | 22335 | 6453 | 2026 |
| 30 | 1991-92 | 23112 | 9373 | 1196 |
| 31 | 1992-93 | 18908 | 6223 | 1311 |
| 32 | 1993-94 | 22340 | 7043 | 917 |

Для каждого из трех рядов по аналитическим кривым были определены объемы стока обеспеченностью $P$ = 90 %: $W_{ВГ,90\%}$ = 13834 млн. м$^3$, $W_{ЛП,90\%}$ = 3171 млн. м$^3$, $W_{ЛС,90\%}$ = 730 млн. м$^3$.

Расчетные объемы стока за нелимитирующий период ($W_{НЛП}$) и нелимитирующий сезон ($W_{НЛС}$) рассчитаны по остаточному принципу:

$W_{НЛП} = W_{ВГ,90\%} - W_{ЛП,90\%} = 13834 - 3170 = 10664$ млн. м$^3$;

$W_{НЛС} = W_{ЛП,90\%} - W_{ЛС,90\%} = 3170 - 730 = 2440$ млн. м$^3$.

Таким образом, было получено внутригодовое распределение стока по сезонам для маловодного года обеспеченности $P$ = 90 %:

Весна – $W_{НЛП}$ = 10664 млн. м$^3$;

Лето-осень – $W_{НЛС}$ = 2440 млн. м$^3$

Зима – $W_{ЛС,90\%}$ = 730 млн. м$^3$

Год – $W_{ВГ,90\%}$ = 13834 млн. м$^3$

Для внутрисезонной компоновки были определены ежегодные объемы стока для трех сезонов: весны (НЛП), лета-осени (НЛС) и зимы (ЛС).

Каждый из полученных рядов ранжирован и для каждого члена ранжированного ряда определена его эмпирическая обеспеченность (табл.3.5). Затем для каждого сезона отобраны годы маловодной группы ($P$ > 66,7 %).

Таблица 3.5 – Ранжированные сезонные объемы речного стока; р. Северная Сосьва – ст. Сартынья

| № п/п | $P$ % | Весна НЛП – IV-VI | | Лето-осень НЛС – VII-XI | | Зима ЛС – XII-III | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | в/х год | Объем стока, млн. м$^3$ | в/х год | Объем стока, млн. м$^3$ | в/х год | Объем стока, млн. м$^3$ |
| 1 | 3,23 | 1966-67 | 1167,4 | 1962-63 | 721,03 | 1974-75 | 646,1 |
| 1 | 3,0 | 1971-72 | 18569 | 1965-66 | 10098 | 1972-73 | 2046 |
| 2 | 6,1 | 1983-84 | 18550 | 1985-86 | 9870 | 1990-91 | 2026 |
| 3 | 9,1 | 1969-70 | 18493 | 1986-87 | 9105 | 1966-67 | 1783 |
| 4 | 12,1 | 1987-88 | 17037 | 1978-79 | 8941 | 1983-84 | 1469 |
| 5 | 15,2 | 1978-79 | 16953 | 1991-92 | 8177 | 1962-63 | 1429 |
| 6 | 18,2 | 1985-86 | 16948 | 1966-67 | 8132 | 1985-86 | 1364 |
| 7 | 21,2 | 1966-67 | 16586 | 1975-76 | 7540 | 1992-93 | 1311 |

| № п/п | *P* % | Весна НЛП – IV-VI | | Лето-осень НЛС – VII-XI | | Зима ЛС – XII-III | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | в/х год | Объем стока, млн. $м^3$ | в/х год | Объем стока, млн. $м^3$ | в/х год | Объем стока, млн. $м^3$ |
| 8 | 24,2 | 1965-66 | 16256 | 1979-80 | 7081 | 1974-75 | 1268 |
| 9 | 27,3 | 1974-75 | 16233 | 1962-63 | 6895 | 1981-82 | 1244 |
| 10 | 30,3 | 1979-80 | 16077 | 1969-70 | 6838 | 1986-87 | 1216 |
| 11 | 33,3 | 1990-91 | 15882 | 1984-85 | 6778 | 1971-72 | 1197 |
| 12 | 36,4 | 1976-77 | 15610 | 1963-64 | 6486 | 1991-92 | 1196 |
| 13 | 39,4 | 1993-94 | 15297 | 1993-94 | 6126 | 1980-81 | 1181 |
| 14 | 42,4 | 1986-87 | 15019 | 1987-88 | 6122 | 1973-74 | 1118 |
| 15 | 45,5 | 1982-83 | 14896 | 1972-73 | 5309 | 1975-76 | 1060 |
| 16 | 48,5 | 1964-65 | 13829 | 1980-81 | 4933 | 1967-68 | 1032 |
| 17 | 51,5 | 1991-92 | 13738 | 1992-93 | 4912 | 1982-83 | 1022 |
| 18 | 54,5 | 1973-74 | 13509 | 1971-72 | 4690 | 1965-66 | 1015 |
| 19 | 57,6 | 1975-76 | 12735 | 1983-84 | 4656 | 1978-79 | 1004 |
| 20 | 60,6 | 1972-73 | 12702 | 1990-91 | 4427 | 1979-80 | 998 |
| 21 | 63,6 | 1992-93 | 12685 | 1973-74 | 4148 | 1987-88 | 957 |
| 22 | 66,7 | 1970-71 | 12636 | 1981-82 | 4126 | 1963-64 | 955 |
| **Маловодная группа** | | | | | | | |
| 23 | 69,7 | 1968-69 | 12013 | 1968-69 | 4001 | 1977-78 | 946 |
| 24 | 72,7 | 1962-63 | 11322 | 1964-65 | 3546 | 1988-89 | 925 |
| 25 | 75,8 | 1984-85 | 11073 | 1970-71 | 3435 | 1993-94 | 917 |
| 26 | 78,8 | 1989-90 | 10949 | 1988-89 | 3371 | 1984-85 | 865 |
| 27 | 81,8 | 1963-64 | 10444 | 1974-75 | 3170 | 1969-70 | 798 |
| 28 | 84,8 | 1988-89 | 9885 | 1967-68 | 3141 | 1976-77 | 735 |
| 29 | 87,9 | 1967-68 | 9326 | 1977-78 | 2866 | 1964-65 | 715 |
| 30 | 90,9 | 1977-78 | 8532 | 1982-83 | 2589 | 1970-71 | 659 |
| 31 | 93,9 | 1980-81 | 8046 | 1976-77 | 2198 | 1989-90 | 602 |
| 32 | 97,0 | 1981-82 | 2588 | 1989-90 | 2046 | 1968-69 | 567 |

