



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра водно-технических изысканий

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

**Временная изменчивость  
водного и ледового режима**  
На тему р. Пур

Исполнитель Азарян Виктория Сергеевна  
(фамилия, имя, отчество)

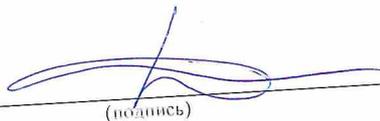
Руководитель кандидат физико-математических наук  
(ученая степень, ученое звание)

Саноцкая Надежда Александровна  
(фамилия, имя, отчество)

Консультант \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

  
(подпись)

К. Г. Н.  
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Д. И.  
(фамилия, имя, отчество)

«13» июня 2022 г.

Санкт-Петербург  
2022

## Содержание

Введение.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1 Физико-географическая характеристика и гидрологические особенности реки Пур .....	4
1.1 Гидрометеорологическая изученность бассейна р. Пур .....	4
1.2 Рельеф. Геология .....	8
1.3 Почвенно-растительный слой .....	9
1.4 Климатическая характеристика исследуемого района.....	10
1.5 Распространение многолетнемерзлых грунтов.....	13
1.6 Тепловой сток реки Пур .....	13
2 Водный режим р. Пур в створе г. Уренгой.....	18
2.1 Уровенный режим .....	18
2.2 Норма и изменчивость годового стока .....	27
2.3 Максимальный и минимальный сток.....	29
3. Ледовый режим .....	45
3.1 Ледостав .....	45
3.3 – Высота снежного покрова .....	52
Заключение .....	58
Список литературы .....	59
Приложения .....	60

## Введение

Целью выпускной квалификационной работой является анализ изменения водного и ледового режима реки Пур за период наблюдений с 1962 по 2018 год.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

Описать физико-географические условия бассейна реки Пур: рельеф, геологическое строение, почвенно-растительный слой, климат.

Собрать исходные данные по уровням и расходам воды по исследуемым створам за период наблюдений (1962 – 2018 гг.).

Составить таблицу и схему гидрометеорологической изученности бассейна реки Пур.

Построить комплексные графики для анализа зависимости расходов воды от уровня воды, температуры воздуха и осадков за многолетний период.

Проанализировать изменения водного и ледового режима реки Пур в условиях меняющегося климата и оценить влияние глобального изменения климата на режимы реки Пур.

# 1 Физико-географическая характеристика и гидрологические особенности реки Пур

## 1.1 Гидрометеорологическая изученность бассейна р. Пур

Пост р. Пур – г. Уренгой расположен в поселке, в районе базы производственно-технического обслуживания и комплектации (УПТО и К).

Прилегающая местность – лесотундра с плоским рельефом, изрезанная озерами, ручьями, поросшая смешанным низкорослым лесом с преобладанием хвойных пород.

Река Пур впадает в Карское море, как и река Обь, которая является одной из крупнейших рек в мире. Долина реки неясно выражена, склоны ее пологие, незаметно сливаются с прилегающей местностью, сложены песчаными грунтами, покрыты смешанным лесом. Река Пур образована от слияния рек Пяку-Пур и Айваседо-Пур. Ширина реки колеблется от 200 – 850 м. Преобладающие глубины на плесовых участках 4 – 5 м, максимальные 12 м. Глубина в устье постоянно меняется вследствие стонно-нагонных ветров. Наименьшая глубина на перекатах 1,2 м. Длина реки 389 км, площадь водосбора 112000 км<sup>2</sup>. Река течет с юга на север. Скорости течения вследствие небольших уклонов незначительны. В межень скорости уменьшаются до 0,3 – 0,5 м/с, на плесах и до 0,6 – 0,8 м/с на перекатах. Во время половодья скорости течения на р. Пур возрастают до 1,2 – 1,3 м/с.

Пойма двухсторонняя, шириной 10 – 12 км, залесена, частично заболочена, изрезана озерами и старицами, сложена песчано-илистыми грунтами. Выход воды на пойму происходит при уровне 800 см над нулем поста. Пойменные берега в верхней части бассейна покрыты смешанным лесом, постепенно переходящим в лесотундру и тундру (в приустьевом участке).

Русло реки умеренно-извилистое, песчаное, деформирующееся, на участке поста разделено осередком на два судоходных рукава. 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. В период весеннего ледохода здесь образуются заторы льда. Полное затопление осередка происходит при уровне 540 см над нулем поста.

Берега крутые, обрывистые, правый высотой 8 – 10 м, левый – 3,5 м [6].

Пост речной, расположен на правом берегу. Гидрологическая изученность Пуровского района представлена в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Гидрологическая изученность бассейна р. Пур [2]

№	Название водного объекта и пункта наблюдения	Код пункта наблюдений	Расстояние (км.) от		Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Период действия		Отметка нуля поста	
			исток а	усть я		число, месяц, год	открыт	закрыт	высота, м.
1	р. Пур – г. Уренгой	11571	144	245	80400	07. 9.1948	Действ. По АИС ГМВО	5,86	БС
2	р. Пяку-Пур – г. Тарко-Сале	11574	539	3,40	31400	01. 8.1938	Действ.	15,31	(БС7)
3	р. Еркал-Надей Пур - пос. Халесовая	11575	315	108	6600	27. 8.1958	Действ.	57,85	БС
4	р. Айваседа-Пур - подбаза Харампур	11638	83,0	95,0	17200	01.01.1985	01.04.1997	29,45	(БС7)
5	р. Хале-Савой - пос. Халесовая	11639	108	1,50	822	20. 8.1985	Действ.	58,72	(БС7)
6	р. Пур - пос. Самбург	11807	303	86,0	95100	07.10.1936	Действ.	2,12	(БС7)

Отметка нуля поста с 06.07.1998 г. 5,82 м БС вместо 5,86 м БС. До 06.07.1998 г. пост находился у пассажирского причала. С 06.07.1998 г. пост

перенесен на 750 м ниже старого поста, в районе базы производственно-технического обслуживания и комплектации (УПТО и К).

Отметка нуля нового поста 5,82 м БС назначена с учетом падения на участке между постами.

Уровненный ряд в связи с переносом поста не нарушен.

Гидроствор №5 расположен в 400 м ниже поста. Расходы воды измеряются с лодки, местоположение скоростных вертикалей определяется секстаном. В июле 1998 г. в 1,1 км ниже старого (0,35 км ниже нового) в створе понтонного моста оборудован гидроствор №6. Сток в пойме в гидростворах №5 и №6 не учитывается.

Температура воды измеряется в створе поста у берега, толщина льда – на середине правого рукава русла. Также проводятся измерения на действующем poste Халесовая (рисунок 1.1).

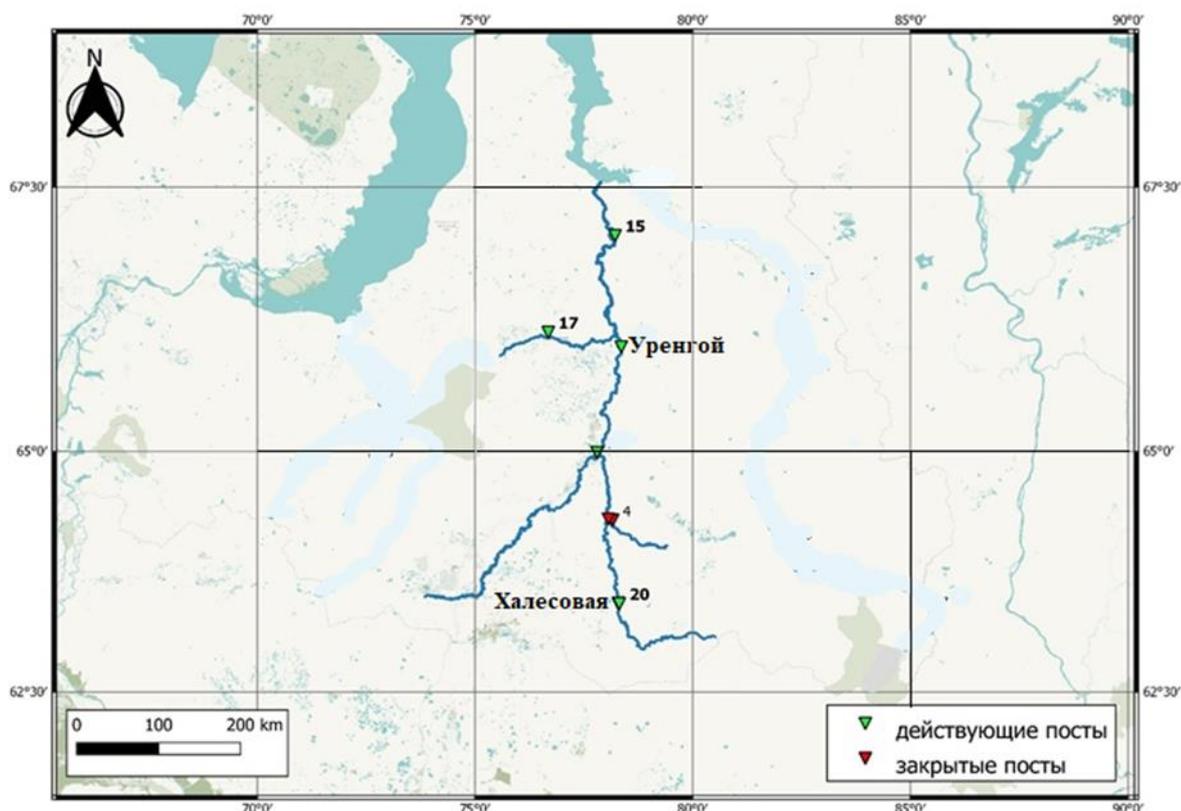


Рисунок 1.1 – Посты на р. Пур

Высота волны половодья в Самбурге (86 км от губы) – около 5 м. Ниже по течению высота волны снижается. В августе-сентябре отмечаются дождевые паводки высотой 0,2 – 0,7 м. Уровни воды в пунктах Уренгой (245 км от устья) и

Самбург (86 км от устья). Ниже Самбурга регулярные гидрологические наблюдения не производятся.

Наивысшие уровни воды наблюдаются в период половодья.

В период летне-осенней межени на устьевом участке Пура могут наблюдаться сгонно-нагонные колебания уровня воды. Нагонам сопутствуют северные ветры над губой. Величина нагонов в дельте может достигать 1,5 м. У Самбурга она обычно не превышает 0,5 м. Экстремальный нагон отмечен в устье Пура 22 – 26 августа 1960 г, когда уровень в Самбурге поднялся на

1,07 м. Обычно нагоны не распространяются более чем на 100 км от Тазовской губы. В южной части губы, в местах впадения рек Пур и Таз губа имеет глубины 1,8 – 2,0 м. Существование этих мелководных участков ограничивает осадку судов, которые должны следовать по Обь-Тазовской водной магистрали и заходить в реки Таз и Пур. Усложняют судоходную обстановку понижения уровня на 1,5 м при сгонных южных ветрах.

Река Пур по условиям судоходства делится на два участка: верхний – от пункта Тарко-Сале до пункта Уренгой (397 – 45 км от устья); нижний – от пункта Уренгой до Тазовской губы. На верхнем участке в русле реки много перекатов, затрудняющих судоходство. Наименьшая глубина здесь в межень составляет 0,9 м. На нижнем участке глубины порядка 1,6 – 1,8 м. Здесь сильно сказываются сгонно-нагонные колебания уровня воды, которые ощущаются на протяжении около 100 км от устья. Устьевой участок р. Пур способен пропускать суда, следующие из реки Обь от морского края дельты до пункта Самбург (86 км от устья). В последние годы в связи со строительством железной дороги, которая дошла на север до пункта Новый Уренгой, роль судоходства на устьевом участке р. Пур резко уменьшилась. Между пунктами на реке перевозка осуществляется мелкотоннажным флотом, лодками и катерами. В пунктах Самбург, Уренгой и Тарко-Сале имеются пристани. Средняя продолжительность навигации в устье реки Пур 120 дней.

## 1.2 Рельеф. Геология

Территория водосбора полностью находится в пределах Западно-Сибирской равнины – одной из самых обширных равнин земного шара. В основании Западно-Сибирской равнины лежит эпигерцинская Западно-Сибирская плита, фундамент которой сложен метаморфизованными палеозойскими отложениями [3].

Территория имеет вид низменной равнины (рисунок 1.2), с невысокими поднятиями до 150 метров высотой к югу.



Рисунок 1.2 – Снимок Уренгоя и р. Пур со спутника

Абсолютные отметки высот колеблются в пределах от 15 – 20 до 50 м. Русла рек слабо врезаны и сильно извилисты. На водоразделе рек Пура и Таза расположена одноименная Пур-Тазовская возвышенность. Она имеет характер относительно приподнятой расчлененной равнины с высотами до 70 – 80 м.

Из полезных ископаемых стоит назвать не только природный газ, нефть, но и залежи строительных песков, глины, самоцветы – агат и сердолик, встречающиеся в долине Пура.

### 1.3 Почвенно-растительный слой

На рассматриваемой территории в лесотундре получили развитие почвы двух типов: торфяно-глеевые, подзолисто-глеевые.

Уренгой входит в Надым-Пуровскую северную ландшафтную провинцию (рисунок 1.3), здесь произрастают лиственничные и елово-лиственничные леса. Северная тайга отличается большой заболоченностью, характеризуется низкой лесистостью, невысокой сомкнутостью древостоев и небольшой продуктивностью.



Рисунок 1.3 – Ландшафтная провинция Пуровского района

Основные древесные породы – лиственница сибирская, сосна обыкновенная, ель сибирская, кедр сибирский. На лугах и склонах речных долин – обилие сочных трав и ягод.

#### 1.4 Климатическая характеристика исследуемого района

Климат района суров. Это объясняется рядом факторов, такими как положение в высоких широтах и близость Северного Ледовитого океана, что проявляется в неравномерном поступлении суммарной солнечной радиации в течение года, низких зимних температурах воздуха и больших годовых амплитудах температур.

Другим фактором можно отметить, зависимость от циклонов и антициклонов, рождающихся над Северной Атлантикой, Средней Азией и Европой.

Более подробно климатические характеристики Пуровского района приведены в таблицах (1.2, 1.3). Данные со станции Халесовая были взяты с [meteo.ru](http://meteo.ru), Уренгой со строительной климатологии.

Суровый климат и отрицательные среднегодовые температуры способствовали широкому развитию вечной мерзлоты. Ее мощность достигает 300 метров и состоит из двух слоев: верхнего, современного, толщиной 15 метров, и нижнего, реликтового слоя, начинающегося на глубине 80 метров и имеющего мощность 200 метров.

Большая протяженность территории с севера на юг дает возможность наблюдать здесь четко выраженную зональность распределения тепла и влаги. Равнинность территории и открытость с севера и юга не препятствует глубокому проникновению в ее пределы воздушных масс как с севера, так и с юга. Поэтому в любой сезон года возможны резкие изменения погоды, переход от тепла к холоду, резкие колебания температуры воздуха.

Таблица 1.2 – Многолетние климатические параметры на р. Пур – г. Уренгой с июня по август за период наблюдений (1962 – 2018 гг.) [4]

Метеостанция	Барометрическое давление, гПа	Средняя месячная относительная влажность, %	Абсолютная tmax воздуха, °С	Преобладание ветров за июнь – август
Халесовая	1002	72	20,5	С
Уренгой	1010	69	34	С

Таблица 1.3 – Многолетние климатические параметры на р. Пур – г. Уренгой с декабря по февраль за период наблюдений (1962 – 2018 гг.) [4]

Метеостанция	Средняя месячная относительная влажность, %	Абсолютная tmin воздуха, °С	Преобладание ветров за декабрь-февраль
Халесовая	78	-34,4	Ю
Уренгой	75	-56	Ю

Радиационный баланс Пуровского района в теплое время года положителен с наибольшими значениями в июне – июле. Отрицательный баланс наблюдается повсеместно с октября по март и достигает наименьших величин в декабре – январе. Годовой радиационный баланс в северной части 22 – 35 ккал/см<sup>2</sup>. Период с положительным рад/балансом составляет на севере территории шесть – семь месяцев. Максимальные средние месячные суммы радиационного баланса могут достигать в июне – июле (9,2 – 9,9 ккал/см<sup>2</sup>), а минимальные в ноябре – декабре (1,3 – 1,5 ккал/см<sup>2</sup>). Суммарная солнечная радиация составляет 79 ккал/см<sup>2</sup> в год.

Для температурного режима рассматриваемой территории характерны суровая продолжительная зима, сравнительно короткое, но жаркое лето, поздние весенние и ранние осенние заморозки, короткий безморозный период. Термический режим северной и северо-восточной частей территории очень суров. Холодное Карское море, являясь источником холода летом и сильных

ветров зимой, увеличивает эту суровость. Атмосферное давление около 764 – 765 мм. рт. ст. В районе Пуровского района средние годовые температуры колеблются от -7 до -3 °С.

Средние температуры января, самого холодного месяца на большей части территории, достигали -56 °С. В конце мая средняя суточная температура воздуха переходит через 0 °С и начинается весна. Средние месячные температуры июля, самого теплого месяца года, колеблются в пределах от 11,6 до 20,5 °С.

В Пуровском районе преобладает лесотундровая зона, где наблюдаются скорости ветра от 2 – 4 м/сек, в зимнее время преобладают южные ветра, средние скорости от 3 – 4 м/сек, а так как летом преобладают северные и северо-западные ветры, то средняя скорость достигает 3 – 4 м/сек. Из рассмотренного можно заключить, что в данном районе ясно выражены муссонообразные ветры: зимой с охлажденного материка на океан, а летом с океана на сушу.

Относительная влажность воздуха, характеризующая степень насыщения воздуха водяным паром, мало меняется по территории в холодный период года, наиболее высокая относительная влажность в декабре 80 – 84%, а минимальные значения в мае 40 – 50%. Недостаток насыщения воздуха водяным паром наименьший в зимний период при высокой относительной влажности и низкой температуре воздуха. Средняя месячная величина 0,2 – 0,3 мб.

