



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

Кафедра гидрофизики и гидропрогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Оценка характеристик
группировок стока на севере ЕТР**

Исполнитель Захарова Екатерина Александровна

Руководитель кандидат технических наук, доцент

Викторова Наталья Владимировна

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

Доктор технических наук, профессор

Коваленко Виктор Васильевич

«17» июль 2016 г.

Санкт-Петербург
2016



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

Кафедра гидрофизики и гидропрогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Оценка характеристик
группировок стока на севере ЕТР**

Исполнитель Захарова Екатерина Александровна

Руководитель кандидат технических наук, доцент

Викторова Наталья Владимировна

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**

(подпись)

Доктор технических наук, профессор

Коваленко Виктор Васильевич

« ___ » _____ 20__ г.

Санкт–Петербург
2016

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1 Физико-географическое описание	6
1.1 Географическое положение	6
1.2 Геологическое строение и рельеф	8
1.3 Почвенный покров	11
1.4 Климат	13
1.5 Флора и фауна	16
2 Теория выбросов	19
2.1 Расчет характеристик выбросов при дискретном задании процесса	23
3 Расчет характеристик выбросов на северной части Европейской территории России	27
3.1 Исходные данные	27
3.2 Оценка однородности рядов минимального стока	30
3.2.1 Критерий Стьюдента	31
3.2.2 Критерий Фишера	32
3.2.3 Критерий Колмогорова-Смирнова	33
3.2.4 Результаты проверки рядов на однородность	34
3.3 Расчет основных статистических характеристик	36
3.4 Комбинированная оценка коэффициента корреляции в общей совокупности	37
3.4.1 Анализ автокорреляционной функции	37
3.4.2 Комбинированная оценка коэффициента автокорреляции	39
3.5 Расчет характеристик выбросов	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48

	стр.
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	50
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Сведения об используемых пунктах гидрологических наблюдений	52
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Результаты оценки однородности рядов стока	55
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Основные статистические характеристики стока	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Графики изменения коэффициента корреляции в зависимости от временной сдвигки	66
ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Оценка коэффициента корреляции	83
ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Характеристики выбросов	86

ВВЕДЕНИЕ

В водном режиме рек отчетливо выделяются две фазы – многоводная и маловодная.

Маловодная фаза наступает на реках в результате резкого сокращения притока поверхностных вод в речную сеть. В основном она наблюдается в зимний, летний и осенний периоды года. Водность рек в период маловодной фазы может снизиться в десятки, а то и в сотни раз, по сравнению с многоводной фазой.

С маловодной фазой зимнего периода напрямую связано перемерзание рек, в следствии чего наступает период наибольшего истощения речного стока. Маловодная фаза летнего периода связана с повышением интенсивности испарения и сокращением количества осадков.

Из-за того, что большинству народнохозяйственных и промышленных предприятий требуется непрерывная подача воды, сведения о возможности отсутствия стока и продолжительности этого явления являются важными практическими характеристиками. Также, не менее важными являются данные о качестве воды, особенно в маловодный период, в связи с увеличением концентраций химических элементов за счет уменьшения расхода воды и снижения способности реки к самоочищению.

Проблема изучения стока рек в маловодный период включает в себе большое число важных вопросов.

Цель работы – оценка характеристик группировок в маловодный период на северной части Европейской территории России. В качестве объекта исследования был выбран минимальный сток за два периода маловодной фазы: зимний и летний. Под выбросом будем понимать выход непрерывной совокупности ординат процесса или последовательности за некоторый заданный уровень.

Для достижения поставленной цели были поставлены задачи по обработке ежедневных расходов воды и выявлению минимальных 30-суточных зимних и летних расходов воды, оценке их однородности, расчету основных статистических характеристик, комбинированной оценке коэффициента корреляции осредненного по району и оценке характеристик выбросов.

Характеристики выбросов могут представлять огромный интерес для решения проблем усовершенствования водного баланса.

1 Физико-географическое описание северной части Европейской территории России

Исследуемая часть Европейской территории включает в себя такие регионы как: Мурманская область, Архангельская область, Ненецкий автономный округ и Республика Карелия. Все они входят в Северо-Западный Федеральный округ Российской Федерации.

1.1 Географическое положение

Рассматриваемая часть Европейской территории России занимает территорию, общей площадью около 1084 км², причем на Мурманскую область приходится 144.9 км², на Архангельскую область – 589.9 км², на Республику Карелия – 172.4 км² и на Ненецкий автономный округ – 176.8 км². Данная территория охватывает Кольский полуостров, бассейн Белого моря, бассейны Печоры, Онеги, Северной Двины и Мезени. Рассмотрим каждый регион по отдельности.

Мурманская область расположена на Кольском полуострове и на прилегающей к нему с запада и юго-запада части материка. Большая часть территории Мурманской области находится за Северным полярным кругом. Она омывается двумя морями, с севера и северо-востока – Баренцевым морем, на востоке и юге – Белым.

Государства-соседи Мурманской области – это Норвегия и Финляндия. В области пять районов: Ковдорский, Кольский, Ловозерский, Печенгский, Терский; шесть городов с подведомственной территорией: Апатиты, Кандалакша, Кировск, Мончегорск, Оленегорск, Полярные Зори.

Соседка Мурманской области, Республика Карелия, которая расположена южнее, омывается крупнейшими в Европе озерами: Ладожским и Онежским. Также с востока Республика омывается Белым морем.

Самые северные территории Карелии лежат за Северным полярным кругом. С севера на юг территория Республики Карелии протянулась на 650 км, с запада на восток – 250 км.

Так же, как и Мурманская область, Республика Карелия граничит с Финляндией. На востоке она граничит с Архангельской областью, на юге – с Вологодской и Ленинградской областями Российской Федерации[1].

Архангельская область расположена на севере Восточно-Европейской равнины. На юге область граничит с Вологодской и Кировской областями, на востоке с республикой Коми. Омывается Белым, Баренцевым и Карским морями. В область входит Ненецкий автономный округ.

Кроме материковой части в состав Архангельской области входят арктические острова: Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Вайгач, Колгуев и др. Мыс Флигели на о. Рудольфа Земли Франца-Иосифа является самой северной островной точкой России.

Вся Архангельская область расположена в четырех природных зонах: арктических пустынь, тундровой, лесотундровой и таежной. Большая материковая часть находится в зоне тайги, в то время, когда острова в арктической зоне.

Большинство рек относятся к бассейну Северного Ледовитого океана. Исключение составляет только река Илекса. Наиболее крупными реками Архангельской области являются – Северная Двина, которая имеет такие крупные притоки как: Вычегда, Пинега, Вага; Онега; Мезень и Печора. На территории Архангельской области большое количество озер, около 2.5 тысяч. Наиболее крупными из них являются – Лача, Кенозеро, Кожозеро.

Большая часть Ненецкого автономного округа лежит за Полярным кругом. Территория округа омывается Белым, Баренцевым, Печорским и

Карским морями Северного Ледовитого океана. На юге округ граничит с Республикой Коми, на юго-западе – с Архангельской областью, на северо-востоке – с Ямало-Ненецким автономным округом.

1.2 Геологическое строение и рельеф

Мурманская область, как и Республика Карелия, занимает северо-восточную окраину Балтийского щита, который сложен древнейшими кристаллическими породами возрастом более миллиарда лет (гранитами, гнейсами, кварцитами, кристаллическими сланцами).

В центральной части Кольского полуострова расположен массив Хибинских гор. Горы поднимаются над окружающей равниной резко, почти без перехода. Особенность гор – их «столовые» формы. Склоны круты, местами обрывисты, вершины же – практически плоские.

На Кольском полуострове велика роль тектонических движений. Не только рельеф, направление течения рек, но и в целом очертания полуострова связаны с разломами земной коры.

Один из крупнейших разломов проходит вдоль северного (Мурманского) побережья. Другой, параллельный ему, соответствует впадине Кандалакшского залива. По линиям разломов проложили свои долины многие реки Кольского полуострова. Некоторые реки (Варзуга, Стрельна, Иоканьга) меняют направление течения под прямым или даже острым углом. Причиной чего являются разломы.

И всё-таки, в большинстве своем, территория Мурманской области равнинная.

Кольский полуостров условно делят на западную и восточную части, граница между которыми проходит через долину реки Вороньей и долину реки Умба. Западная часть области – возвышенная. Рельеф здесь в основном

представляет собой пологие возвышенности и долины. На востоке преобладают равнины, местами сильно заболоченные[2].

К югу от границы с Финляндией до среднего течения Умбы также простирается низина с обширными болотами, большим количеством озер и редкими возвышенностями.

Территория Кольского полуострова не раз покрывалась мощнейшими ледниками при движении которых сглаживались и отшлифовывались выступающие скалы. Ледником созданы фьорды на северо-западе полуострова.

На территории Карелии развиты слагающие земную кору докембрийские кристаллические породы, перекрытые чехлом наиболее молодых четвертичных и современных отложений.

Образования других геологических систем имеют незначительное распространение. Большие площади сложены здесь гранитами и гнейсогранитами.

На их фоне отчетливо выделяются полосы осадочно-вулканических образований, неправильной формы площади древних осадков; овалы или линии, указывающие расположение интрузивных магматических пород основного и другого составов. Различается большое количество разновидностей горных пород, отличных по составу, способу образования, степени и характеру преобразований, а также возрасту.

Мощность земной коры и составляющих ее слоев неодинакова по площади. Сочетание в разных зонах слоев земной коры с различной мощностью привело к возникновению участков земной коры, различающихся геологическим строением и возможной рудоносностью.

Таким образом, в строении современной земной коры в Карельском регионе сочетаются две главные особенности: ее слоистое и блоковое строение.

В результате стайвания больших масс льда освобождавшиеся талые ледниковые воды перемывали и переоткладывали морену, формируя флювиогляциальные отложения.

В северных районах Карелии развиты морские поздне- и послеледниковые глины, пески и галечники. Самые молодые аллювиальные пески, супеси и реже глины развиты в долинах крупных рек, где слагают пойменные русловые участки.

В центральной и южной частях Архангельская область являет собой равнину с волнообразными возвышенностями (Коношская, Няндомская). На востоке расположена большая заболоченная территория Печорской низменности, основная часть которой занята тундрами.

В бассейне реки Кулой, которая находится между реками Онега и Северная Двина, сильное развитие приобрели карстовые формы рельефа.

На севере области распространены многолетнемерзлотные породы.

Рельеф Ненецкого автономного округа, как и Архангельской области, в большинстве своем, носит равнинный характер. Из всего выделяются древний Тиманский кряж и хребет Пай-Хой (максимальная высота достигает 467 метров над уровнем моря), заболоченные участки Большеземельской и Малоземельской тундры. Ненецкий автономный округ богат густой сетью небольших рек и озер. Главная река здесь – Печора.

В геологическом отношении территория округа «лежит» на двух разновозрастных докембрийских осадочных плитах: Русской и Печорской, условная граница между которыми пролегает в месте западно-тиманских глубинных разломов.

Строение плит – двухэтажное: нижний - складчатый фундамент, верхний – полого залегающий осадочный чехол. В отличие от Русской плиты, формирование кристаллического фундамента которой завершилось в среднем протерозое, складчатый фундамент Печорской плиты сформировался во второй половине протерозоя и относится к структуре Балтийской

складчатости. Оба фундамента были подвержены множеству преобразований, в следствии чего их поверхность носит неровный характер[3].

1.3 Почвенный покров

Почвенно-растительный покров Кольского полуострова и Карелии имеет ряд особенностей, зависящих не только от геолого-геоморфологического строения, но и от современного климата.

Каменисто-щебнистый состав элювиально-делювиальных отложений связан с относительной молодостью территории и повсеместным распространением устойчивых пород. За счет ледникового сноса, морена на данной территории также имеет грубый механический состав. Это является причиной формирования почв на каменисто-щебнистом и песчаном основании. Из-за этого на территории Кольского полуострова и Карелии господство приобрели сосновые леса и болота.

Территория Кольского полуострова южной частью расположена в таёжной зоне. Северным и северо-восточным побережьем она лежит в зоне тундры, вдоль южных окраин которого распространена лесотундра, достигающая 20-100 км ширины.

Республика Карелия полностью расположена в зоне тайги.

Почвенный покров региона очень молод. Там, где обнажаются коренные породы и есть крутые склоны, лишённые рыхлых отложений, почвенный покров зачастую отсутствует, как и растительность. Исключение могут составить трещины в скальных породах. В них может скапливаться мелкозем, образуя маломощный чехол рыхлых отложений, где и происходит формирование почв. Именно здесь могут вырасти небольшие кустики вороники, брусники, слабые деревца березы и сосны.

Кристаллические породы, формирующие водоупор, и довольно влажный климат являются причинами переувлажнения и заболачивания не

только всех, даже незначительных понижений в рельефе, но и равнинных территорий с затрудненным стоком. Медленная гумификация и минерализация растительных остатков обусловлена высокой влажностью в скупую с малыми тепловыми ресурсами. Посему происходит накапливание большого количества органического вещества в виде торфянистых горизонтов, а на участках с лучшей дренажной системой – в виде гумуса. Щебнистый субстрат и большая атмосферная влажность создают превосходные условия для промывного режима почв.

Основными почвами, встречающимися здесь, являются подзолы иллювиально-гумусовые и иллювиально-железисто-гумусовые, имеющие сильноокислую реакцию и низкую насыщенность верхних горизонтов основаниями. На Кольском полуострове в условиях лучшего дренажа, а точнее на юго-западной его части, формируются маломощные иллювиально-железистые подзолы с довольно малым содержанием вымытого гумуса. На возвышенностях же и вершинах гряд в основном встречаются иллювиально-железисто-гумусовые. С ростом содержания влаги растет и мощность почвенного профиля, за счет увеличения количества органического вещества в подстилке и иллювиальном горизонте. Следствием этого является то, что на Кольском полуострове и на территории Карелии там, где поверхность ниже, либо не сильно расчленена, располагаются подзолы иллювиально-гумусовые с содержанием болотистых почв. Там, где затруднен отток почвенно-грунтовых вод имеют место быть торфянисто- и торфяно-позолистые почвы. Торфяно-глеевые, как и торфяно-болотистые почвы, формируются в условиях избыточного увлажнения, если оно постоянно. Они господствуют на территориях, где поверхность имеет понижения, приходясь на восточную часть Карелии и Понойскую низменность в Мурманской области.

В лесотундре развиваются маломощные, но многогумусовые подзолы с повешенным содержанием гумуса не только в иллювиальном, но и в подзолистом горизонте. На востоке Кольского полуострова большое

распространение имеют мерзлотно-торфяно-болотистые почвы. В зоне тундры господствуют тундровые примитивные оторфованные щебнисто-галечные почвы.

Наряду с ранее рассмотренными регионами, Архангельская область обладает подзолами различных видов. Дерново-подзолистые почвы растелились под лесами хвойных пород деревьев с травянистым покровом, а на известковых грунтах, коими обладает Онего-Двинский водораздел, могут развиваться богатые гумусом, темноцветные и, как следствие, наиболее перегнойно-карбонатные почвы. Также могут наблюдаться аллювиальные почвы, которые расположены в поймах больших рек.

Преобладают в Архангельской области тундрово-глеевые и тундрово-болотистые почвы. Торфяно-глеевые почвы в сочетании со слабоподзолистыми встречаются в зоне лесотундры, которая не обладает хорошей растительностью и характеризуется чередованием редколесья и безлесных тундровых участков.

Потому как Ненецкий автономный округ находится в сложных климатических условиях, то большое распространение тут получили тундровые почвы из которых выделяют некоторые виды: аркто-тундровые глееватые, являющиеся наиболее северными; тундровые примитивные, располагающиеся на возвышенности Пай-Хой; тундровые поверхностно-глеевые и торфяно-болотные, господствующие на всей территории региона; подзолистые и глеево-подзолистые, характерные для юго-западных районов.

Также на территории округа встречаются менее распространенные типы почв. Там, где почвообразующие породы принадлежат к песчаным и супесчаным, образуются иллювиально-гумусовые и оподзоленные почвы, за счет усиления дренажа почвы.

Если рассматривать долину самой крупной реки региона, Печоры, то можно заметить, как вдоль течения реки песчаные почвы переходят в глинистые и торфяные.

В целом все рассматриваемые регионы обладают схожими факторами формирования почвенного слоя, чем и обусловлена схожесть почвенных покровов. За счет расположения и сурового климата, почвы на данной территории являются неплодородными и малопригодными для сельскохозяйственной деятельности.

1.4 Климат

Климат Мурманской области довольно таки своеобразен и отличается своей мягкостью, в отличие от климата других северных районов России. Характерной чертой климата региона является большая неустойчивость погоды. Это связано с частой сменой воздушных масс.

Формирование климата происходит под влиянием Атлантики, воздух которой, вторгаясь с запада, теплый и влажный, и приходящего с севера арктического воздуха. Северная Атлантика зимой приносит теплую и влажную погоду, а летом – прохладную. Арктический воздух в свою очередь, являясь холодным, прозрачным и сухим, приносит похолодание, которое летом относительно быстро прогревается.

Неоспоримое влияние на климат области оказывают окружающие ее моря, отепляя зимой и охлаждая летом. Так, к примеру, воздух зимой на береговой линии Мурманской области теплее, нежели в Вологде, расположенной южнее на 700 километров. Однако это вовсе не означает, что климат здесь комфортный, ведь даже небольшие морозы при сильном ветре и большой влажности переносятся тяжело. Самым продолжительным сезоном является зима. Она длится более шести месяцев, примерно с октября по апрель.

Весна же предвещает о своем приходе задолго до схода снега. Полученное от солнца тепло сначала расходуется на прогрев воздуха и снега,

а лишь только потом на бурное снеготаяние. Окончательное схождение снега заканчивается в мае.

Полярный день начинается с конца мая, чем спешат воспользоваться растения, которые начинают активно распускаться.

Период лета, который считается при температуре выше 10 °С, наступает в разных районах неодновременно. Это зависит от удаленности моря. Продолжительность летнего периода колеблется между двумя – двумя с половиной месяцами; начинается в середине июня и заканчивается в середине-конце августа. Только июль- месяц без заморозков, и то не каждый год. Хоть продолжительность дня и велика, солнце все же не поднимается выше около 44° днем и 0,5° ночью.

Температура в среднем в зимний период составляет -12 °С, которая изменяется в зависимости от расположения моря: чем ближе море, тем теплее. Летом наблюдается обратная картина. Средние температуры лета варьируются от +8 до +15 °С. Максимумом является температура в 30 – 32 °С.

Климат Карелии умеренно холодный, переходящий от морского к континентальному. Характерной чертой его является западно-восточный перенос воздуха. Для республики характерны продолжительная и холодная зима, короткое, но теплое лето. Большое влияние оказываются теплые воды Гольфстрима, смягчая тем самым климат. Средняя месячная температура воздуха самого теплого месяца - июля - на юге района равна 15-17°С, на крайнем севере (в зоне тундры) она снижается до 10°С. Средняя температура воздуха в январе -9,0 -10°С.

Влажность воздуха весьма высокая и достигает 80-95%. Годовая сумма осадков составляет 500-600 мм. Наименьшее количество осадков выпадает на севере района, наибольшее - в Хибинских и Ловоозерских тундрах. Снежный покров, имеющий большую мощность, весьма устойчив. Испарение с поверхности водного зеркала составляет 350- 450 мм в год.

Большое количество осадков и недостаточное испарение обуславливают избыточное увлажнение данной территории, что приводит к заболачиванию местности.

Близкое расположение Архангельской области к морям и Северному ледовитому океану, как и у территории Мурманской области и Карелии, объясняет суровый климат региона. Как и для Мурманской области, здесь характерен изменчивый тип погоды. Зима здесь очень длинная и достигает 250 дней. Температура воздуха опускается до -26°C . Лето короткое и прохладное при средних температурах воздуха $14-16^{\circ}\text{C}$.

Годовое количество осадков увеличивается с севера на юг: в среднем за год около 27% всех осадков выпадает в виде снега, 55 % - в виде дождя и 12% приходится на мокрый снег и снег с дождем. Долгота дня колеблется от 3 часов 30 минут (22 декабря) до 21 часа 40 минут (22 июня).

Ненецкий автономный округ имеет схожий климат с ранее рассмотренными регионами. Отличием является невеликое количество выпадающих осадков при большой облачности. Вечная мерзлота, которая не позволяет уходить выпавшим осадкам в почву, является причиной избыточного увлажнения. Это приводит к заболачиванию территорий.