Для внутрисезонной компоновки сезона «Весна» используются годы маловодной группы, определенные по таблице 3.5. Для каждого отобранного года месячные объемы стока располагаются в убывающем порядке с указанием календарных месяцев, к которым они относятся (ранжирование по строке) (таблица 3.6). По каждому столбцу таблицы рассчитывается средний объем месячного стока и указывается месяц, наиболее часто встречающийся в этом столбце.

Полученные месячные объемы стока в долях от среднего объема стока за сезон были приняты в качестве модели относительного внутрисезонного распределения стока. Внутрисезонная компоновка сезонов «Зима» и «Лето-Осень» производилась аналогичным образом.

В таблице 3.9 представлен переход к расчетному внутрисезонному распределению стока.

В таблице 3.10 представлены результаты вычислений распределения стока по месяцам и сезонам для водохозяйственного года обеспеченности $P$ = 90 %.

Таблица 3.6 – Расчет внутрисезонного распределения стока для сезона «Весна» по маловодной группе лет (Р > 66,7 %); р. Северная Сосьва – ст. Сартынья

| № п/п | Р % | в/х год | Сумма за сезон, млн. м3 | 1 | | 2 | | 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | млн. $м^3$ | месяц | млн. $м^3$ | месяц | млн. $м^3$ | месяц |
| 23 | 69,7 | 1968-69 | 12013 | 4901 | V | 4795 | VI | 2317 | VII |
| 24 | 72,7 | 1962-63 | 11322 | 6107 | V | 2877 | VI | 2338 | VII |
| 25 | 75,8 | 1984-85 | 11073 | 4717 | VI | 3803 | V | 2553 | VII |
| 26 | 78,8 | 1989-90 | 10949 | 5236 | VI | 4794 | V | 919 | VII |
| 27 | 81,8 | 1963-64 | 10444 | 5009 | V | 3681 | VI | 1754 | VII |

| № п/п | Р % | в/х год | Сумма за сезон, млн. м3 | 1 | | 2 | | 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | млн. $м^3$ | месяц | млн. $м^3$ | месяц | млн. $м^3$ | месяц |
| 28 | 84,8 | 1988-89 | 9885 | 5080 | VI | 3187 | V | 1618 | VII |
| 29 | 87,9 | 1967-68 | 9326 | 5089 | V | 2491 | VI | 1746 | VII |
| 30 | 90,9 | 1977-78 | 8532 | 5116 | V | 2618 | VI | 798 | VII |
| 31 | 93,9 | 1980-81 | 8046 | 3402 | V | 2799 | VI | 1845 | VII |
| 32 | 97,0 | 1981-82 | 2588 | 1677 | VII | 555 | VI | 356 | V |
| Среднее | | | 9418 | 4633 | V | 3160 | VI | 1624 | VII |
| Принятое распределение, в % от сезонного стока | | | 100 | 49,2 | V | 33,6 | VI | 17,2 | VII |

Таблица 3.9 – Расчетное внутрисезонное распределения стока для маловодной группы лет (Р > 66,7 %); р. Северная Сосьва – ст. Сартынья

| Размерность | ВЕСНА | | | | ЛЕТО-ОСЕНЬ | | | | | | ЗИМА | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | IV | V | VI | За сезон | VII | VIII | IX | X | XI | За сезон | XII | I | II | III | За сезон |
| в % | 49,2 | 33,6 | 17,2 | 100,0 | 32,4 | 31,3 | 23,4 | 12,9 | 100,0 | 30,8 | 23,1 | 14,8 | 13,5 | 17,7 | 100,0 |
| в млн. м3 | 5246 | 3578 | 1839 | 10664 | 790 | 763 | 572 | 316 | 2440 | 225 | 169 | 108 | 99 | 129 | 730 |