Количество и распределения осадков рассматриваемой территории определяются главным образом особенностями общей циркуляции атмосферы, в частности фронтальной деятельностью западных циклонов. Увлажненность ее почти целиком зависит от количества влаги, приносимой с запада. Вторжение арктических масс с севера и континентально-полярных с юга не встречает препятствий на обширной территории Западно-Сибирской равнины. Наибольшее годовое количество осадков в Пуровском районе 400 – 450 мм. Среднегодовое количество осадков на метеостанции Халесовая – 602 мм, Уренгой – 469 мм. Время наступления годового максимума осадков постепенно смещается с юга на север. В центральной части лесной зоны бассейна реки Пур

чаще наступает в августе. На большей части территории месячные суммы осадков за июль в лесной зоне 75 – 90 мм.

### 1.5 Распространение многолетнемерзлых грунтов

Распространение многолетнемерзлых пород находится в пределах 63 градуса северной широты. Вдоль нее данные породы залегают малыми островками за безлесовых учатсках, в основном в торфяниках. А примерно на 67 градусов северной широты многолетнемерзлые породы залегают огромную площадь и встречаются даже в лесном массиве. Однако севернее многолетнемерзлые породы в большей части имеют распространение-сплошное и отсутствуют под руслом р. Пур.

На южной границе на области распространения многолетнемерзлых пород проходит широкая зона, 150-190 километров, в пределах которой грунт достигает температуры ниже нуля градусов, а севернее температура многолетнемерзлых пород понижается с юга на север.

### 1.6 Тепловой сток реки Пур

Из массива ежедневных данных по температуре воздуха за период наблюдений 1962 – 2018 гг. были посчитаны среднегодовые значения температуры воздуха реки Пур – пгт. Уренгой [1].

Данные о среднегодовых значениях температуры воздуха р. Пур – Уренгой представлены в таблице 1.4

Таблица 1.4 – Среднегодовых значения температуры воздуха р. Пур – Уренгой за период наблюдений (1962 – 2018 гг.)

Год	$t_{cp}$
1962	-7.91
1963	-6.44
1964	-6.87
1965	-6.91
1966	-8.44
1967	-8.38
1968	-8.18
1969	-8.41
1970	-8.01
1971	-6.37
1972	-7.87
1973	-5.32
1974	-8.57
1975	-5.74
1976	-5.95
1977	-5.84
1978	-6.45
1979	-7.68
1980	-6.11
1981	-4.21
1982	-5.20
1983	-4.02
1984	-5.75
1985	-6.57
1986	-5.53
1987	-6.45
1988	-4.91
1989	-5.33
1990	-5.74
1991	-5.43
1992	-5.23
1993	-4.89
1994	-5.79
1995	-5.56
1996	-5.68
1997	-5.19
1998	-7.00
1999	-6.36
2000	-6.04
2001	-5.74

2002	-5.39
2003	-4.64
2004	-5.31
2005	-2.72
2006	-6.76
2007	-2.93
2008	-3.64
2009	-6.64
2010	-6.62
2011	-2.61
2012	-2.79
2013	-4.30
2014	-5.39
2015	-3.10
2016	-2.40
2017	-2.95
2018	-4.59

По этим данным был построен график (рисунок 1.4)

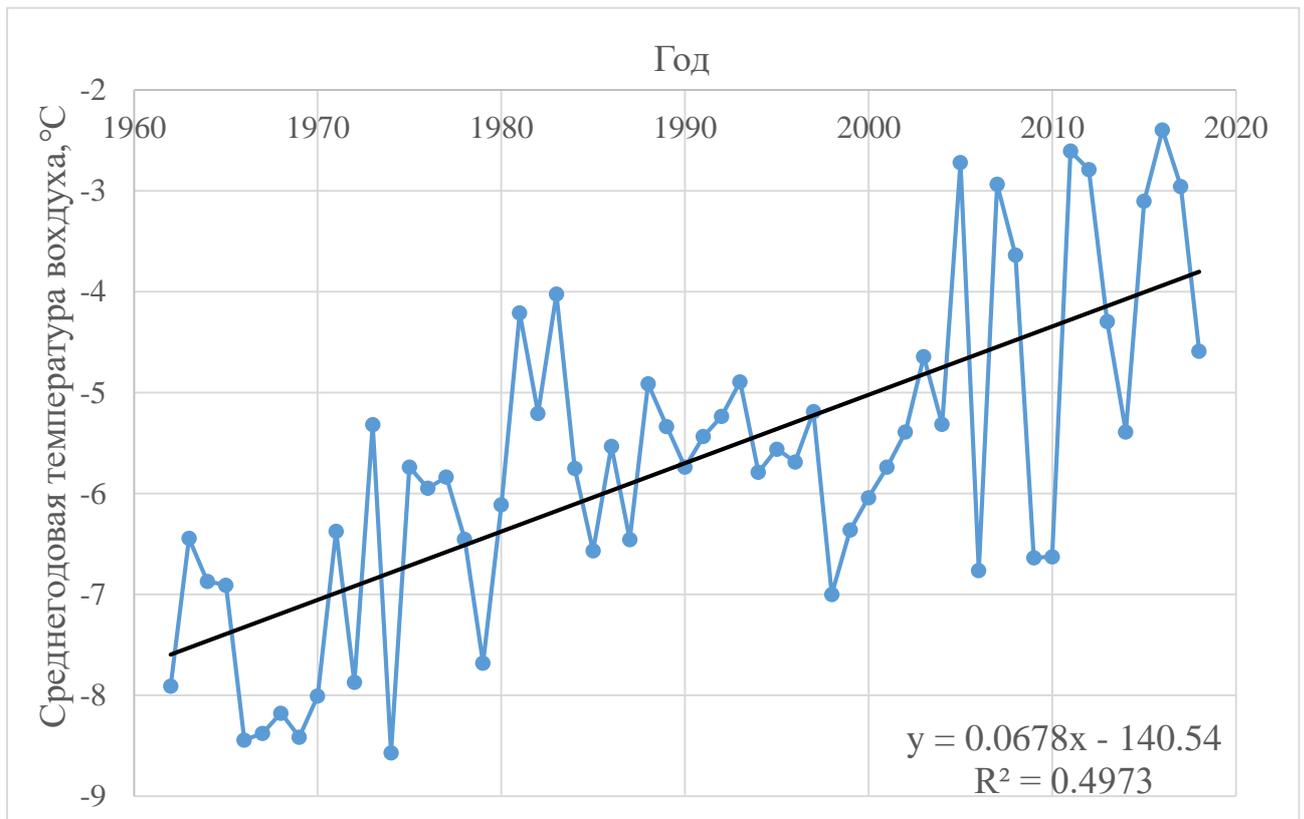


Рисунок 1.4 – Среднегодовые значения температуры воздуха реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962-2018 гг.

Для полноценного анализа изменения значений  $t_{cp}$  за период наблюдений с 1962 – 2018 гг. была осуществлена разбивка на два периода, первая с 1962 – 1990 гг., а вторая с 1991 – 2018 гг. Как видно из графика значение  $t_{cp}$  в первые 29 лет наблюдений на посту Уренгой в среднем было равно -6.32, а к 2018 году значение  $t_{cp}$  равно -4.88. Таким образом, значение  $t_{cp}$  увеличилась на 1,44, что и доказывает влияние изменения климата на тепловой сток арктический реки Пур.

По данным среднегодовых температур воздуха за период наблюдений 1962 – 2018 гг. построена линия тренда. Как видно из графика (рисунок 1.4) значения среднегодовых температур за отдельные годы колеблются, однако общая тенденция говорит об увеличении среднегодовой температуры воздуха. Помимо этого, мы наблюдаем на графике тренд на повышение среднегодовых значений температур воздуха.

Также был проверен ряд по среднегодовым значениям температуры воздуха реки Пур на однородность по критериям Стьюдента и Фишера (табл. 1.5, 1.6)

Таблица 1.5 – Проверка ряда на однородность по критерию Стьюденту по среднегодовым значениям температур воздуха реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	-6.49	-4.82
Дисперсия	1.69	2.09
Наблюдения	30	27
Объединенная дисперсия	1.88	
Гипотетическая разность средних	0	
df	55	
t-статистика	-4.57	
P(T<=t) одностороннее	0.0000138	
t критическое одностороннее	1.67	
P(T<=t) двухстороннее	0.0000277	
t критическое двухстороннее	2.00	

Таблица 1.6 – Проверка ряда на однородность по критерию Фишера по среднегодовым значениям температур воздуха реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг

Двухвыборочный F-тест для дисперсии		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	-4.82	-6.49
Дисперсия	2.09	1.69
Наблюдения	27	30
df	26	29
F	1.24	
P(F<=f) одностороннее	0.288	
F критическое одностороннее	2.13	

По результатам проверки ряда по критерию Стьюдента по среднегодовым значениям температур воздуха реки Пур – пгт Уренгой оказалось, что гипотеза об однородности опровергается, так как значение t-статистики больше значения t критического двухстороннего, а именно  $| -4.571 | > 2.00$ .

По результатам проверки ряда по критерию Фишера по среднегодовым значениям температур воздуха реки Пур – пгт. Уренгой оказалось, что гипотеза об однородности не опровергается, так как значение  $F < F$  критическое одностороннее, а именно  $1.24 < 2.13$  [9].

В ходе расчетов была проведена проверка тренда на значимость, для определения значимости тренда были посчитаны такие параметры как длина ряда, коэффициент корреляции, стандартная ошибка, статистика Стьюдента при уровне значимости пять процентов, число степеней свободы, значения данных параметров представлено в таблице 1.7 [7].

Табл. 1.7 – параметры для расчета значимости тренда

n	57
R <sup>2</sup>	0.497
R	0.705
$\sigma_R$	0.095
R/ $\sigma_R$	7.37
(n-2)	55.0
$t_{2\alpha}$	2.00

В результате расчетов отношение корреляции и стандартной ошибки меньше статистики Стьюдента при уровне значимости 5 процентов  $\frac{R}{\sigma_R} < t_{2\alpha}$ , то есть  $\frac{0.705}{0.095} < 2$ , следовательно тренд оказался статистически не значим.

## 2 Водный режим р. Пур в створе г. Уренгой

### 2.1 Уровенный режим

В годовом цикле колебания стока реки Пур различают следующие основные фазы водного режима: весенне-летнее половодье, летне-осеннюю и зимнюю межень, летние и осенние дождевые паводки. Продолжительность и характерные особенности этих фаз определяются изменением питания реки в течение года, которое в свою очередь зависит от климатических условий речного бассейна и конкретного года [5].

Из массива данных ежедневных уровней воды за период наблюдений 1962 – 2018 гг. (табл. 2.1) были выбраны максимальные, минимальные и средние значения за год. По этим данным были построены графики (рис. 2.1 – 2.4)

Табл. 2.1 – Максимальные, минимально зимние, летне-осенние и среднегодовые расходы уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг

Год	Ноль поста	Н среднегодовые, см	Н макс, см	Н летне-осенние, см	Н минимально зимние, см
			Уровень	Уровень	Уровень
1948	-	-	-	-	наблюдения 07.09
1949	40	455	841	384	378
1950	40	436	918	362	364
1951	5.74	419	856	314	370
1952	5.74	414	833	371	354
1953	5.82	427	830	371	359
1954	нд	447	841	406	364
1955	нд	457	846	400	372
1956	нд	426	784	373	367
1957	нд	401	892	323	364
1958	нд	460	879	406	349
1959	нд	447	925	374	374
1960	5.86	449	734	367	350
1961	5.86	443	1022	346	387
1962	нд	417	902	333	359
1963	нд	440	906	353	360
1964	нд	431	874	358	378
1965	нд	467	878	448	369
1966	нд	468	865	389	387
1967	нд	441	948	324	393
1968	нд	440	889	380	375
1969	нд	401	784	351	346
1970	нд	445	872	438	351
1971	нд	455	864	414	378
1972	нд	492	903	433	381
1973	нд	469	880	419	409
1974	нд	477	979	373	365
1975	нд	441	933	430	410
1976	нд	470	1008	339	365
1977	нд	497	840	322	320
1978	нд	470	872	408	393
1979	нд	476	959	401	391
1980	нд	408	840	437	393
1981	нд	427	1046	403	373
1982	нд	457	841	336	320
1983	нд	451	861	347	370

1984	нд	491	846	401	366
1985	нд	452	830	417	317
1986	нд	388	910	414	406
1987	нд	404	957	359	339
1988	нд	435	887	313	338
1989	нд	434	831	323	325
1990	нд	431	887	340	361
1991	нд	436	942	342	371
1992	нд	417	900	378	363
1993	нд	410	899	353	365
1994	нд	424	867	353	339
1995	нд	457	838	339	368
1996	нд	464	874	364	363
1997	нд	441	871	392	399
1998	5.86	400	934	432	364
1999	5.82	439	929	376	360
2000	нд	491	737	339	336
2001	нд	443	904	380	399
2002	нд	431	886	449	385
2003	нд	436	858	351	371
2004	нд	410	869	367	379
2005	нд	450	833	343	361
2006	нд	448	773	345	329
2007	нд	420	857	354	374
2008	нд	451	869	375	375
2009	нд	428	859	346	347
2010	нд	406	805	412	371
2011	нд	413	887	369	363
2012	нд	478	824	329	360
2013	нд	492	849	319	345
2014	нд	429	1025	384	397
2015	нд	437	854	439	394
2016	нд	455	842	342	341
2017	нд	489	822	403	389
2018	нд	нд	834	387	398

Также были проверены ряды по максимальным, среднегодовым, минимально зимним и летне-осенним значениям уровней воды реки Пур на однородность по критериям Стьюдента и Фишера (таблицы 2.2 – 2.9).

Таблица 2.2 – Проверка ряда на однородность по критерию Стьюдента по среднегодовым значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями		
Переменная 1		Переменная 2
Среднее	446	439
Дисперсия	589	717
Наблюдения	34	35
Объединенная дисперсия	654	
Гипотетическая разность средних	0	
df	67	
t-статистика	1.09	
P(T<=t) одностороннее	0.140	
t критическое одностороннее	1.66	
P(T<=t) двухстороннее	0.279	
t критическое двухстороннее	1.99	

Таблица 2.3 – Проверка ряда на однородность по критерию Фишера по среднегодовым значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Переменная 1		Переменная 2
Среднее	439	446
Дисперсия	717	589
Наблюдения	35	34
df	34	33
F	1.22	
P(F<=f) одностороннее	0.288	
F критическое одностороннее	1.99	

Таблицы 2.4 – Проверка ряда на однородность по критерию Стьюдента по максимальным значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	883	868
Дисперсия	4249	2783
Наблюдения	36	35
Объединенная дисперсия	3527	
Гипотетическая разность средних	0	
df	69	
t-статистика	1.04	
P(T<=t) одностороннее	0.152	
t критическое одностороннее	1.67	
P(T<=t) двухстороннее	0.304	
t критическое двухстороннее	1.99	

Таблицы 2.5– Проверка ряда на однородность по критерию Фишера по максимальным значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный F-тест для дисперсии		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	883	868
Дисперсия	4249	2783
Наблюдения	36	35
df	35	34
F	1.53	
P(F<=f) одностороннее	0.110	
F критическое одностороннее	1.97	

Таблицы 2.6 – Проверка ряда на однородность по критерию Стьюдента по минимально летне-осенним значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	378	370
Дисперсия	1403	1198
Наблюдения	35	36
Объединенная дисперсия	1299	
Гипотетическая разность средних	0	
df	69	
t-статистика	0.938	
P(T<=t) одностороннее	0.176	
t критическое одностороннее	1.667	
P(T<=t) двухстороннее	0.351	
t критическое двухстороннее	1.99	

Таблицы 2.7– Проверка ряда на однородность по критерию Фишера по минимально летне-осенним значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный F-тест для дисперсии		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	378	370
Дисперсия	1403	1198
Наблюдения	35	36
df	34	35
F	1.17	
P(F<=f) одностороннее	0.322	
F критическое одностороннее	1.97	

Таблицы 2.8 – Проверка ряда на однородность по критерию Стьюдента по минимально зимним значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	369	365
Дисперсия	400	527
Наблюдения	35	35
Объединенная дисперсия	464	
Гипотетическая разность средних	0	
df	68	
t-статистика	0.998	
P(T<=t) одностороннее	0.161	
t критическое одностороннее	1.668	
P(T<=t) двухстороннее	0.322	
t критическое двухстороннее	1.99	

Таблицы 2.9– Проверка ряда на однородность по критерию Фишера по минимально зимним значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный F-тест для дисперсии		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	365	370
Дисперсия	527	401
Наблюдения	35	35
df	34	34
F	1.31	
P(F<=f) одностороннее	0.214	
F критическое одностороннее	1.98	

По результатам проверки ряда по критерию Стьюдента по среднегодовым, минимально зимним, максимальным, летне-осенним значениям уровня воды реки Пур – пгт Уренгой оказалось, что гипотеза об однородности не

опровергается, так как значение t-статистики меньше значения t критического двухстороннего

По результатам проверки ряда по критерию Фишера оказалось, что гипотеза об однородности не опровергается, так как значение  $F < F$  критическое одностороннее [9].

Помимо этого, по среднегодовым, минимально зимним, максимальным, летне-осенним значениям уровня воды реки Пур – пгт Уренгой были построены графики (рисунок 2.1 – 2.4).