Для округа характерен муссонный характер циркуляции атмосферы.

Климатическое лето здесь фактически отсутствует. Средняя температура самого теплого летнего месяца июля не превышает $+15^{\circ}$. В любой месяц года возможны заморозки. Зима длинная, очень холодная. Морозы могут достигать -45°C .

Климат во всем округе субарктический, переходящий на крайнем севере в арктический. Как и вся рассматриваемая территория округ имеет изменчивую погоду, причиной чего так же является постоянное вторжение атлантических и арктических воздушных масс. Летом дуют северные и северо-восточные ветра, осенью же и зимой преобладают ветра с южной составляющей.

1.5 Флора и фауна

В Мурманской области представлены две растительные зоны – тундра и тайга. Горные образования вносят неоспоримый вклад в развитие растительных сообществ и ландшафтов. Хорошо выраженные горно-лесной, березовых криволесий и горно-тундровый пояса растительности, являются основными. Огромные области, в особенности на востоке, являются заболоченными.

Основными видами деревьев, произрастающих на территории таежных лесов Мурманской области являются ельники, сосняки и смешанные древостои, в которых распространена примесь рябины, осины, древесных видов ив. Редко встречаются в зоне тайги березняки, которые принадлежат в основном к вторичным и пойменным лесам. Высота деревьев в лесном сообществе достигает до 10-12 метров.

В сильно увлажненных приречных участках встречаются злаково-разнотравные серольшаники, а на пойменных участках и островах разнотравные березовые леса.

Зона тундры и горно-тундровый пояс имеют схожую структуру растительных сообществ, потому как их формирование происходит в условиях хорошо развитого рельефа и на рыхлых почвах. Горно-тундровый пояс более богат по видовому составу растений и лишайников.

На прибрежных островах в основном произрастают кустарничковые виды растений с относительно однородным покровом.

Хорошо изученная флора Мурманской области насчитывает 1357 видов сосудистых растений. Повсеместно распространены мохообразные и лишайники. Однако в лесных сообществах они не играют большой роли. Лихенофлора области насчитывает более 1200 видов лишайников.

Царство Грибы Насчитывает приблизительно полторы тысячи видов.

Фауна Мурманской области сложена в основном видами северной тайги, так как заселение шло с юга и востока. В области изучены 60 видов млекопитающих, из которых 1/3 представлена морскими видами. Наземная фауна особо не отличается разнообразием и числовым составом.

Единственный представитель отряда зайцеобразных здесь- это обычный заяц-беляк. Северный кожанок – представитель летучих мышей.

Наибольшее многообразие зафиксировано за грызунами, отряд которых насчитывает 13 видов.

Второй по разнообразию отряд- это хищные, которых зарегистрировано 15 видов. Часто встречающиеся из них – это лисица, волк, бурый медведь.

Из парнокопытных для Мурманской области типичны северный олень и лось.

Сообщество птиц насчитывает 282 виды, представленные 17 отрядами. Рептилии представлены всего 2 видами и амфибии – тремя.

На территории Архангельской области, как и в Республике Карелия, огромную территорию занимают леса, представленные в основном елью, сосной, пихтой и лиственницей.

Фауна, на всей рассматриваемой территории особо не отличается видовым разнообразием, поэтому она представлена практически одинаковыми видами животных.

2 Теория выбросов

Математический аппарат теории случайных выбросов применительно к гидрологии разработан В.А. Румянцевым и В.И. Бовыкиным [4].

Выброс ординаты процесса является сложным событием. Для его осуществления, во-первых, случайная величина $X(t)$ в некоторый момент времени t должна оказаться в непосредственной близости от порогового значения x_0 (под ним на расстоянии Δx) и, во-вторых, должна существовать тенденция к дальнейшему увеличению ординаты, т.е. первая производная случайного процесса $X(t)$ должна быть положительной. Эти два условия можно записать так:

$$\left. \begin{array}{l} x_0 - \Delta x \leq X(t) < x_0 \\ V(t) \equiv X'(t) > 0 \end{array} \right\} \quad (2.1)$$

где $X(t)$ - случайная величина в некоторый момент времени;

x_0 - пороговое значение ординаты;

Δx - расстояние, на которое отклоняется случайная величина от порогового значения;

$V(t)$ - увеличение ординаты;

$X'(t)$ - первая производная случайного процесса $X(t)$.

Найдем вероятность выполнения этого условия, предполагая, что двумерный закон распределения $p_2(x, v_x)$ ординаты процесса $x(t)$ и скорости ее изменения $v_x(t)$ известен. Очевидно, что эту вероятность можно выразить следующим образом:

$$P = \int_0^\infty \int_{x_0 - \Delta x}^{x_0} p_2(x, v_x) dx dv_x = \int_0^\infty dv_x \int_{x_0 - \Delta x}^{x_0} p_2(x, v_x) dx, \quad (2.2)$$

где P - вероятность;
 $p_2(x, v_x)$ - двумерный закон распределения;
 $v_x(t)$ - скорость изменения ординаты процесса.

Считая исходный случайный процесс стационарным с непрерывной производной, при достаточно малом интервале Δt можно написать

$$\Delta x \approx V_x \Delta t, \quad (2.3)$$

где Δt - интервал времени.

Вспомнив теорему о среднем

$$\int_a^b f(x) dx = (b - a) f(x^*) (a < x^* < b), \quad (2.4)$$

где $f(x)$ - функция переменной x ;
 b - верхний предел значения x ;
 a - нижний предел значения x ;
 x^* - среднее значение x .

Представим правый интеграл в выражении 2.2 в виде

$$\begin{aligned} \int_{x_0 - \Delta x}^{x_0} p_2(x, v_x) dx &= [x_0 - (x_0 - \Delta x)] p_2(x^*, v_x) = \\ &= \Delta x p_2(x^*, v_x) v_x \Delta t (x_0 - v_x \Delta t < x^* < x_0). \end{aligned} \quad (2.5)$$

Так как Δt мало, то x^* лишь незначительно отличается от x_0 и можно окончательно написать

$$P\{x_0 - \Delta x \leq X(t) < x_0, V_x(t) > 0\} \approx \int_0^\infty v_x p_2(x, v_x) dv_x. \quad (2.6)$$

Величину

$$\int_0^{\infty} v_x p_2(x, v_x) dv_x \equiv V_x(x_0) \quad (2.7)$$

можно трактовать как среднюю скорость изменения ординат процесса при его значении, равном x_0 .

Таким образом, искомая вероятность того, что за интервал времени Δt будет иметь место одно пересечение снизу-вверх уровня x_0 , пропорциональна интервалу Δt и средней скорости процесса при его значении, равном уровню x_0 . Тогда среднее число выбросов на отрезке времени T можно определить, как

$$\overline{n_{x_0}}(T) = \int_0^T dt \int_0^{\infty} v_x p_2(x_0, v_x) dv_x = T \int_0^{\infty} v_x p_2(x_0, v_x) dv_x, \quad (2.8)$$

где $\overline{n_{x_0}}(T)$ - среднее число выбросов на отрезке времени T ;

T - отрезок времени

Если $\overline{n_{x_0}}(T)$ поделить на T

$$\frac{\overline{n_{x_0}}(T)}{T} = \int_0^{\infty} v_x p_2(x_0, v_x) dv_x = \bar{v}_{x_0}, \quad (2.9)$$

где \bar{v}_{x_0} - среднее число выбросов в единицу времени

то получим несколько другую интерпретацию для интеграла, а именно он представляет собой среднюю частоту появления выбросов или среднее число выбросов в единицу времени.

Кроме среднего числа выбросов $\overline{n_{x_0}}(T)$, большой интерес представляют также дисперсия числа выбросов, средние продолжительности выбросов и интервалов между ними. Для получения дисперсии числа выбросов случайной последовательности воспользуемся формулой:

$$D = \bar{\Theta}_{x_0}(\bar{\Theta}_{x_0} - 1), \quad (2.10)$$

где D - дисперсия числа выбросов случайной последовательности;
 $\bar{\Theta}_{x_0}$ - средняя продолжительность отдельного выброса.

Очевидно, что средняя продолжительность отдельного выброса может быть выражена через отношение:

$$\bar{\Theta}_{x_0} = \frac{\overline{T_{x_0}}}{\overline{n_{x_0}(T)}}, \quad (2.11)$$

где $\overline{T_{x_0}}$ - средняя суммарная продолжительность выбросов на отрезке времени.

Средняя суммарная продолжительность выбросов на отрезке времени, в свою очередь, может быть определена по формуле

$$\overline{T_{x_0}} = TP(X(t) > x_0) = T[1 - F(x_0)], \quad (2.12)$$

где $F(x_0)$ - функция распределения вероятностей исходного процесса

Следовательно, при известной функции вероятностей $F(x)$ величины $\bar{\Theta}_{x_0}$ и $\overline{n_{x_0}(T)}$ связаны однозначно. Заменяя $\overline{n_{x_0}(T)}$ определяющим его выражением 2.8 и используя выражение 2.6 получаем

$$\bar{\Theta}_{x_0} = \frac{1-F(x_0)}{\int_0^\infty v_x p_2(x_0, v_x) dv_x} = \frac{1-F(x_0)}{\bar{v}_{x_0}}, \quad (2.13)$$

Суммарная продолжительность интервалов времени между выбросами представляет собой разность

$$\bar{T}_{ин} = T - \bar{T}_{x_0}, \quad (2.14)$$

где $\bar{T}_{ин}$ - суммарная продолжительность интервалов времени

между выбросами.

Воспользовавшись выражением 2.11, можно записать

$$\bar{T}_{ин} = TF(x_0), \quad (2.15)$$

Так как среднее число интервалов на отрезке времени T равно среднему числу выбросов, то для средней протяженности одного интервала имеем

$$\bar{\omega}_{x_0} = \frac{TF(x_0)}{\int_0^{\infty} v_x p_2(x_0, v_x) dv_x} = \frac{F(x_0)}{\bar{v}_{x_0}}. \quad (2.16)$$

где $\bar{\omega}_{x_0}$ - средняя продолжительность одного интервала

Из сравнения выражений 2.12 и 2.15 видно, что между $\bar{\Theta}_{x_0}$ и $\bar{\omega}_{x_0}$ существует следующее соотношение:

$$\bar{\omega}_{x_0} = \bar{\Theta}_{x_0} \frac{F(x_0)}{1-F(x_0)}. \quad (2.17)$$

2.1 Расчет характеристик выбросов при дискретном задании процесса

В большинстве наблюдения за гидрометеорологическими элементами даются не в виде непрерывной записи, а лишь значениями в дискретные моменты времени либо средними за некоторый промежуток. Такие ряды наблюдений можно рассматривать как случайные последовательности. Очевидно, все что было сказано применительно к случайным процессам, остается в силе и по отношению к случайным последовательностям, хотя окончательные формулы приобретают несколько иной вид.

Обозначим значение ординаты случайной последовательности в момент времени t_j через $x(t_j)$. Считается, что в момент времени t_j имеет место выброс случайной последовательности за уровень x_0 если выполняется условие

$$X(t_j) \leq x_0, X(t_{j+1}) > x_0, \quad (2.18)$$

где $X(t_j)$ - случайная величина в момент времени t_j .

Последнее условие тождественно условию 2.1 при непрерывном задании случайного процесса. Вероятность выполнения условия 2.18 или, что то же, вероятность выброса в момент времени t_j , определяется формулой

$$\begin{aligned} P\{X(t_j) \leq x_0, X(t_{j+1}) > x_0\} = \\ = \int_{-\infty}^{x_0} \int_{x_0}^{\infty} p_2(x(t_j), x(t_{j+1})) dx(t_j) dx(t_{j+1}). \end{aligned} \quad (2.19)$$

где $p_2(x(t_j), x(t_{j+1}))$ - двумерная плотность распределения ординат случайной последовательности.

Эта вероятность представляет собой среднее число выбросов в единицу времени случайной последовательности $X(t_j)$ за уровень x_0

$$\bar{\nu}_{x_0} = \int_{-\infty}^{x_0} \int_{x_0}^{\infty} p_2(x(t_j), x(t_{j+1})) dx(t_j) dx(t_{j+1}). \quad (2.20)$$

Общие выражения для определения вероятностных характеристик выбросов непрерывных процессов 2.8, 2.13 и 2.16 справедливы и для случайных последовательностей с той лишь разницей, что $\bar{\nu}_{x_0}$ надо определять по формуле 2.9, а по выражению 2.20. Имеем

$$\bar{n}_{x_0}(T) = T \bar{\nu}_{x_0} = T \int_{-\infty}^{x_0} \int_{x_0}^{\infty} p_2(x(t_j), x(t_{j+1})) dx(t_j) dx(t_{j+1}), \quad (2.21)$$

$$\bar{\theta}_{x_0} = \frac{1-F(x_0)}{\bar{\nu}_{x_0}} = \frac{1-F(x_0)}{\int_{-\infty}^{x_0} \int_{x_0}^{\infty} p_2(x(t_j), x(t_{j+1})) dx(t_j) dx(t_{j+1})}, \quad (2.22)$$

$$\bar{\omega}_{x_0} = \frac{F(x_0)}{\bar{v}_{x_0}} = \frac{F(x_0)}{\int_{-\infty}^{x_0} \int_{x_0}^{\infty} p_2(x(t_j), x(t_{j+1})) dx(t_j) dx(t_{j+1})}. \quad (2.23)$$

Интегрирование в последних выражениях может быть произведено в большинстве случаев только численно.

Для нормальной случайной последовательности двумерная плотность $p_2(x(t_j), x(t_{j+1}))$ равна

$$p_2(x(t_j), x(t_{j+1})) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho_{x(t)}^2}} * \exp\left\{-\frac{x^2(t_j)+x^2(t_{j+1})-2\rho_{x(t)}x(t_j)x(t_{j+1})}{2(1-\rho_{x(t)}^2)}\right\}, \quad (2.24)$$

где $\rho_{x(t)}$ - коэффициент корреляции между смежными членами последовательности

Выражение 2.20 примет следующий вид

$$\begin{aligned} \bar{v}_{x_0} &= \\ &= \int_{-\infty}^{x_0} \int_{x_0}^{\infty} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho_{x(t)}^2}} * \\ &\exp\left\{-\frac{x^2(t_j)+x^2(t_{j+1})-2\rho_{x(t)}x(t_j)x(t_{j+1})}{2(1-\rho_{x(t)}^2)}\right\} dx(t_j) dx(t_{j+1}). \end{aligned} \quad (2.25)$$

Последнее выражение можно несколько преобразовать. Для этого вспомним, что

$$\begin{aligned} P\{X(t_j) \leq x_0, X(t_{j+1}) > x_0\} &= \\ &= P\{X(t_j) > -\infty, X(t_{j+1}) > x_0\} - P\{(X(t_j) > x_0, X(t_{j+1}) > x_0)\} = \\ &= P\{X(t_{j+1}) > x_0\} - P\{X(t_j) > x_0, X(t_{j+1}) > x_0\}. \end{aligned} \quad (2.26)$$

Отсюда

$$\bar{v}_{x_0} = P\{X(t_j) > x_0\} - P\{X(t_j) > x_0, X(t_{j+1}) > x_0\}, \quad (2.27)$$

где вероятность

$$P\{X(t_j) > x_0, X(t_{j+1}) > x_0\} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho_x^2(t)}} * \quad (2.28)$$

$$* \int_h^\infty \int_h^\infty \exp\left\{-\frac{x^2(t_j)+x^2(t_{j+1})-2\rho_x(t)x(t_j)x(t_{j+1})}{2(1-\rho_x^2(t))}\right\} dx(t_j)dx(t_{j+1}),$$

где H - нормированная величина

$$h = \frac{x_0 - x}{\sigma_x}, \quad (2.29)$$

где σ_x - среднеквадратическое отклонение

Подставляя выражение 2.19 в формулы 2.8, 2.13 и 2.16, получаем

$$\bar{n}_{x_0}(T) = T[P\{X(t_j) > x_0\} - P\{X(t_j) > x_0, X(t_{j+1}) > x_0\}], \quad (2.30)$$

$$\bar{\theta}_{x_0} = \frac{P\{X(t_j) > x_0\}}{P\{(X(t_j) > x_0) - P\{X(t_j) > x_0, X(t_{j+1}) > x_0\}\}}, \quad (2.31)$$

$$\bar{\omega}_{x_0} = \frac{1 - P\{X(t_j) > x_0\}}{P\{(X(t_j) > x_0) - P\{X(t_j) > x_0, X(t_{j+1}) > x_0\}\}}. \quad (2.32)$$

3 Расчет характеристик выбросов на севере Европейской территории России

3.1 Исходные данные

Исследование пространственно-временных закономерностей многолетних колебаний минимального 30-ти суточного зимнего и летнего стока рек северной части Европейской территории России осуществлялось по материалам 35 гидрологических постов. Период наблюдений освещен с момента открытия постов до 1994 года, по некоторым постам до 1989.

При отборе постов отдавалось предпочтение незарегулированным рекам с продолжительным периодом наблюдений и с площадью водосбора более 800 км². Также основным критерием отбора было равномерное распределение постов по всей исследуемой территории.

В связи с тем, что по некоторым постам в определенные года наблюдаются перерывы в наблюдениях, производилось восстановление пропусков.

К анализу принимались ряды минимального 30-ти суточного летнего и зимнего стока, опубликованные в изданиях государственного водного кадастра до 1980 года включительно. За период с 1980 года были сняты и обработаны ежедневные расходы воды. По ним были получены минимальные 30-ти суточные значения расходов воды за зимний период и летне-осеннюю межень (рисунок 3.1).

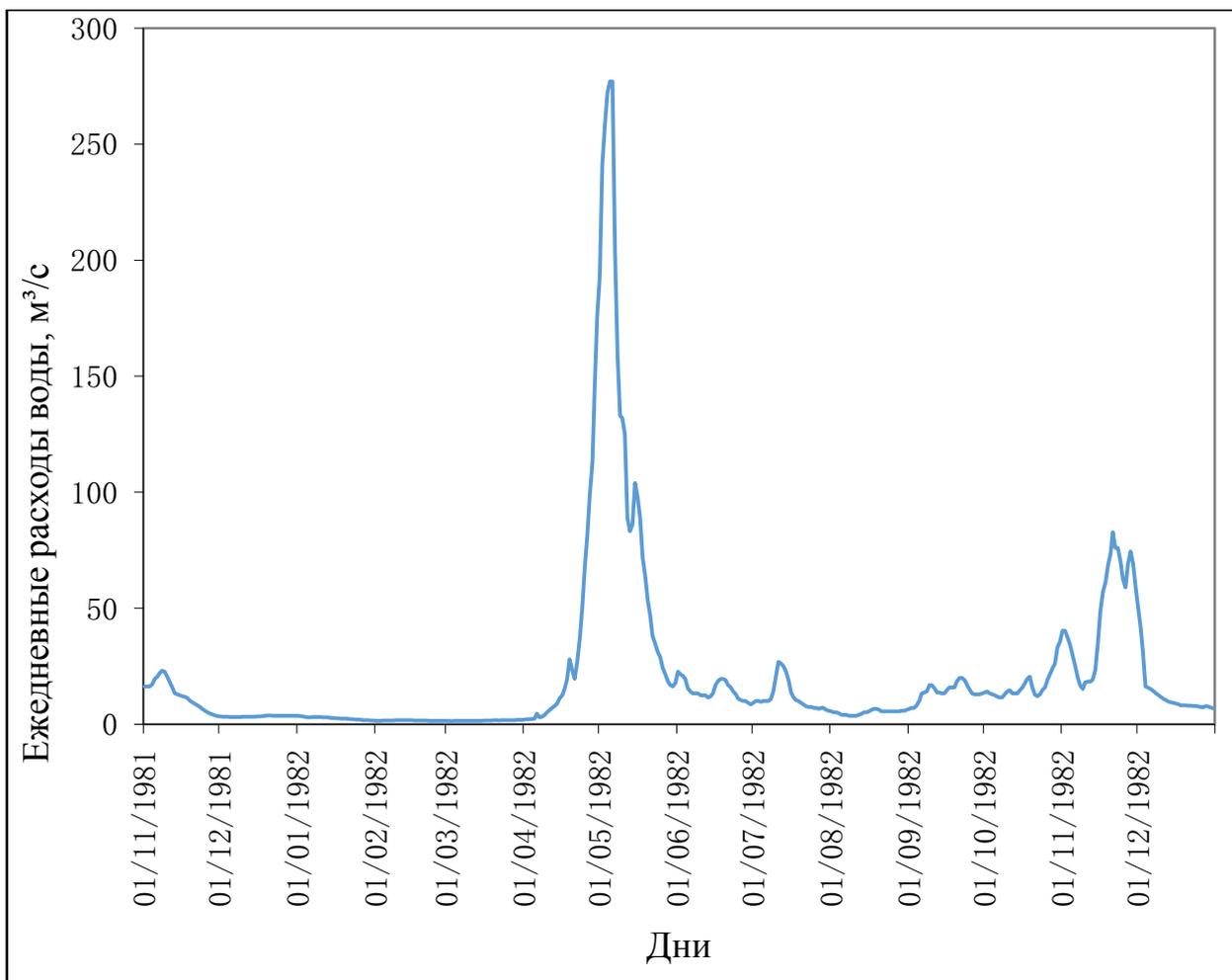


Рисунок 3.1 – Ежедневные расходы воды за 1982 год
на реке Уфтыюга пост Колено

Схема расположения постов представлена на рисунке 3.2. Сведения о постах приведены в Приложении А.