Таблица 3.10 – Расчетное распределение стока по месяцам и сезонам для водохозяйственного года обеспеченности Р = 90 %; р. Северная Сосьва – ст. Сартынья

| Единица измерения | Месячный сток | | | | | | | | | | | | Годовой сток | Сезонный сток | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II | III | | весна | лето-осень | зима |
| млн. $м^3$ | 5246 | 3578 | 1839 | 790 | 763 | 572 | 316 | 225,2 | 169,0 | 108,1 | 98,7 | 129,2 | 13834 | 10664 | 2440 | 730 |
| $м^3/с$ | 1959 | 1380 | 687 | 295 | 295 | 213 | 122 | 84 | 63 | 45 | 37 | 50 | 439 | 1342 | 307 | 47 |
| в % | 37,9 | 25,9 | 13,3 | 5,7 | 5,5 | 4,1 | 2,3 | 1,6 | 1,2 | 0,8 | 0,7 | 0,9 | 100,0 | 77,1 | 17,6 | 5,3 |

Аналогичным образом было получено внутригодовое процентное распределение стока по сезонам для маловодного года обеспеченностью $P$ = 90% для реки Северная Сосьва в створах Игрим, Няксимволь, Сосьва и р. Ляпин в створе Саранпауль.

На основании проведенных расчетов было получено осредненное районное внутригодовое распределение стока, которое сравнивалось с распределением, представленным в монографии Ресурсы поверхностных вод СССР [1] , относительная погрешность рассчитывалась по формуле

$$\sigma\% = \frac{Q_{РПВ} - Q}{Q_{РПВ}} 100\%, \qquad (3.1)$$

где $Q_{РПВ}$ – объем стока по данным [1]; $Q$ - расчетный объем стока.

Результаты представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 - Расчетное распределение стока по месяцам и сезонам для водохозяйственного года обеспеченности P = 90 %; Северо-Сосьвинский подрайон (II г)

| Пункт | Объем стока в процентах от годового | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II | III | IV | Весна | Лето-Осень | Зима |
| Сартынья | 37,9 | 26,1 | 12,9 | 5,7 | 5,6 | 4,1 | 2,3 | 1,6 | 1,2 | 1,0 | 0,7 | 0,8 | 76,9 | 17,8 | 5,3 |
| Игрим | 23,4 | 33,2 | 13,3 | 8,0 | 8,0 | 5,6 | 3,2 | 1,6 | 1,2 | 0,8 | 0,7 | 1,0 | 69,8 | 24,8 | 5,4 |
| Няксимволь | 44,0 | 21,7 | 8,6 | 5,9 | 6,8 | 4,9 | 3,2 | 1,6 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 1,1 | 74,3 | 20,8 | 4,9 |
| Сосьва | 36,7 | 25,1 | 14,3 | 6,3 | 6,0 | 4,3 | 2,5 | 1,5 | 1,1 | 0,7 | 0,6 | 0,9 | 76,1 | 19,2 | 0,9 |
| Саранпауль | 37,2 | 21,5 | 11,3 | 6,4 | 9,3 | 5,0 | 2,5 | 1,5 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 3,1 | 61,9 | 34,5 | 3,6 |
| Среднее | 35,5 | 26,5 | 12,3 | 6,5 | 6,6 | 4,7 | 2,8 | 1,6 | 1,1 | 0,8 | 0,7 | 0,9 | 74,3 | 20,6 | 5,1 |
| РПВ | 32,4 | 20,2 | 11,4 | 6,8 | 8,6 | 6,4 | 3,6 | 1,9 | 1,4 | 1,1 | 1,0 | 5,2 | 57,8 | 36,8 | 5,4 |
| σ% | 9,4 | 31,4 | 8,1 | -4,5 | -23,4 | -26,6 | -21,6 | -16,2 | -21,1 | -27,0 | -34,5 | -81,9 | 28,5 | -44,0 | -5,6 |

Анализ таблицы показывает, что по сравнению с данными, опубликованными в монографии, наблюдается значительное уменьшение стока в летне-осенние и зимние месяцы.

Причина такой разницы связана, скорее всего, с тем, что в Ресурсах анализировались данные по 1968 год, и самые длительные ряды наблюдений

не превышали 30 лет. В настоящей работе для расчетов по Северо-Сосьвинскому подрайону использовались ряды от 40 до 68 лет.

Аналогично были произведены расчеты по подрайонам II д (правобережье Нижней Оби), II е (Пур-Тазовский), району III (лесотундра) и по Оби (таблица 3.12).

### 3.2.7 *Обобщение и анализ полученных результатов*

Расчетное распределение стока по месяцам и сезонам для маловодного водохозяйственного года по отдельным районам Ямало-Ненецкого округа представлено на таблице 3.12 и на рисунках 3.15-3.24.

Основная часть стока рек Северо-Сосьвинского района приходится на период весеннего половодья и совсем незначительная – на зимний период (рис. 3.15, 3.16). По сравнению с данными [1], произошло заметное увеличение стока весной и уменьшение в период зимней межени (табл. 3.12).

