



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 речного стока в целях
регулирувания ГЭС**

Исполнитель _____ **Ильсова Анастасия Тимуровна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ кандидат технических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

_____ **Хаустов Виталий Александрович**
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

_____ кандидат технических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

_____ **Хаустов Виталий Александрович**
(фамилия, имя, отчество)

« 14 » июля 2017 г.

Санкт-Петербург
2017



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 речного стока в целях
регулирувания ГЭС**

Исполнитель Ильсова Анастасия Тимуровна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____
(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 20__ г.

Санкт-Петербург
2017

Оглавление

Введение 3

1. Физико-географическое описание местности 4
 - 1.1 Рельеф4
 - 1.2 Геологическое строение
 - 1.3 Почвенный покров и растительность
 - 1.4 Климат
 - 1.5. Исходные данные
2. Математический аппарат
 - 2.1 Построение разностных интегральных кривых
 - 2.2 Оценка однородности
 - 2.3 Статистические параметры рядов наблюдений (норма, C_v , C_s и погрешность расчета хар-к)
3. Расчет водного баланса бассейна оз. Ильмень
 - 3.1 Стокоформирующие осадки
 - 3.2 Водоотдача
 - 3.3 Речной сток

Заключение

Список использованной литературы

Приложения

Введение

Данная работа является частью масштабного проекта по оценке и регулированию стока в бассейне реки Невы. Объектом исследования является бассейн озера Ильмень. Были взяты данные

1. Физико-географическое описание местности

1.1 Рельеф

Территория Северо-Запада по характеру рельефа отчетливо разделяется на две части: северо-западную – низменную и восточную – юго-восточную – возвышенную. Север-западная часть расположена в основном в пределах прибалтийской низменности. Прибалтийская низменность – довольно однообразная слабоволнистая равнина, на которой отчетливо выделяется ряд возвышенностей и понижений. Возвышенная часть территории Северо-Запада расположена в пределах Валдайской возвышенности, которая широкой дугой окаймляет Прибалтийскую низменность и тянется от восточного побережья Онежского озера до г. Великие Луки, переходя далее на территорию Белоруссии и Литвы. Общий равнинный характер территории также местами нарушается такими холмистыми возвышенностями как: Вепсовская возвышенности, Тихвинская гряда, Лемболовские и Токсовские высоты.

1.2 Геологическое строение

Территория Северо-Запада в основном сложена комплексом осадочных дочетвертичных отложений, залегающих под четвертичными на архейском или протерозойском кристаллическом основании. Она расположена почти целиком в пределах Русской платформы. Окраина территории – север Карельского перешейка – относится к южной оконечности Балтийского щита и сложена древними кристаллическими породами архейско-протерозойского комплекса, представленного гнейсами и сланцами.

Осадочные коренные образования представлены в основном отложениями палеозоя: толщами нижнего кембрия, нижнего, среднего и верхнего ордовика, среднего и верхнего девона, нижнего и среднего карбона.

К югу располагается развитая почти в широтном направлении полоса ордовикских отложений. Они представлены песчаниками, известняками и доломитами общей мощностью 100-150 м. Характерна трещиноватость пород, типичен карст, прослеживаются выходы кембрийских песчаников и синих глин. К востоку располагается обширная область рыхлых девонских отложений, занимающих больше половины всей области. Представлены средним и верхним девоном.

В границах описываемой территории карстовыми процессами затронуты растворимые отложения от нижнего ордовика до среднего карбона. Эти процессы локализуются в двух основных районах: на Силурийском и Карбоновом плато.

1.3 Почвенный покров и растительность

Рассматриваемая территория расположена в основном в южной подзоне тайги, только небольшая северо-восточная часть ее находится в подзоне средней тайги, а крайняя юго-западная – в зоне смешанных лесов. Наиболее характерны темнохвойные леса, они приурочены к водоразделам с суглинистыми и частично супесчаными почвами. Широко распространены заболоченные еловые леса.

Состав лиственных лесов представлен главным образом мелколиственными породами. На юго-западе значительна примесь широколиственных пород. По побережью реки Волхов встречаются небольшие дубравы.

Болота и заболоченные земли занимают около 30% всей территории. Сильной заболоченностью выделяется Приильменская низина. Много болот в нижнем течении р. Свири.

Растительный покров области подвергся длительному воздействию человека. Большое количество земель распаханно или превращено в различные сельскохозяйственные угодья.

1.4 Климат

Средняя годовая температура воздуха на территории Северо-Запада варьируется от 2 до 4,5. Самыми холодными месяцами в году являются январь и февраль со средней месячной температурой -7 в западной части и менее -11 в северо-восточной. Самым теплым месяцем отмечается июль, средняя температура воздуха, которого колеблется в пределах 16-17.

Территория Северо-Запада относится к зоне избыточного увлажнения. Осадки распределяются неравномерно. Уменьшение уходит в сторону крупных водоемов, например, озера Ильмень. Внутри года осадки распределяются неравномерно. Характер их распределения в теплый и холодный период имеет много общего с годовым, но в теплый период года влияние возвышенностей на перераспределение осадков более заметно, нежели в холодный.

1.5 Исходные данные

Рассматриваемая территория располагается на Европейской части Российской Федерации. В административном отношении туда входят Ленинградская и Новгородская области. Объектами исследования являются 13 основных гидрометеорологических постов наблюдений и 3 дополнительных. В большей степени посты находятся в зарегулированном режиме, так как местность достаточно урбанизирована. Перечень постов представлена в таблице 1.1.

Были взяты среднемесячные и максимальные за год расходы воды за весь наблюдаемый период. Тем самым была создана уникальная база данных, что в дальнейшем упростит задачу по исследованию данного участка.

Ниже дана схема участка.