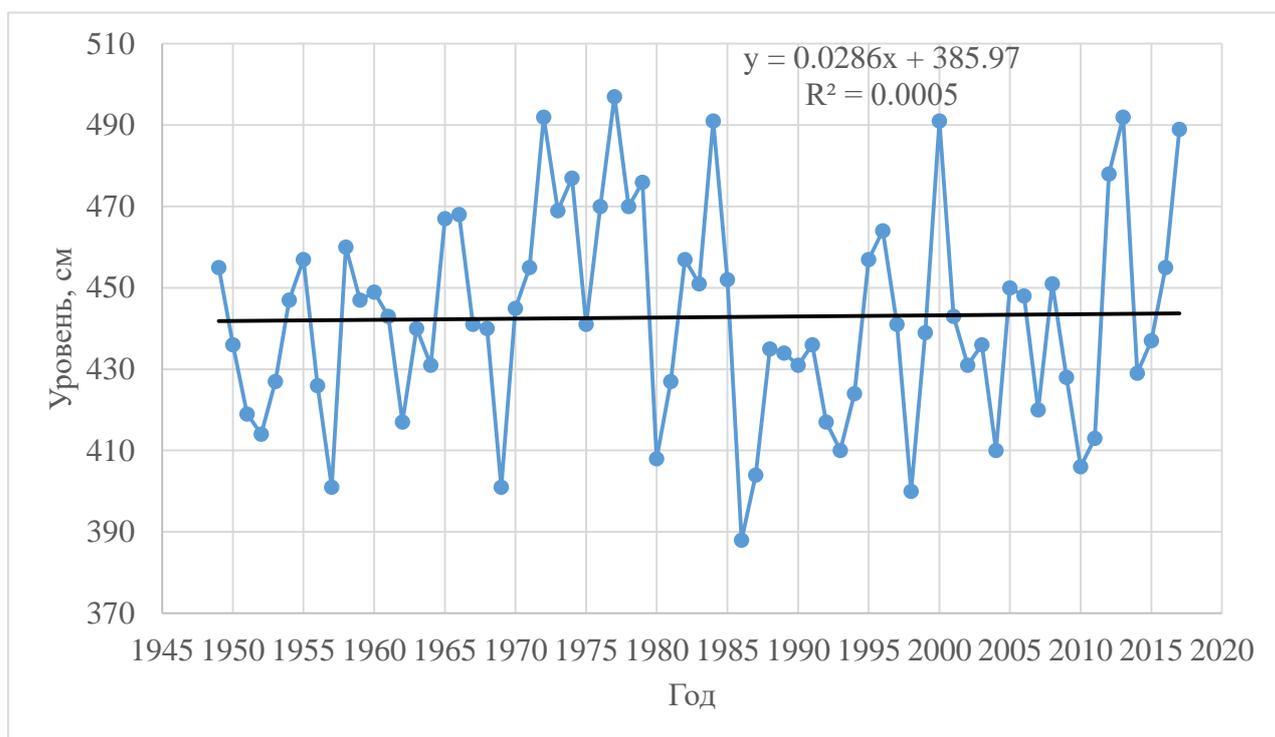


Рисунок 2.1 – Ряд данных среднегодовых уровней воды р. Пур – г. Уренгой за весь период наблюдений 1962 – 2018 гг.

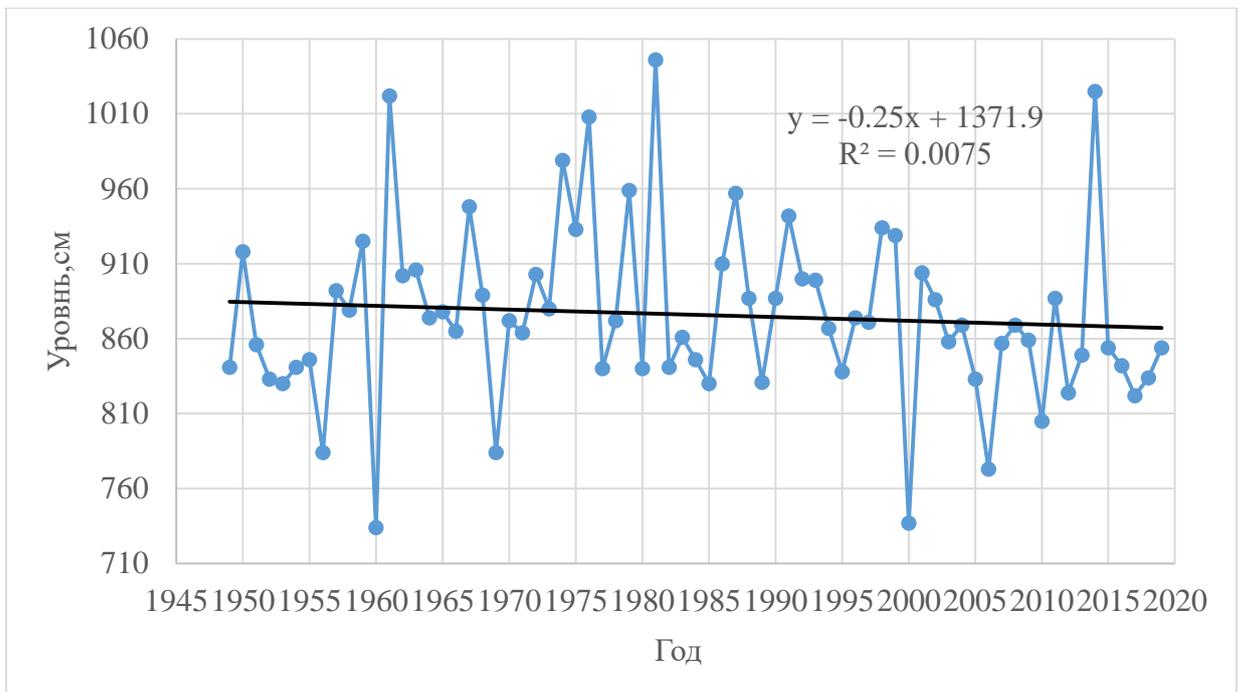


Рисунок 2.2 – Ряд данных максимальных уровней воды р. Пур – г. Уренгой за весь период наблюдений 1962 – 2018 гг.

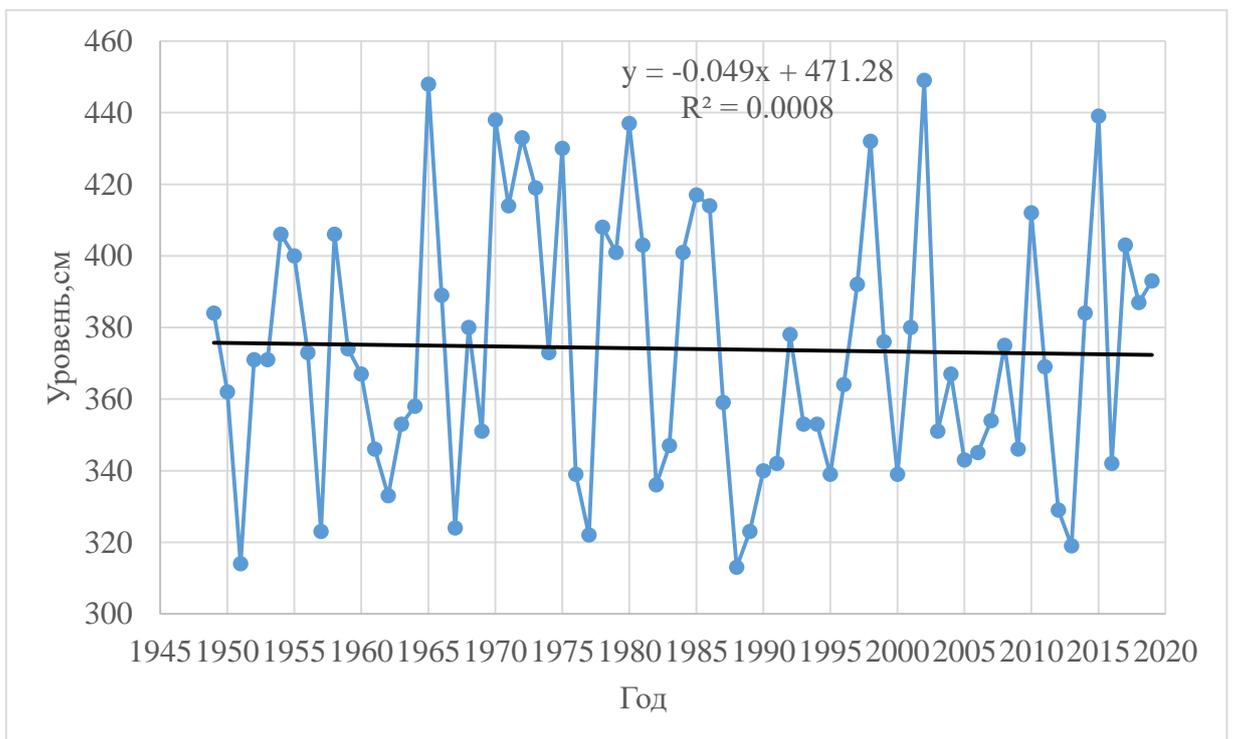


Рисунок 2.3 – Ряд данных летне-осенних уровней воды р. Пур – г. Уренгой за весь период наблюдений 1962 – 2018 гг.

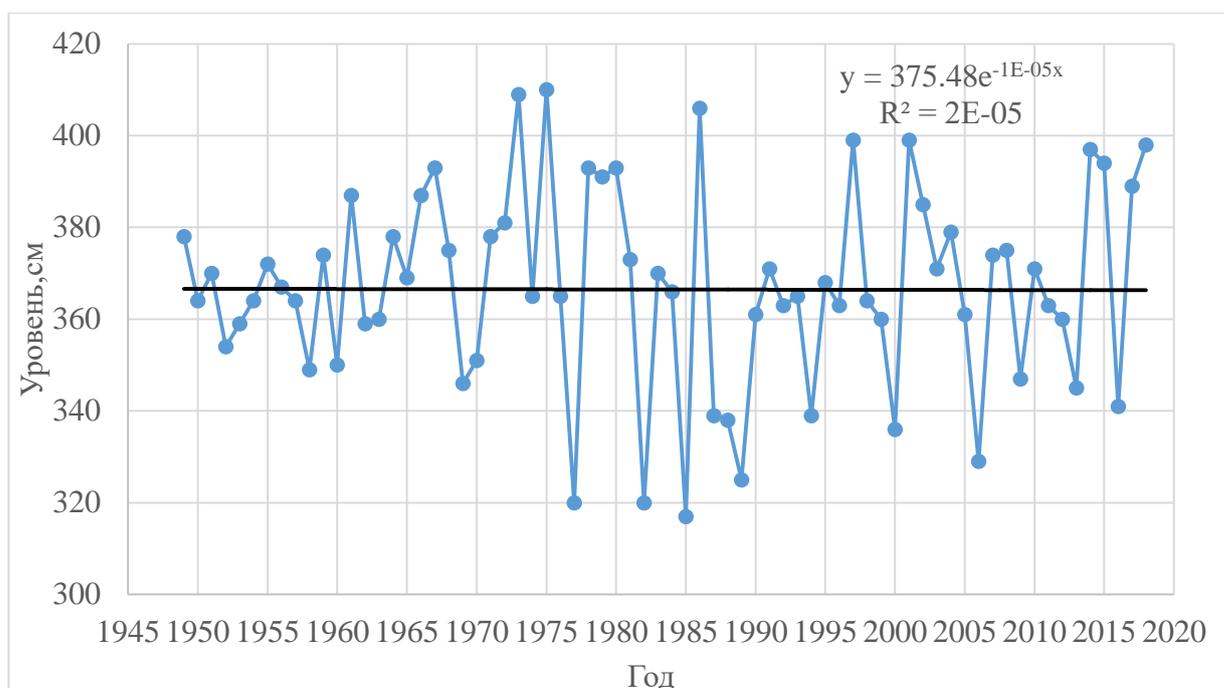


Рисунок 2.4 – Ряд данных минимально зимних уровней воды р. Пур – г. Уренгой за весь период наблюдений 1962 – 2018 гг.

В ходе расчетов была проведена проверка трендов на значимость, в результате была выявлено, что тренды статистически не значимы. Помимо этого, по таблице 2.1 были построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей максимальных, минимально зимних, летне-осенних, среднегодовых уровней реки Пур – пгт Уренгой (приложения 4-8) [7].

## 2.2 Норма и изменчивость годового стока

Нормой годового стока называется среднее его значение за многолетний период, включающий несколько полных (не менее двух) циклов колебаний водности реки при неизменных физико-географических и климатических условиях и одинаковом уровне хозяйственной деятельности в бассейне реки.

Говоря другими словами, если условия формирования стока на водосборе остаются неизменными, то под нормой стока понимается среднее значение стока за многолетний период такой продолжительности, при увеличении которой полученное значение практически не меняется, т. е. находится в пределах

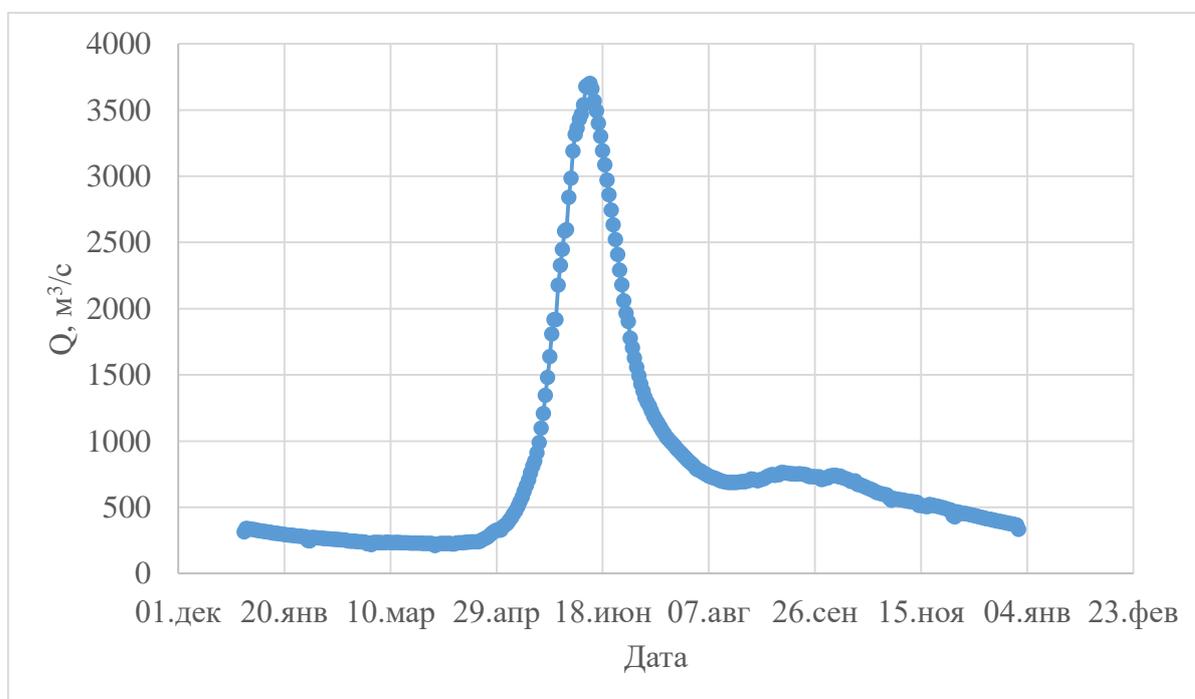
допустимой погрешности. Значение нормы годового стока может быть выражено в виде любой из четырех характеристик, представленных в таблице 2.10 [8].

Таблица 2.10 – Расчетные формулы для определения нормы годового стока

Характеристика стока	Обозначение	Размерность	Расчетная формула	№ формулы
Средний многолетний расход воды	$\bar{Q}$	м <sup>3</sup> /с	$\bar{Q} = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i / n$	1
Средний многолетний модуль стока	$\bar{q}$	л/с км <sup>2</sup>	$\bar{q} = (\bar{Q}/F)10^3$	2
Средний многолетний объем годового стока	$\bar{W}$	км <sup>3</sup>	$\bar{W} = 31,5 \bar{Q} 10^{-3}$	3
Средний многолетний слой годового стока	$\bar{h}$	мм	$\bar{h} = 31,5(\bar{Q}/F)10^3$	4

*Примечание: F – площадь водосбора, км<sup>2</sup>; n – длина ряда.*

В результате, норма годового стока для реки Пур – пгт Уренгой была выражена через средний многолетний расход воды и равна 776 м<sup>3</sup>/с. График среднего многолетнего расхода представлен на рисунке 2.5



2.5 – Средний многолетний расход воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962-2018 гг.

### 2.3 Максимальный и минимальный сток

По классификации рек А.И. Воейкова р. Пур относится к типу III – реки, получающие основное питание от таяния снега весной или в начале лета, а также значительное дождевое питание в теплое время года.

По таблице 2.11 Отношение максимального расхода к среднегодовому составляет 5,5, что означает, что по классификации рек Б.Д. Зайкова реки Пур относятся к группе I рек с весенним половодьем. И в этой группе относится к западносибирскому типу.

Табл. 2.11 – Среднесуточные расходы воды в створе р. Пур – г. Уренгой за 2018 год [1]

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	603	471	442	379	375	718	2220	775	679	656	617	504
2	599	469	442	375	376	770	2030	748	675	656	614	500
3	596	466	442	371	377	858	1910	730	670	656	610	496
4	593	464	442	367	378	1010	1780	718	665	656	606	493
5	590	461	442	367	379	1300	1700	709	661	656	602	489
6	587	459	442	367	381	1810	1620	698	658	655	598	485
7	584	456	442	366	382	2430	1520	690	655	655	595	482
8	581	455	441	366	383	3350	1440	686	653	655	591	478
9	578	454	441	366	389	3410	1400	688	652	656	587	475
10	573	453	441	366	396	4120	1380	692	652	656	583	471
11	567	451	441	365	403	4290	1350	696	651	656	579	468
12	562	450	440	365	410	4380	1320	700	651	657	575	465
13	556	449	440	365	418	4420	1300	700	650	658	572	461
14	551	448	440	365	426	4440	1290	703	650	659	568	458
15	546	447	440	364	434	4420	1290	703	648	660	564	454
16	540	446	439	364	441	4390	1270	706	647	661	560	451
17	535	444	439	364	448	4360	1240	709	648	661	556	448
18	529	443	435	364	456	4290	1210	712	650	662	553	444
19	524	442	431	363	462	4180	1180	718	652	662	549	441
20	518	442	427	363	470	4100	1150	727	654	663	545	438
21	513	442	423	363	478	4010	1110	730	655	659	541	435
22	508	442	419	364	486	3850	1060	735	656	655	537	432
23	502	442	415	365	495	3590	1020	735	658	652	534	430
24	497	442	411	367	505	3430	992	730	659	648	530	427
25	491	442	407	368	524	3230	964	727	659	644	526	424
26	486	442	403	369	537	3050	937	718	659	640	522	421
27	484	442	399	370	562	2890	905	706	658	636	519	418
28	481	442	395	371	582	2720	870	700	659	633	515	416
29	479		391	372	606	2560	840	696	657	629	511	413
30	476		387	374	647	2410	825	692	656	625	508	410
31	474		383		678		807	684		621		407

Западносибирский тип рек характеризуется невысоким и растянутым весенним половодьем, повышенным летне-осенним стоком и низкой зимней меженью. Сглаженное и растянутое половодье обуславливается замедленным стоком талых вод под влиянием равнинности рельефа, заболоченности и обилия озер в поймах рек. Продолжительность половодья достигает четырех и более месяцев. Летние и осенние паводки наблюдаются ежегодно, но отличаются небольшими подъемами уровней.