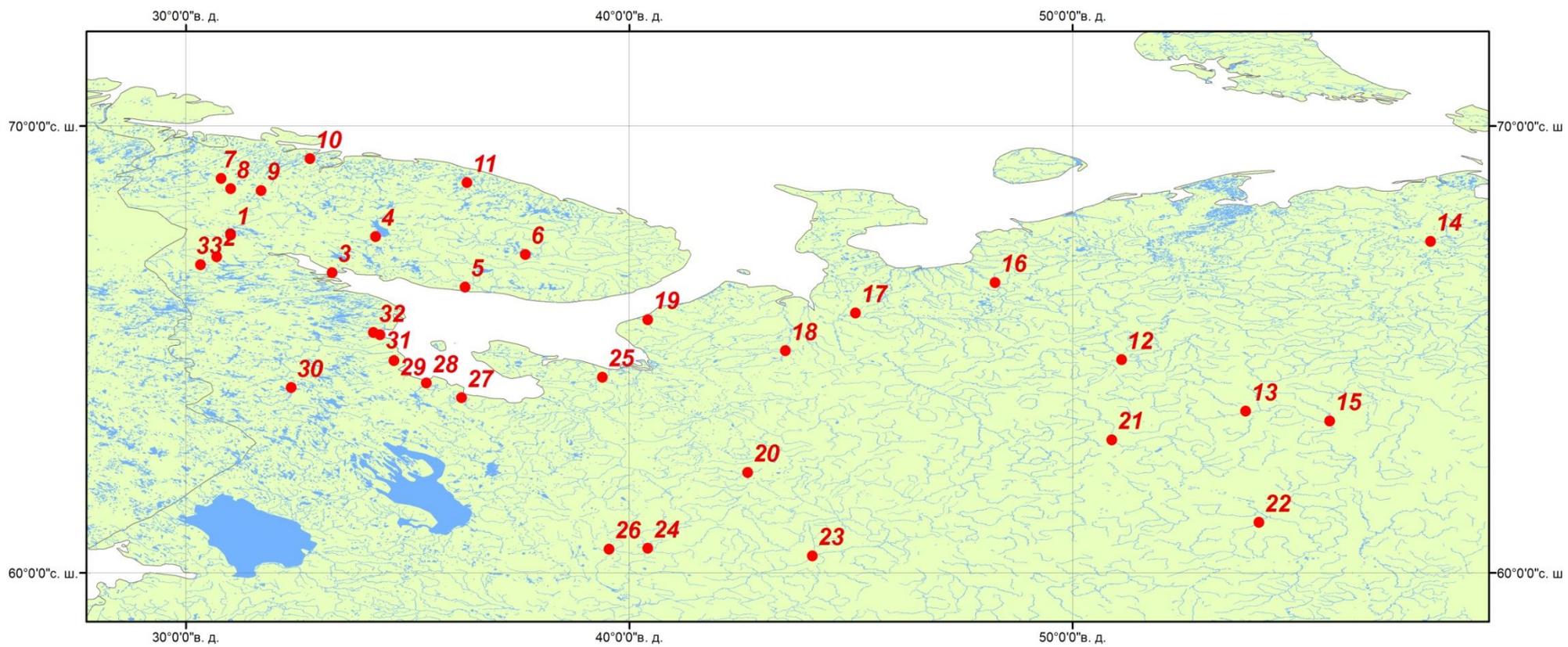


Рисунок 3.2 – Схема расположения постов

3.2 Оценка однородности рядов минимального стока

Практика гидрологических расчетов и обоснования водохозяйственных мероприятий базируется на предположении о стационарности характеристик речного стока: распределение вероятностей стока предполагается неизменным на протяжении промежутков времени прошлого периода наблюдений и будущего периода эксплуатации водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений. Вопросы стационарности минимального стока рек исследованы весьма слабо. Вместе с тем именно на характеристиках минимального стока следует ожидать более выраженное проявление хозяйственной деятельности на водосборах и в руслах рек, направленной на перераспределение водозапаса внутри года.

Анализ стационарности многолетних колебаний минимального стока выполнялся путем проверки на однородность первых моментов распределения за два полупериода с использованием различных статистических критериев.

Оценка однородности рядов за первую и вторую половину периодов выполнялась с помощью двухвыборочных критериев сравнения Стьюдента, Фишера и Колмогорова-Смирнова. Накопленный опыт применения параметрических и непараметрических критериев сравнения двух выборок в практике гидрологических исследований неоднозначен [5]. Поэтому для анализа однородности рядов по минимальному стоку были использованы параметрические критерии Стьюдента и Фишера и непараметрические критерии Колмогорова-Смирнова с тем, чтобы сопоставить получаемые результаты применительно к исследованию многолетних колебаний сравнительно слабо изученного элемента гидрологического режима.

3.2.1 Критерий Стьюдента

Статистический анализ однородности по этому критерию предполагает следующие этапы.

Первоначально выдвигается нулевая гипотеза $Q_1 = Q_2$, т.е. равенство средних значений многолетних минимальных 30-дневных расходов воды по первой половине ряда, длиной n_1 членов, и второй половине ряда, длиной n_2 . В качестве альтернативной гипотезы выступает $Q_1 \neq Q_2$. То есть предполагается, что эти ряды являются выборками из генеральной совокупности.

Критерий Стьюдента выглядит следующим образом

$$t = \frac{\bar{Q}_2 - \bar{Q}_1}{\sqrt{n_1 \sigma_1^2 + n_2 \sigma_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (3.1)$$

где \bar{Q}_1, \bar{Q}_2 - значения средних расходов воды за первую и вторую половины ряда, соответственно, м³/с;

n_1, n_2 - длины первой и второй половины ряда соответственно;

σ_1, σ_2 - средние квадратические отклонения рассматриваемых частей исходного ряда.

Этот критерий подчиняется закону распределения Стьюдента с числом степеней свободы, равным $k = n_1 + n_2 - 2$.

В практике гидрологических расчетов эта статистика используется для проверки однородности рядов по среднему значению. Исходный ряд делится на две части при этом предполагается, что если эти условия формирования стока не изменились, то разница двух выборочных значений средних должна быть незначимой. Уровень значимости обычно принимается $2\alpha = 5\%$ или $2\alpha = 10\%$. Критерий Стьюдента является так называемым стандартным критерием и рекомендуется в большинстве нормативных документов в качестве одного из официальных тестов на однородность.

3.2.2 Критерий Фишера

Если $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ и $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ – выборки из нормально распределенных совокупностей с параметрами m_x, σ_x и m_y, σ_y и если $\sigma_x = \sigma_y$, то отношение их выборочных дисперсий S_x^2/S_y^2 подчиняется распределению Фишера с числом степеней свободы $v = m-1$ и $v = n-1$. Следовательно, при нулевой гипотезе: $H_0: S_x^2 = S_y^2$ и уровня значимости 2α доверительная область для отношения S_x^2/S_y^2 определяется выражением

$$F_\alpha(v_1, v_2) \leq (S_x^2/S_y^2) < F_{1-\alpha}(v_1, v_2), \quad (3.2)$$

где v_1, v_2 – число степеней свободы для каждой части ряда соответственно;

S_x^2, S_y^2 – значение дисперсии для каждой части ряда соответственно.

Распределение Фишера несимметрично, и для того чтобы сократить объем таблиц, их составляют только для значений $F > 1$, а при сравнении S_x^2 и S_y^2 в числитель всегда подставляют большую дисперсию. В этом случае доверительная область при уровне значимости 2α определяется следующим выражением

$$1 \leq (S_x^2/S_y^2) < F_{1-\alpha}, \quad (3.3)$$

Этот критерий используется для проверки однородности гидрологических рядов по дисперсии. Исходный ряд делится на две равные части, затем оцениваются дисперсии для каждого из частей ряда и вычисляются эмпирическое значение статистики Фишера. Полученное значение сравнивается с табличным значением. Если при принятом уровне значимости оказывается, что рассчитанное меньше чем критическое, то расхождение дисперсий считается незначимым и гипотеза об однородности

ряда по дисперсии не опровергается. Критерий Фишера, как и критерий Стьюдента, относится к стандартным критериям [6].

Характерной особенностью рядов по минимальному стоку является содержание статистически и генетически неоднородных величин.

Их появление обусловлено особым сочетанием метеорологических условий формирования минимальных расходов в отдельные годы или просчетами в измерениях и подсчете стока. Такие расходы, резко отклоняющиеся на кривой распределения, приводят к существенному искажению эмпирических оценок параметров, особенно моментов второго и более высокого порядков даже в длинных рядах. Параметрический критерий Фишера в рядах оказался очень чувствительным к наличию в рядах таких непрезентативных величин. Случаев неоднородности дисперсий обеих половин ряда из-за наличия в одной из них неоднородной величины с остальными значениями ряда оказалось слишком много. Для корректного применения критерия Фишера в рядах минимального стока необходимо было бы сначала выявить и исключить непрезентативные величины, обуславливающие большие погрешности вычисления эмпирических оценок дисперсии, а затем уже сравнивать дисперсии обеих половин ряда. Математическая статистика располагает достаточным количеством критериев, с помощью которых осуществляется прямое сравнение характера рассеивания двух выборок без предварительной отбраковки непрезентативных членов. Одним из таких критериев является двухвыборочный критерий Колмогорова-Смирнова [7].

3.2.3 Критерий Колмогорова-Смирнова

Непараметрический критерий Колмогорова-Смирнова обладает рядом преимуществ для рядов минимального стока по сравнению с параметрическими критериями:

а) он не требует априорных предположений о типе функции распределения сравниваемых выборок;

б) не требует априорных предположений о статистическом равенстве дисперсий при оценке однородности средних;

в) полнее использует информацию, содержащуюся в выборке, так как сравнивает непосредственно эмпирические распределения вероятностей, а не эмпирические оценки параметров, которые могут содержать большие погрешности.

3.2.4 Результаты проверки рядов на однородность

В работе проводился анализ однородности рядов минимального 30 - суточного зимнего и минимального 30-суточного летнего стока по критериям Стьюдента, Фишера и Колмогорова-Смирнова. Проверка проводилась на 5%-ом и 10%-ом уровне значимости. Результаты оценки представлены в Приложении Б.

Результаты проверки позволяют сделать следующие выводы для рядов минимального 30-суточного зимнего стока:

- по Стьюденту выявлено 18% неоднородных рядов на 5%-ом уровне значимости и 39% на 10%-ом уровне;

- критерий оценки среднего значения Колмогорова-Смирнова установил следующие характеристики однородности: 15% на уровне значимости 5%, 18% на уровне значимости 10%;

- оценка рядов по дисперсии имеет следующие числовые показатели: 18% неоднородных рядов при значимости 5%, отсутствие неоднородных рядов на уровне 10% значимости (критерий Фишера); отсутствие неоднородных рядов и 6% на 5%-ом и 10%-ом уровнях значимости соответственно (критерий Колмогорова-Смирнова).

Для рядов минимального 30-суточного летнего стока проверка на однородность дала следующие результаты:

- по среднему на 5%-ом уровне значимости неоднородными оказались 3% рядов, на 10%-ом уровне -21% рядов (оценка по критерию Стьюдента);

- по оценке среднего значения по критерию Колмогорова-Смирнова наблюдаются следующие показатели неоднородности: на уровне 5% количество неоднородных рядов составило 9%, а на уровне 10%-ой значимости показатель в 15%;

- результаты оценки по дисперсии: 5%-й уровень значимости содержит 27% неоднородных рядов, на уровне 10% неоднородных рядов нет (критерий Фишера);

- оценка дисперсии по критерию Колмогорова-Смирнова показала, что на уровне значимости 5% неоднородных рядов 3% от общего числа, на 10%-ом уровне зафиксировано 6% неоднородности.

По результатам проверки на однородность была составлена таблица 3.1

Таблица 3.1 – Результаты проверки на однородность в %.

Критерий	Среднее				Дисперсия		
	Стьюдент		Колмогоров-Смирнов		Фишер	Колмогоров-Смирнов	
Значимость	5%	10%	5%	10%	5%	5%	10%
Зима	18	39	15	18	18	0	6
Лето	3	21	9	15	27	3	6

По результатам оценки на однородность среди минимальных 30-суточных зимних расходов воды непрезентативными оказались данные по 5 постам, за период минимальных 30-суточных летних расходов – данные по 2 постам. В дальнейших расчетах данные по этим постам были исключены и не принимали никакого участия.

3.3 Расчет основных статистических характеристик

Для всех используемых рядов стока выполняется расчет статистических характеристик и проверка на репрезентативность. Рассчитывались средний многолетний расход воды, коэффициенты изменчивости C_v и асимметрии C_s и определялись их погрешности.

Средний за период наблюдений минимальный расход воды - \bar{Q}_{min} - устанавливался из имеющегося ряда фактических данных о минимальном стоке Q_1, Q_2, \dots, Q_i , т.е.

$$\bar{Q}_{min} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}. \quad (3.4)$$

Основными параметрами, помимо величины среднего многолетнего расхода воды, является коэффициент изменчивости C_v .

Величина коэффициента изменчивости определялась по методу моментов:

$$Cv_{min} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (3.5)$$

где k_i - модульный коэффициент, т.е. отношение минимального расхода воды данного года к его средней многолетней величине.

Далее проводилась оценка репрезентативности данных.

Длина ряда наблюдений считается достаточной для определения нормы стока, если величина средней квадратической ошибки рассчитанной нормы любой характеристики низкого стока не превышает 15% [9]. Последняя оценивалась по формуле:

$$\sigma_Q = \frac{Cv_{min}}{\sqrt{n}} 100\%, \quad (3.6)$$

где σ_Q - средняя квадратическая ошибка рассчитанной нормы стока.

Величина коэффициента вариации может считаться определенной достаточно надежно, если его средняя квадратическая ошибка - σ_{Cv} - не превышает 20% для значений коэффициента изменчивости 0,10 – 0,50, 15% в интервале значений коэффициента изменчивости 0,51 – 0,80 и 10% для его больших значений.

Величина средней квадратической ошибки для $C_v \leq 0.50$ вычисляется по формуле:

$$\sigma_{Cv} = \frac{\sqrt{1+Cv^2}}{\sqrt{2n}}; \quad (3.7)$$

Для $C_v > 0.50$ средняя квадратическая погрешность равна:

$$\sigma_{Cv} = \frac{\sqrt{\frac{3}{3+Cv^2}}}{\sqrt{2n}}. \quad (3.8)$$

Для рядов основные статистические характеристики минимального 30-суточного зимнего и летнего стока представлены в Приложении В.

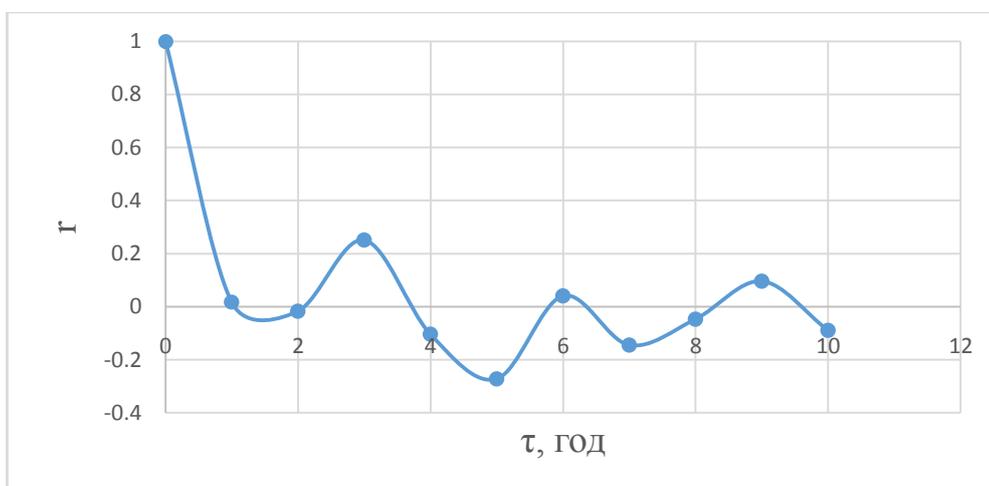
3.4 Комбинированная оценка коэффициента корреляции в общей совокупности

3.4.1 Анализ автокорреляционных функций

Коэффициент автокорреляции характеризует тесноту связи между значением исходного временного ряда и значениями этого ряда, сдвинутыми на несколько шагов по времени. Сдвигка между соседними значениями на

любое число периодов времени называют временным шагом. Нами были рассчитаны коэффициенты корреляции с разной временной сдвижкой, а точнее со сдвижкой на 10 временных шагов. После, на основании получившихся данных, были построены графики изменения коэффициента корреляции в зависимости от временной сдвижки τ (Приложение Г). Большинство графиков получились «классической» формы, но есть и исключения (рисунок 3.3).

а)



б)

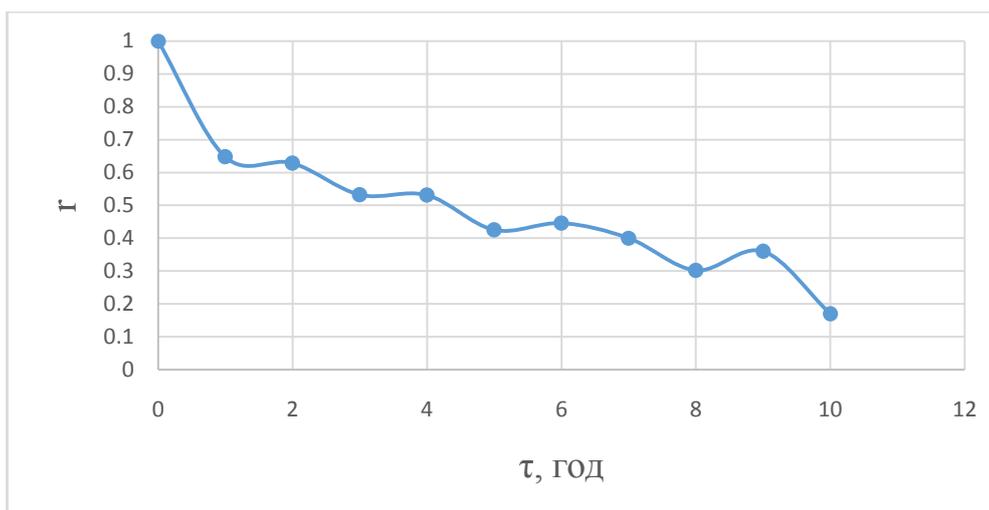


Рисунок 3.3 – Графики изменения коэффициента автокорреляции в зависимости от временной сдвижки (а – за зимний период на реке Колвиза,

б – за зимний период на реке Содза)

По нормализованным значениям для всех створов были рассчитаны коэффициенты корреляции между смежными членами последовательностей

$$r_h = \frac{1}{n_h} \sum_{j=1}^{n_h-1} y(t_j)y(t_{j+1}), \quad (3.9)$$

где r - значение коэффициента корреляции;

h - номер пункта наблюдений;

n - число членов последовательности;

y - смежные члены последовательности.

Значение коэффициента корреляции между смежными членами для рассматриваемых рядов наблюдений менялись в широком диапазоне – от отрицательных до 0.65. За зимний период практически для всех исследованных рядов первые коэффициенты корреляции положительные, исключение составляет пост Верхняя Золотица, расположенный на реке Золотица. В летний период преобладают отрицательные значения $r(1)$.