Рисунок 1.1 – Схема

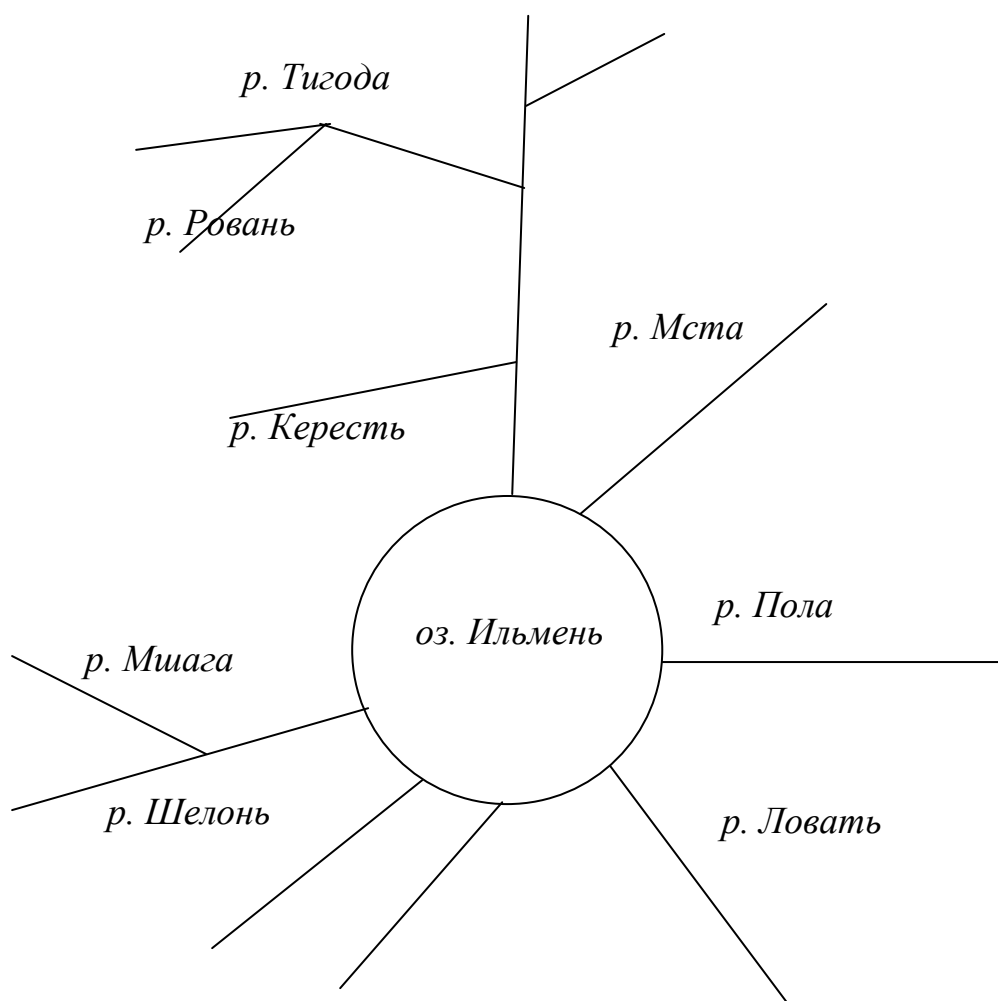


Таблица 1.1 – Список гидрометеорологических постов с периодами проверки однородности

№	Река - Пост	Период наблюдений	Площадь водосбора
Основные			
1	Волхов - VI ГЭС	1945-2014гг	
2	Тигода - ст. Любань	1945-2014гг	
3	Равань - с. Бабино	1952-1997гг	
4	Кересть - д. Сябраницы	1945-2012гг	
5	Мста - д. Девкино	1934-2014гг	
6	Пола - д. Налючи	1956-2014гг	
7	Ловать - г. Холм	1945-2014гг	
8	Перехода - д. Подсосонье	1946-2014гг	
9	Псижа - д. Подолож	1963-1986гг	
10	Шелонь - д. Заполье	1945-2009гг	
11	Мшага - д. Раглицы	1956-1996гг	
12	кан. Кондопожский - Кондопожская ГЭС	1963-2014гг	
13	кан. Пионерский (Суна- Пальозерский) - Пальозерская ГЭС	1963-2014гг	
Дополнительные			
1	Волхов - прист. Гостинопольская	1881-1925гг	
2	Волхов - д. Завод	1922-1933гг	
3	Свирь - Мятусово	1881-1940гг	

2. Математический аппарат

2.1 Построение разностных интегральных кривых

В рядах годового стока, как правило, наблюдается чередование групп маловодных и многоводных лет, что приводит к образованию, т.н. «циклов водности». Один «цикл водности» включает в себя маловодную и многоводную фазы.

Наиболее наглядное представление о циклах колебания годового стока дает разностная интегральная кривая. Для ее построения необходимы три основных параметра: среднее значение, дисперсия и коэффициент вариации. Более подробно об их подсчете написано в части 2.3.

В данной работе были построены разностные интегральные кривые за каждый месяц, а также за ряды максимальных расходов по каждому году.

Проверяется синхронность колебаний годового стока по совмещенным интегральным кривым отклонений от середины модульных коэффициентов годового стока. На этих рисунках можно проследить цикличность колебаний годового стока, установить количество полных циклов их продолжительности и оценить водность периода наблюдений.