По классификации М.И. Львовича р. Пур преимущественно (от 50 до 80%) снегового питания.

По классификации П.С. Кузина р. Пур относится к II типу рек – реки с половодьем и паводками. Данный тип имеет преимущественно снеговое и дождевое питание.

Из массива данных ежедневных расходов воды за период наблюдений 1962 – 2018 гг. были выбраны максимальные, минимальные и средние значения за каждый день года. По этим данным был построен график (рис. 2.1)

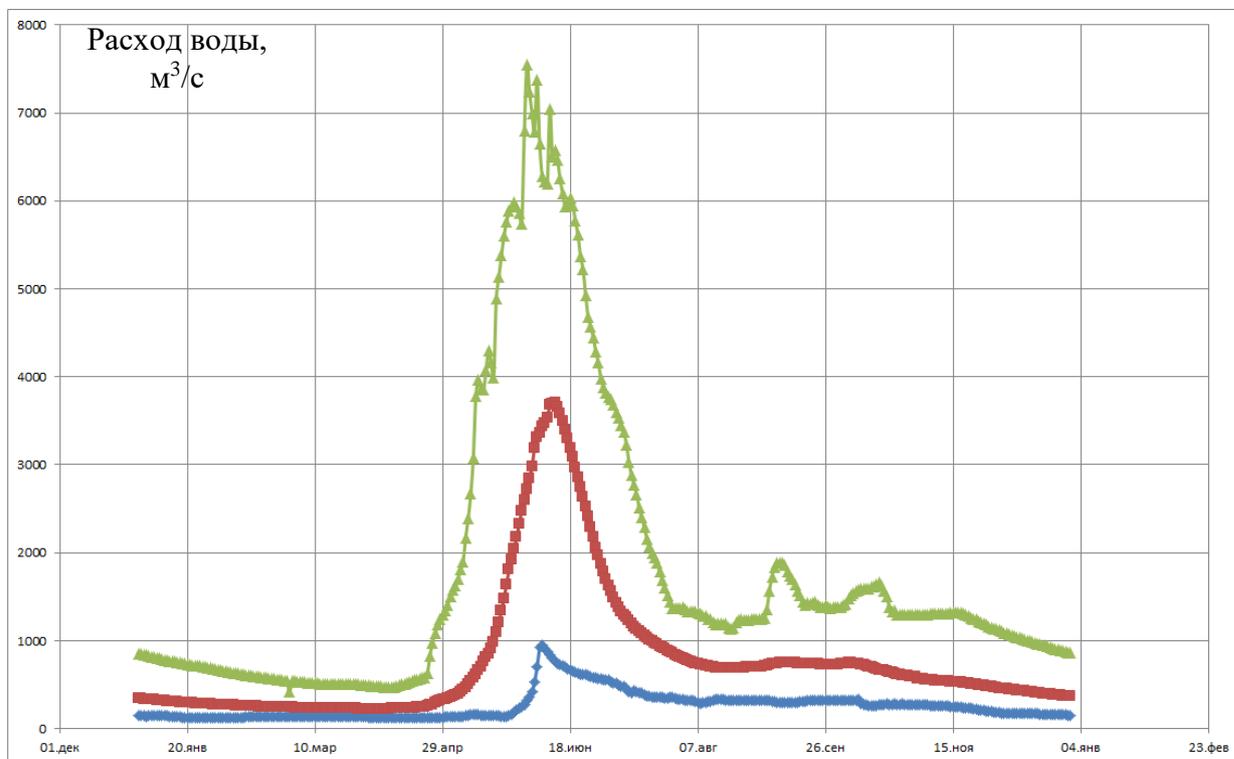


Рисунок 2.6 – Максимальный (зеленый), средний (красный) и минимальный (синий) гидрографы р. Пур – г. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

По данным ежедневных расходов воды за период наблюдений 1962 – 2018 гг. (таблица 2.12) были найдены минимально зимние, летне-осенние, среднегодовые расходы воды и максимальные расходы воды за каждый год. По этим значениям были построены графики и линия тренда (рис. 2.2,-). Как видно из графиков среднегодовой сток за отдельные года может отличаться, но общая тенденция говорит об увеличении стока.

Колебания максимальных расходов воды о наличии тренда на понижение. Следовательно, увеличение среднегодовых расходов происходит за счет межлетнего стока.

Таблица 2.12 – Минимально зимние, летне-осенние, среднегодовые, максимальные расходы воды за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Год	Q среднегодовое, м <sup>3</sup> /с	Q максимальное, м <sup>3</sup> /с	Q летне- осенние, м <sup>3</sup> /с	Q минимально зимнее, м <sup>3</sup> /с
1962	701	4930	421	182
1963	749	5900	556	186
1964	705	4850	475	189
1965	924	5170	1070	165
1966	нд	5390	702	128
1967	нд	4850	404	134
1968	нд	4560	652	139
1969	нд	нд	884	172
1970	760	5080	660	212
1971	нд	4950	709	242
1972	751	6030	775	199
1973	940	6050	358	230
1974	742	7040	760	159
1975	940	6290	368	142
1976	708	7370	371	173
1977	нд	4530	723	224
1978	851	4920	595	220
1979	1000	6580	534	215
1980	нд	4910	691	177
1981	нд	нд	656	187
1982	нд	нд	330	122
1983	нд	нд	395	149
1984	нд	4450	485	130
1985	722	4680	440	139
1986	нд	нд	502	136

1987	нд	нд	440	152
1988	нд	нд	419	143
1989	нд	5140	388	204
1990	нд	4960	462	374
1991	нд	3110	568	240
1992	нд	5020	718	240
1993	633	5370	498	332
1994	579	4570	596	292
1995	582	3610	815	180
1996	615	4360	892	197
1997	нд	3970	634	286
1998	нд	5240	755	341
1999	899	5440	599	264
2000	698	3550	710	363
2001	1035	5660	636	нд
2002	нд	5430	670	нд
2003	954	5660	604	нд
2004	нд	5280	732	нд
2005	нд	4900	454	нд
2006	нд	3520	288	нд
2007	нд	4420	318	нд
2008	793	5310	855	216
2009	870	4900	827	331
2010	1000	4340	461	445
2011	656	4300	982	197
2012	590	3430	647	286
2013	566	3470	318	нд
2014	1285	7240	855	нд
2015	1190	5940	827	нд
2016	800	4010	461	341
2017	1000	4090	982	264
2018	831	4420	647	363

По эти данным были построены графики (рисунок 2.7 – 2.10)

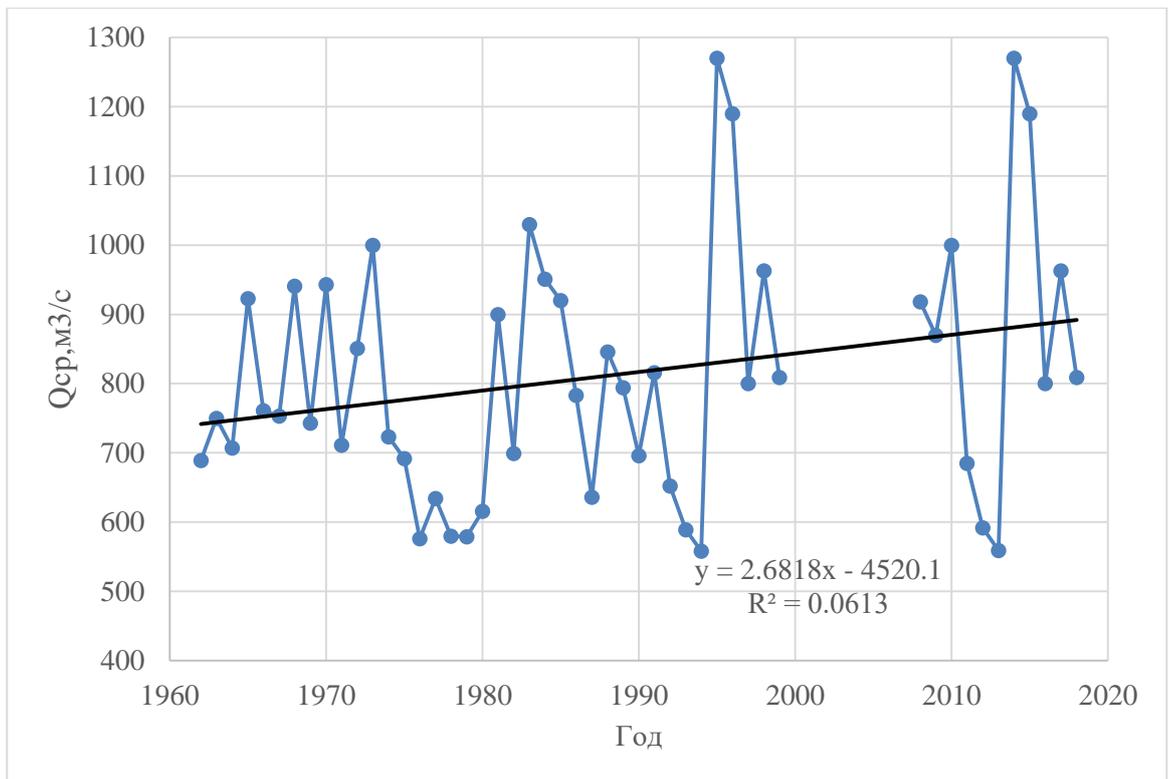


Рисунок 2.7 – Ряд данных среднегодовых расходов воды р. Пур – г. Уренгой за весь период наблюдений 1962 – 2018 гг.

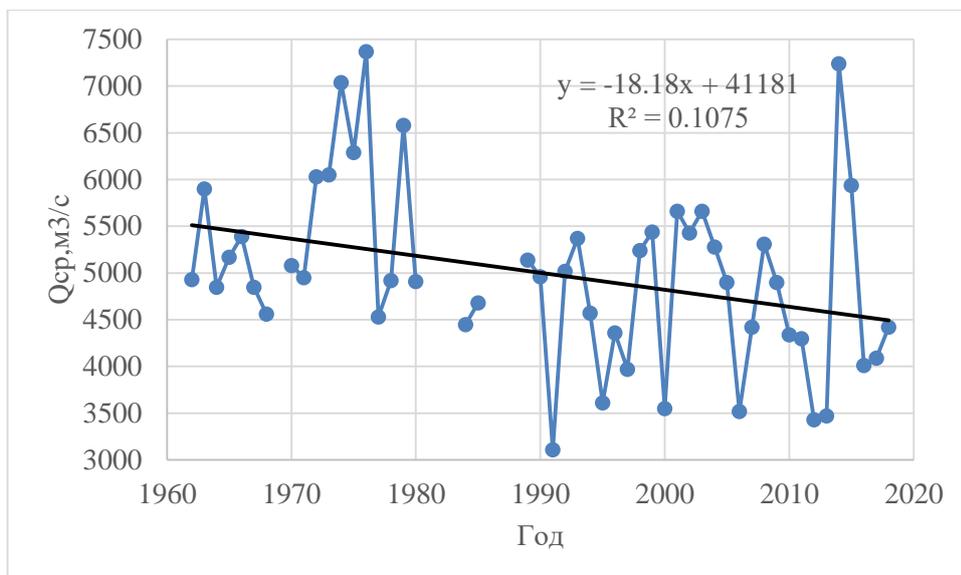


Рисунок 2.8 – Ряд данных максимальных расходов воды р. Пур – г. Уренгой за весь период наблюдений 1962 – 2018 гг.

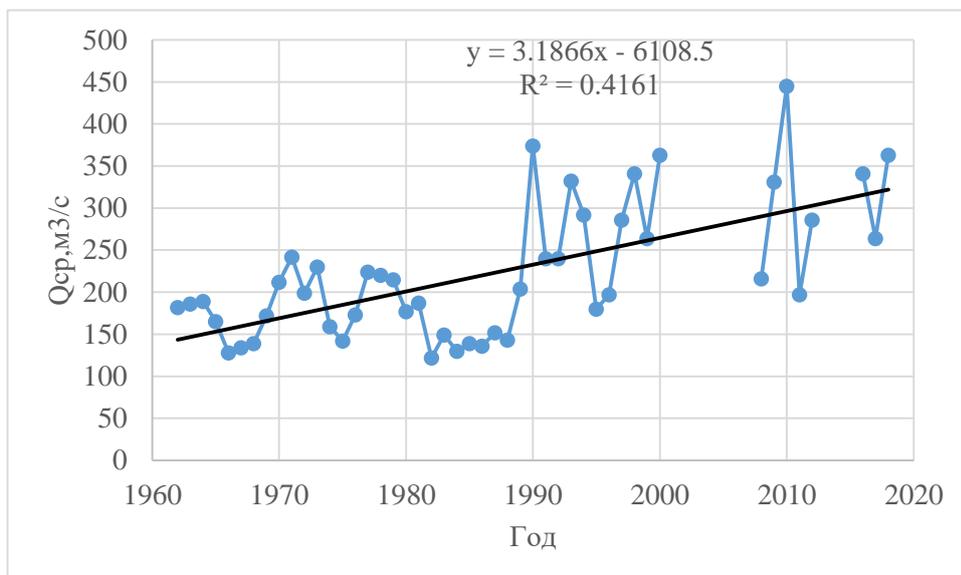


Рисунок 2.9 – Ряд данных минимально зимних расходов воды р. Пур – г. Уренгой за весь период наблюдений 1962 – 2018 гг.

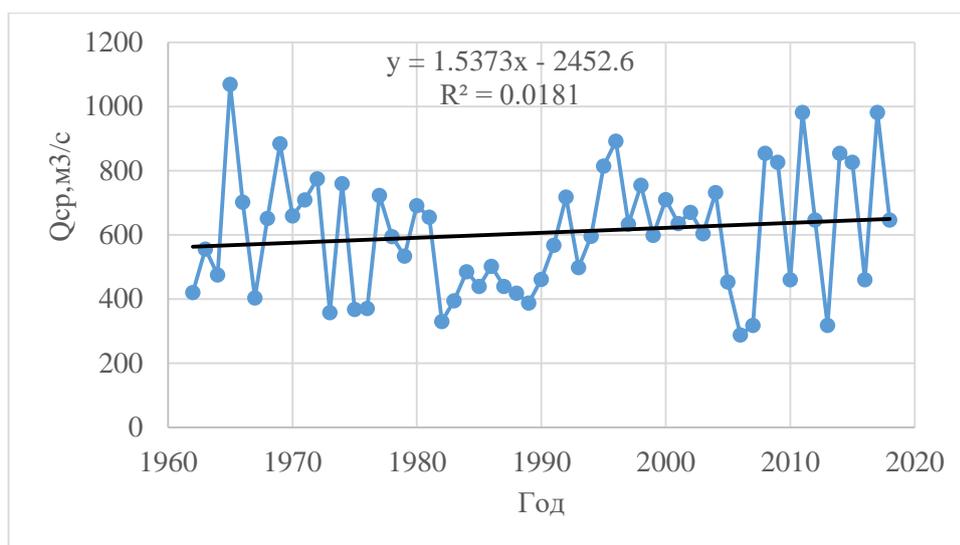


Рисунок 2.10 – Ряд данных летне-осенних расходов воды р. Пур – г. Уренгой за весь период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Также были проверены ряды по максимальным, среднегодовым, минимально зимним и летне-осенним значениям уровней воды реки Пур на однородность по критериям Стьюдента и Фишера (таблицы 2.13 – 2.20).

Таблица 2.13 – Проверка ряда на однородность по критерию Стьюдента по среднегодовым значениям расходам воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	767	877
Дисперсия	16586	42922
Наблюдения	16	15
Объединенная дисперсия	29300	
Гипотетическая разность средних	0	
df	29	
t-статистика	-1.78	
P(T<=t) одностороннее	0.042	
t критическое одностороннее	1.69	
P(T<=t) двухстороннее	0.084	
t критическое двухстороннее	2.04	

Таблицы 2.14 – Проверка ряда на однородность по критерию Фишера по среднегодовым значениям расходам воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный F-тест для дисперсии		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	877	767
Дисперсия	42922	16586
Наблюдения	15	16
df	14	15
F	2.58	
P(F<=f) одностороннее	0.039	
F критическое одностороннее	2.89	

Таблицы 2.15 – Проверка ряда на однородность по критерию Стьюдента по максимальным значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	5010	4708
Дисперсия	1711616	857146
Наблюдения	26	26
Объединенная дисперсия	1284381	
Гипотетическая разность средних	0	
df	50	
t-статистика	0.958	
P(T<=t) одностороннее	0.171	
t критическое одностороннее	1.675	
P(T<=t) двухстороннее	0.342	
t критическое двухстороннее	2.01	

Таблицы 2.16 – Проверка ряда на однородность по критерию Фишера по максимальным значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный F-тест для дисперсии		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	5010	4708
Дисперсия	1711616	857146
Наблюдения	26	26
df	25	25
F	1.99	
P(F<=f) одностороннее	0.045	
F критическое одностороннее	2.23	

Таблицы 2.17 – Проверка ряда на однородность по критерию Стьюдента по летне-осенним значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	569	639
Дисперсия	33332	37226
Наблюдения	27	30
Объединенная дисперсия	35385	
Гипотетическая разность средних	0	
df	55	
t-статистика	-1.41	
P(T<=t) одностороннее	0.082	
t критическое одностороннее	1.673	
P(T<=t) двухстороннее	0.163	
t критическое двухстороннее	2.00	

Таблицы 2.18 – Проверка ряда на однородность по критерию Фишера по летне-осенним значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный F-тест для дисперсии		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	639	569
Дисперсия	37226	33332
Наблюдения	30	27
df	29	26
F	1.12	
P(F<=f) одностороннее	0.390	
F критическое одностороннее	2.17	

Таблицы 2.19 – Проверка ряда на однородность по критерию Стьюдента по минимально зимним значениям уровней воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	175	269
Дисперсия	1279	6966
Наблюдения	24	23
Объединенная дисперсия	4060.213889	
Гипотетическая разность средних	0	
df	45	
t-статистика	-5.02	
P(T<=t) одностороннее	4.27	
t критическое одностороннее	1.67	
P(T<=t) двухстороннее	8.54	
t критическое двухстороннее	2.01	

Таблицы 2.20 – Проверка ряда на однородность по критерию Фишера по минимально зимним уровням воды реки Пур – пгт. Уренгой за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный F-тест для дисперсии		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	269	175
Дисперсия	6966	1279
Наблюдения	23	24
df	22	23
F	5.44	
P(F<=f) одностороннее	7.42	
F критическое одностороннее	2.32	

По результатам проверки ряда по критерию Стьюдента и Фишера по среднегодовым, максимальным, летне-осенним расходам воды реки Пур – пгт. Уренгой оказалось, что гипотеза об однородности не опровергается, так как значение t-статистики меньше значения t критического двухстороннего, но только проверка ряда по критериям Стьюдента и Фишера по минимально зимним расходам об однородности опровергается [9].