3.4.2 Комбинированная оценка коэффициента автокорреляции

Из-за недостаточной длительности многолетних рядов эмпирические оценки внутрирядной связанности, полученной по индивидуальным рядам, могут иметь большие погрешности. Для повышения надежностей оценок внутрирядной связанности используется групповой анализ. При групповом анализе $r(1)$ минимального 30-суточного зимнего расхода воды испытан прием группирования $r(1)$ в районах с однотипными физико-географическими условиями. Анализ показал, что для исследуемого региона совокупности $r(1)$ зимних 30-суточных минимальных расходов оказались однородными.

За летний период групповой анализ возможно было сделать только по нескольким получившимся районам с положительным значением $r(1)$. Полученные отрицательные значения $r(1)$ за летний период статистически не

значимы, однако имеет место факт их территориальной группировки. Полученные для них значения коэффициентов корреляции свидетельствуют о том, что в этих областях ряды минимального стока могут не представлять собой марковскую последовательность.

Для расчета характеристик выбросов необходимо значение автокорреляционной функции исходного и нормализованного рядов первого порядка. При исследовании связи между случайными величинами может оказаться, что коэффициенты корреляции, вычисленные на основании нескольких независимых частичных совокупностей, отличаются между собой. В таких случаях необходимо выяснить, можно ли данные частные совокупности рассматривать как взятые наудачу из одной и той же нормальной общей совокупности или одинаково коррелированных общих совокупностей; и если это вопрос будет решен в положительном смысле, то найти комбинированную оценку значения коэффициента корреляции – \tilde{r} – можно в общей совокупности.

Для проверки однородности оценок r_h предположим, что частичные совокупности взяты из нормальных общих совокупностей с одинаковыми коэффициентами корреляции. Тогда при помощи преобразований Фишера мы получим значения статистик Zh , имеющих приближенно нормальное распределение с общим средним значением и дисперсией

$$\sigma^2 Zh = \frac{1}{n_h - 3}, \quad (3.10)$$

где Zh – значение статистик с приближенно нормальным распределением.

Оценка их общего среднего значения \tilde{Z} , имеющая наименьшую дисперсию, находится путем взвешивания значения Zh обратно пропорционально их дисперсиям.

Следовательно, их оценка будет равна

$$\tilde{Z} = \frac{\sum_h(n_h-3)Zh}{\sum_h(n_h-3)}. \quad (3.11)$$

С помощью этой оценки составляется сумма

$$\sum_h(n_h - 3)(Zh - \tilde{Z})^2, \quad (3.12)$$

которая имеет примерно χ^2 -распределение с $h-1$ степенями свободы. Из этого следует, что значимость полученного значения суммы может быть проверена на основании таблицы значений χ^2 .

Сумму (3.12), которая получена на основании (3.11), можно представить в следующем виде, который более пригоден для вычислений

$$\sum_h(n_h - 3)(Zh - \tilde{Z})^2 = \sum_h(n_h - 3)Zh^2 - \frac{[\sum_h(n_h-3)Zh]^2}{\sum_h(n_h-3)}. \quad (3.13)$$

Если вычисленное значение величины не будет значимым как значение χ^2 с $h-1$ степенями свободы, то значения коэффициентов корреляции в частных совокупностях можно считать однородными. Тогда значение \tilde{Z} , полученное из формулы 3.11, будет оценкой значения \tilde{Z} , соответствующего коэффициенту корреляции \tilde{r} общей совокупности. Поэтому, искомая оценка коэффициента корреляции \tilde{r} будет равна

$$r = th\tilde{Z}. \quad (3.14)$$

и находится по таблице [10].

Комбинированная оценка коэффициента корреляции в общей совокупности представлена в Приложении Д.

3.5 Расчет характеристик выбросов

Следующим этапом был расчет характеристик выбросов. Заметим, что характеристики выбросов могут быть получены эмпирическим путем по имеющимся данным наблюдений. В отличие от эмпирического подхода, использование аппарата теории случайных выбросов дает возможность получать расчетным путем характеристики выбросов для любых интересующих нас уровней. При всем этом, надежность рассчитанных с помощью математического аппарата характеристик значительно выше, чем полученных эмпирическим путем.

Нами были получены как рассчитанные по математическому аппарату, так и эмпирические характеристики выбросов. Эмпирические данные были сняты с хронологических графиков хода минимальных 30-суточных расходов воды за зимний и летний периоды при нанесении на них 80% и 95%-ых обеспеченных минимальных 30-суточных расходов воды. Примером служит рисунок 3.4.

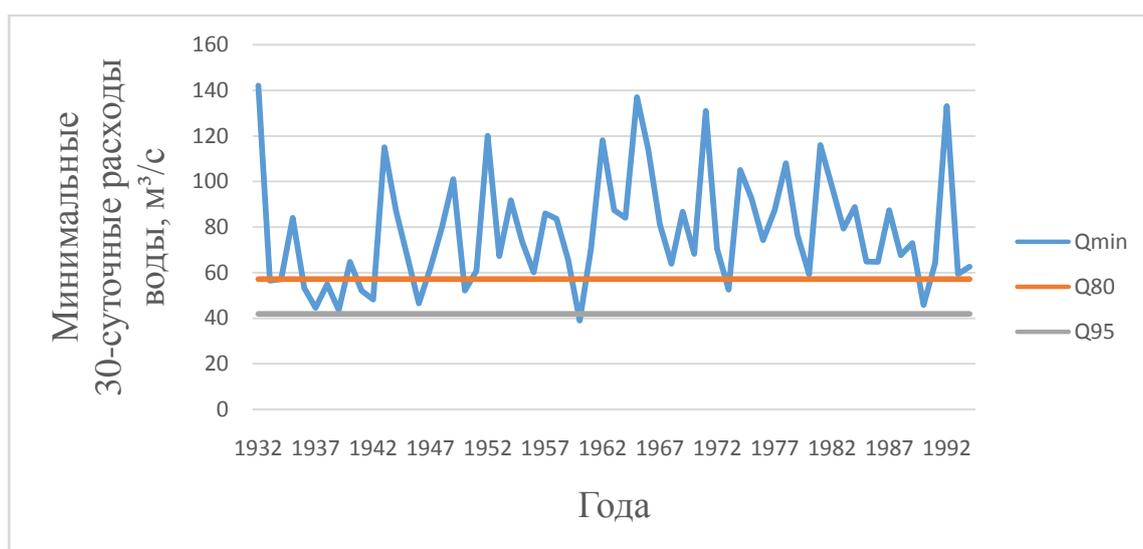


Рисунок 3.4 – Хронологический график с нанесением 80% и 95% минимальных 30-суточных расходов воды на примере реки Умба пост Паялка за летний период

Для вычисления таких характеристик выбросов, как продолжительность, частота и дисперсия длительности выбросов необходимо обладать данными о: функции распределения вероятностей исходного процесса, двумерной плотности распределения ординат и скорости их изменения $p_2(x, v_x)$ при непрерывном задании процесса или двумерной плотности распределения ординат $p_2(x(t_j), x(t_{j+1}))$ при дискретном задании.

Однако, из-за того, что длина реализации недостаточно большая эмпирические оценки двумерных плотностей вероятностей $p_2(x(t_j), x(t_{j+1}))$, оказываясь недостаточно надежными, не могут быть использованы в дальнейших расчетах. Чтобы решить эту проблему следует произвести предварительную нормализацию исходного процесса $X(t)$ [11].

Нормализованные значения $Y(t)$, при помощи известной эмпирической сглаженной функции распределения вероятностей исходного процесса, определяется из условия равенства

$$F(x(t)) = \Phi(y(t)), \quad (3.15)$$

где $\Phi(y(t))$ - функция распределения вероятностей нормализованных значений

Условие 3.15 можно записать в виде обратной функции

$$Y(x(t)) = \Phi^{-1}\{F(x(t))\}. \quad (3.16)$$

от нормальной нормированной интегральной функции распределения

$$\Phi(y(t)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{y(t)} e^{-\frac{y^2}{2}} dy = F(x(t)). \quad (3.17)$$

Полученный таким образом с помощью преобразования процесс $Y(t)$ находится в однозначном соответствии с исходным случайным процессом $X(t)$.

Процесс $Y(t)$ также подчиняется нормальному закону распределения. Объективность такого способа нормализации является его достоинством.

Условием нормальности двумерной функции распределения преобразованного процесса является наличие нормальной корреляции между величинами $Y(t)$ и $Y(t+\tau)$ [12].

Возьмем некоторую величину y_0 , которая удовлетворяет условию

$$y_0 = \Phi^{-1}\{F(x_0)\}. \quad (3.18)$$

Продолжительности, частоты и дисперсии длительности выбросов исходного процесса $X(t)$ и нормализованного процесса $Y(t)$ соответственно для уровней y_0 и x_0 совпадут.

Для этого нам достаточно только показать, что частота появления выбросов исходного и нормализованного процессов одна и та же

$$\bar{v}_{x_0} = \bar{v}_{y_0}, \quad (3.19)$$

поскольку все другие параметры, входящие в исходное выражение для той или иной характеристики, при нормализации остаются без изменений. Для простоты написания вводим следующие обозначения:

$$y(t) = \varphi_1(x(t)), x(t) = \varphi_2(y(t)). \quad (3.20)$$

При рассмотренном способе нормализации между ординатами исходного процесса и преобразованного процесса существует монотонно

возрастающая нелинейная связь [12]. Вспомнив формулу 2.9 и опираясь на нее, выразим значение v_x через скорость изменения ординат нормализованного процесса v_y

$$v_x = v_x \frac{d\varphi_2(y)}{dy} \Big|_{y=y_0} = v_x \varphi_2'(y_0). \quad (3.21)$$

Подставляя последнее выражение в предыдущее, получаем

$$\bar{v}_{x_0} = \int_0^\infty v_y p_2(x_0, v_y \varphi_2'(y_0)) (\varphi_2'(y_0))^2 dv_y. \quad (3.22)$$

Совместная плотность вероятностей находится по правилам пересчета плотностей вероятностей при функциональных преобразованиях случайных процессов [13]

$$p_2(y, v_y) = p_2(\varphi_2(y), \varphi_2'(y)v_y) \varphi_2'((y)^2). \quad (3.23)$$

Отсюда для среднего числа выбросов в единицу времени нормализованного процесса $Y(t)$ над уровнем y_0 имеем

$$\bar{v}_{y_0} = \int_0^\infty v_y p_2(y_0, v_y) dv_y = \int_0^\infty v_y p_2(\varphi_2(y_0), v_y (\varphi_2'(y_0))^2) dv_y. \quad (3.24)$$

Сопоставляя формулы 3.22 и 3.24, видим, что, если y_0 удовлетворяет условию 3.17, то все-таки равенство 3.19 верно. Это равенство остается в силе и при дискретном задании процесса.

Следовательно, при данном способе нормализации между каждым пересечением процессом $X(t)$ уровня x_0 и процессом $Y(t)$ уровня y_0 всегда имеет место быть однозначное соответствие. Все положительные выбросы исходного процесса преобразуются в положительные выбросы

нормализованного процесса, и наоборот, все отрицательные – в отрицательные выбросы.

Значит, зная двумерную функцию распределения исходного процесса, можно получить в принципе, ковариационную функцию нормализованного процесса $Y(t)$. Однако, в данном случае рациональнее получать оценку ковариационной функции прямо по ординатам нормализованного процесса

$$R_{y(\tau)} = \frac{1}{T} \int_0^{T-\tau} y(t)y(t + \tau)dt. \quad (3.25)$$

При дискретном задании процесса можно ограничиться только получением коэффициента корреляции между смежными членами нормализованной последовательности.

Среднее значение нормализованного процесса равно нулю, а дисперсия – единице, так как величины $y(t)$ берутся из таблицы нормального нормированного распределения. Выборочные оценки параметров, которые определены прямо по нормализованным данным, могут сильно отличаться от своих генеральных значений.

В соответствии с вышеизложенной методикой, исходные ряды минимальных зимних и летних расходов воды были нормализованы.

В зависимости от r_h осредненного для каждого района и при уровнях значимости, соответствующих 80% и 95%-ой обеспеченности определяли характеристики выбросов (Приложение Е) ниже задаваемого уровня.

Выбор расчетных обеспеченностей вызван следующими обстоятельствами. Уровень водности, соответствующий 80%-ой обеспеченности используется в связи с тем, что как в существующей нормативной документации, например, СНиП 2.01.14-83 [14], так и в новой, только подготовленной к изданию, за базовую характеристику принят расход 80%-ой обеспеченности. Расчетную 95%-ую обеспеченность минимальных расходов воды принимаем в соответствии со СН-346-66 [15], в котором

указано, что при 95%-ой обеспеченности не допускается перерыв или уменьшение подачи воды.

Расчет характеристик выбросов производился по программе, написанной в пространстве TurboPascal.

Результаты эмпирических и рассчитанных по программе характеристик выбросов, а также их сравнение представлено в Приложении Е.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассматривались временные и пространственные закономерности распределения минимальных 30-суточных зимних и минимальных 30-суточных летних расходов воды. Районом исследования послужила северная часть Европейской территории России.

В ходе работы были собраны и обработаны ряды исходных данных, выполнена их статистическая обработка, включая проверку на однородность по различным критериям. Основное внимание в работе было уделено характеристикам группировок минимального 30-суточного зимнего и летнего стока, таким как частота и продолжительность выбросов. Расчеты были произведены, как эмпирическим путем, так и с помощью расчета. Для этой цели разработан специальный математический аппарат, являющийся разделом теории случайных выбросов, рассматривающим случайные последовательности с дискретным временем. Он позволил выполнить расчеты вероятностных характеристик группировок минимального стока для уровней водности, соответствующих 80% и 95%-ой обеспеченности по 29 постам за зимний период и 31 посту за летне-осеннюю межень. Исследования производились по 33 гидрологическим постам, из которых 4 поста за зимний и 2 поста за летний периоды не участвовали в расчетах в связи со своей не репрезентативностью.

Основные результаты исследований сводятся к следующему:

- сняты с гидрологических ежегодников и обработаны ежедневные расходы воды, в результате чего получены минимальные 30-суточные зимние и летние расходы;

- проанализированы и статистически обработаны ряды наблюдений за режимом минимального 30-суточного зимнего и летнего стока;

- проверены ряды на репрезентативность;

- рассчитаны коэффициенты корреляции между смежными членами последовательностей с разной временной сдвижкой;

- определены средние коэффициенты корреляции по районам;

- эмпирически рассчитаны частота и средняя продолжительность выбросов для репрезентативных рядов;

- с помощью математического аппарата рассчитаны характеристики выбросов и результаты сравнены с результатами, полученными эмпирическим путем.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что частота появления выбросов существенно зависит от заданного уровня водности. Изменение уровня водности с 0.84 до 1.64 приводит к уменьшению частоты появления выбросов минимального стока в несколько раз.

На основании проделанной работы можно сделать выводы

Минимальный 30-суточный зимний сток: частота выхода последовательности за уровень 80%-ой обеспеченности составляет 0.14, средняя продолжительность – 1.4 года; частота выход за уровень 95%-ой обеспеченности – 0.04, продолжительность – 1.1 года.

Минимальный 30-суточный летне-осенний сток: частота выхода последовательности за уровень 80%-ой обеспеченности составляет 0.16, средняя продолжительность – 1.27 года; частота выход за уровень 95%-ой обеспеченности – 0.05, продолжительность – 1.1 года.

Эмпирические данные по частоте отклоняются в среднем на 30% от теоретических, по продолжительности – на 20%.

Необходимость исследования по оценке пространственно-временных колебаний речного стока обусловлена все большим влиянием хозяйственной деятельности. Особенно остро этот вопрос стоит в северных регионах России.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <http://kartravel.ru/my-karelia1.html>
- 2 <http://travel.murman.ru/murman/geo.shtml>
- 3 <http://www.info83.ru/>
- 4 Румянцев, В.А. Пространственно-временные закономерности колебаний стока рек Евразии [Текст]/ В.А. Румянцев, И.В. Бовыкин. – Л.: Наука, 1985. – 148 с.
- 5 Шелутко, В.А. Статистические методы и методы исследования многолетних колебаний стока [Текст]/В.А. Шелутко-Л.: Гидрометеиздат, 1984.-160 с.
- 6 Сикан, А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации [Текст]/А.В. Сикан.– СПб.: изд. РГГМУ, 2007.
- 7 Дружинин, В.С. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебное пособие [Текст]/В.С. Дружинин, А.В. Сикан.-СПб.:изд.РГГМУ,2001.-170 с.
- 8 Румянцев, В.А. Применение теории случайных выбросов к исследованию временных гидрологических рядов // Труды ГГИ.–1973.– Вып.211.–С.192-214.
- 9 Владимирова, А.М. Сток рек в маловодный период года [Текст]/ А.М. Владимирова. – Л.: Гидрометеиздат, 1976.– 296 с.

10 Митропольский, А.К. Техника статистических вычислений [Текст]/А.К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.

11 Бернштейн, С.Н. Теория вероятностей [Текст] / С.Н. Бернштейн. – ОНТИ, 1974. – 556 с.

12 Алексеев, Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей [Текст]/ Г.А. Алексеев. – Л.: Гидрометеоздат, 1971.– 362 с.

13 Тихонов, В.И. Выбросы случайных процессов [Текст]/В.И. Тихонов. – М.: Наука, 1970. – 392 с.

14 Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1983.–48 с.

15 СН 346-66. Указания по определению расчетных минимальных расходов воды при строительном проектировании. – Л.: Гидрометеоздат, 1966.–17 с.

16 Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод. Том 1. РСФСР. Выпуск 6. Бассейны рек Кольского полуострова. – Л.: Гидрометеоздат, 1986.

17 Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод. Том 1. РСФСР. Выпуск 7. Бассейны рек западного побережья Белого моря. – Л.: Гидрометеоздат, 1987.

18 Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод. Том 1. РСФСР. Выпуск 8. Бассейны Онеги, Северной Двины и Мезени. – Л.: Гидрометеоздат, 1986.