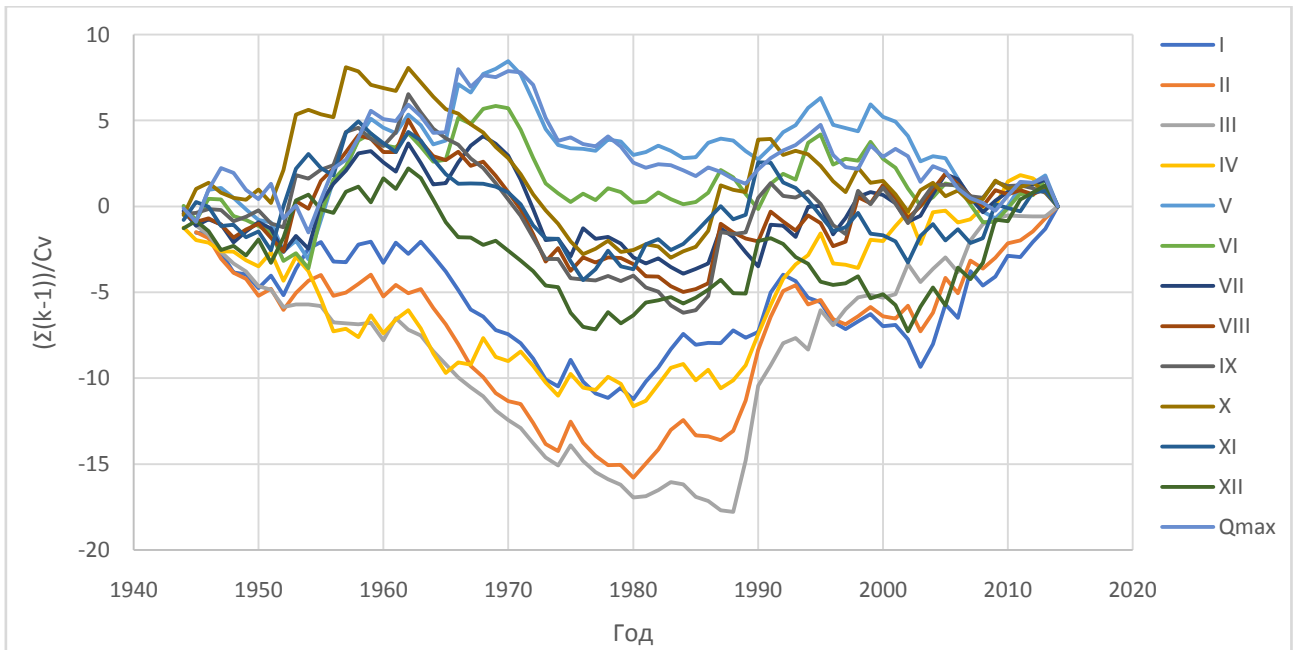


Рисунок 2.1 – Разностная интегральная кривая реки Волхов в ст. VI ГЭС

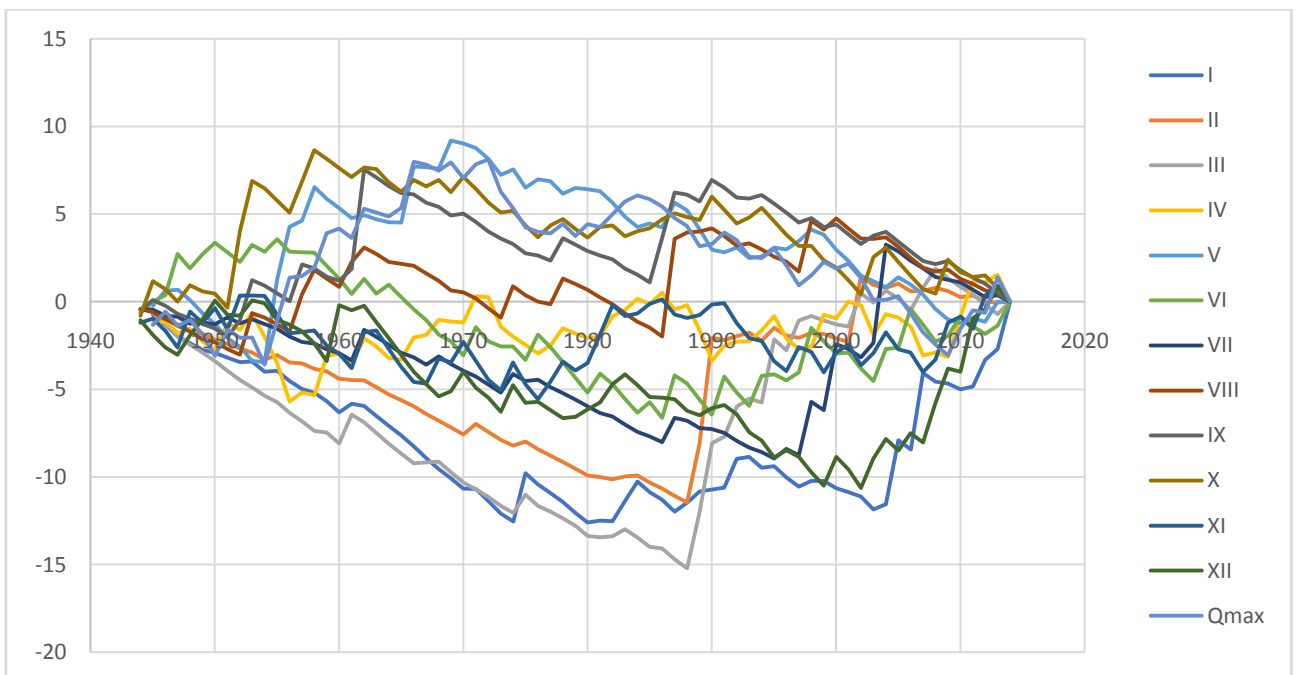


Рисунок 2.2 – Разностная интегральная кривая реки Тигода в ст. Любань

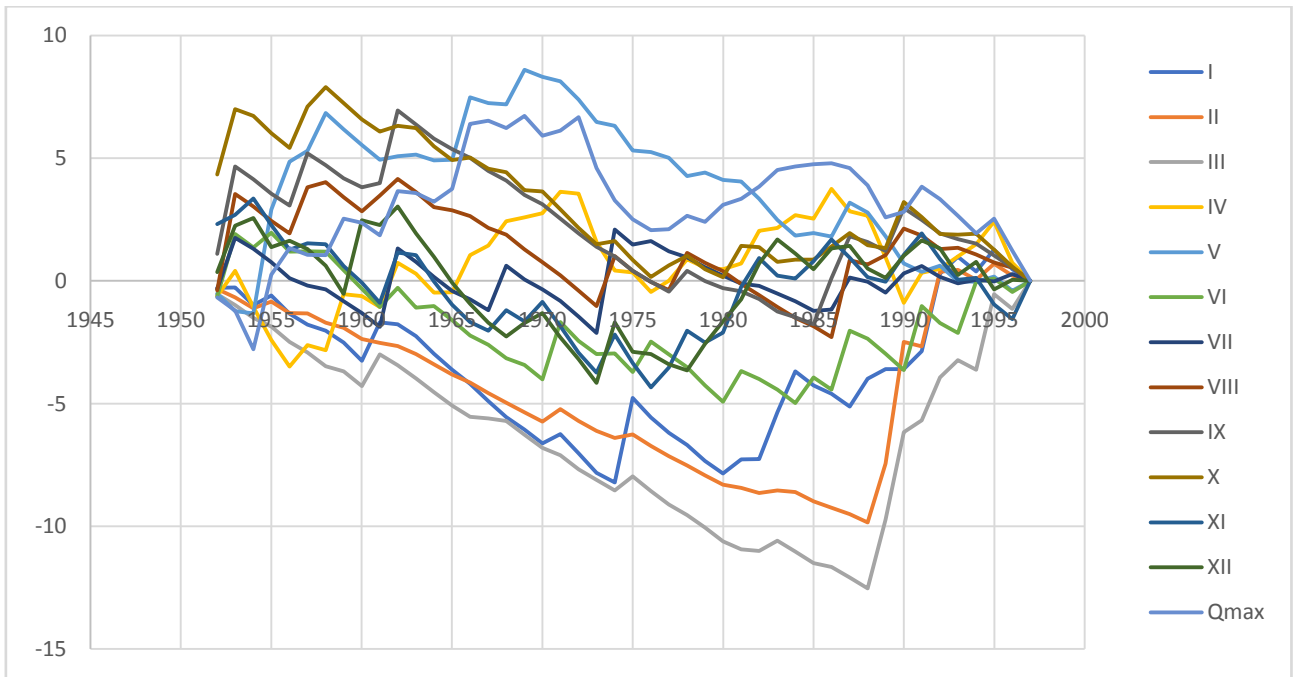