В ходе расчетов была проведена проверка тренда на значимость, в результате была выявлено, что тренд статистически не значим. Помимо этого, по таблице 2.12 были построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей максимальных, минимально зимних, летне-осенних, среднегодовых расходов реки Пур – пгт Уренгой (приложение 1-4) [7].

По результатам обработки и анализа данных (1962-2018 гг.) о датах начала, пика и окончания половодья, получились следующие данные. В среднем за период наблюдений половодье начинается 15 мая, самое раннее начало 19 апреля (1991), самое позднее – 4 июня (1970). Пик половодья в среднем наступает 4 июня, самый ранний наблюденный прошел 12 мая (1997), самый поздний – 19

июня (1983). Окончание половодья в среднем наблюдается 22 июля, самое раннее отмечено 16 июня (1997), самое позднее – 12 августа (1988).

За период наблюдений начало половодья сместилось с 17 мая в среднем на 7 мая (стало наступать на 10 дней раньше), пик половодья – с 3 июня на 31 мая (на 3 дня раньше), окончание половодья – с 23 июля на 16 июля (на 7 дней раньше) (рис. 2.8 – 2.11).

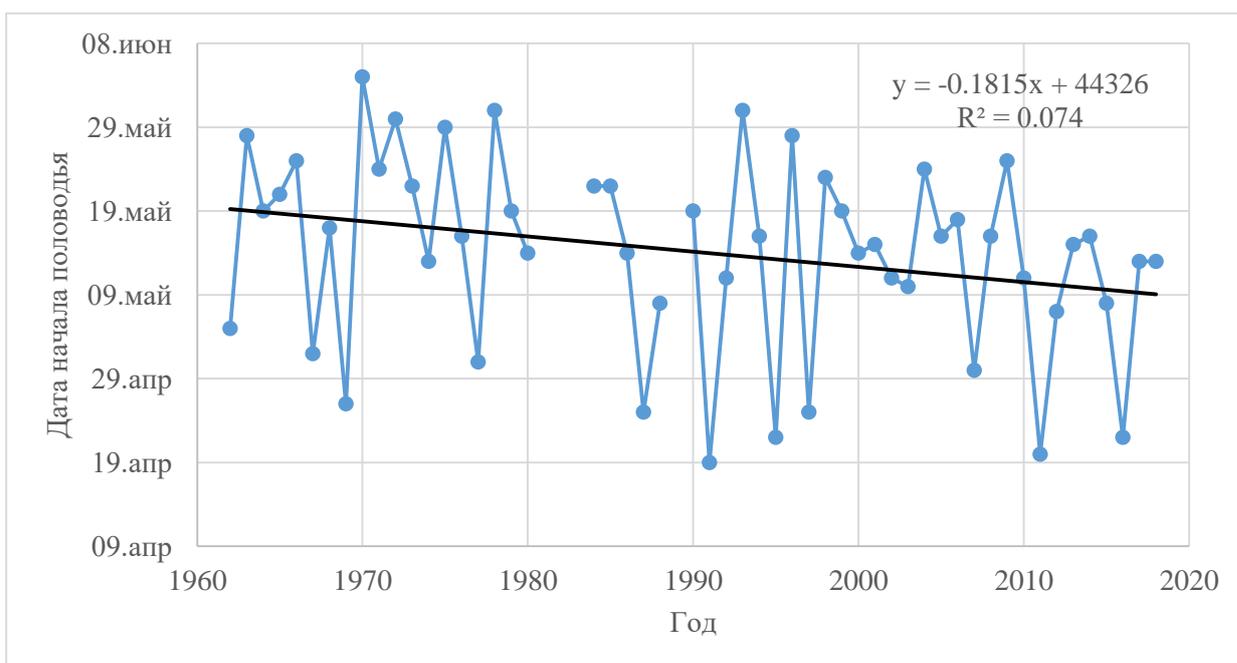


Рисунок 2.8 – Даты начала половодья за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

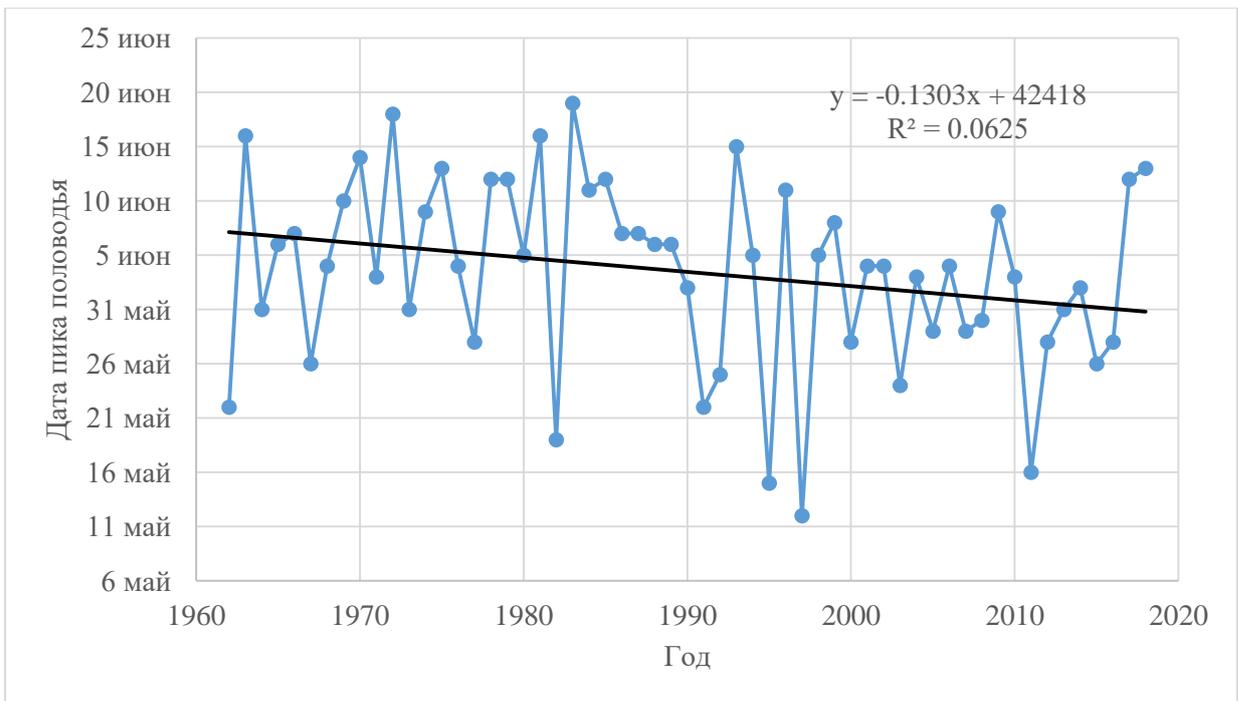


Рисунок 2.9 – Даты пика половодья за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

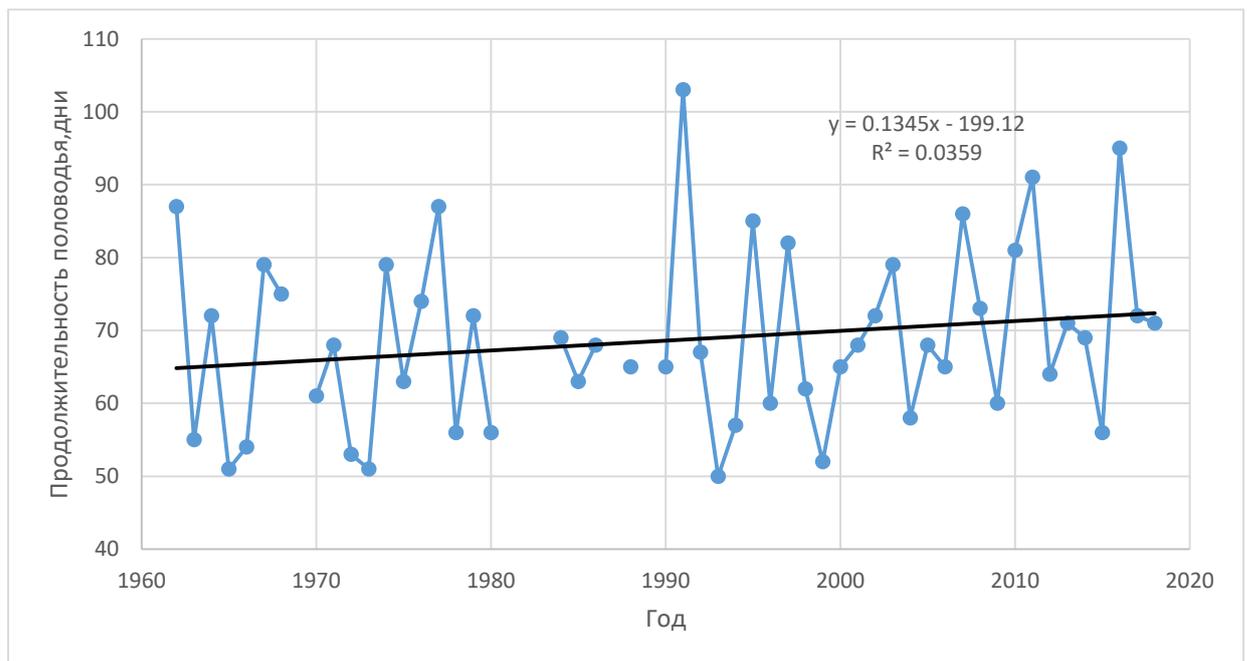


Рисунок 2.10 – Продолжительность половодья за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

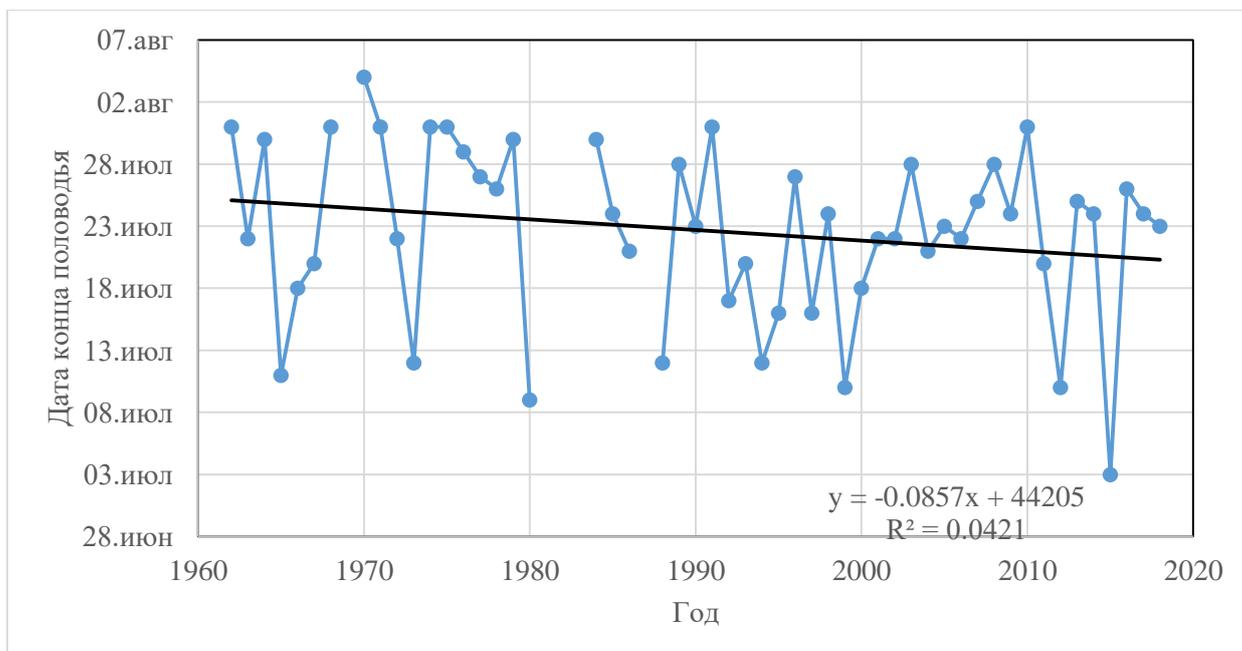


Рисунок 2.11 – Даты конца половодья за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

В ходе расчетов была проведена проверка на однородность по критериям Фишера и Стьюдента и проверка тренда на значимость, в результате была выявлено, что проверка на однородность не опровергается и тренд статистически не значим.

В отдельные годы со значительными осадками межень становится прерывистой и продолжительность ее сокращается до 40 – 50 дней, в засушливые годы она возрастает до 160 – 175 дней. На реках правобережья реки Пур летне-осенняя межень, часто прерываемая паводками, наступает обычно в середине июля (иногда в июне) – начале августа и заканчивается в конце сентября – начале октября (редко в ноябре). Средняя продолжительность достигает до 160 дней, наименьшая до 15 дней. Среднесуточные расходы в этот период  $560 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Высота подъема уровней воды в половодье над зимней меженью уменьшается вниз по течению реки. Зимняя межень продолжительная, устойчивая в период сухой или морозной погодой, значительно маловоднее летней. Устанавливается она обычно в ноябре месяце, на севере территории – в конце октября. В отдельные годы, сроки начала межени могут сдвинуться на конец сентября (на севере) или на конец ноября – середину декабря (на юге). Окончание межени приходится на середину апреля на юге и середину мая на

севере. Крайние сроки на юге конец марта – конец апреля, а на севере конец апреля – конец мая. Наиболее маловодный период зимней межени чаще всего наблюдается в феврале, марте. Средняя продолжительность его изменяется от 11 – 15 до 45 – 50 дней.

В теплый период года водность реки резко изменяется. В отдельные годы могут наблюдаться низкие меженные или очень высокие паводочные уровни. По данным наблюдения окончание плавного спада весенних вод наблюдался в конце июля, пики в начале июня.

При очень низких уровнях прекращается судоходство, сплав леса, затрудняется забор воды на водоснабжение.

При высоких уровнях нередко возникают наводнения (большие разливы воды) сопровождающиеся временным затоплением городов и селений, промышленных предприятий, территорий добычи нефти и газа, сельскохозяйственных угодий [5].

### 3. Ледовый режим

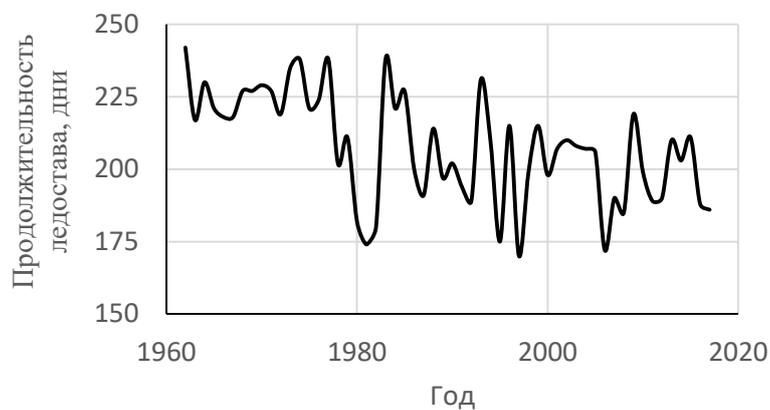
#### 3.1 Ледостав

Для определения продолжительности ледовых явлений на реке Пур были проанализированы посты Самбург, Уренгой, Тарко-Сале по дате любого установившегося ледового явления, дате начала ледостава и дате полного очищения. На данном графике (рис. 3.2) представлена продолжительность ледостава р. Пур г. Уренгой за 1962 – 2020 гг. Как видно из графика, период ледостава за период наблюдений сократился в среднем с 230 дней до 190, то есть на 40 дней.

На графиках (рис. 3.1а) и (рис. 3.1б) представлена разница между появлением ледовых явлений и началом ледостава р. Пур. г. Уренгой за 1962 – 2018 гг. Как видно из графика, в первые 15 лет наблюдений разница была

незначительна (8-10 дней), а к 2018 году продолжительность увеличивалась (20-25 дней), зафиксированное максимальное значение 53 дня.