19 Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод. Том 1. РСФСР. Выпуск 9. Бассейн Печоры. – Л.: Гидрометеоздат, 1986.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Сведения об используемых пунктах гидрологических наблюдений

№ поста	Код поста	Река – Пост	Площадь водосбора, км ²	Минимальный зимний 30-суточный сток		Минимальный летний 30-суточный сток	
				Период наблюдений	<i>n</i> , лет	Период наблюдений	<i>n</i> , лет
1	71241	Ена – Ена	1620	1936-1994	59	1935-1994	60
2	71222	Колвиза - Колвиза	1260	1962-1994	33	1962-1994	33
3	71199	Умба – Паялка	6920	1935-1994	60	1932-1994	63
4	71193	Умба - Исток	2380	1935-1994	60	1935-1994	60
5	71186	Варзуга – Варзуга	7940	1936-1994	59	1935-1994	60
6	71168	Поной – Каневка	10200	1945-1994	50	1945-1994	50
7	71104	Кола – 1429 км Окт. ж/д	3780	1936-1994	59	1928-1994	67
8	71085	Лотта – Каллокоски	2540	1960-1994	35	1960-1994	35
9	71067	Печа – Падун	1600	1948-1994	44	1948-1994	47
10	71044	Ура – Ура-Губа	1020	1945-1994	50	1935-1994	60
11	71035	Титовка – 15 км от устья	942	1954-1994	41	1954-1994	41

Продолжение Приложения А

№ поста	Код поста	Река - Пост	Площадь водосбора, км ²	Минимальный зимний 30-суточный сток		Минимальный летний 30-суточный сток	
				Период наблюдения	n, лет	Период наблюдений	n, лет
12	70530	Пижма – Левкинская	2250	1958-1989	32	1958-1993	36
13	70509	Ижма – Усть-Ухта	15000	1956-1989	34	1933-1993	61
14	70499	Колва – Хорей-Вер	5470	1959-1989	31	1959-1993	35
15	70452	Велью – КоншВель	2050	1959-1989	31	1959-1993	35
16	70403	Пеша – Волоковая	2780	1966-1993	28	1966-1993	28
17	70401	Пеза – Игумново	12000	1933-1993	61	1933-1993	61
18	70366	Кулой – Кулой	3040	1937-1993	57	1937-1993	57
19	70363	Золотица – Верхняя Золотица	1540	1957-1993	36	1957-1993	37
20	70302	Ледь – Заленинская	2240	1937-1993	57	1937-1993	55
21	70238	Вымь – Весляна	19100	1936-1993	58	1936-1993	58
22	70209	Вочь – Верхняя Вочь	1600	1960-1993	32	1960-1993	34
23	70146	Уфтюга – Колено	2380	1953-1993	41	1953-1993	40

Продолжение Приложения А

№ поста	Код поста	Река – Пост	Площадь водосбора, км ²	Минимальный зимний 30-суточный сток		Минимальный летний 30-суточный сток	
				Период наблюдения	n, лет	Период наблюдений	n, лет
24	70117	Кубена – Троице-Енальское	1110	1937-1993	57	1937-1993	57
25	70047	Содза – Сухие Пороги	1190	1929-1993	63	1928-1993	66
26	70016	Вожега - Назаровская	1590	1956-1993	37	1956-1993	38
27	49125	Нюхча - Нюхча	1350	1956-1994	38	1953-1994	41
28	49123	Сума – Сумский Посад	1990	1934-1994	60	1926-1994	68
29	49070	Шуя – Шуерецкое	934	1945-1994	50	1935-1994	60
30	49055	Чирко-Кемь – Андропова гора	2730	1959-1994	35	1959-1994	36
31	49031	Поньгома - Поньгома	1220	1960-1994	35	1960-1994	32
32	49030	Кузема – Кузема	882	1957-1994	37	1957-1994	36
33	49017	Тумча - Алакургти	2100	1959-1994	34	1959-1994	34

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Результаты оценки однородности рядов стока

Код поста	Минимальный 30-суточный зимний сток													
	Среднее								Дисперсия					
	5%				10%				5%			10%		
	Стьюдента		Колм-Смирнова		Стьюдента		Колм-Смирнова		Колм-Смирнова		Фишера		Колм-Смирнова	
	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.
71241	1.68	+	0.88	+	1.68	+	0.88	+	0.58	+	1.04	+	0.58	+
71222	1.85	+	0.92	+	1.85	-	0.92	+	0.56	+	1.16	+	0.56	+
71199	0.67	+	0.53	+	0.67	+	0.53	+	0.55	+	1.39	+	0.55	+
71193	1.78	+	1.08	+	1.78	-	1.08	+	0.6	+	1.65	+	0.6	+
71186	4.69	-	1.9	-	4.69	-	1.9	-	0.68	+	1.81	+	0.68	+
71168	1.39	+	0.89	+	1.39	+	0.89	+	0.41	+	1.36	+	0.41	+
71104	4.32	-	1.62	-	4.32	-	1.62	-	0.51	+	1.44	+	0.51	+
71085	0.95	+	0.45	+	0.95	+	0.45	+	0.4	+	1.48	+	0.4	+
71067	3.81	-	1.59	-	3.81	-	1.59	-	0.67	+	1.09	+	0.67	+

71044	0.92	+	0.63	+	0.92	+	0.63	+	0.31	+	1.08	+	0.31	+
-------	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---

Продолжение Приложения Б

Код поста	Среднее								Дисперсия					
	5%				10%				5%			10%		
	Стьюдента		Колм-Смирнова		Стьюдента		Колм-Смирнова		Колм-Смирнова		Фишера		Колм-Смирнова	
	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.
71035	1.35	+	0.77	+	1.35	+	1.77	+	0.91	+	1.64	+	0.91	+
70530	2.12	+	1.36	+	1.75	+	1.22	+	2.32	+	1.36	+	1.22	+
70509	2.12	+	1.36	+	1.75	+	1.22	+	2.22	+	1.36	+	1.22	+
70499	2.18	-	1.36	-	1.78	-	1.22	-	2.53	-	1.36	+	1.22	+
70452	2.12	+	1.36	+	1.75	-	1.22	+	2.34	-	1.36	+	1.22	-
70403	2.14	+	1.36	+	1.76	+	1.22	+	2.46	+	1.36	+	1.22	+
70401	2.04	+	1.36	+	1.7	-	1.22	+	1.83	+	1.36	+	1.22	+
70366	2.05	+	1.36	+	1.7	-	1.22	-	1.89	-	1.36	+	1.22	-
70363	2.1	+	1.36	+	1.73	+	1.22	+	2.22	+	1.36	+	1.22	+
70302	2.05	+	1.36	+	1.7	+	1.22	+	1.86	+	1.36	+	1.22	+
70238	2.05	+	1.36	+	1.7	+	1.22	+	1.85	+	1.36	+	1.22	+

70209	2.12	-	1.36	-	1.75	-	1.22	-	2.32	-	1.36	+	1.22	+
-------	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---

Продолжение Приложения Б

Код поста	Среднее								Дисперсия					
	5%				10%				5%			10%		
	Стьюдента		Колм-Смирнова		Стьюдента		Колм-Смирнова		Колм-Смирнова		Фишера		Колм-Смирнова	
	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.
70146	2.09	+	1.36	+	1,73	-	1.22	+	2.09	+	1.36	+	1.22	+
70117	2.05	+	1.36	+	1.7	+	1.22	+	1.88	+	1.36	+	1.22	+
70047	1.96	+	1.36	+	1.64	-	1.22	+	1.82	-	1.36	+	1.22	+
70016	2.1	-	1.36	+	1.73	+	1.22	+	2.19	-	1.36	+	1.22	+
49125	2.1	+	1.36	+	1.73	+	1.22	+	2.16	+	1.36	+	1.22	+
49123	2.06	+	1.36	+	1.71	+	1.22	+	1.83	+	1.36	+	1.22	+
49070	2.05	+	1.36	+	1.7	+	1.22	+	1.86	+	1.36	+	1.22	+
49055	2.14	+	1.36	+	1.76	+	1.22	+	2.3	+	1.36	+	1.22	+
49031	2.12	+	1.36	+	1.75	+	1.22	+	225	+	1.36	+	1.22	+
49030	2.12	+	1.36	+	1.75	+	1.22	+	2.2	+	1.36	+	1.22	+

49017	2.12	+	1.36	+	1.75	-	1.22	+	2.28	+	1.36	+	1.22	+
	Минимальный 30-суточный летний сток													

Продолжение Приложения Б

Код поста	Среднее								Дисперсия					
	5%				10%				5%			10%		
	Стьюдента		Колм-Смирнова		Стьюдента		Колм-Смирнова		Колм-Смирнова		Фишера		Колм-Смирнова	
	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.
71241	1.73	+	0.89	+	1.73	-	0.89	+	0.28	+	1.13	+	0.28	+
71222	0.32	+	0.52	+	0.32	+	0.52	+	0.34	+	1.4	+	0.34	+
71199	1.78	+	1.13	+	1.78	-	1.13	+	0.47	+	1.13	+	0.47	+
71193	0.89	+	0.83	+	0.89	+	0.83	+	0.61	+	1.33	+	0.61	+
71186	1.8	+	0.99	+	1.8	-	0.99	+	0.64	+	1.56	+	0.64	+
71168	0.51	+	0.56	+	0.51	+	0.56	+	0.54	+	2.17	+	0.54	+
71104	1.68	+	1.45	-	1.68	-	1.45	-	0.64	+	1.3	+	0.64	+
71085	1.38	+	0.83	+	1.38	+	0.83	+	0.28	+	1.48	+	0.28	+
71067	0.89	+	0.64	+	0.89	+	0.64	+	0.31	+	1.07	+	0.31	+
71044	1.81	+	0.88	+	1.81	-	0.88	+	0.56	+	1.66	+	0.56	+

71035	1.17	+	0.69	+	1.17	+	0.69	+	0.34	+	1.03	+	0.34	+
70530	2.12	+	1.36	+	1.75	+	1.22	+	2.32	+	1.36	+	1.22	+

Продолжение Приложения Б

Код поста	Среднее								Дисперсия					
	5%				10%				5%			10%		
	Стьюдента		Колм-Смирнова		Стьюдента		Колм-Смирнова		Колм-Смирнова		Фишера		Колм-Смирнова	
	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.
70509	2.05	+	1.36	-	1.7	+	1.22	-	1.88	-	1.36	-	1.22	-
70499	2.14	+	1.36	+	1.76	+	1.22	+	2.39	+	1.36	+	1.22	+
70452	2.14	+	1.36	+	1.76	+	1.22	+	2.35	+	1.36	+	1.22	+
70403	2.14	+	1.36	+	1.76	+	1.22	+	2.43	+	1.36	+	1.22	+
70401	1.96	+	1.36	+	1.64	+	1.22	+	1.82	+	1.36	+	1.22	+
70366	2.06	+	1.36	+	1.71	+	1.22	+	1.9	+	1.36	+	1.22	+
70363	2.1	+	1.36	+	1.73	+	1.22	+	2.19	+	1.36	+	1.22	+
70302	2.05	+	1.36	+	1.7	+	1.22	+	1.87	-	1.36	+	1.22	+
70238	2.05	+	1.36	+	1.7	+	1.22	-	1.85	-	1.36	+	1.22	+
70209	2.12	+	1.36	-	1.75	+	1.22	-	2.26	+	1.36	+	1.22	+
70146	2.09	-	1.36	+	1.73	-	1.22	-	2.11	-	1.36	+	1.22	-
70117	2.05	+	1.36	+	1.7	+	1.22	+	1.88	-	1.36	+	1.22	+

Продолжение Приложения Б

Код поста	Среднее								Дисперсия					
	5%				10%				5%			10%		
	Стьюдента		Колм-Смирнова		Стьюдента		Колм-Смирнова		Колм-Смирнова		Фишера		Колм-Смирнова	
	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.	<i>t</i>	одн.
70047	1.96	+	1.36	+	1.64	+	1.22	+	1.8	+	1.36	+	1.22	+
70016	2.1	+	1.36	+	1.73	-	1.22	+	2.16	-	1.36	+	1.22	+
49125	2.09	+	1.36	+	1.73	+	1.22	+	2.09	+	1.36	+	1.22	+
49123	2.05	+	1.36	+	1.7	+	1.22	+	1.82	+	1.36	+	1.22	+
49070	2.05	+	1.36	+	1.7	+	1.22	+	1.85	-	1.36	+	1.22	+
49055	2.11	+	1.36	+	1.78	+	1.22	+	2.37	+	1.36	+	1.22	+
49031	2.12	+	1.36	+	1.75	+	1.22	+	2.25	-	1.36	+	1.22	+
49030	2.12	+	1.36	+	1.75	+	1.22	+	2.2	-	1.36	+	1.22	+
49017	2.1	+	1.36	+	1.73	+	1.22	+	2.22	+	1.36	+	1.22	+

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Основные статистические характеристики стока

Код поста	n , лет	\bar{Q} , м ³ /с	σ_Q , %	C_v	σ_{C_v} , %	C_s/C_v	C_s/C_v (прив)	Q_{80} , м ³ /с	Q_{95} , м ³ /с	Y , л/с км ²
Минимальный 30-суточный зимний сток										
71241	59	7.79	2	0.12	22	-3.96	0	6.99	6.22	4.8
71222	33	6	4	0.2	10	1.56	2	4.97	4.15	4.8
71199	60	26.6	3	0.2	9	-1.03	0	22.2	18	3.8
71193	60	16.81	3	0.19	12	-3.25	0	14.1	11.4	7.1
71186	59	15.51	4	0.21	8	-1.46	0	12.7	10.1	2.0
71168	50	17.56	4	0.22	9	2.09	2	14.2	11.5	1.7
71104	59	8.93	7	0.28	4	1.65	2	6.8	5.15	2.4
71085	35	7.9	3	0.17	14	1.23	1	6.77	5.76	3.1
71067	44	3.61	4	0.21	—	0.4	0	2.96	2.35	2.3
71044	49	3.89	5	0.21	12	2.76	3	3.18	2.67	3.8
71035	41	2.35	3	0.21	10	-1.69	0	1.94	1.54	2.5
70530	32	6.9	3	0.11	—	4.32	4	6.23	5.69	3.1

Продолжение Приложения В

Код поста	<i>n</i> , лет	\bar{Q} , м ³ /с	σ_Q , %	<i>C_v</i>	σ_{Cv} , %	<i>C_s/C_v</i>	<i>C_s/C_v</i> (прив)	<i>Q</i> ₈₀ , м ³ /с	<i>Q</i> ₉₅ , м ³ /с	<i>Y</i> , л/с км ²
70509	34	34	7	0.27	5	2.65	3	26.3	21.2	2.3
70499	31	0.27	33	1.02	36	1.69	2	0.06	0.012	0.00
70452	31	8.64	6	0.18	—	-12	0	7.35	6.13	4.2
70403	28	3.9	4	0.22	—	0.13	0	3.16	2.47	1.4
70401	61	18.9	4	0.27	—	5.47	5	14.6	12.6	1.6
70366	57	16.9	2	0.12	18	-2.39	0	15.2	13.5	5.6
70363	36	4.73	3	0.15	19	2.37	2	4.13	3.62	2.6
70302	57	3.33	5	0.23	7	2.55	3	2.68	2.21	1.5
70238	58	54.7	3	0.15	15	-3.07	0	47.7	41	2.9
70209	32	2.44	8	0.26	—	4.16	4	1.9	1.71	1.5
70146	41	2.09	7	0.38	14	2.34	2	1.42	0.95	0.9
70117	57	1.28	10	0.51	15	1.95	2	0.724	0.37	1.2
70047	63	2.26	9	0.45	7	2.35	2	1.39	0.85	1.9
70016	37	2.1	13	0.48	8	2.33	2	1.24	0.71	1.3

Продолжение Приложения В

Код поста	n , лет	\bar{Q} , м ³ /с	σ_Q , %	C_v	σ_{C_v} , %	C_s/C_v	C_s/C_v (прив)	Q_{80} , м ³ /с	Q_{95} , м ³ /с	Y , л/с км ²
49125	38	1.98	8	0.44	9	1.12	1	1.23	0.64	1.5
49123	60	7.32	5	0.3	—	0.33	0	5.47	3.7	3.7
49070	50	1.33	7	0.46	9	3.09	3	0.81	0.57	1.4
49055	35	11	5	0.3	13	0.92	1	8.15	5.89	4.0
49031	35	2.66	6	0.3	—	-0.11	0	1.99	1.35	2.2
49030	37	1.86	7	0.4	17	0.25	0	1.24	0.64	2.1
49017	34	7.99	6	0.29	—	-0.68	0	6.04	4.18	3.8
Минимальный 30-суточный летний сток										
71241	60	17.57	4	0.28	4	3.27	3	13.4	10.8	10.8
71222	33	13.68	5	0.28	4	1.41	1	10.4	7.59	10.9
71199	63	78.2	4	0.32	16	2.42	2	57.1	41.8	11.3
71193	60	44.5	4	0.27	5	1.98	2	34.3	26.4	18.7
71186	60	37.4	5	0.37	12	3.75	4	25.7	20.5	4.7
71168	50	93.4	6	0.41	—	5.6	6	65.2	59.7	9.2

Продолжение Приложения В

Код поста	n , лет	\bar{Q} , м ³ /с	σ_Q , %	C_v	σ_{C_v} , %	C_s/C_v	C_s/C_v (прив)	Q_{80} , м ³ /с	Q_{95} , м ³ /с	Y , л/с км ²
71104	67	27.9	5	0.42	9	2.99	3	18.2	13	7.4
71085	35	27.6	9	0.38	15	2.84	3	18.4	13.6	10.9
71067	47	14.81	7	0.38	15	2.24	2	10	6.68	9.3
71044	60	9.19	5	0.37	11	2.16	2	6.27	4.23	9.0
71035	41	8.24	8	0.42	11	1.36	1	5.28	2.91	8.7
70530	36	12.5	5	0.22	11	3.64	4	10.1	8.6	5.6
70509	61	70.6	11	0.82	11	6.41	4	30.6	17.8	4.7
70499	35	24.14	13	0.64	10	1.18	1	11	1.52	4.4
70452	35	13.34	7	0.25	—	4.65	5	10.6	9.13	6.5
70403	28	11.23	12	0.47	7	2.65	3	6.77	4.77	4.0
70401	61	49.8	6	0.45	7	3.57	4	31.5	25.5	4.2
70366	57	25.1	3	0.2	9	2.69	3	20.8	17.7	8.3
70363	37	8.1	9	0.49	8	2.98	3	4.73	3.23	4.4
70302	55	6.88	6	0.43	8	3.81	4	4.45	3.58	3.1

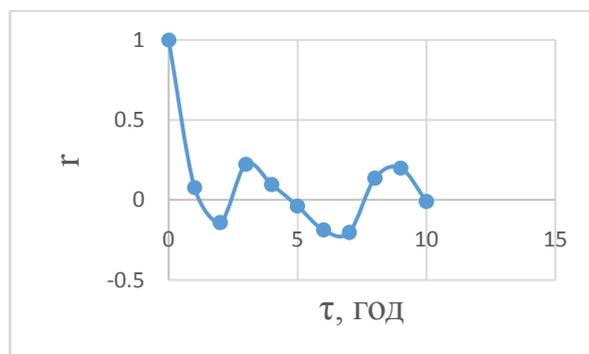
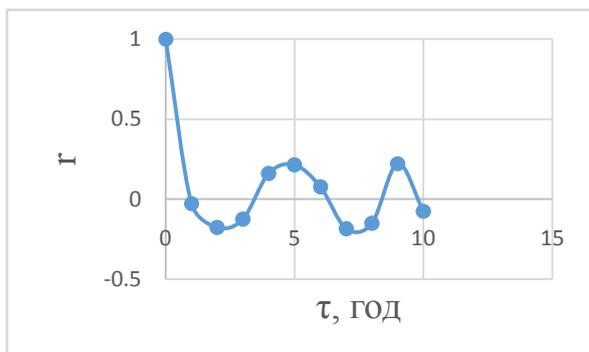
Продолжение Приложения В

Код поста	n , лет	\bar{Q} , м ³ /с	σ_Q , %	C_v	σ_{C_v} , %	C_s/C_v	C_s/C_v (прив)	Q_{80} , м ³ /с	Q_{95} , м ³ /с	Y , л/с км ²
70302	55	6.88	6	0.43	8	3.81	4	4.45	3.58	3.1
70238	58	100.6	4	0.31	10	7.33	7	76	69.8	5.3
70209	34	5.52	15	0.52	19	2.34	2	3.08	1.62	3.5
70146	40	5.16	11	0.7	23	2.62	3	2.34	1.63	2.2
70117	57	2.15	10	0.71	21	3.44	3	0.97	0.67	1.9
70047	66	4.31	8	0.65	10	2.32	2	1.98	0.95	3.6
70016	38	3.44	14	0.81	16	2.53	3	1.38	0.99	2.2
49125	41	4.2	13	0.82	13	1.37	1	0.92	0.13	3.1
49123	68	14.83	6	0.5	4	2.32	2	8.56	4.7	7.5
49070	60	3.34	11	0.78	—	4.39	4	1.64	1.52	3.6
49055	36	21.19	11	0.59	13	2.52	3	10.9	7.14	7.8
49031	32	6.16	15	0.77	19	2.94	3	2.47	1.85	5.0
49030	36	4.63	13	0.73	20	2.67	3	2	1.35	5.2
49017	34	22.9	7	0.31	—	5.27	5	16.9	14.5	10.9

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Графики изменения коэффициента корреляции в зависимости от временной сдвиги

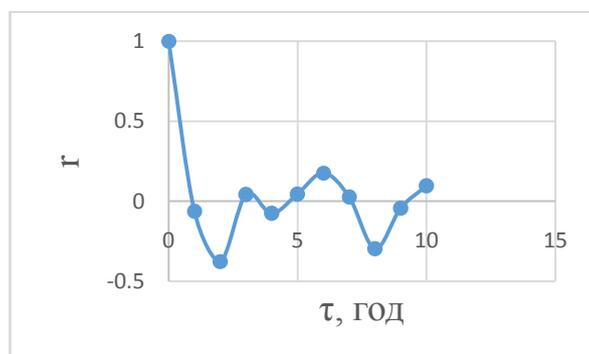
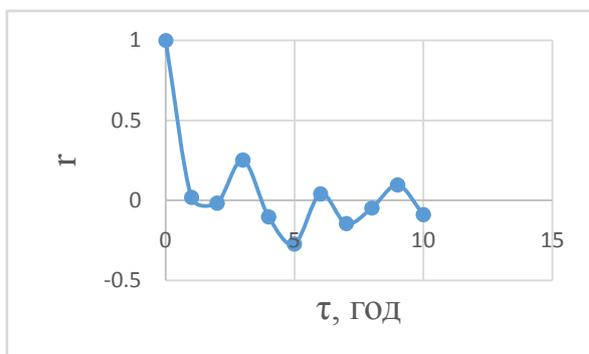
а)



б)

Рисунок Г.1 – Изменение коэффициента корреляции для реки Ена
(а- зимний период, б-летний период)