Рисунок 2.3 – Разностная интегральная кривая реки Равань в ст. Бабино

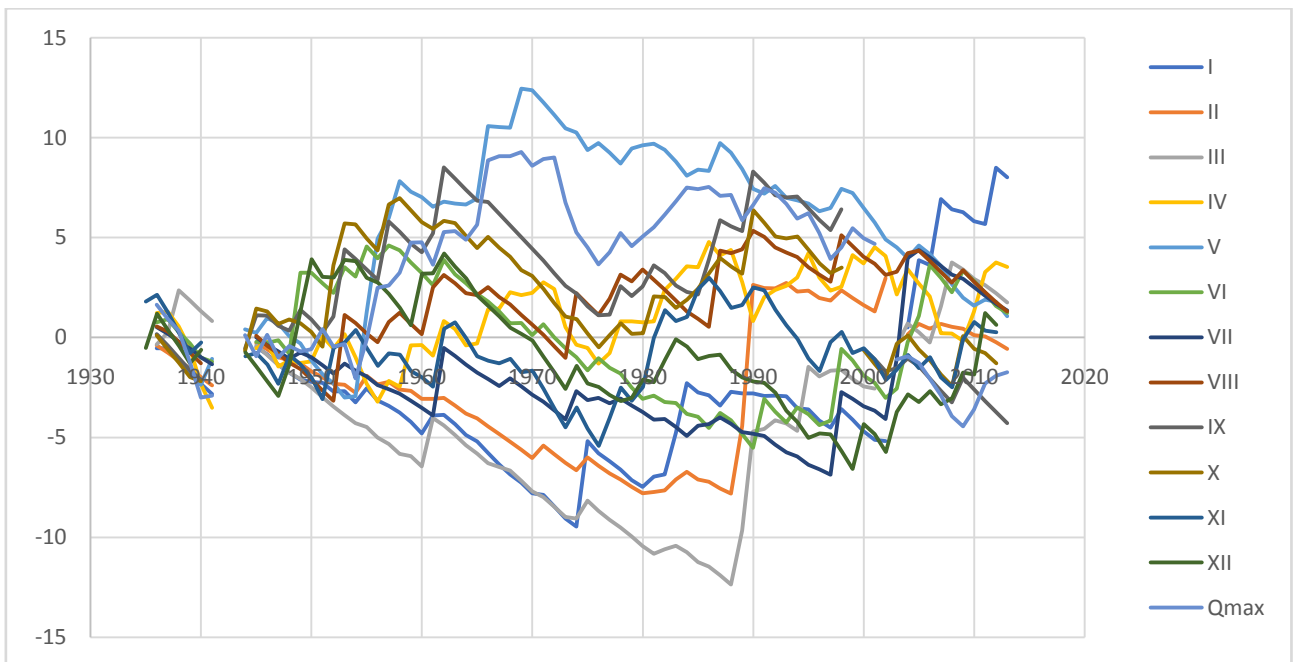


Рисунок 2.4 – Разностная интегральная кривая реки Кересть в ст. Сябреницы

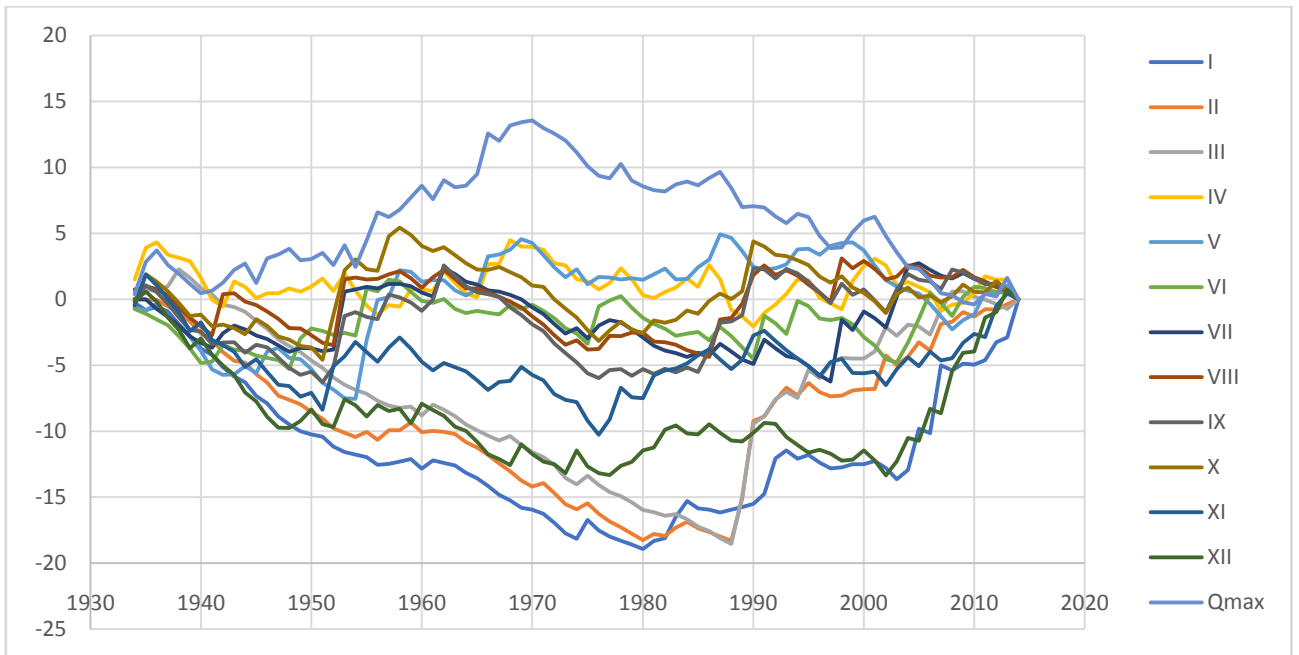