3.1а)



3.1б)

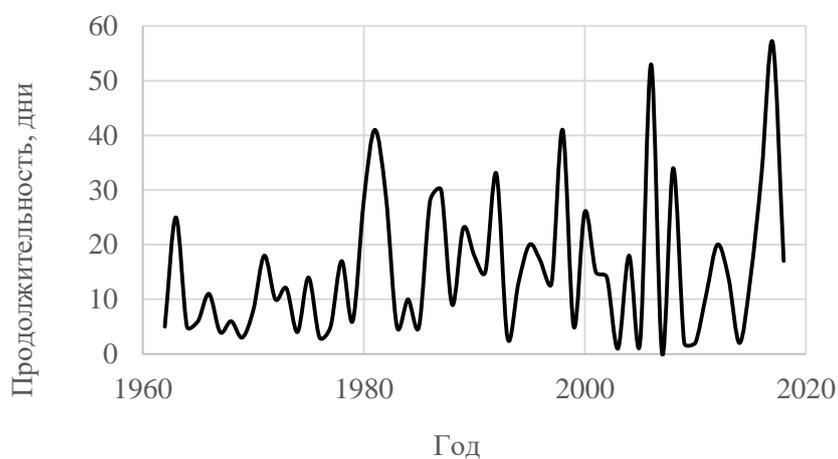


Рисунок 3.1 – Продолжительность ледостава (а) и разница между появлением ледовых явлений и началом ледостава (б) за период 1962 – 2018 гг.

На графике (рис. 3.2) представлена продолжительность ледостава р. Пур г. Уренгой за 1962 – 2018 гг. Как видно из графика, период ледостава за период наблюдений сократился в среднем с 230 дней до 190.

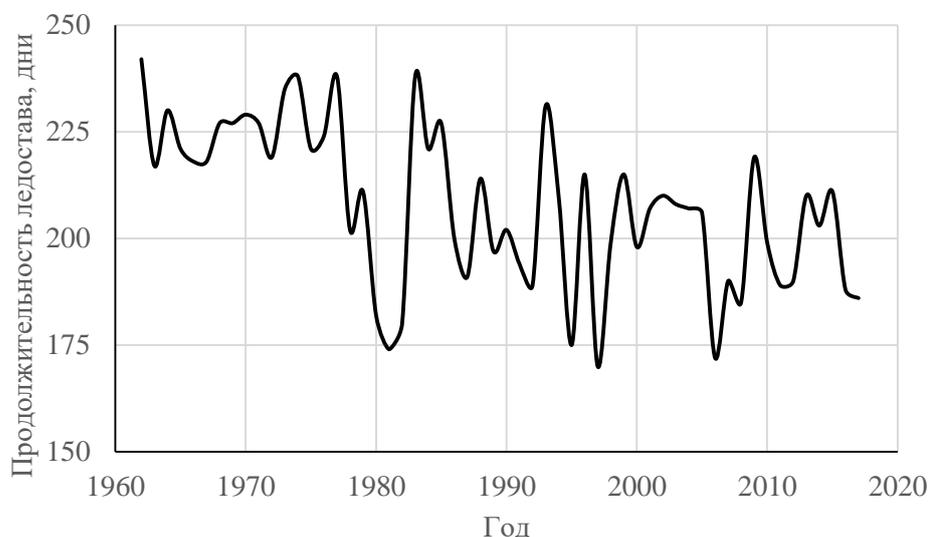


Рисунок 3.2 – Продолжительность ледостава за период 1962 – 2018 гг.

### 3.2 Продолжительность ледовых явлений и вскрытие реки

Для определения продолжительности ледовых явлений на реке Пур были проанализированы посты Самбург, Уренгой, Тарко-Сале по дате любого установившегося ледового явления, дате начала ледостава и дате полного очищения [1]. Исходя из наблюдений на посту Уренгой продолжительность ледостава за 1962 – 2020 гг. сократилась в среднем с 230 дней до 190 дней. Разница между появлением ледовых явлений и началом ледостава в первые 15 лет наблюдений была незначительна (8 – 10 дней), а к 2020 году продолжительность увеличивалась (20 – 25 дней), зафиксированное максимальное значение 53 дня.

На графике (рис. 1) представлены даты начала ледостава р. Пур по 3 постам (Самбург, Уренгой и Тарко-Сале) за 1937 – 2020 гг. Как видно из графика, начало ледостава на посту Самбург с 1937 – 1977 в среднем наблюдалось 14 октября, а с 1977-2020 гг. 17 октября, следовательно, дата наступления ледостава сократилась в среднем на 3 дня, на посту Уренгой с 1962 – 1990 года в среднем наблюдалось 21 октября, а после 1990 года – 29 октября, следовательно, дата

наступления ледостава сократилась в среднем на 8 дней, а на poste Тарко-Сале дата наступления ледостава сократилась в среднем на 4 дня.

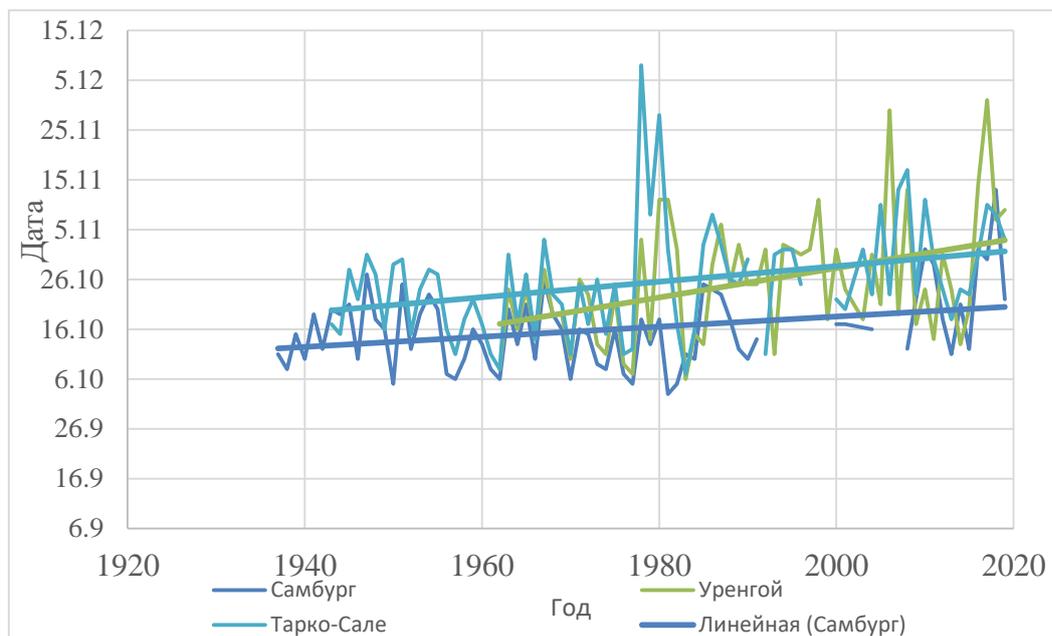


Рисунок 3.3 – Даты начала ледостава реки Пур по Самбургу, Уренгою, Тарко-Сале за период наблюдений 1937 – 2020 гг., составлено автором по [1].

На графике (рис. 2) представлена дата полного очищения ото льда реки Пур по 3 постам за период наблюдений 1937–2020 гг. Как видно из графика очищение в первые 30 лет наблюдений на poste Самбург в среднем наблюдалось 13 июня, а к 2020 году уже 8 июня, на poste Уренгой очищение в первые 20 лет наблюдений в среднем наблюдалось 7 июня, а к 2020 году уже 28 мая, а на Тарко-Сале дата полного очищения ото льда сместилась только на два дня.

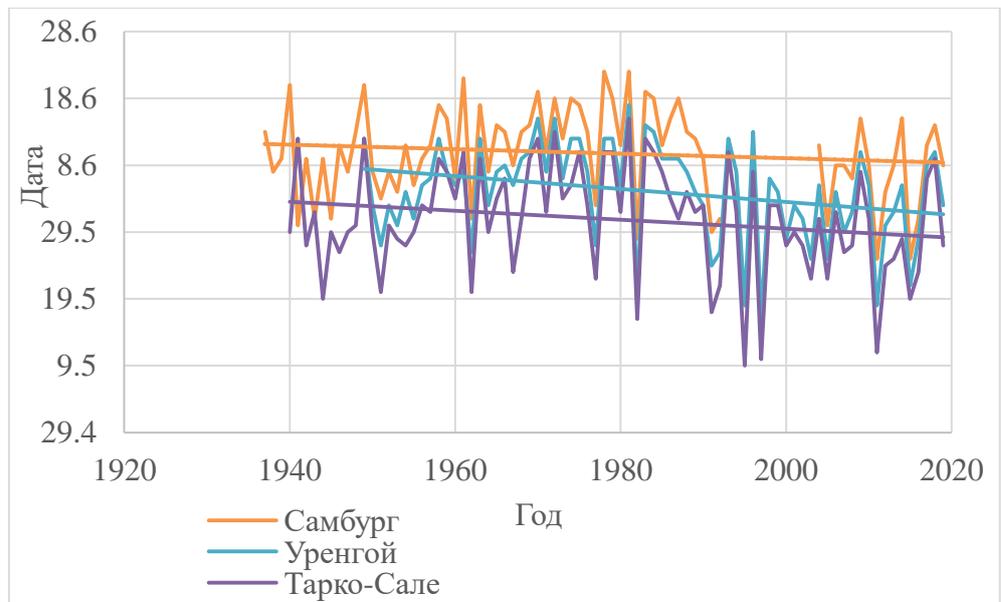


Рисунок 3.4 – Дата полного очищения ото льда реки Пур по Самбургу, Уренгою, Тарко-Сале за период наблюдений 1937 – 2020 гг., составлено автором по [1].

На графиках (рис. 3, 4, 5) представлена продолжительность ледовых явлений р. Пур по Самбургу, Уренгою, Тарко-Сале за 1937 – 2020 гг. Как видно из графика, на poste Самбург в первые 30 лет продолжительность была 243 дней, а к 2020 году продолжительность уменьшилась на три дня, на poste Уренгой продолжительность за 1962 – 2020 гг. уменьшилась в среднем с 242 дней до 231 и соответственно на Тарко-Сале с 233 дней до 226.

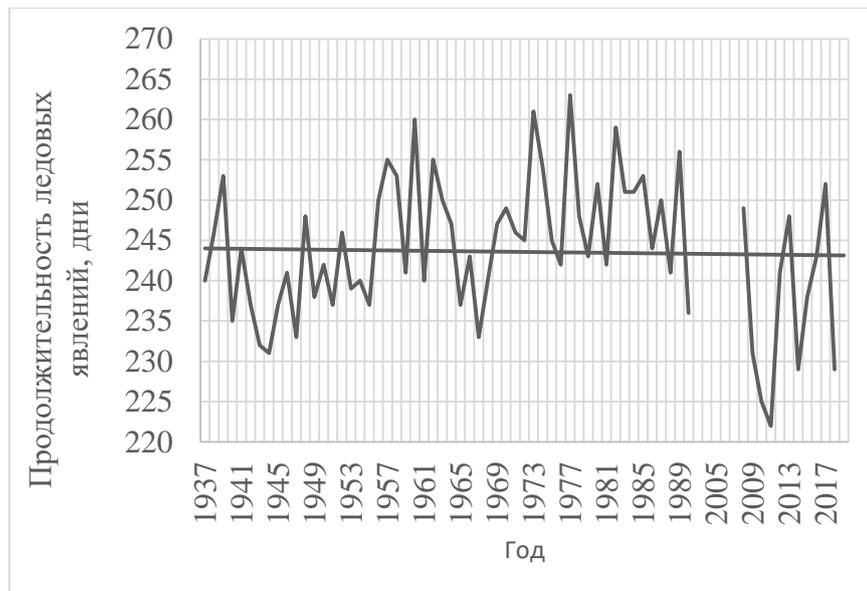


Рисунок 3.5 – Продолжительность ледовых явлений реки Пур – пост Самбург за период наблюдений 1937 – 2020 гг., составлено автором по [1].

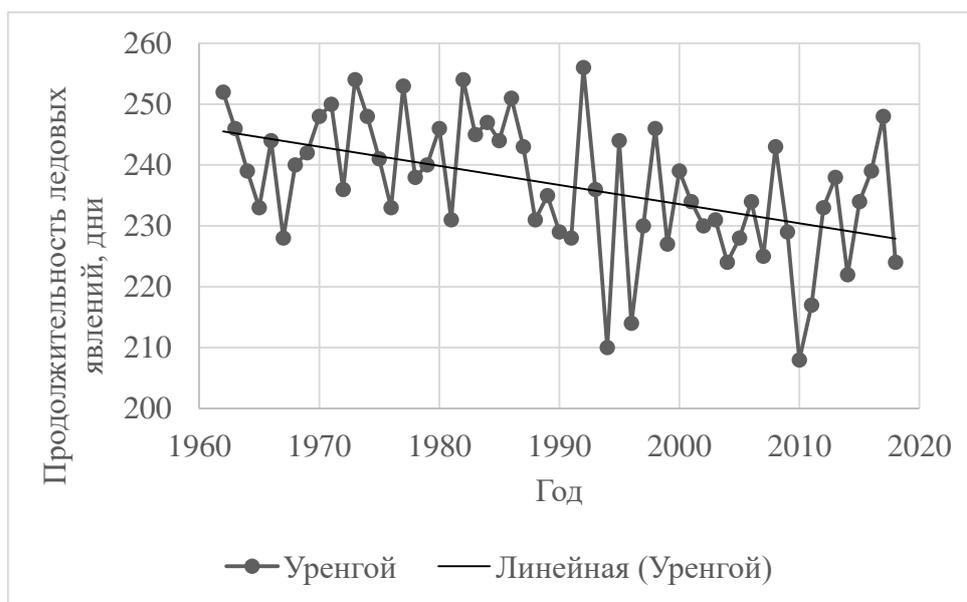


Рисунок 3.6 – Продолжительность ледовых явлений реки Пур – пост Уренгой за период наблюдений 1962 – 2020 гг., составлено автором по [1].

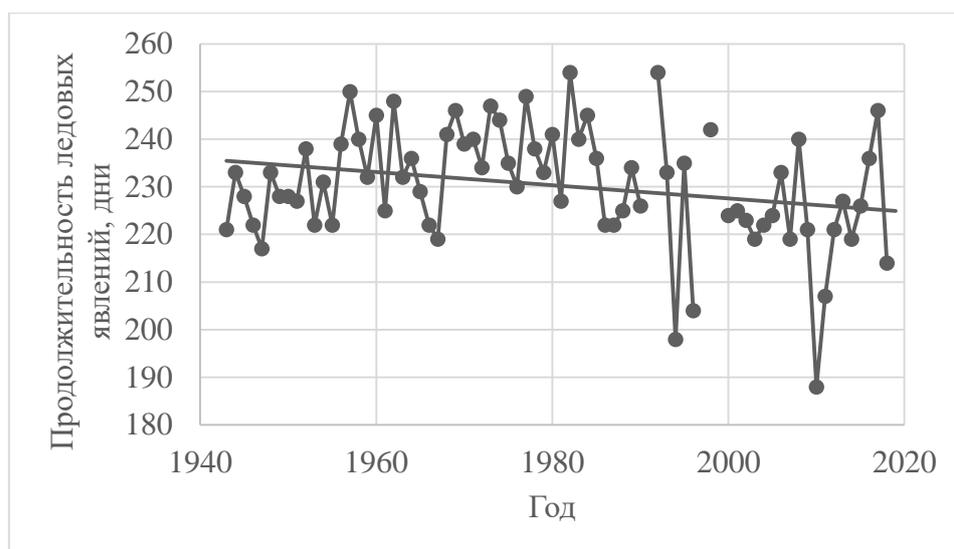


Рисунок 3.7 – Продолжительность ледовых явлений реки Пур – пост Тарко-Сале за период наблюдений 1962 – 2020 гг., составлено автором по [1].

Продолжительность ледовых явлений реки Пур на 3 постах отличается из-за их расположения относительно устья реки. Расстояние от устья до Самбурга 86 км, до Уренгоя 245 км и до Тарко-Сале 394,2 км, соответственно в самых верховьях реки Пур – пост Уренгой, а в низовьях пост Тарко-Сале, что и объясняет значительную разницу по уменьшению продолжительности ледовых явлений, у поста Уренгой на 11 дней, а у Тарко-Сале на 7 дней.

Также мы наблюдаем на графиках (рис. 3, 4, 5) тренд на уменьшение продолжительности ледовых явлений. Для определения значимости тренда ряды по продолжительности ледовых явлений реки Пур были проверены на однородность по критериям Стьюдента и Фишера. В ходе расчётов выявлено, что ряды продолжительности не однородны по таким постам, как Уренгой и Тарко-Сале, по которым была проведена проверка тренда на значимость. По результатам этой проверки оба тренда оказались статистически значимыми.

Актуальность проблемы- глобального изменение климата наглядно представлена на графиках с уменьшением продолжительности ледовых явлений и с продолжительностью ледостава и с высотой снежного покрова, что на самый северный пост(Тарко-сале) оказывается больше влияние эта проблема, потому и продолжительность ледовых явлений сократилась больше чем на самый южный пост(Уренгой).

### 3.3 – Высота снежного покрова

По каждому году были рассчитаны среднегодовые значения по высоте снежного покрова, результат представлен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Среднегодовые значения по высоте снежного покрова за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Год	$h_{\text{снежного покрова}}, \text{CM}$
1937	35.4
1938	28.8
1939	29.0
1940	41.4
1941	22.6
1942	26.6
1943	30.4
1944	24.4
1945	20.4
1946	35.3
1947	27.0
1948	20.0
1949	26.3
1950	15.5
1951	13.1
1952	15.2
1953	19.3
1954	16.7
1955	12.9
1956	16.4
1957	25.6
1958	24.0
1959	25.5
1960	20.0
1961	22.8
1962	18.0
1963	26.9
1964	19.0
1965	17.5
1966	22.3
1967	20.8
1968	22.5

1969	21.7
1970	28.1
1971	32.2
1972	33.8
1973	27.7
1974	37.1
1975	41.3
1976	43.0
1977	нд
1978	39.6
1979	32.5
1980	24.3
1981	28.9
1982	25.5
1983	42.8
1984	32.0
1985	29.6
1986	30.1
1987	38.1
1988	43.1
1989	57.8
1990	51.0
1991	47.5
1992	44.4
1993	40.1
1994	23.1
1995	21.6
1996	27.8
1997	17.5
1998	25.4
1999	24.8
2000	18.0
2001	22.3
2002	28.1
2003	24.1
2004	33.0
2005	31.9
2006	32.4
2007	28.3

2008	25.6
2009	27.4
2010	20.1
2011	16.6
2012	21.5
2013	26.6
2014	37.3
2015	37.7
2016	25.6
2017	26.0
2018	32.6
2019	30.5

Также были проверены ряды по максимальным, среднегодовым, минимально зимним и летне-осенним значениям уровней воды реки Пур на однородность по критериям Стьюдента и Фишера (таблицы 3.2 – 3.3).