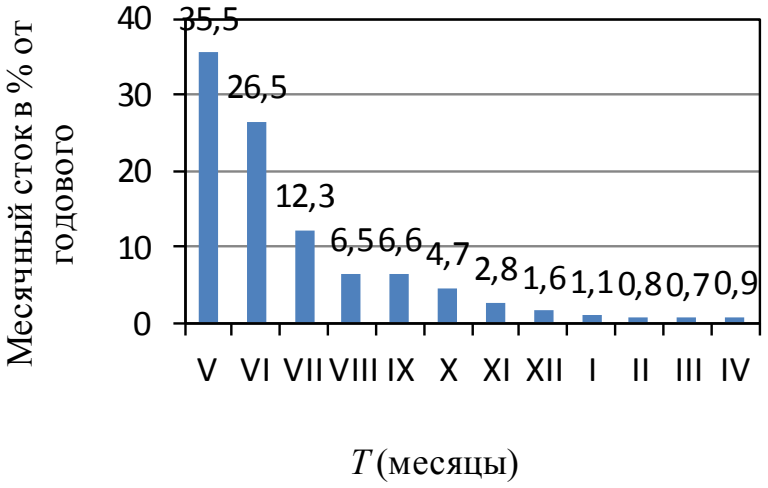



Рис.3.15 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности для рек Северо-Сосьвинского района

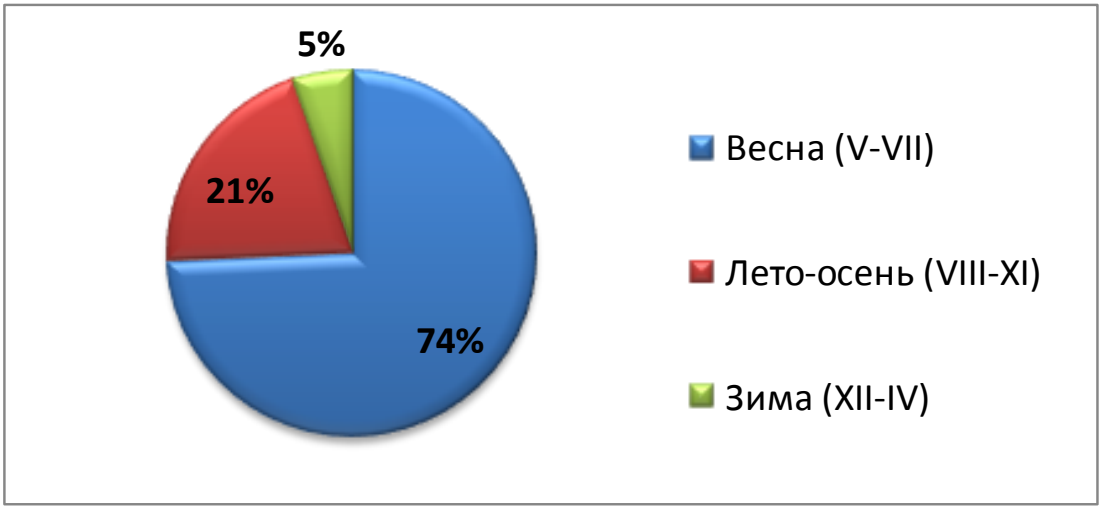



Рис.3.16 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности по сезонам для рек Северо-Сосьвинского района

Для рек правобережья Нижней Оби характерно примерно одинаковое распределение стока за лето-осень и за зиму, при этом половина всего годового стока приходится на весну (рис. 3.17, 3.18). По сравнению с данными [1], зимний сток увеличился на 44,3% .

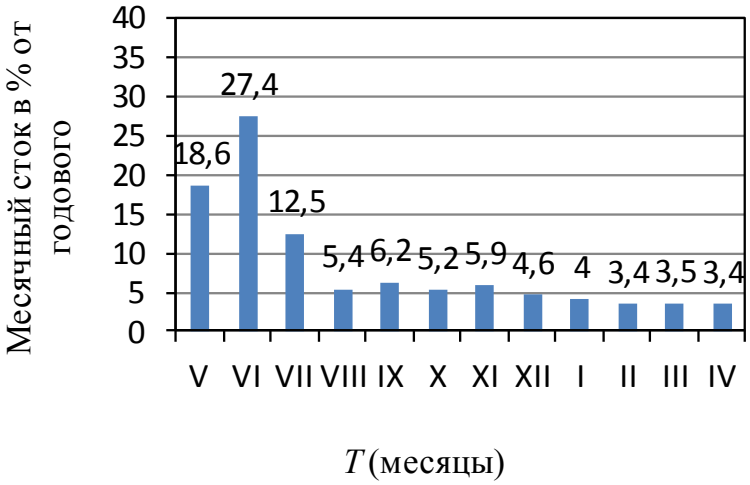



Рис.3.17 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности для рек правобережья Нижней Оби

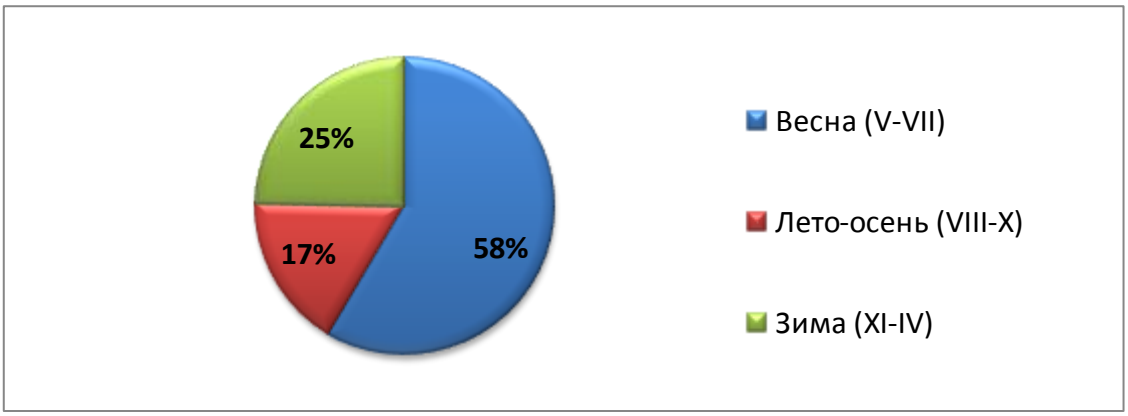



Рис.3.18 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности по сезонам для рек правобережья Нижней Оби

Расчетное внутригодовое распределение стока рек Пур-Тазовского района (рис. 3.18, 3.19) отличается наибольшим сходством с данными, представленными в [1], по сравнению с остальными районами. Величина относительной погрешности не превышает 7% .