Рисунок 2.5 – Разностная интегральная кривая реки Мста в ст. Девкино

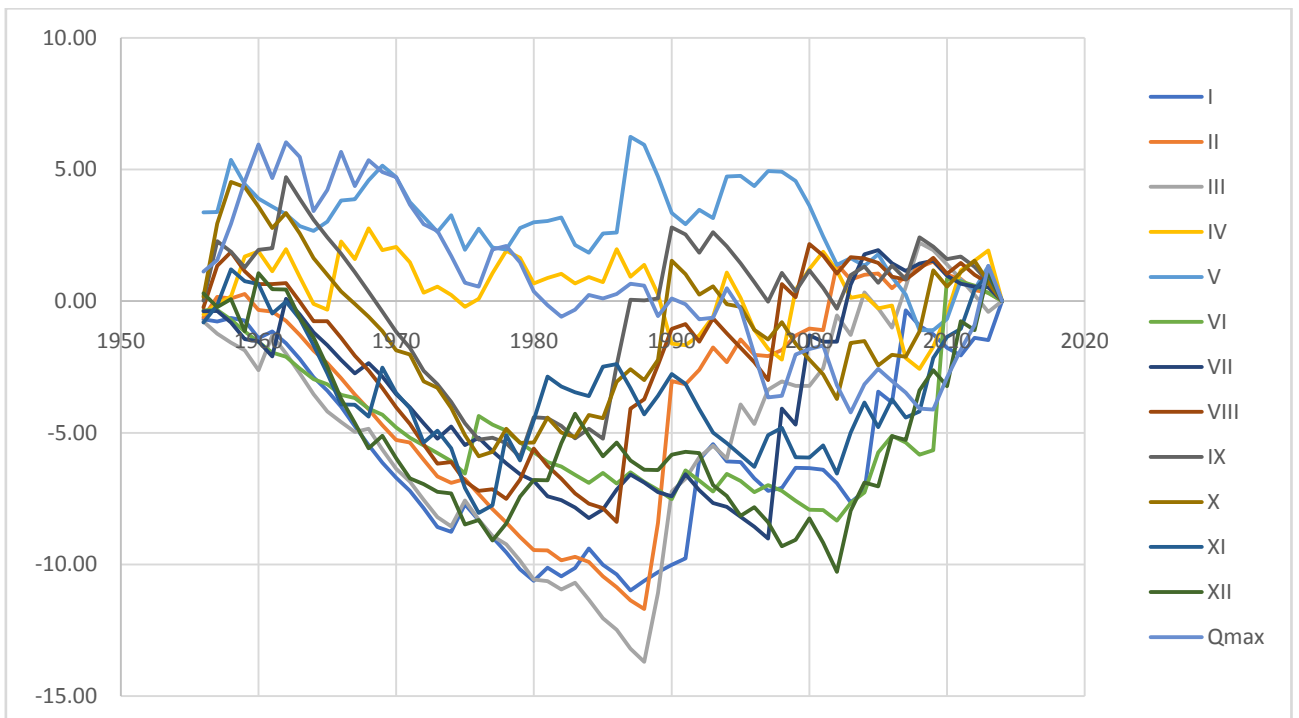


Рисунок 2.6 – Разностная интегральная кривая реки Пола в ст. Налючи

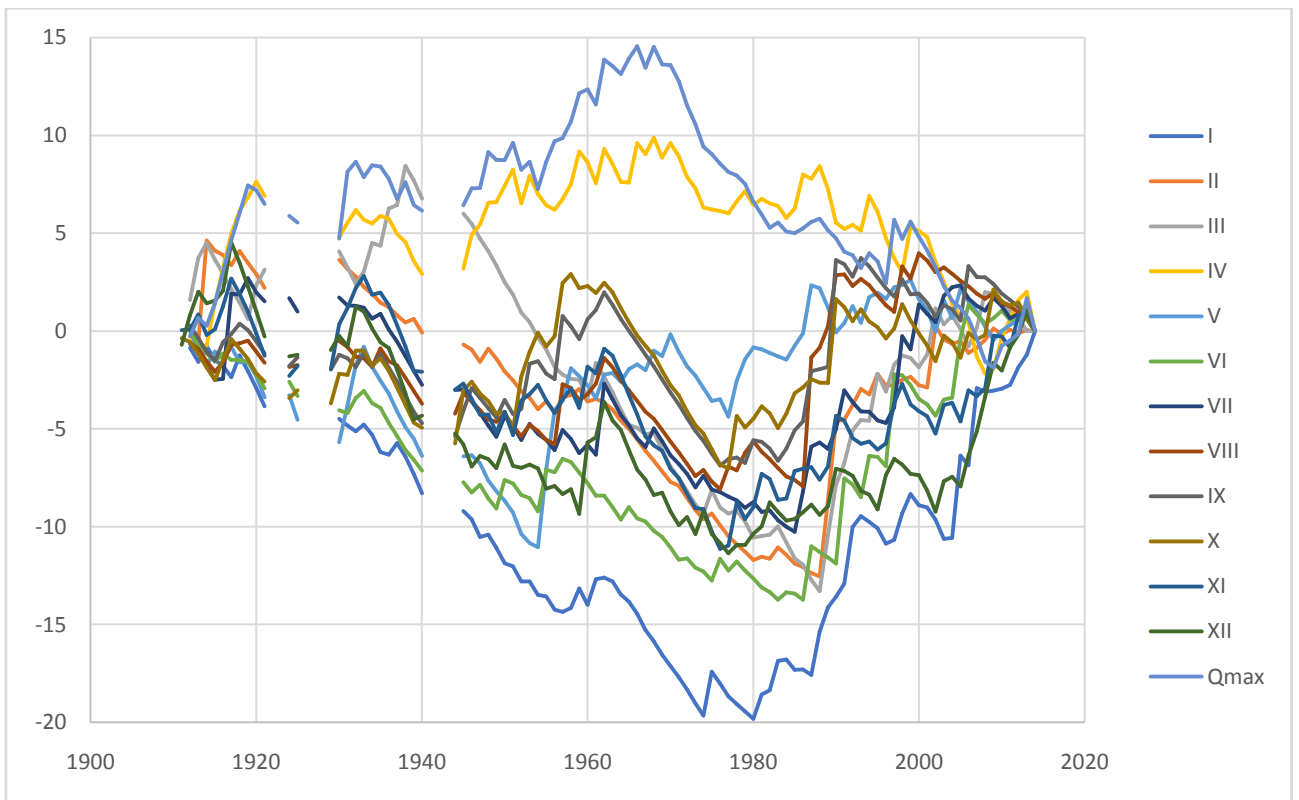


Рисунок 2.7 – Разностная интегральная кривая реки Ловать в ст. Холм