Таблица 3.2– Проверка ряда на однородность по критерию Стьюдента по высоте снежного покрова за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	25.5	30.5
Дисперсия	63.9	85.4
Наблюдения	41	41
Объединенная дисперсия	74.7	
Гипотетическая разность средних	0	
df	80	
t-статистика	-2.65	
P(T<=t) одностороннее	0.004	
t критическое одностороннее	1.66	
P(T<=t) двухстороннее	0.009	
t критическое двухстороннее	1.99	

Таблица 3.3– Проверка ряда на однородность по критерию Фишера по высоте снежного покрова за период наблюдений 1962 – 2018 гг.

Двухвыборочный F-тест для дисперсии		
	Переменная 1	Переменная 2
Среднее	30.5	25.5
Дисперсия	85.4	63.9
Наблюдения	41	41
df	40	40
F	1.34	
P(F<=f) одностороннее	0.181	
F критическое одностороннее	1.88	

По результатам проверки ряда по критерию Стьюдента и Фишера по высоте снежного покрова оказалось, что гипотеза об однородности не

опровергается, так как значение t-статистики меньше значения t критического двухстороннего [9].

По данным среднегодовой высоте снежного покрова был построен график (рисунок 3.8).

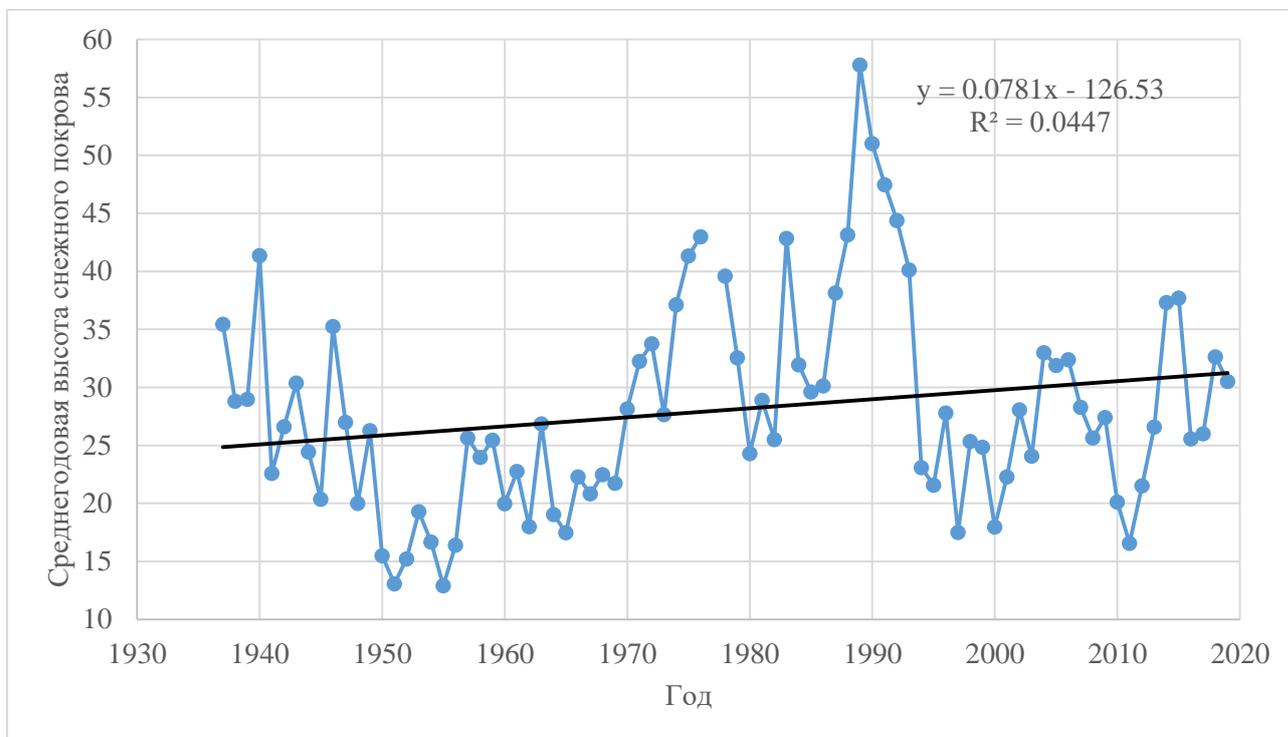


Рисунок 3.8 – Среднегодовая высота снежного покрова за период наблюдений 1962 – 2018 гг

В ходе расчетов была проведена проверка тренда на значимость, для определения значимости тренда были посчитаны такие параметры как длина ряда, коэффициент корреляции, стандартная ошибка, статистика Стьюдента при уровне значимости пять процентов, число степеней свободы, значения данных параметров представлено в таблице 3.4 [7].

Табл. 3.4 – параметры для расчета значимости тренда

n	82
R <sup>2</sup>	0.045
R	0.211
σ <sub>R</sub>	0.109
R/σ <sub>R</sub>	1.93
(n-2)	80
t <sub>2α</sub>	1.99

В результате расчетов отношение корреляции и стандартной ошибки меньше статистики Стьюдента при уровне значимости 5 процентов  $\frac{R}{\sigma R} < t_{2\alpha}$ , то есть  $\frac{0.211}{0.109} < 1.99$ , следовательно тренд оказался статистически не значим.

## Заключение

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию временной изменчивости водного и ледового режима реки Пур.

Для достижения цели решены следующие задачи:

1. Описаны физико-географические условия бассейна р. Пур: рельеф, геологическое строение, почвенно-растительный слой, климат
2. Собраны исходные данные по уровням и расходам воды в исследуемом створе реки за период наблюдений (1962 – 2018 гг.).
3. Составлена таблица и схема гидрометеорологической изученности бассейна р. Пур
4. Построены комплексные графики для анализа зависимости расходов воды от уровня воды, температуры воздуха и осадков за многолетний период.
5. Проанализированы изменения водного и ледового режима реки Пур в условиях меняющегося климата и доказана актуальность проблемы глобального изменения климата и оценено ее влияние на режимы реки Пур.

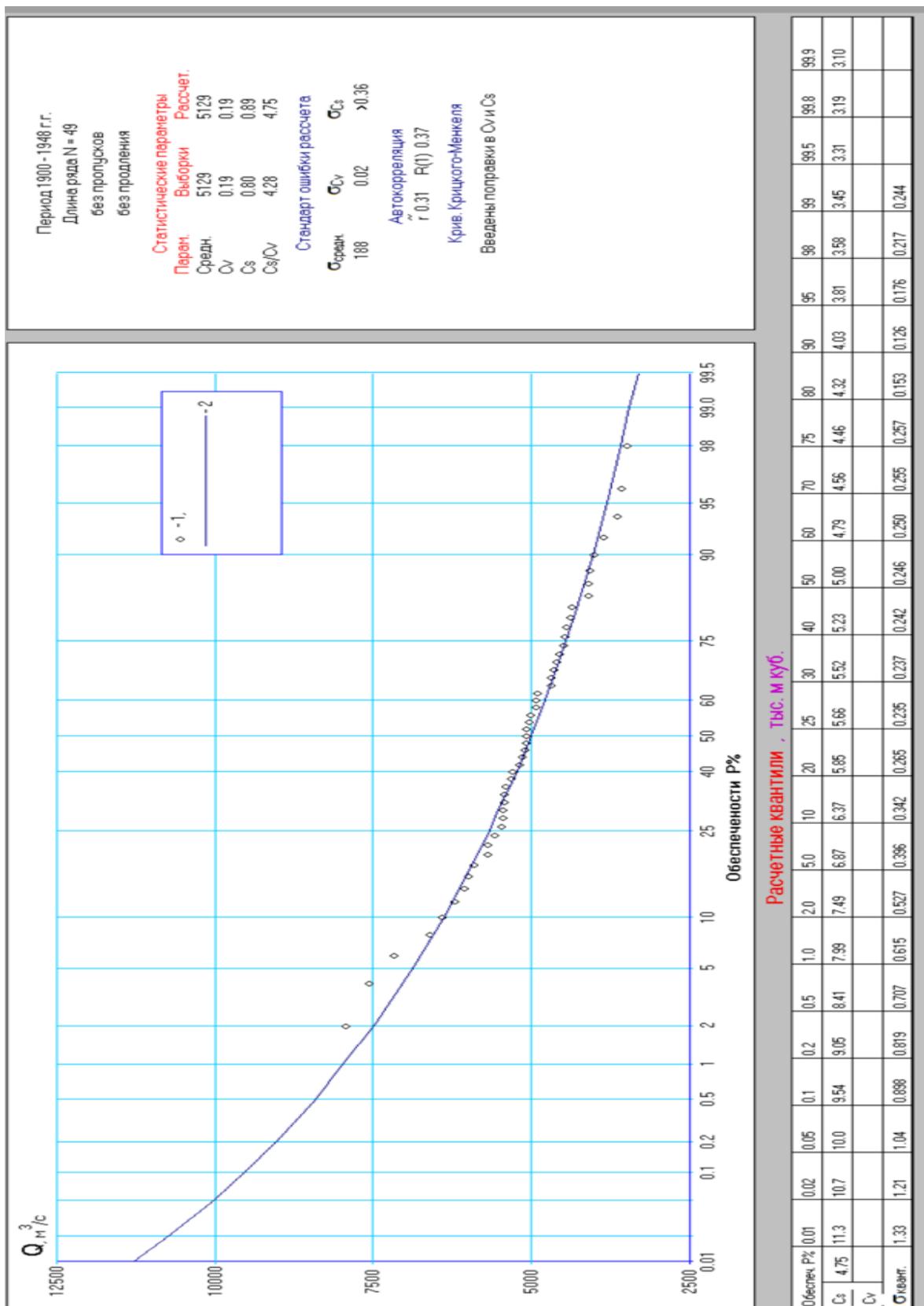
Отмечены основные изменения в водном и ледовом режиме, произошедшие за период наблюдений, – увеличение среднегодового стока, уменьшение максимального стока, уменьшение продолжительности ледостава, увеличение разницы между появлением ледовых явлений и началом ледостав и смещение дат начала, пика и окончания половодья на более ранние, уменьшение продолжительности ледовых явлений.

## Список литературы

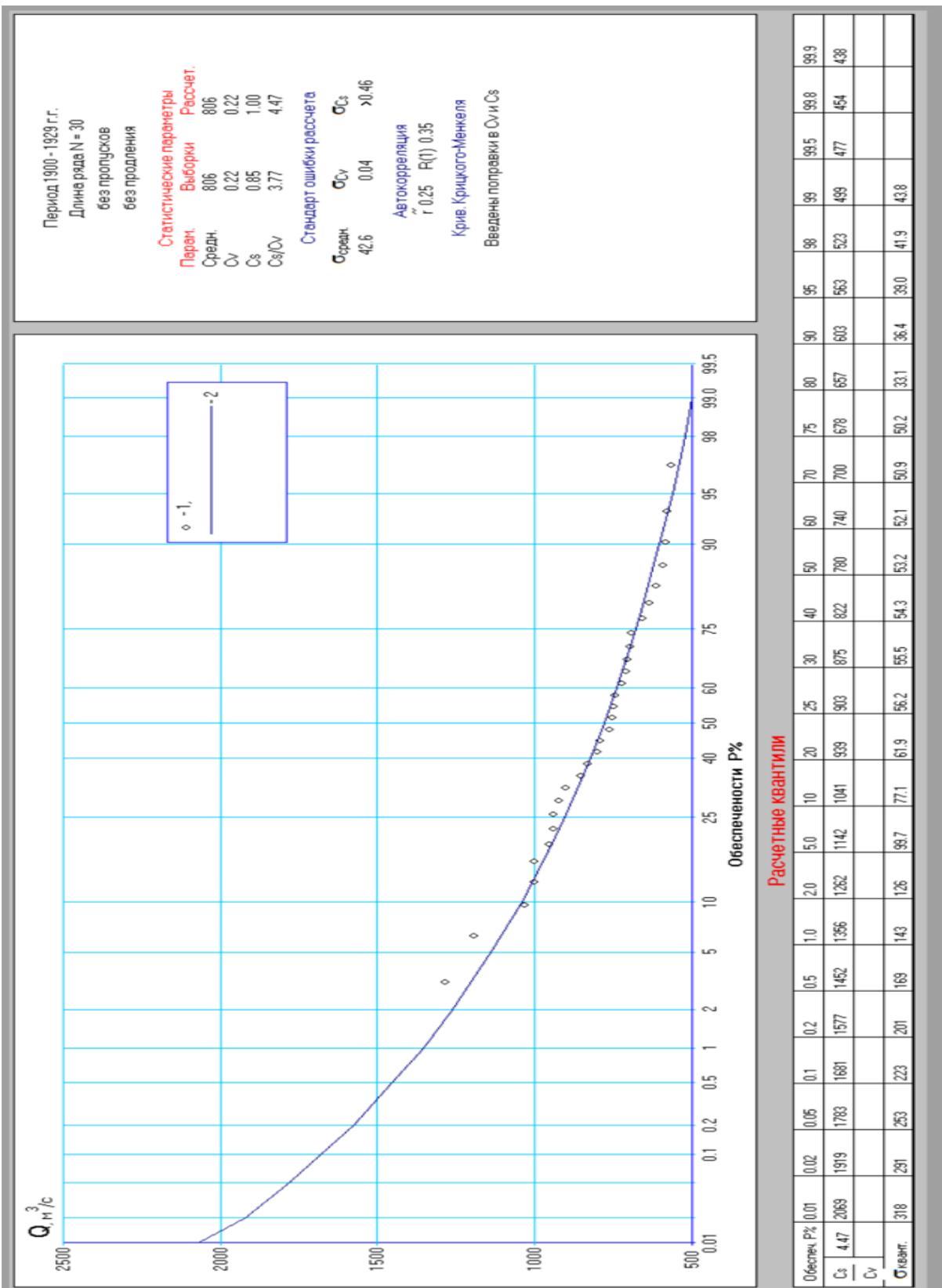
1. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО), официальная страница: <https://gmvo.skniivh.ru/>
2. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1. Том 1. Выпуск 10. Бассейн Оби (без бассейна Иртыша), Надыма, Пура, Таза. 1962 – 2012 годы. – Новосибирск, Омск.
3. География р. Пур. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.mourenгой.ru/mgeography#>
4. Строительная климатология. Электронный ресурс. Режим доступа: [file:///C:/Users/vika1/Downloads/SP\\_131\\_13330\\_2018\\_Stroitelnayaklimatologia%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/vika1/Downloads/SP_131_13330_2018_Stroitelnayaklimatologia%20(3).pdf)
5. ВКР на тему: «Русловой процесс реки Пур» Режим доступа: [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/rid\\_54ca0bbba9d64cf6b2c8c8156cb4efdd.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_54ca0bbba9d64cf6b2c8c8156cb4efdd.pdf)
6. Ресурсы поверхностных вод. Основные гидрологические характеристики. Т. 15, вып. 3. (Нижний Иртыш и Нижняя Обь). – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 247 с.
7. Методические указания по дисциплине «Гидрологические расчеты. Часть I». -СПБ: изд. РГГМУ, 2012
8. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. -СПБ: изд. РГГМУ, 2007
9. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/gidro-6.pdf>

## Приложения

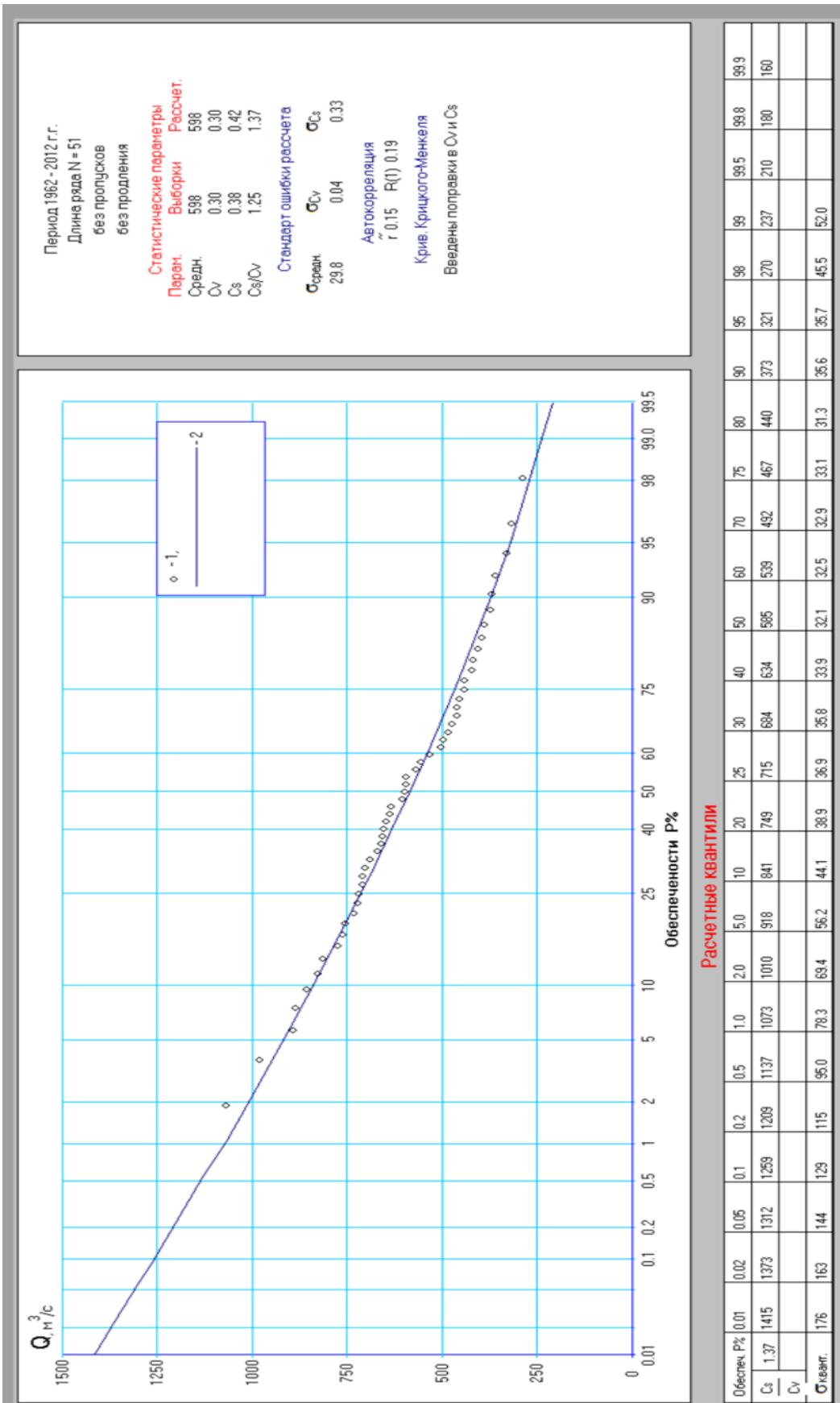
Приложение 1 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей максимальных расходов воды реки Пур – Уренгой,  $Q_{ср} = 5129 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $C_v = 0.19$ ,  $C_s = 0.89$ ,  $C_s/C_v = 4.75$