а)

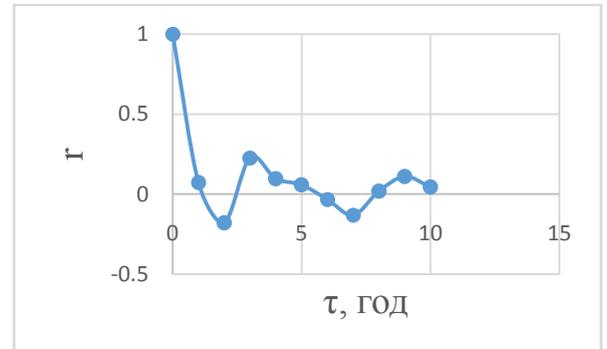
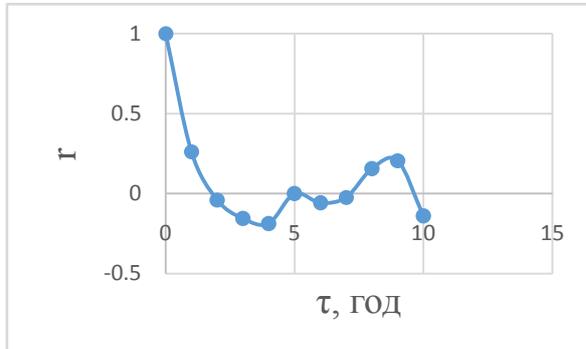


б)

Рисунок Г.2 – Изменение коэффициента корреляции для реки Колвиза
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

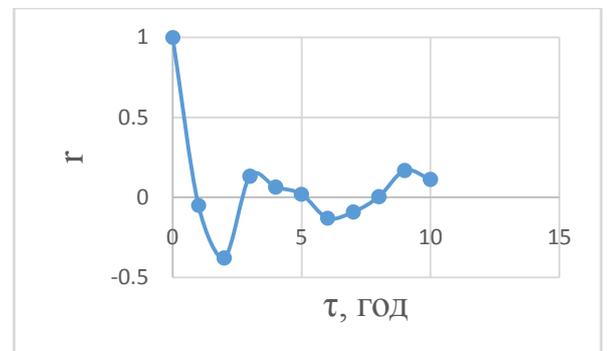
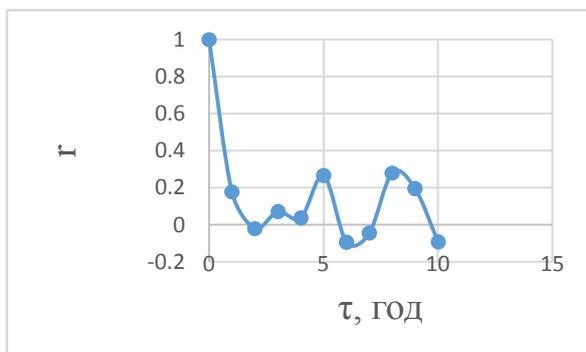
а)



б)

Рисунок Г.3 – Изменение коэффициента корреляции для реки Умба - пост Паялка (а- зимний период, б-летний период)

а)

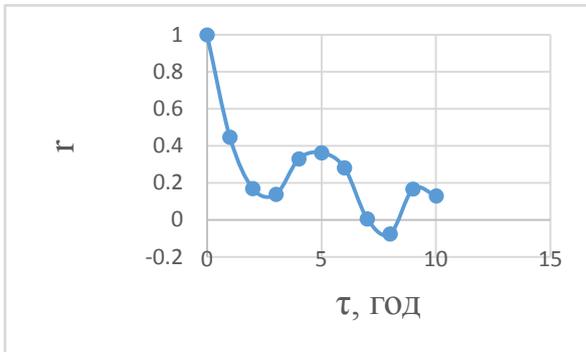


б)

Рисунок Г.4 – Изменение коэффициента корреляции для реки Умба - пост Исток (а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

а)



б)

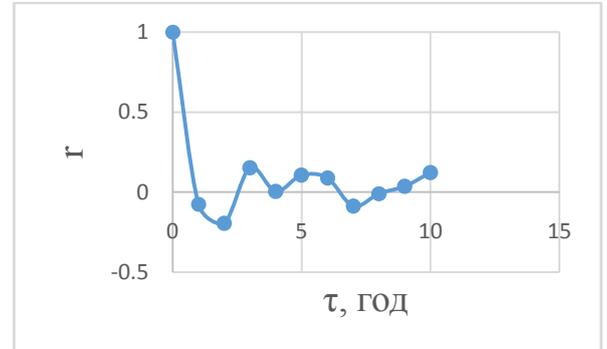
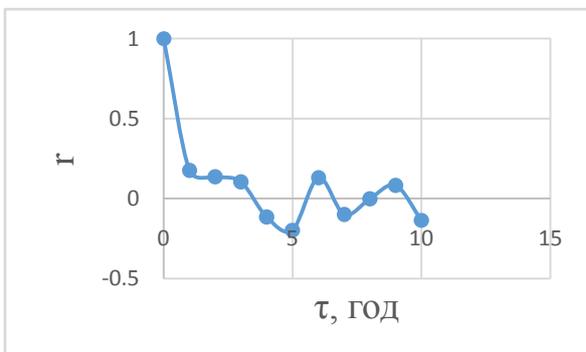


Рисунок Г.5 – Изменение коэффициента корреляции для реки Варзуга
(а- зимний период, б-летний период)

а)



б)

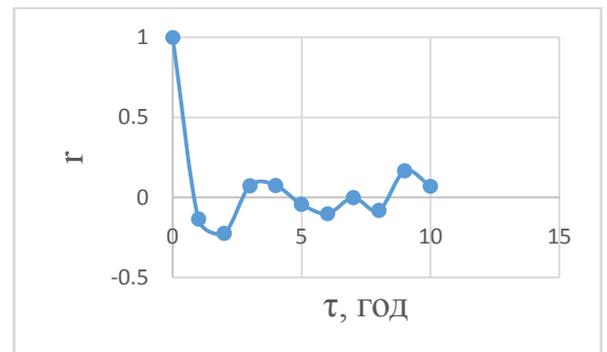
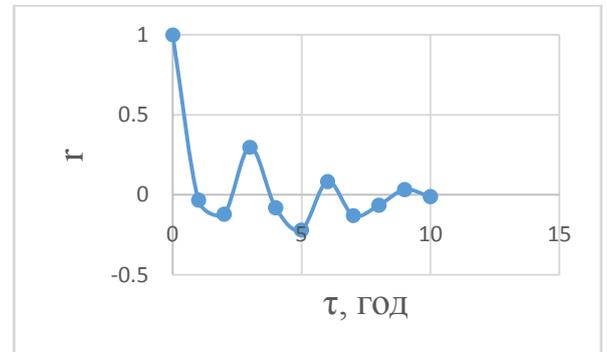
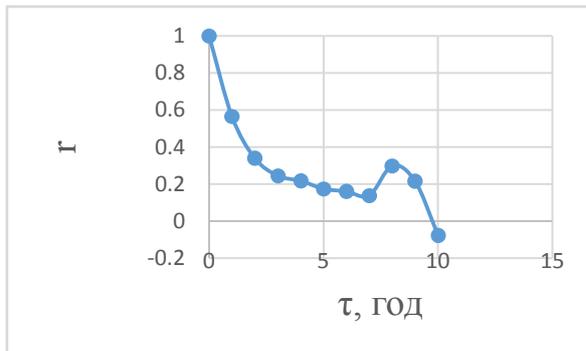


Рисунок Г.6 – Изменение коэффициента корреляции для реки Поной

(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

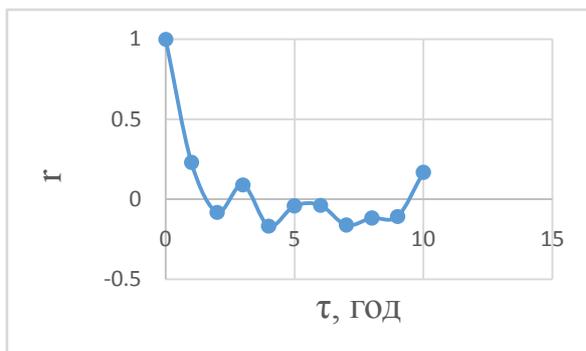
а)



б)

Рисунок Г.7 – Изменение коэффициента корреляции для реки Кола
(а- зимний период, б-летний период)

а)



б)

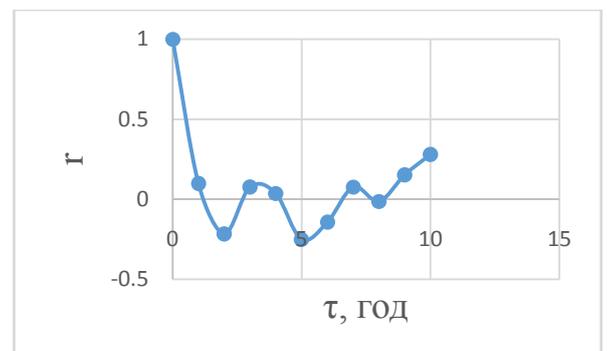
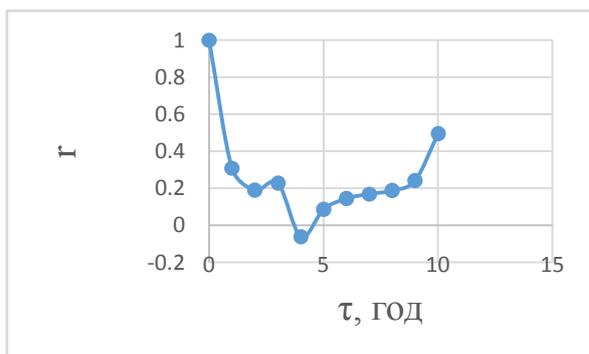


Рисунок Г.8 – Изменение коэффициента корреляции для реки Лотга
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

а)



б)

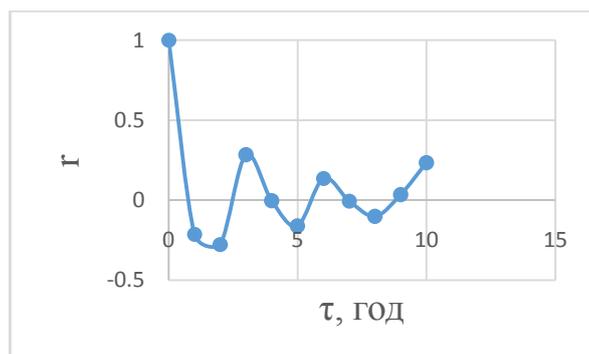
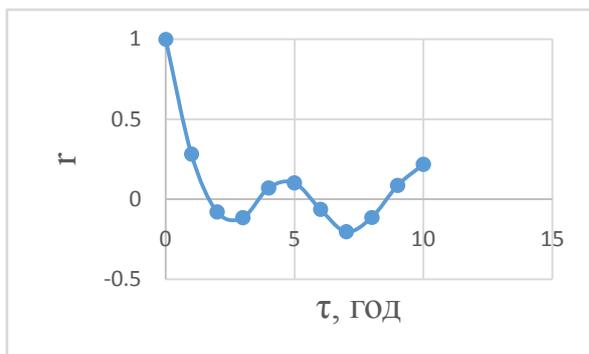


Рисунок Г.9 – Изменение коэффициента корреляции для реки Печа
(а- зимний период, б-летний период)

а)



б)

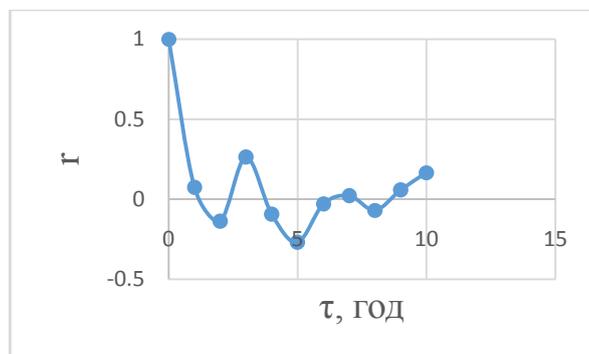
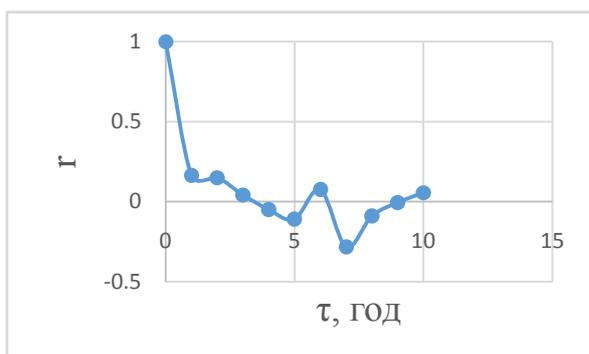


Рисунок Г.10 – Изменение коэффициента корреляции для реки Ура
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

а)



б)

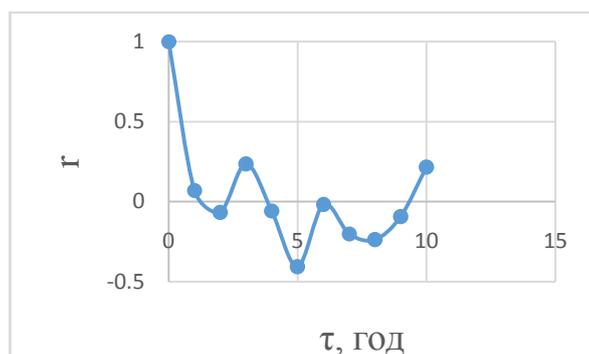
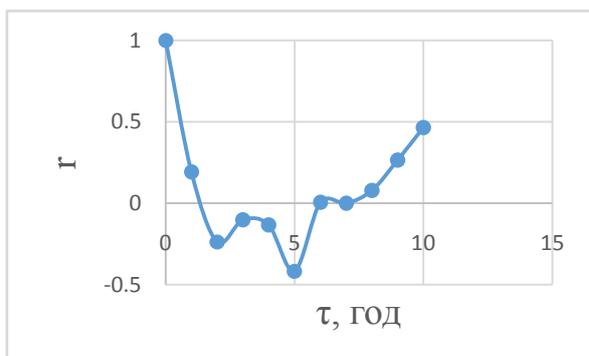


Рисунок Г.11 – Изменение коэффициента корреляции для реки Титовка
(а- зимний период, б-летний период)

а)



б)

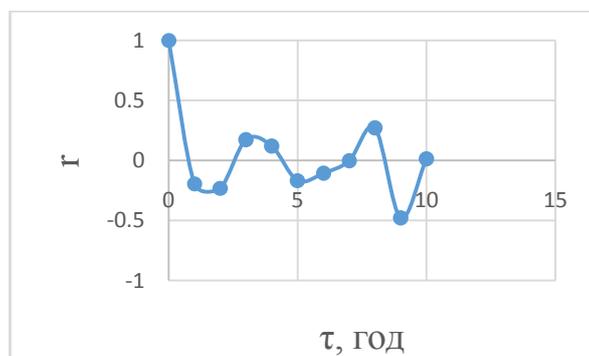
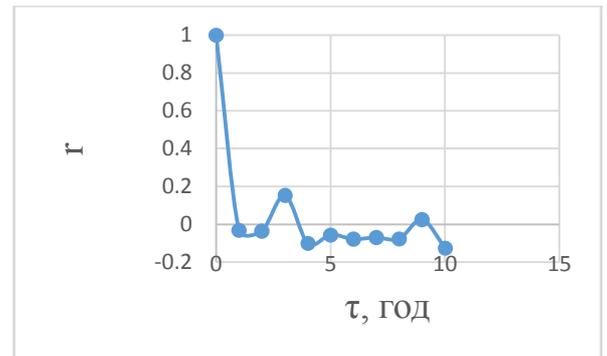
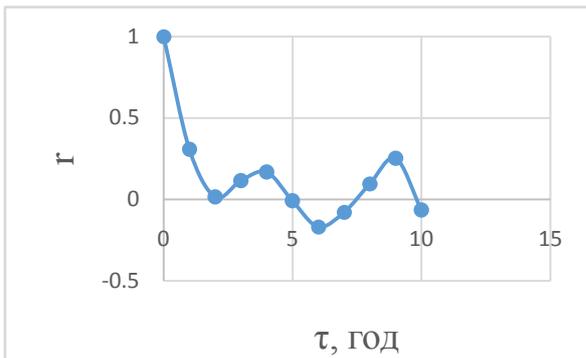


Рисунок Г.12 – Изменение коэффициента корреляции для реки Пижма
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

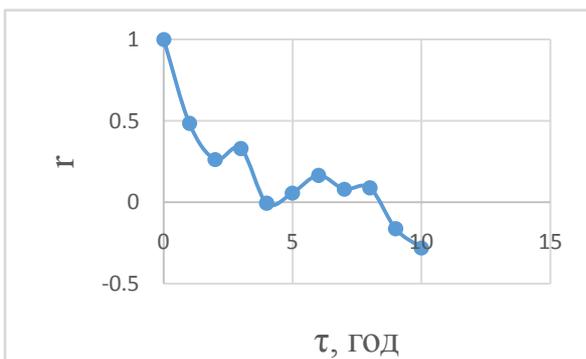
а)



б)

Рисунок Г.13 – Изменение коэффициента корреляции для реки Ижма
(а- зимний период, б-летний период)

а)



б)

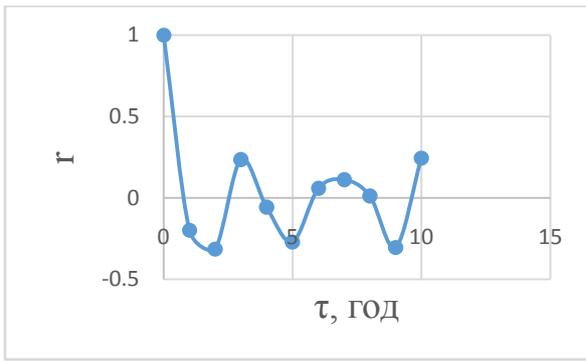
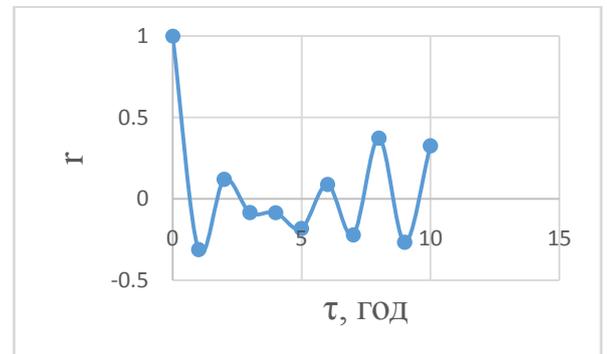


Рисунок Г.14 – Изменение коэффициента корреляции для реки Колва
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

б)



а)

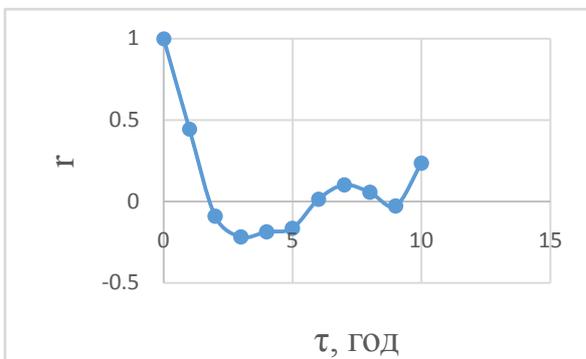
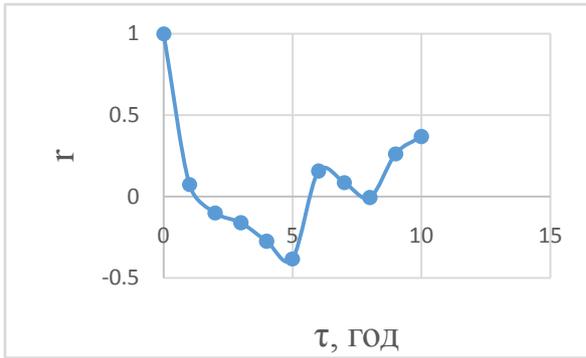


Рисунок Г.15 – Изменение коэффициента корреляции для реки Велью
(а- зимний период, б-летний период)

а)



б)