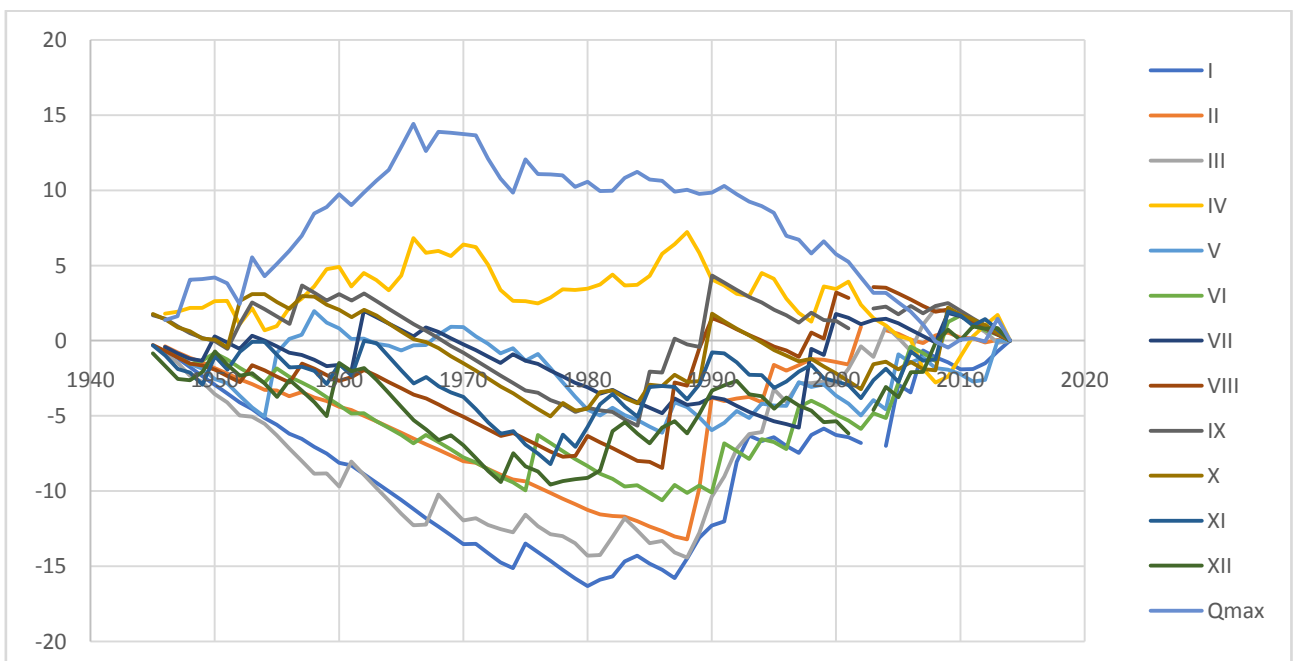


Рисунок 2.8 – Разностная интегральная кривая реки Перехода в ст. Подосонье

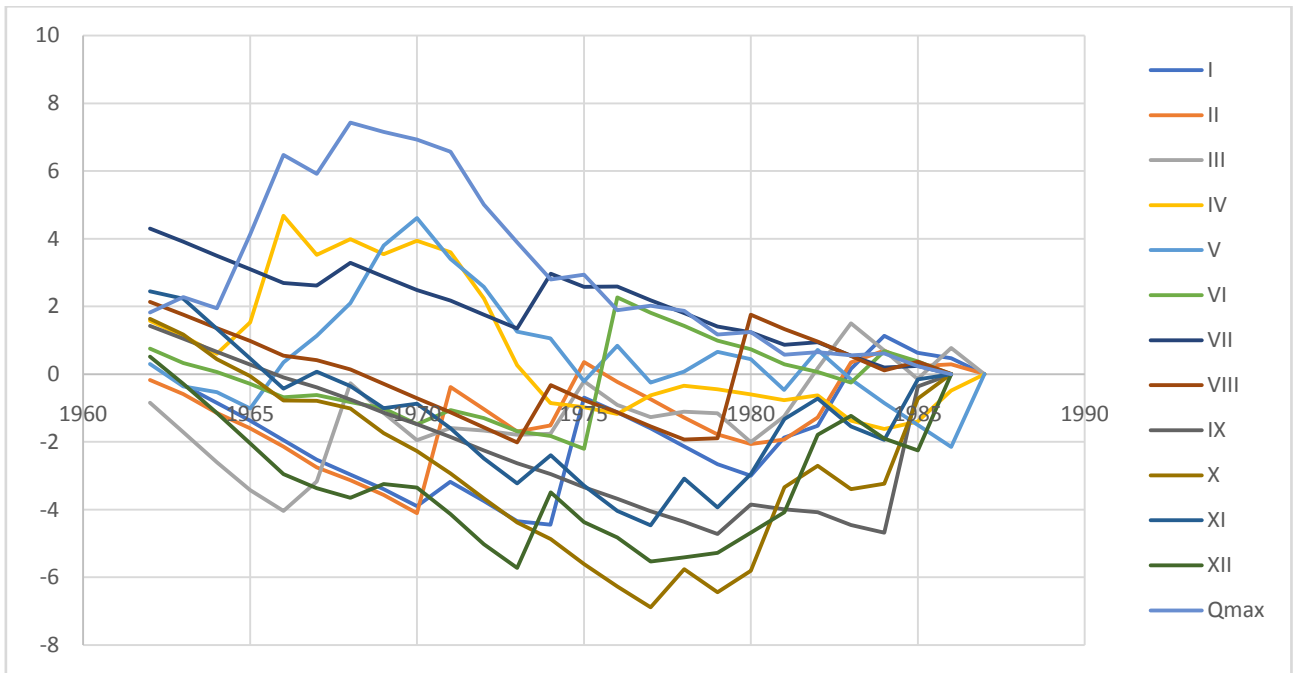


Рисунок 2.9 – Разностная интегральная кривая реки Псежа в ст. Подолож

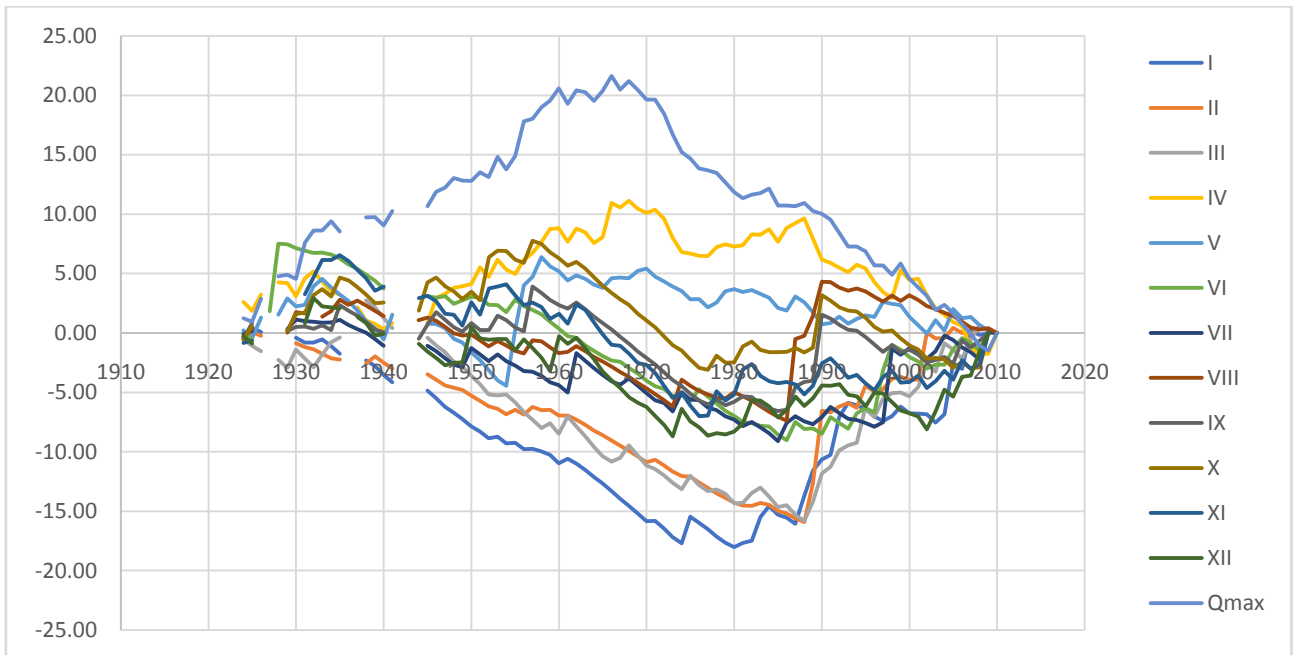


Рисунок 2.10 – Разностная интегральная кривая реки Шелонь в ст. Заполье

2.2 Оценка однородности

Подсчет числовых характеристик возможен, когда ряд является однородным. Это означает, что за все время наблюдений условия формирования стока оставались одинаковыми.