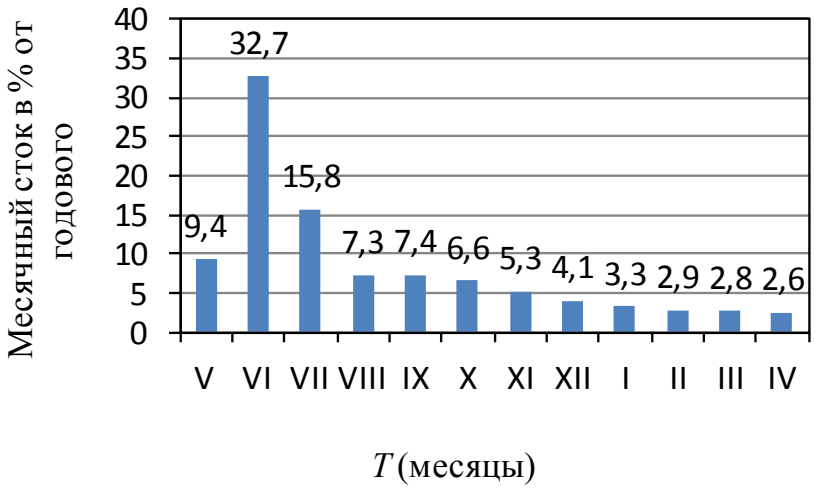



Рис.3.19 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности по сезонам для Пур-Тазовского района

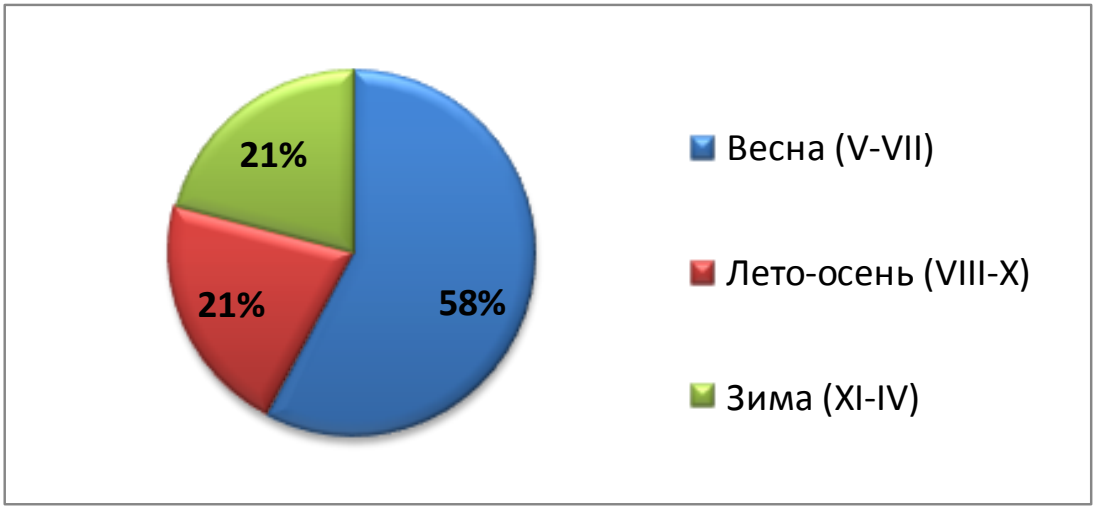



Рис.3.20 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности для рек Пур-Тазовского района

Основная часть стока рек района лесотундры приходится на лето-осень, оставшееся количество поровну распределяется в весенний и зимний периоды (рис.3.20, 3.21). Расчетные распределения стока для года 90 %-ной обеспеченности сильно отличаются от представленных в [1]. Отличия достигают 581,5%. Маловероятно, что причина в изменении климата или прочих условий формирования стока. Скорее всего, деление исследуемого района по природным зонам оказалось просто не подходящим для обобщения гидрологического режима горных рек северо-запада и равнинных рек на северо-востоке ЯНАО (см. рис.2.1). Несмотря на расположение в одной природной зоне, гидрологический режим рек на западе лесотундры (например, реки Собь) имеет много общего с реками Северо-Сосьвинского подрайона, а режим рек на востоке (Самбург) больше схож с режимом рек Пур-Тазовского подрайона.