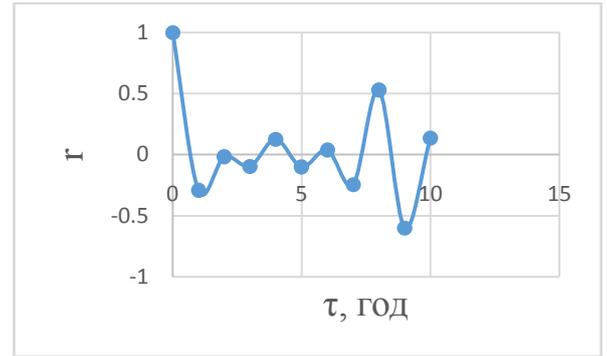
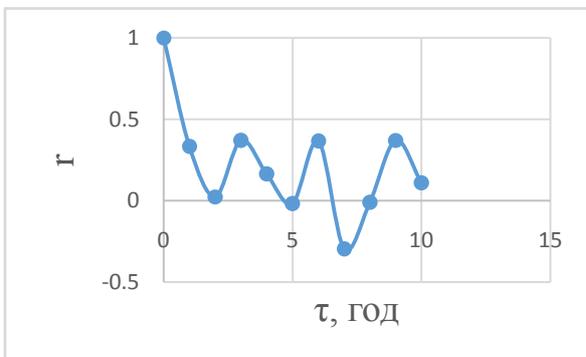


Рисунок Г.16 – Изменение коэффициента корреляции для реки Пеша
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

а)



б)

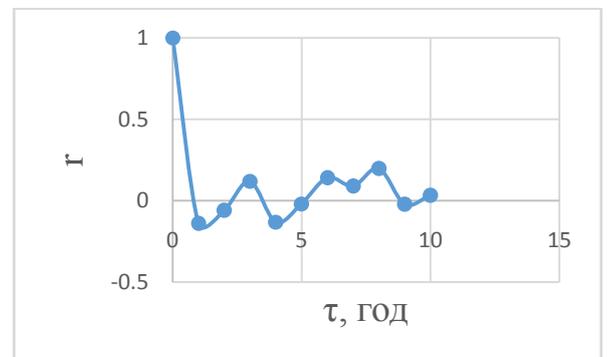
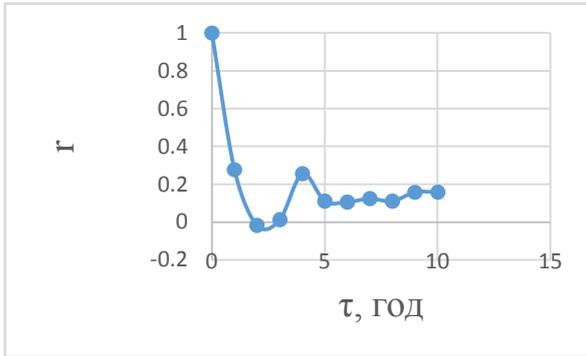


Рисунок Г.17 – Изменение коэффициента корреляции для реки Пеза

(а- зимний период, б-летний период)

а)



б)

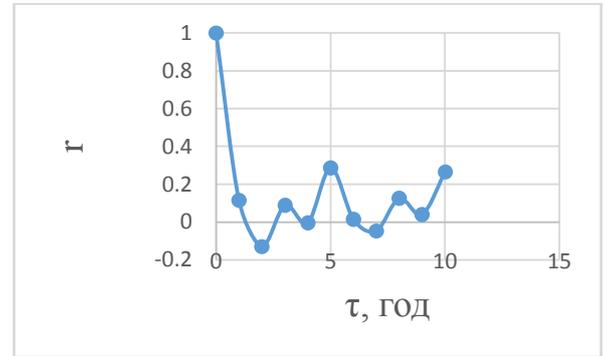
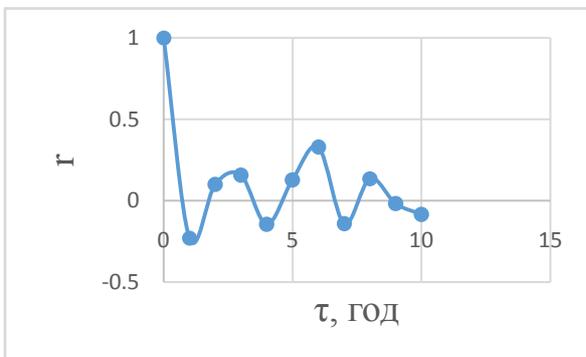


Рисунок Г.18 – Изменение коэффициента корреляции для реки Кулой

(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

а)



б)

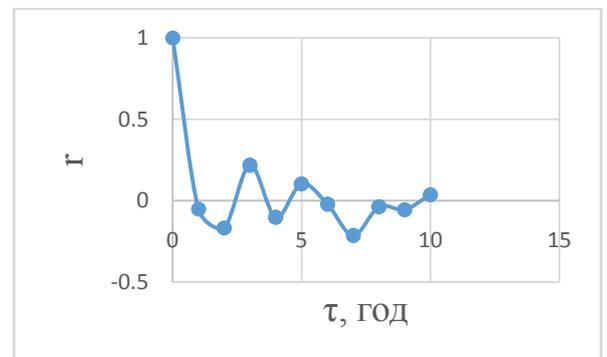


Рисунок Г.19 – Изменение коэффициента корреляции для реки Золотица

(а- зимний период, б-летний период)

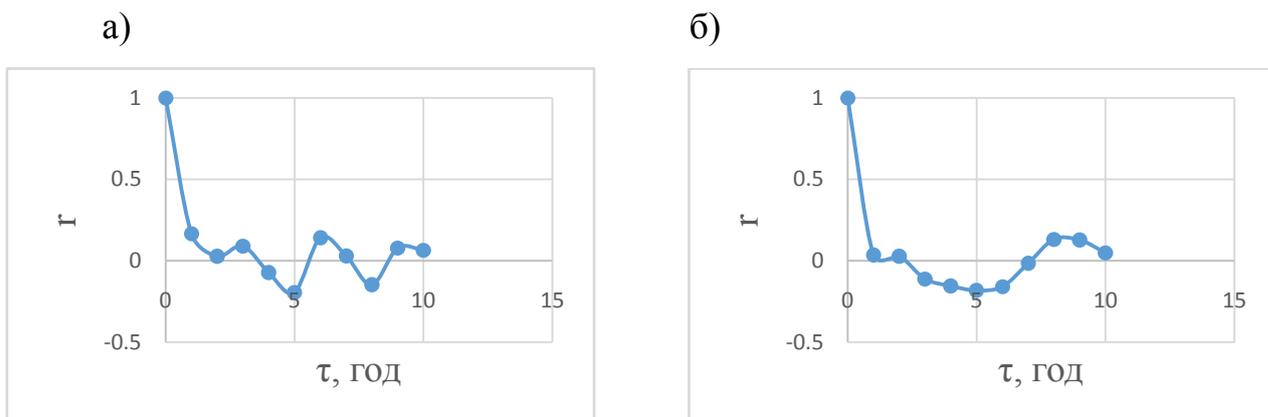


Рисунок Г.20 – Изменение коэффициента корреляции для реки Ледь
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

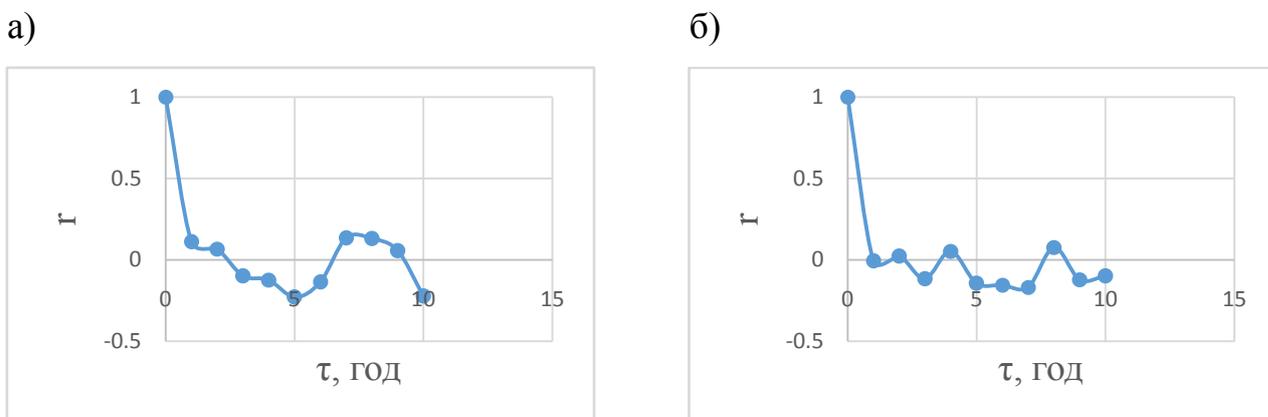


Рисунок Г.21 – Изменение коэффициента корреляции для реки Вымь

(а- зимний период, б-летний период)

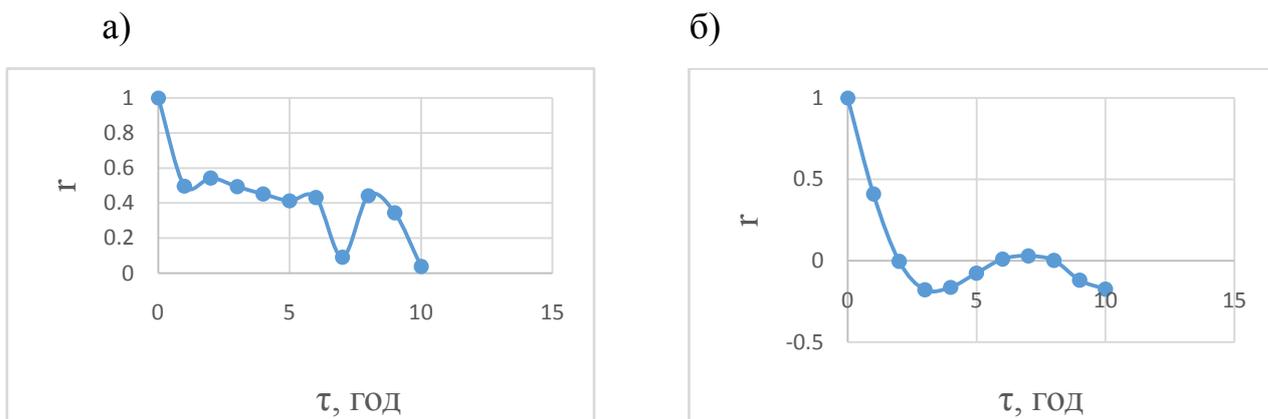


Рисунок Г.22 – Изменение коэффициента корреляции для реки Вочь
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

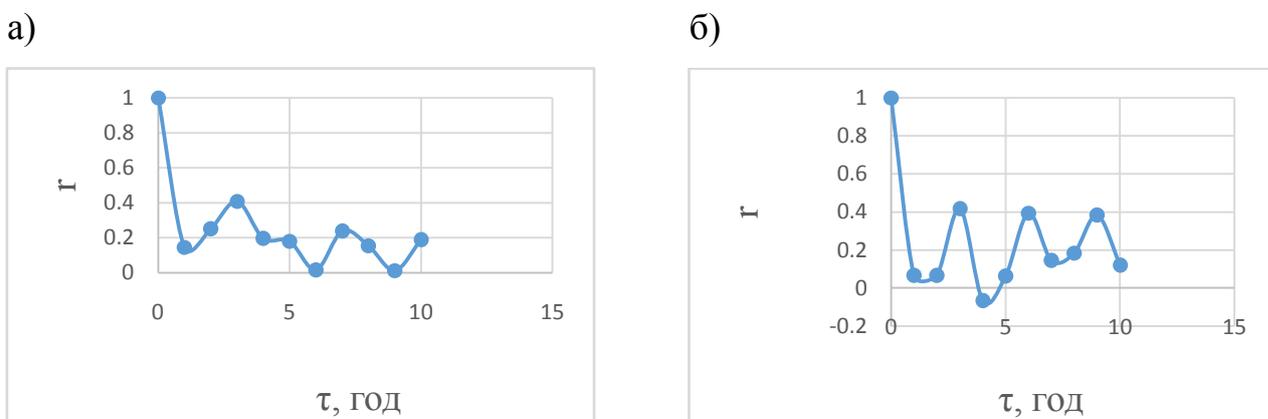


Рисунок Г.23 – Изменение коэффициента корреляции для реки Уфтыога

(а- зимний период, б-летний период)

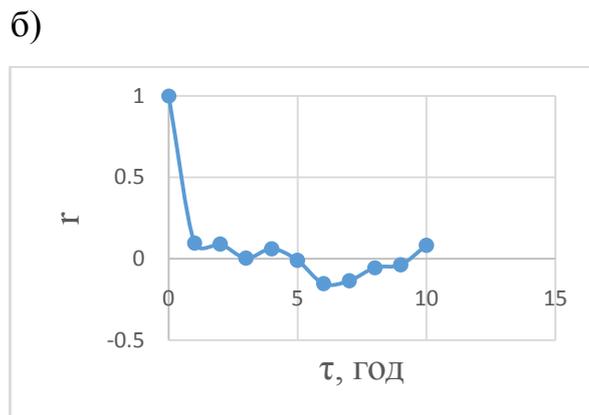
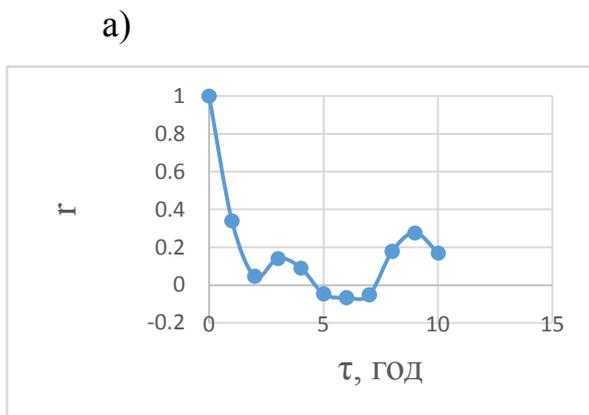
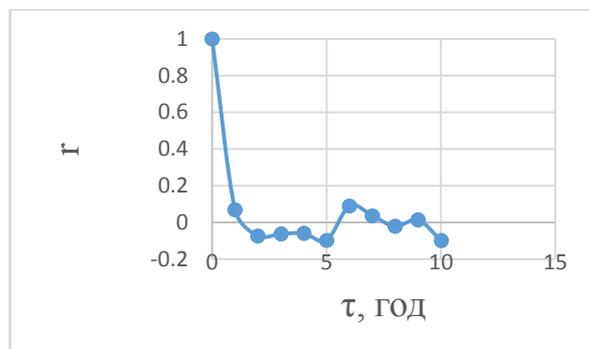
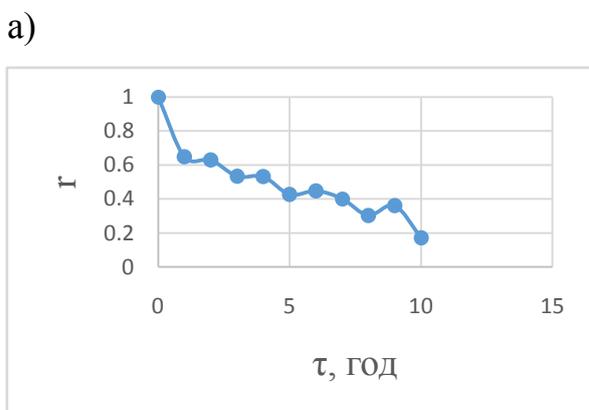


Рисунок Г.24 – Изменение коэффициента корреляции для реки Кубена
(а- зимний период, б-летний период)

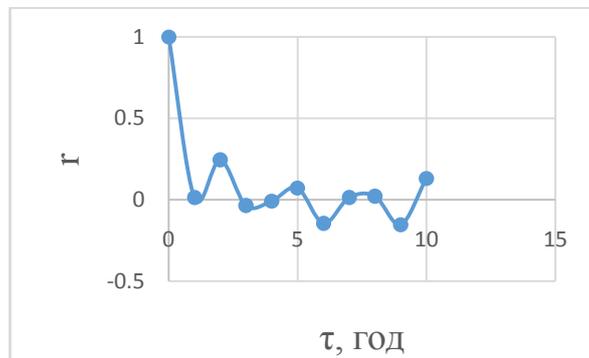
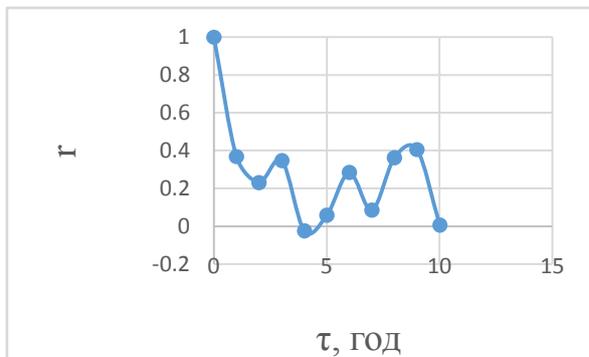
Продолжение Приложения Г



б)

Рисунок Г.25 – Изменение коэффициента корреляции для реки Содза
(а- зимний период, б-летний период)

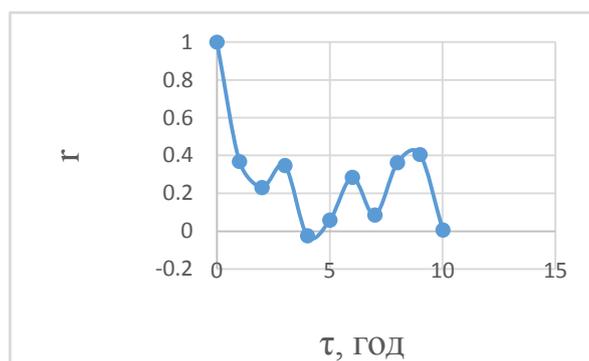
а)



б)

Рисунок Г.26 – Изменение коэффициента корреляции для реки Вожега
(а- зимний период, б-летний период)

а)



Продолжение Приложения Г

б)

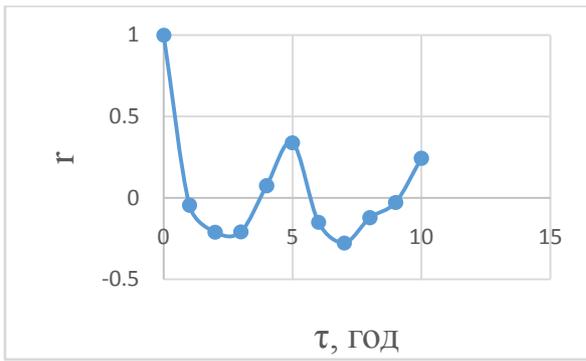
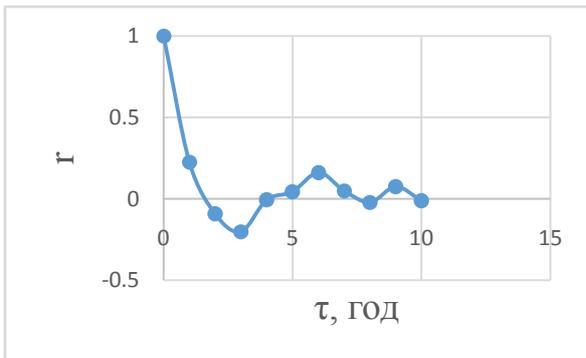


Рисунок Г.27 – Изменение коэффициента корреляции для реки Нюхча
(а- зимний период, б-летний период)

а)



б)

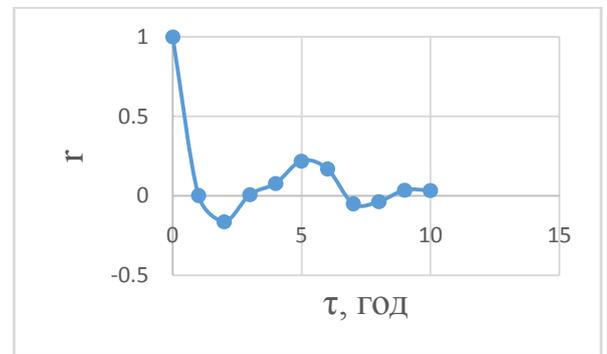
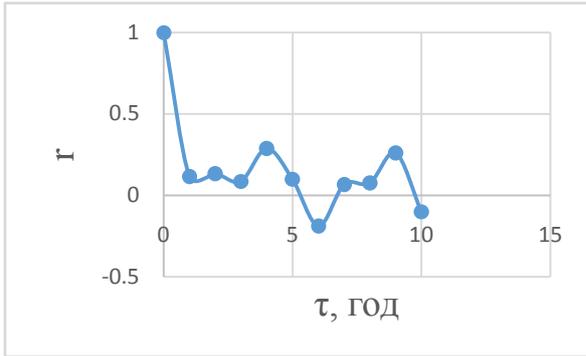