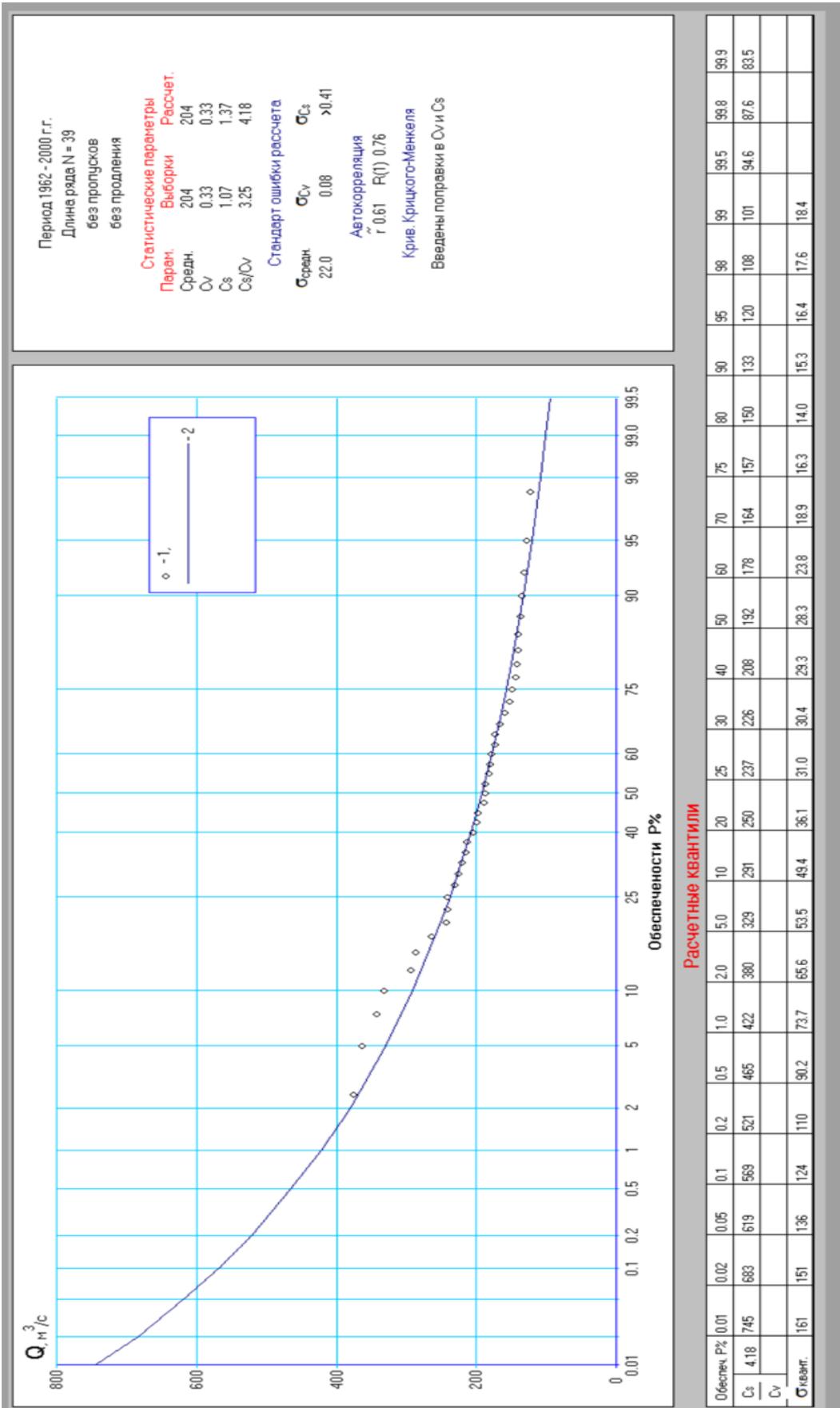
Приложение 2 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей среднегодовых расходов воды реки Пур – Уренгой,  $Q_{ср} = 806 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $C_v = 0.22$ ,  $C_s = 1$ ,  $C_s/C_v = 4.47$



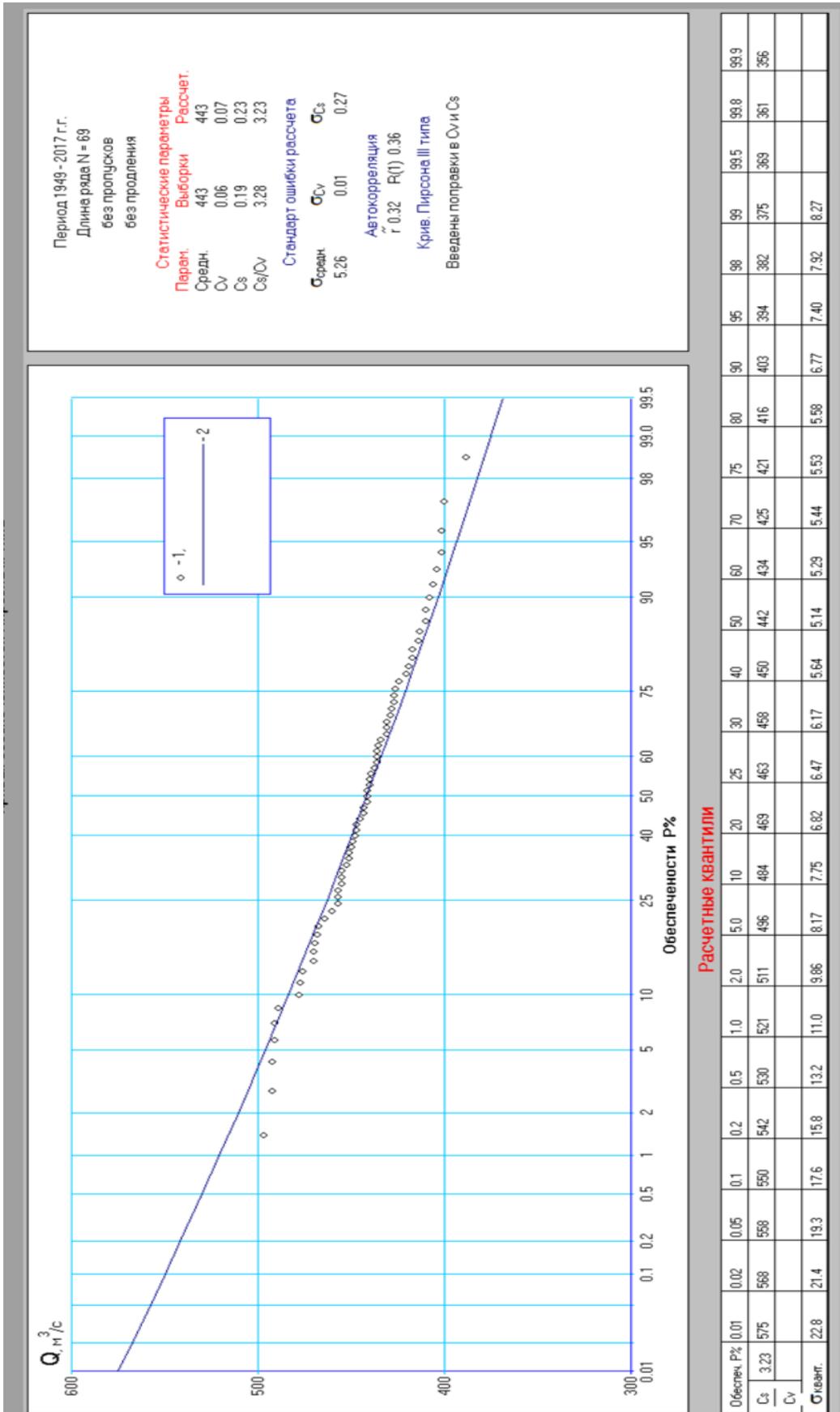
Приложение 3 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей летне-осенних расходов воды реки Пур – Уренгой,  $Q_{ср} = 598 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $C_v = 0.30$ ,  $C_s = 0.42$ ,  $C_s/C_v = 1.37$



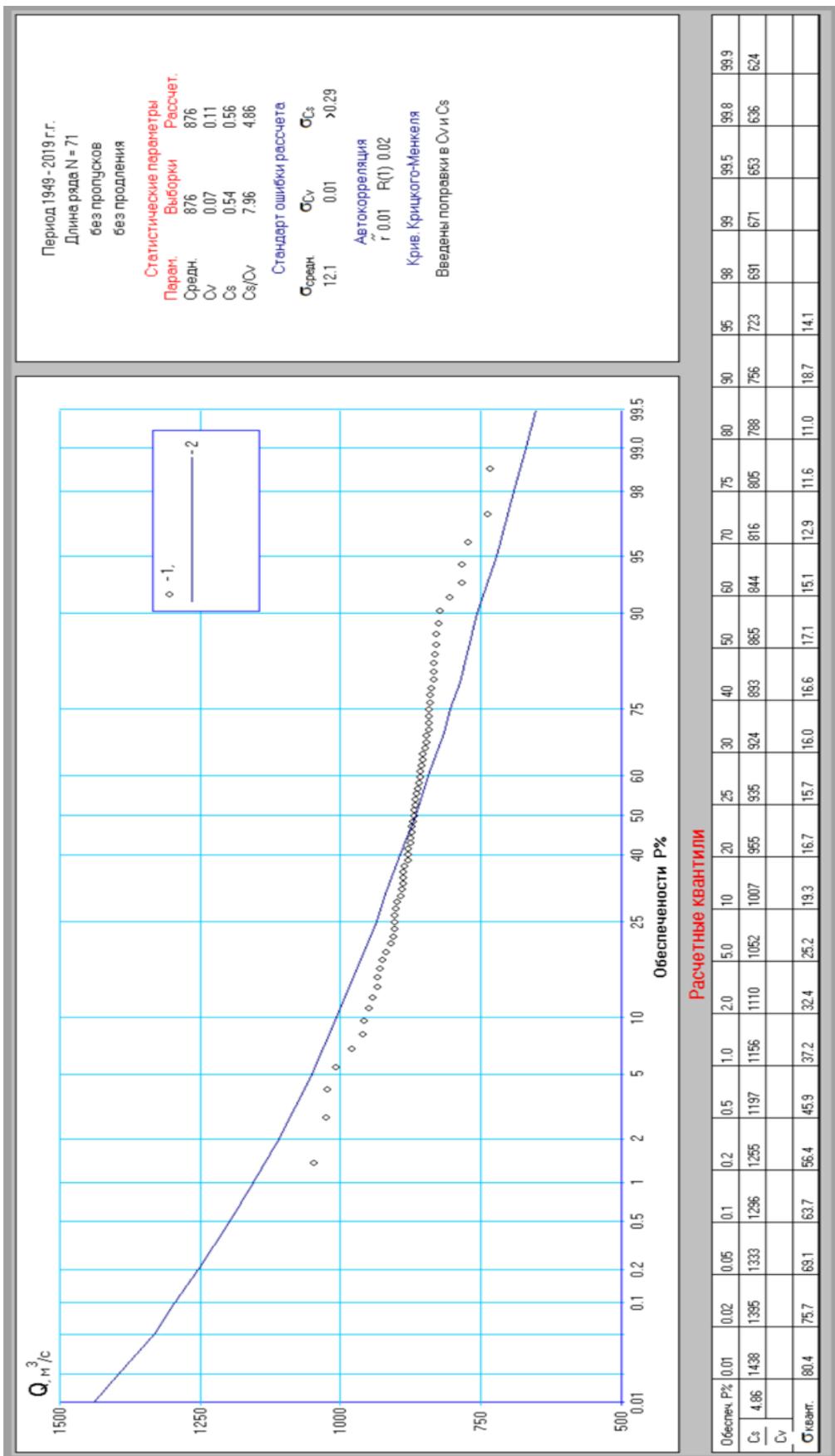
Приложение 4 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей минимально зимних расходов воды реки Пур – Уренгой,  $Q_{ср} = 204 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $C_v = 0.33$ ,  $C_s = 1.37$ ,  $C_s/C_v = 4.18$



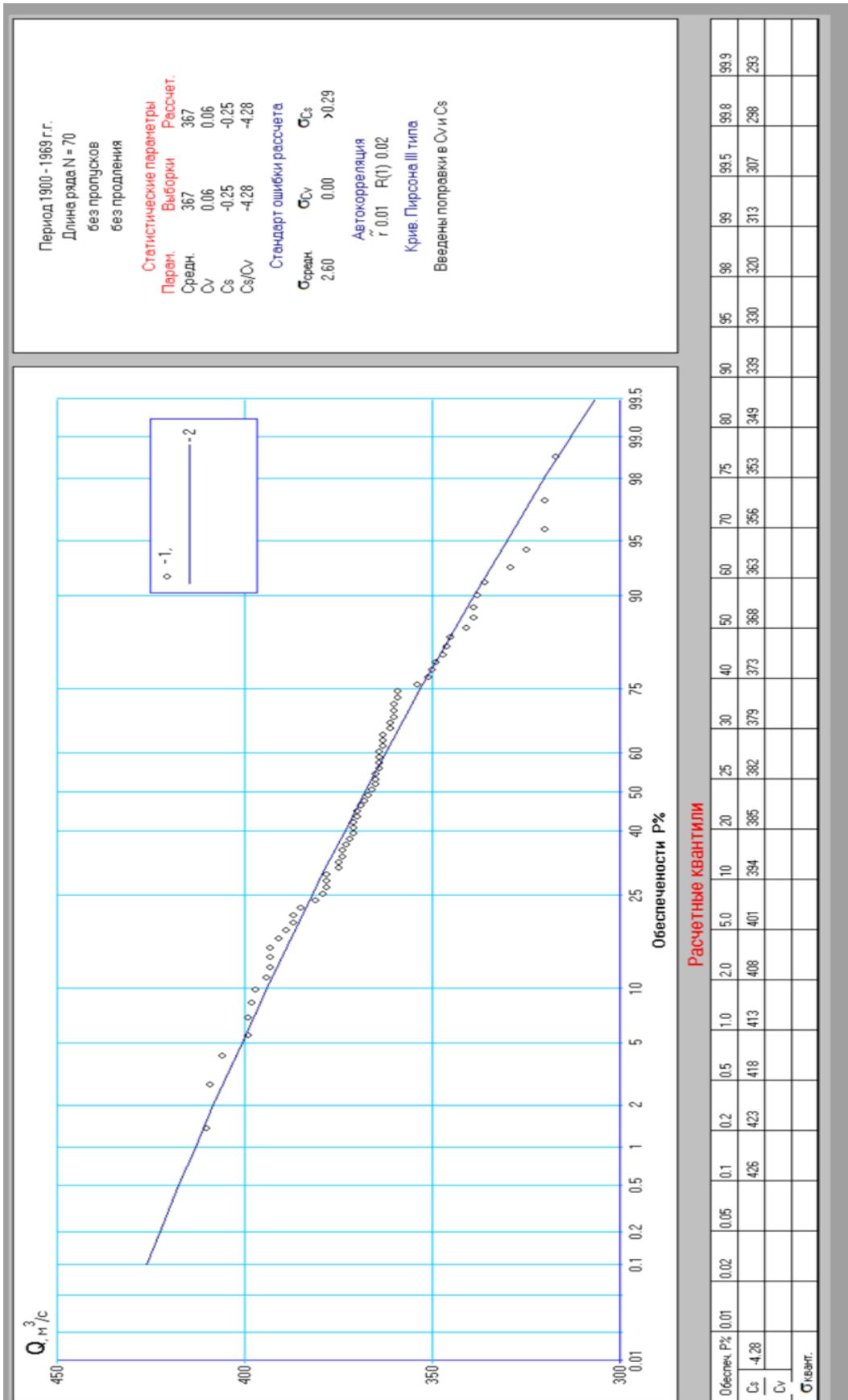
Приложение 5 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей среднегодовых уровней воды реки Пур – Уренгой,  $Q_{ср} = 443 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $C_v = 0.07$ ,  $C_s = 0.23$ ,  $C_s/C_v = 3.23$



Приложение 6 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей максимальных уровней воды реки Пур – Уренгой,  $Q_{cp} = 876 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $C_v = 0.11$ ,  $C_s = 0.56$ ,  $C_s/C_v = 4.86$



Приложение 7 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей минимально зимних уровней воды реки Пур – Уренгой,  $Q_{ср} = 367 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $C_v = 0.06$ ,  $C_s = -0.25$ ,  $C_s/C_v = -4.28$



Приложение 8 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей летне-осенних уровней воды реки Пур – Уренгой,  $Q_{cp} = 374 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $C_v = 0.10$ ,  $C_s = 0.34$ ,  $C_s/C_v = 3.29$