Таблица 3.12 – Расчетное распределение стока рек Ямало-Ненецкого автономного округа по месяцам и сезонам для водохозяйственного года обеспеченности P = 90 %

| Пункт | Объем стока (в процентах от годового) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II | III | IV | Весна | Лето-Осень | Зима |
| Северо-Сосьвинский подрайон (II г) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сартынья | 37,9 | 26,1 | 12,9 | 5,7 | 5,6 | 4,1 | 2,3 | 1,6 | 1,2 | 1,0 | 0,7 | 0,8 | 76,9 | 17,8 | 5,3 |
| Игрим | 23,4 | 33,2 | 13,3 | 8,0 | 8,0 | 5,6 | 3,2 | 1,6 | 1,2 | 0,8 | 0,7 | 1,0 | 69,8 | 24,8 | 5,4 |
| Няксимволь | 44,0 | 21,7 | 8,6 | 5,9 | 6,8 | 4,9 | 3,2 | 1,6 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 1,1 | 74,3 | 20,8 | 4,9 |
| Сосьва | 36,7 | 25,1 | 14,3 | 6,3 | 6,0 | 4,3 | 2,5 | 1,5 | 1,1 | 0,7 | 0,6 | 0,9 | 76,1 | 19,2 | 0,9 |
| Саранпауль | 37,2 | 21,5 | 11,3 | 6,4 | 9,3 | 5,0 | 2,5 | 1,5 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 3,1 | 61,9 | 34,5 | 3,6 |
| Среднее | 35,5 | 26,5 | 12,3 | 6,5 | 6,6 | 4,7 | 2,8 | 1,6 | 1,1 | 0,8 | 0,7 | 0,9 | 74,3 | 20,6 | 5,1 |
| РПВ | 32,4 | 20,2 | 11,4 | 6,8 | 8,6 | 6,4 | 3,6 | 1,9 | 1,4 | 1,1 | 1,0 | 5,2 | 57,8 | 36,8 | 5,4 |
| σ% | 9,4 | 31,4 | 8,1 | -4,5 | -23,4 | -26,6 | -21,6 | -16,2 | -21,1 | -27,0 | -34,5 | -81,9 | 28,5 | -44,0 | -5,6 |
| Реки правобережья Нижней Оби (II д) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Полуй | 9,4 | 32,7 | 15,8 | 7,3 | 7,4 | 6,6 | 5,3 | 4,1 | 3,3 | 2,9 | 2,8 | 2,6 | 57,8 | 21,3 | 20,9 |
| Надым | 15,5 | 35,0 | 10,4 | 6,3 | 8,0 | 6,5 | 4,6 | 3,3 | 2,9 | 2,6 | 2,5 | 2,4 | 60,9 | 20,8 | 18,3 |
| Казым | 31,0 | 14,5 | 11,3 | 2,7 | 3,1 | 2,6 | 7,7 | 6,4 | 5,7 | 4,7 | 5,2 | 5,1 | 56,8 | 28,9 | 34,8 |
| Среднее | 18,6 | 27,4 | 12,5 | 5,4 | 6,2 | 5,2 | 5,9 | 4,6 | 4,0 | 3,4 | 3,5 | 3,4 | 58,5 | 16,8 | 24,7 |

| Пункт | Объем стока (в процентах от годового) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II | III | IV | Весна | Лето-Осень | Зима |
| РПВ | 29,6 | 18,7 | 10,2 | 8,8 | 7,4 | 8,3 | 4,4 | 3,0 | 2,7 | 2,5 | 2,2 | 2,3 | 58,4 | 24,5 | 17,1 |
| σ% | -37,0 | 46,5 | 23,1 | -37,9 | -16,8 | -37,3 | 32,2 | 51,7 | 47,4 | 38,5 | 61,9 | 44,1 | 0,2 | -31,3 | 44,3 |
| Пур-Тазовский подрайон (II е) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Тарко-Сале | 9,4 | 32,7 | 15,8 | 7,3 | 7,4 | 6,6 | 5,3 | 4,1 | 3,3 | 2,9 | 2,8 | 2,6 | 57,8 | 21,3 | 20,9 |
| РПВ | 12,6 | 31,1 | 13,4 | 7,8 | 8,0 | 7,1 | 4,8 | 3,8 | 3,0 | 2,8 | 2,6 | 2,9 | 57,2 | 22,9 | 19,9 |
| σ% | -25,9 | 4,9 | 17,5 | -6,6 | -7,1 | -7,1 | 9,6 | 8,2 | 6,9 | 5,7 | 5,7 | -11,3 | 1,1 | -6,9 | 4,8 |
| Лесотундра (III) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Самбург | 3,0 | 17,6 | 8,0 | 16,5 | 13,9 | 12,4 | 7,1 | 6,0 | 4,8 | 3,4 | 3,6 | 3,9 | 28,6 | 42,8 | 28,6 |
| РПВ | 7,9 | 42,4 | 18,5 | 12,4 | 8,8 | 5,8 | 1,5 | 0,9 | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 0,3 | 68,9 | 26,9 | 4,2 |
| σ% | -62,2 | -58,4 | -56,9 | 33,0 | 58,8 | 114,9 | 371,8 | 584,9 | 901,2 | 814,6 | 431,6 | 1143,0 | -58,5 | 58,9 | 581,5 |
| Обь | | | | | | | | | | | | | | | |
| Салехард | 9,2 | 24,2 | 20,9 | 14,2 | 7,8 | 7,0 | 3,7 | 3,2 | 3,0 | 2,4 | 2,3 | 2,1 | 68,5 | 14,7 | 16,7 |
| Белогорье | 19,1 | 22,9 | 14,6 | 8,7 | 7,1 | 6,4 | 4,7 | 4,1 | 3,7 | 2,7 | 2,8 | 3,2 | 65,3 | 13,6 | 21,1 |
| среднее | 14,2 | 23,5 | 17,8 | 11,5 | 7,5 | 6,7 | 4,2 | 3,6 | 3,3 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 66,9 | 14,2 | 18,9 |

В целом, для большей части исследуемой территории характерно уменьшение летнее-осеннего стока и увеличение стока половодья. Это хорошо согласуется с выводом о значимых трендах на увеличение годовых сумм осадков (см. рис.1.22, 1.23).