Рисунок Г.28 – Изменение коэффициента корреляции для реки Сума
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

а)



б)

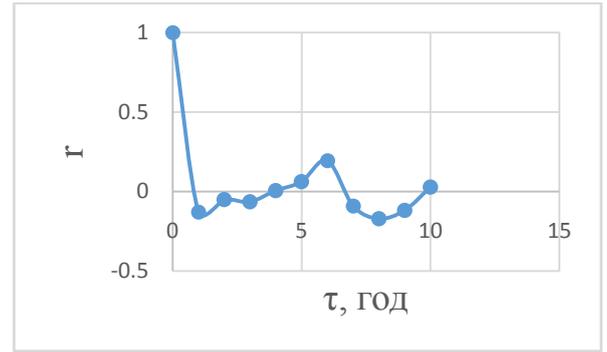
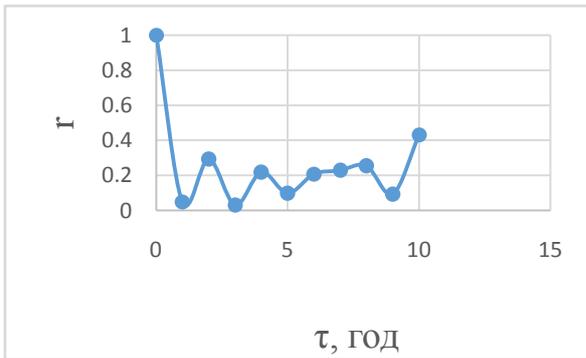


Рисунок Г.29 – Изменение коэффициента корреляции для реки Шуя
(а- зимний период, б-летний период)

а)



б)

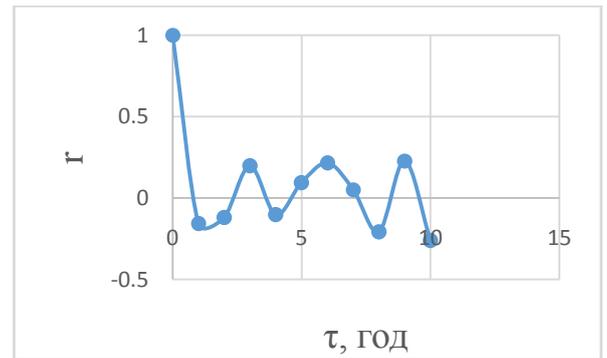
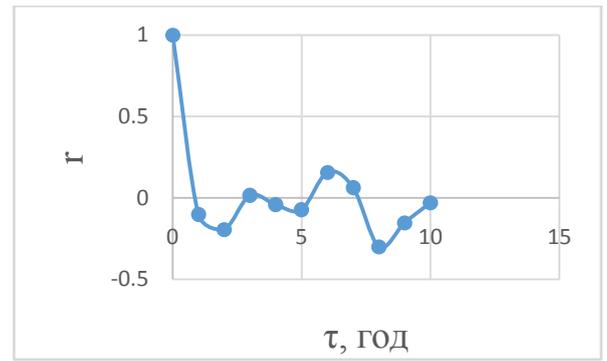
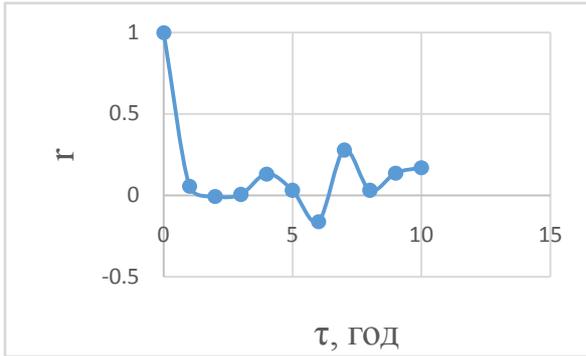


Рисунок Г.30 – Изменение коэффициента корреляции для реки Чирко-Кемь
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

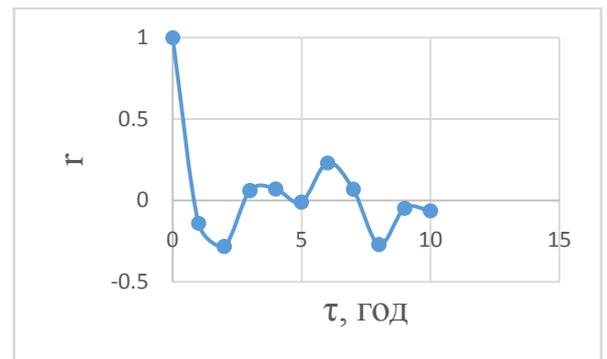
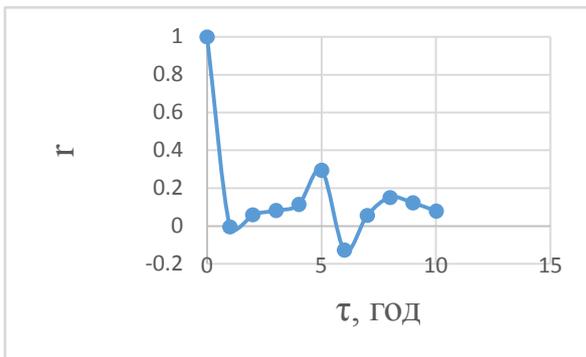
а)



б)

Рисунок Г.31 – Изменение коэффициента корреляции для реки Поньгома
(а- зимний период, б-летний период)

а)

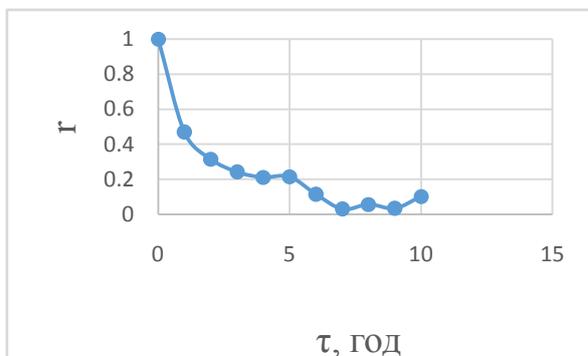


б)

Рисунок Г.32 – Изменение коэффициента корреляции для реки Кузема
(а- зимний период, б-летний период)

Продолжение Приложения Г

а)



б)

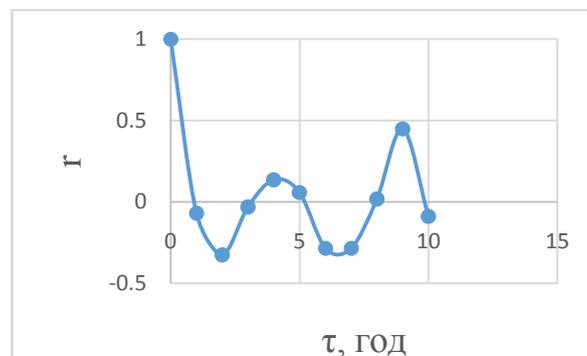


Рисунок Г.33 – Изменение коэффициента корреляции для реки Тумча
(а- зимний период, б-летний период)

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Оценка коэффициента корреляции

№ поста	Код поста	n	r_h	Z_h	$n-3$	$(n-3)Z_h$	$Z_h^2(n-3)$
Минимальный 30-суточный зимний сток							
Первая группа							
1	71241	59	-0.03	—	56	—	—
2	71222	33	0.018	0.018	30	0.54	0.01
33	49017	34	0.469	0.509	31	15.77	8.03
Σ	—	126	—	—	117	16.31	8.04
$\chi^2 = 5.76$			$\tilde{Z} = 0.139$		$r = 0.14$		
Вторая группа							
4	71193	60	0.178	0.180	57	10.26	1.85
6	71168	50	0.176	0.178	47	8.36	1.49
Σ	—	110	—	—	104	18.62	3.33
$\chi^2 = 0.0001$			$\tilde{Z} = 0.179$		$r = 0.177$		
Третья группа							
7	71104	59	0.566	0.642	56	35.93	23.05
9	71067	44	0.309	0.319	41	13.10	4.19
Σ	—	103	—	—	97	49.03	27.24
$\chi^2 = 4.24$			$\tilde{Z} = 0.438$		$r = 0.466$		
Четвертая группа							
10	71044	49	0.282	0.288	46	13.24	3.81
11	71035	41	0.164	0.166	38	6.29	1.04
Σ	—	90	—	—	84	19.53	4.85
$\chi^2 = 0.312$			$\tilde{Z} = 0.233$		$r = 0.23$		
Пятая группа							
12	70530	32	0.191	0.193	29	5.61	1.08

13	70509	34	0.307	0.317	31	9.84	3.12
----	-------	----	-------	-------	----	------	------

Продолжение Приложения Д

№ поста	Код поста	n	r_h	Z_h	$n-3$	$(n-3)Z_h$	$Z_h^2(n-3)$
15	70452	31	0.445	0.478	28	13.40	6.41
16	70403	28	0.074	0.074	25	1.85	0.14
17	70401	61	0.333	0.346	58	20.08	6.95
21	70238	58	0.111	0.112	55	6.13	0.68
Σ	—	244	—	—	226	56.90	18.39
$\chi^2 = 5.95$			$\tilde{Z} = 0.282$		$r = 0.247$		
Шестая группа							
18	70366	57	0.278	0.286	54	15.42	4.40
20	70302	57	0.167	0.169	54	9.10	1.54
23	70146	41	0.146	0.147	38	5.59	0.82
24	70117	57	0.341	0.355	54	19.18	6.81
25	70047	63	0.648	0.772	60	46.31	35.75
26	70016	37	0.369	0.387	34	13.17	5.10
Σ	—	312	—	—	294	108.77	54.42
$\chi^2 = 14.18$			$\tilde{Z} = 0.370$		$r = 0.35$		
Седьмая группа							
27	49125	38	0.105	0.1054	35	3.69	0.389
28	49123	60	0.225	0.22895	57	13.05	2.988
29	49070	50	0.115	0.11555	47	5.43	0.628
30	49055	35	0.05	0.0501	32	1.60	0.080
31	49031	35	0.057	0.0571	32	1.83	0.104
32	49030	37	-0.003	—	34	—	—
Σ	—	255	—	—	237	25.60	4.189
$\chi^2 = 1.424$			$\tilde{Z} = 0.108$		$r = 0.11$		

Продолжений Приложения Д

Минимальный 30-суточный летний сток							
Четвертая группа							
№ поста	Код поста	n	r_h	Z_h	$n-3$	$(n-3)Zh$	$Zh^2(n-3)$
10	71044	60	0.074	0.074	57	4.23	0.31
11	71035	41	0.071	0.071	38	2.70	0.19
Σ	—	101	—	—	95	6.93	0.51
$\chi^2 = 0.0002$			$\tilde{Z} = 0.073$		$r = 0.073$		
Шестая группа							
18	70366	57	0.116	0.117	54	6.29	0.73
20	70302	55	0.034	0.034	52	1.77	0.06
23	70146	40	0.066	0.066	37	2.45	0.16
24	70117	57	0.095	0.095	54	5.14	0.49
25	70047	66	0.07	0.070	63	4.42	0.31
26	70016	38	0.012	0.012	35	0.42	0.01
Σ	—	313	—	—	295	20.49	1.76
$\chi^2 = 0.337$			$\tilde{Z} = 0.0694$		$r = 0.07$		

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
Характеристики выбросов

Код поста	Q 80%						Q 95%					
	υЭМП	υ анализ	Δ, %	ΘЭМП	Θаналит	Δ, %	υЭМП	υ анализ	Δ, %	ΘЭМП	Θаналит	Δ, %
Минимальный 30-суточный зимний сток												
71241	0.15	0.147727	1.53	1.11	1.354531	17.8	0.07	0.045731	42.3	1	1.097189	8.27
71222	0.21	0.147796	29.6	1.29	1.353921	4.44	0.06	0.045742	25	1	1.096925	7.62
71199	0.17	0.137496	19.2	1.50	1.455542	2.67	0.03	0.043762	31.8	1	1.146414	15.3
71193	0.15	0.145253	3.13	1.44	1.377869	4.86	0.08	0.045278	49.2	1	1.108163	9.09
71168	0.20	0.145294	27.4	1.10	1.377487	20.3	0.02	0.045286	56.2	1	1.107983	9.06
71104	0.10	0.117192	14.7	1.50	1.707935	11.8	0.05	0.039045	20	1.3	1.284765	1.54
71037	0.09	0.116957	23.1	1.75	1.711454	2.28	0.04	0.038984	10	1	1.286810	21.9
71044	0.12	0.140731	14.9	1.33	1.422172	6.34	0.02	0.044414	51	1	1.129653	13.2
71035	0.12	0.140731	14.9	1.20	1.422172	15.5	0.05	0.044414	12	1	1.129653	13.2
70530	0.19	0.138863	26.9	1.33	1.440993	7.64	0.03	0.044046	36.2	1	1.138976	13.8
70509	0.15	0.139145	7.33	1.20	1.438159	16.2	0.03	0.044101	36.4	1	1.137572	13.6
70452	0.06	0.138958	56.8	1.50	1.440036	4	0.03	0.044065	36.3	1.5	1.138502	24

Продолжение Приложения Е

Код поста	Q 80%						Q 95%					
	υЭМП	υ анализ	Δ, %	ΘЭМП	Θаналит	Δ, %	υЭМП	υ анализ	Δ, %	ΘЭМП	Θаналит	Δ, %
70403	0.11	0.139031	21.4	1.33	1.439304	7.64	0.07	0.044079	42.9	1	1.138139	12.3
70401	0.10	0.139145	28.6	1.17	1.438159	18.75	0.03	0.044101	25	1	1.137572	12.4
70366	0.12	0.128478	1.2	1.71	1.557514	8.77	0.05	0.041795	12.4	1	1.200204	16.7
70363	0.16	0.176424	9.09	1.17	1.134528	3.42	0.05	0.049421	4.26	1	1.015588	1.96
70302	0.14	0.128735	7.85	1.63	1.554298	4.9	0.05	0.041855	16.4	1	1.198433	15.9
70238	0.16	0.138918	13.1	1.11	1.440446	22.9	0.09	0.044056	55.6	1	1.138705	12.6
70146	0.07	0.129229	46.2	2.33	1.548420	33.5	0.02	0.041967	52.3	1	1.195261	15.9
70117	0.14	0.129798	7.14	1.13	1.541819	26.6	0.02	0.042094	56.7	1	1.191737	15.9
70047	0.14	0.129524	7.14	1.11	1.544998	27.9	0.03	0.042033	28.6	1	1.193434	16.1
70016	0.16	0.129659	18.75	1.00	1.543434	35	0.00	0.042063	100	0	1.192599	100
49125	0.13	0.151609	17.6	1.60	1.319903	17.5	0.03	0.046369	34.8	1	1.082181	7.4
49123	0.15	0.151360	0.4	1.67	1.322125	20.96	0.02	0.046328	56.5	1	1.083144	7.4
49070	0.12	0.151645	20	1.17	1.319585	11.4	0.06	0.046375	23.3	1	1.082043	7.4
49055	0.14	0.151360	6.67	1.20	1.322125	9.09	0.06	0.046328	23.3	1	1.083144	7.4

Продолжение Приложения Е

Код поста	Q 80%						Q 95%					
	υЭМП	υ анализ	Δ, %	ΘЭМП	Θаналит	Δ, %	υЭМП	υ анализ	Δ, %	ΘЭМП	Θаналит	Δ, %
49031	0.17	0.151360	11.8	1.17	1.322125	11.36	0.03	0.046328	34.8	1	1.083144	7.4
49030	0.16	0.151538	6.25	1.33	1.320537	1.05	0.03	0.046357	34.8	1	1.082456	7.4
49017	0.11	0.147911	26.7	2.00	1.352898	32.5	0.06	0.045761	23.3	1	1.096481	9.1
Минимальный 30-суточный летний сток												
71241	0.15	0.153631	1	1.22	1.302713	6.15	0.03	0.046701	36	1	1.074545	6.54
71222	0.12	0.164720	25	1.25	1.215006	2.4	0.06	0.048267	23.5	1	1.039786	3.84
71199	0.13	0.154316	13.3	1.63	1.296932	20.2	0.02	0.046813	57.4	1	1.071967	6.54
71193	0.15	0.163621	6.25	1.56	1.223081	21.8	0.02	0.048136	57.3	1	1.042592	3.84
71186	0.10	0.165434	39.4	1.33	1.209803	9.02	0.07	0.048351	31.4	1	1.038010	3.82
71168	0.12	0.169719	29.4	1.17	1.179284	0.2	0.10	0.048822	51	1	1.028063	2.91
71085	0.17	0.152237	11.8	1.00	1.314485	23.7	0.06	0.046472	23.3	1	1.079793	7.4
71067	0.19	0.174904	7.89	1.11	1.144305	2.63	0.04	0.049304	1.5	1	1.017855	2.17
71044	0.18	0.154296	14.4	1.09	1.297104	15.5	0.03	0.046810	36.1	1	1.072044	6.54
71035	0.20	0.154356	25	1.00	1.296594	23.07	0.02	0.046819	57.4	1	1.071816	6.53

Продолжение Приложения Е

Код поста	Q 80%						Q 95%					
	υЭМП	υ анализ	Δ, %	ΘЭМП	Θаналит	Δ, %	υЭМП	υ анализ	Δ, %	ΘЭМП	Θаналит	Δ, %
70530	0.17	0.173990	0.43	1.17	1.150326	1.7	0.00	0.049226	100	0	1.019473	100
70509	0.03	0.162048	81.3	1.50	1.235071	18	0.00	0.047931	100	0	1.047046	100
70499	0.17	0.173209	0.61	1.17	1.155548	0.9	0.00	0.049155	100	0	1.020986	100
70452	0.20	0.176610	10	1.14	1.107744	2.63	0.03	0.039206	23.1	1	1.005195	0.03
70403	0.18	0.152579	16.6	1.40	1.311597	6.42	0.00	0.046528	100	0	1.078505	100
70401	0.08	0.170185	52.9	1.60	1.176039	26.3	0.05	0.048870	2	1.33	1.027056	22.8
70366	0.11	0.154479	26.6	1.50	1.295563	13.3	0.05	0.046839	6	1	1.071357	6.54
70363	0.08	0.163687	50	1.00	1.222576	18.03	0.00	0.048145	100	0	1.042405	100
70302	0.09	0.154684	40	1.57	1.293831	17.8	0.04	0.046873	14.9	1	1.070584	6.54
70238	0.09	0.160512	43.8	1.60	1.246790	22.5	0.09	0.047731	46.7	1	1.051399	4.76
70209	0.12	0.124392	0.5	1.50	1.608745	6.83	0.00	0.040833	100	0	1.228428	100
70117	0.09	0.105091	14.3	1.20	1.905221	37.2	0.02	0.035795	44.4	2	1.401761	30
70047	0.12	0.129658	1.32	1.25	1.543443	18.8	0.00	0.042063	100	0	1.192604	100
70016	0.13	0.155180	18.8	1.40	1.289644	7.85	0.08	0.046954	41.3	1	1.068717	6.54

Продолжение Приложения Е

Код поста	Q 80%						Q 95%					
	υЭМП	υ анализ	Δ, %	ΘЭМП	Θаналит	Δ, %	υЭМП	υ анализ	Δ, %	ΘЭМП	Θаналит	Δ, %
49125	0.05	0.163047	68.8	1.00	1.227454	18.7	0.00	0.048061	100	0	1.044216	100
49123	0.10	0.159909	37.5	2.00	1.251415	37.5	0.00	0.047651	100	0	1.053133	100
49070	0.13	0.168285	23.5	1.25	1.189280	4.8	0.12	0.048674	59.2	1.29	1.031164	20.2
49055	0.14	0.170886	17.64	1.40	1.171157	16.4	0.03	0.048942	38.8	1	1.025542	2.91
49031	0.20	0.166842	15	1.00	1.199555	16.6	0.06	0.048515	16.7	1	1.034512	3.28
49030	0.19	0.169167	11.05	1.14	1.183133	3.39	0.08	0.048765	38.8	1	1.029257	2.91
49017	0.17	0.165137	2.94	1.33	1.211968	9.02	0.06	0.048316	20	1	1.038749	3.75