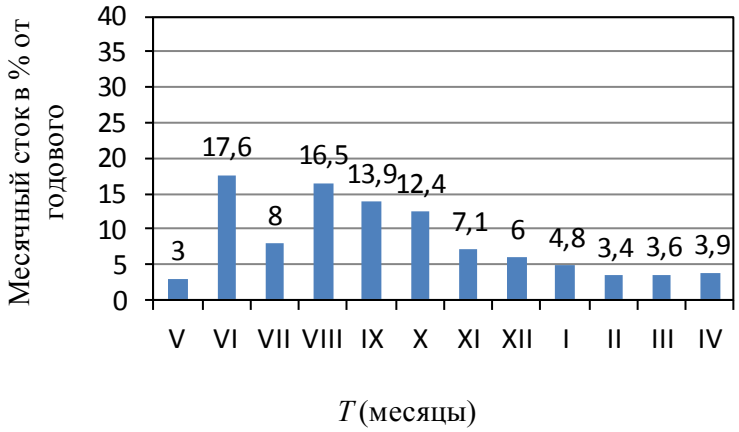



Рис.3.21 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности для рек лесотундры

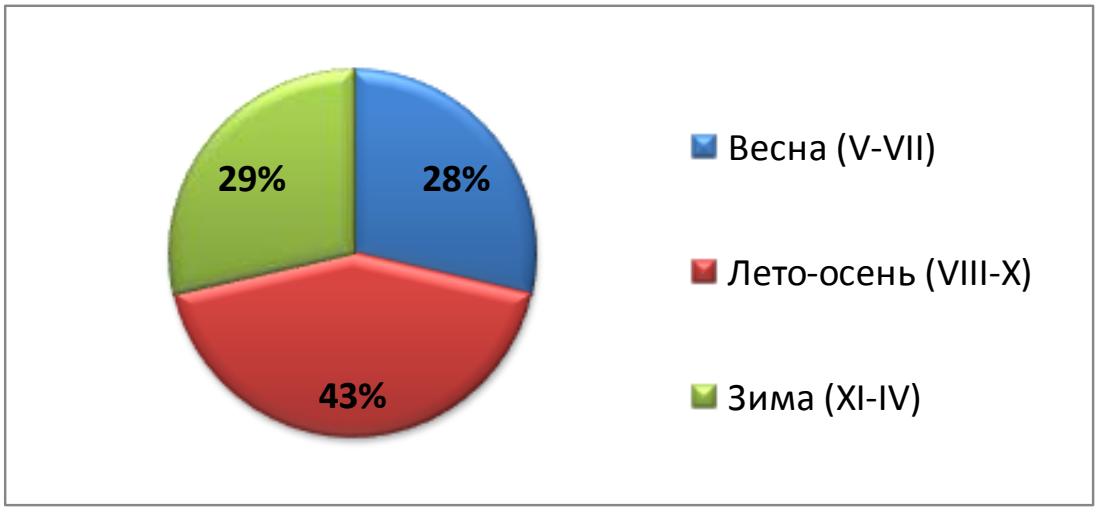



Рис.3.22 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности по сезонам рек лесотундры

Для Оби является характерным растянутое половодье с мая по август и примерно одинаковое распределение стока в летнее-осенний и зимний период (рис.3.23, 3.24).

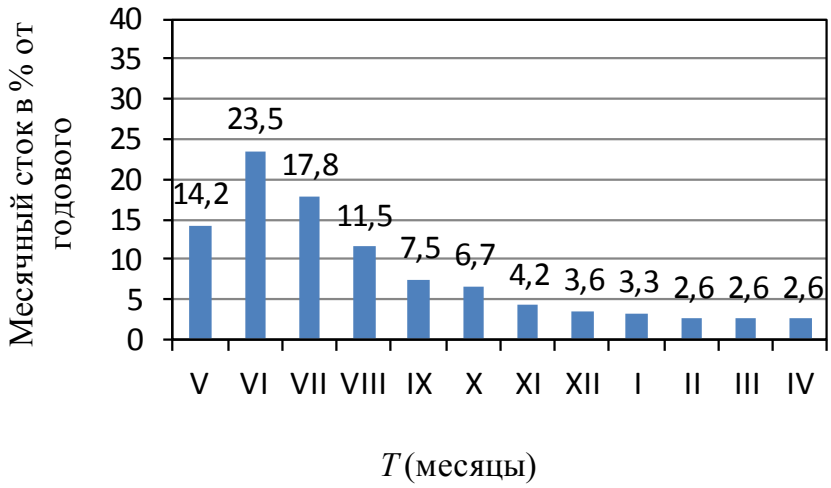



Рис.3.23 – Расчетное внутригодовое распределение стока Оби для года 90 %-ной обеспеченности

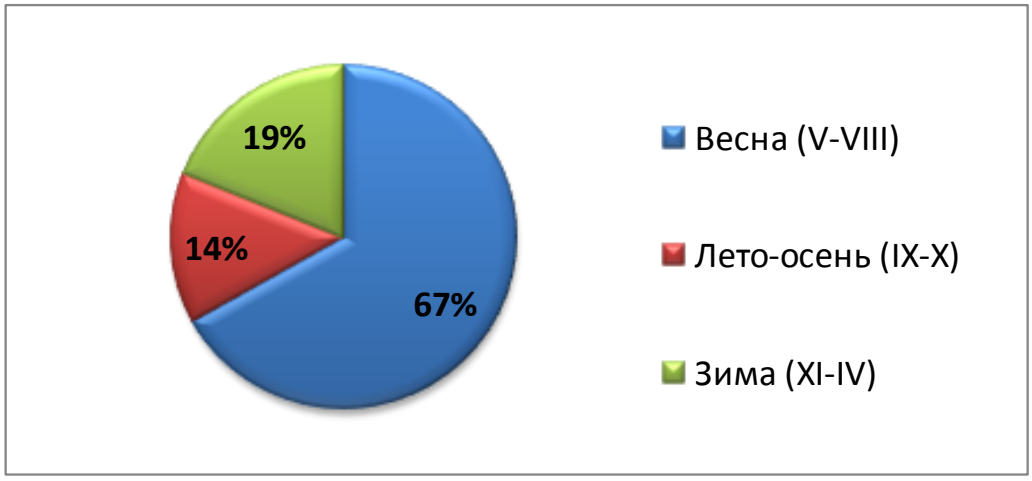



Рис.3.24 – Расчетное внутригодовое распределение стока Оби для года 90 %-ной обеспеченности по сезонам

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для территории Ямало-Ненецкого автономного округа выполнена проверка на наличие трендов в рядах среднегодовых температур воздуха и годовых сумм осадков. Установлено, что в рядах годовых сумм осадков имеются значимые тренды на повышение. В рядах среднегодовых температур воздуха – значимые тренды отсутствуют.

Выполнена проверка рядов среднегодовых расходов воды на стационарность и однородность. Оценка линейных трендов проводилась с использованием критерия значимости выборочного коэффициента автокорреляции. Проверка на однородность проводилась с использованием критериев Фишера и Стьюдента.

Как показал анализ, несмотря на наличие трендов в рядах осадков, ряды среднегодовых расходов воды рек исследуемого района являются однородными и стационарными.

С использованием таблиц среднемесячных расходов воды для всех створов были сформированы ряды объемов стока за водохозяйственный год, лимитирующий период и за сезоны (весна, лето-осень, зима).

Для рядов объемов стока за водохозяйственный год, лимитирующий период и лимитирующий сезон  были рассчитаны соответствующие объемы стока 90 %-ной обеспеченности.

Расчет основных статистических характеристик выполнен методом моментов. Ошибка среднего значения и коэффициента вариации не превышала 10%. В качестве аналитической кривой обеспеченностей использовалась кривая Крицкого-Менкеля.

Для всех постов выполнен расчет внутригодового стока. Расчет выполнен методом компоновки сезонов по маловодной группе.

Разработаны типовые районные распределения стока для рек Нижней Оби. Полученные типовые распределения заметно отличаются от аналогичных распределений, представленных в справочнике «Ресурсы поверхностных вод СССР».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ


1. Ресурсы поверхностных вод СССР: Т.15. Алтай и Западная Сибирь. Вып.2. Средняя Обь / Н.А. Паниной. – Спб.: Гидрометеоиздат, 1972 . – 408 с.
2. Шполянская Н.А.. Мерзлая зона литосферы Западной Сибири и тенденции ее развития. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 167 с.
3. Западная Сибирь // Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Т. 2 / Гл. ред. В. П. Орлов. Ред. 2-го тома: А. Э. Конторович, В. С. Сурков. - СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. - 477 с.
4. Кузин И.Л. О плиоценовом возрасте четвертичных отложений северных районов Западно-Сибирской низменности и Русской равнины. Труды ВНИГРИ. 1963. Выпуск 220, с. 80-92.
5. Шейнкман В.С., Плюснин В.М. Оледенение севера Западной Сибири - спорные вопросы и пути их решения // Лёд и Снег. 2015. № 1(129). С. 103-120.
6. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород: Вектор-ТиС. 2007. – 134 с.
7. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.–279 с.
8. Справочник по прикладной статистике. Т. 1,2/ Под ред. Э, Ллойда, У, Лин-
9. дермана. - М.: Финансы и статистика, 2 990.
10. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 365 с.
11. Владимиров А.М., Дружинин В.С. Сборник задач и упражнений по гидрологическим расчетам. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 208 с.
12. Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 2004. – 72 с.
13. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 444 с.
14. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 424 с.
15. Догановский А.М. Гидрология суши (общий курс) СПб. Изд. РГГМУ, 2012, - 524с.
16. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. - Л.: Гидрометеоиздат, 1990. - 273 с.
17. Рождественский А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. - Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - 268 с.
18. Сванидзе Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов. - Л,: Гидрометеоиздат, 1977, - 296 с.
19. Шелутко В.А. Численные методы в гидрологин. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - 238 с.
20. Хитлельблау Д. Аналш процессов статистическими методами. - М.' Наука, 1973. - 958 с.