Чтобы проверить однородность ряда, в гидрологии есть особые тесты – критерии однородности. Однородность можно проверить, только в том случае, если ряд непрерывный.

В своей работе автор берет два критерия: критерий Стьюдента и критерий Фишера. Критерий Стьюдента позволяет проверить ряд на однородность по среднему значению, а критерий Фишера – по дисперсии.

Чтобы произвести расчет, исходный ряд разделяется на две примерно одинаковые части и для каждой из них подсчитывается среднее значение, среднеквадратическое отклонение и дисперсия.

Для удобства было использовано средство «анализ данных» в компьютерной программе Microsoft Excel 2013. Данная опция позволяет быстро и оптимально проверить однородность больших объемов данных. За критерий Стьюдент отвечает «Двухвыборочный F-тест для дисперсии». В случае, если ряд по критерию Стьюдента неоднородный, то для критерия Фишера используется «Двухвыборочный t-тест с разными дисперсиями», если однородный, то – «Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями».

В данной работе были проверены однородности месячных расходов воды за весь период. Сравнивая эти два теста, можно сказать, с уверенностью, что однородности по дисперсии больше в рядах, нежели по среднему значению.

В таблицах 2.3 – 2.15 представлен отчет по однородности за каждый пост.

Таблица 2.3 – Оценка однородности в створе р. Волхов – ВИЭС

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера	Комментарий
1	январь	не однороден	не однороден	увеличение дисперсии и среднего
2	февраль	не однороден	не однороден	увеличение дисперсии и среднего
3	март	однороден	не однороден	увеличение среднего
4	апрель	не однороден	не однороден	увеличение дисперсии и среднего
5	май	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
6	июнь	однороден	однороден	-
7	июль	однороден	однороден	-
8	август	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
9	сентябрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
10	октябрь	однороден	однороден	-
11	ноябрь	однороден	однороден	-
12	декабрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
13	Q _{max}	не однороден	однороден	увеличение дисперсии

В таблице 2.3 на реке Волхов июнь, июль, октябрь и ноябрь являются однородными месяцами. Январь, февраль, апрель – не однородными. Март является однородным по дисперсии, а май, август, сентябрь и декабрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.4 – Оценка однородности в створе р. Тигода – ст. Любань

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера	Комментарий
1	январь	однороден	не однороден	увеличение среднего
2	февраль	однороден	не однороден	увеличение среднего
3	март	однороден	не однороден	увеличение среднего
4	апрель	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
5	май	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
6	июнь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
7	июль	однороден	однороден	-
8	август	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
9	сентябрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
10	октябрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
11	ноябрь	однороден	однороден	-
12	декабрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
13	Qmax	не однороден	однороден	увеличение дисперсии

В таблице 2.4 на реке Тигода июль и ноябрь являются однородными месяцами. Январь, февраль, март являются однородным по дисперсии, а апрель, май, август, сентябрь, октябрь и декабрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.5 – Оценка однородности в створе р. Равань - с. Бабино

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера	Комментарий
1	январь	однороден	не однороден	увеличение среднего
2	февраль	однороден	однороден	-
3	март	однороден	не однороден	увеличение среднего
4	апрель	однороден	однороден	-
5	май	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
6	июнь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
7	июль	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
8	август	однороден	однороден	-
9	сентябрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
10	октябрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
11	ноябрь	однороден	однороден	-
12	декабрь	однороден	однороден	-
13	Qmax	не однороден	однороден	увеличение дисперсии

В таблице 2.5 на реке Равань февраль, апрель, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Январь, март являются однородным по дисперсии, а май, июнь, июль, сентябрь и октябрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.6 – Оценка однородности в створе р. Кересть – д. Себряницы

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера	Комментарий
1	апрель	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
2	май	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
3	июнь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
4	июль	однороден	однороден	-
5	август	однороден	однороден	-
6	ноябрь	однороден	однороден	-
7	декабрь	однороден	однороден	-

В таблице 2.6 на реке Кересть июль, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Апрель, май и июнь – однородными по среднему значению.

Таблица 2.7 – Оценка однородности в створе р. Мста – д. Девкино

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера	Комментарий
1	январь	однороден	не однороден	увеличение среднего
2	февраль	однороден	не однороден	увеличение среднего
3	март	однороден	не однороден	увеличение среднего
4	апрель	однороден	однороден	-
5	май	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
6	июнь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
7	июль	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
8	август	однороден	однороден	-
9	сентябрь	однороден	однороден	-
10	октябрь	однороден	однороден	-
11	ноябрь	однороден	однороден	-
12	декабрь	не однороден	не однороден	увеличение дисперсии и среднего
13	Q _{max}	не однороден	не однороден	увеличение дисперсии и среднего

В таблице 2.7 на реке Мста апрель, август, сентябрь, октябрь и ноябрь являются однородными месяцами. Январь, февраль и март являются однородным по дисперсии, а май, июнь и июль – однородными по среднему значению. Декабрь – не однороден по двум характеристикам, также, как и максимальные расходы.

Таблица 2.8 – Оценка однородности в створе р. Пола – д. Налючи

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера	Комментарий
1	январь	однороден	не однороден	увеличение среднего
2	февраль	однороден	не однороден	увеличение среднего
3	март	однороден	не однороден	увеличение среднего
4	апрель	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
5	май	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
6	июнь	однороден	однороден	-
7	июль	однороден	не однороден	увеличение среднего
8	август	однороден	не однороден	увеличение среднего
9	сентябрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
10	октябрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
11	ноябрь	однороден	однороден	-
12	декабрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
13	Q _{max}	однороден	однороден	-

В таблице 2.8 на реке Пола июнь и ноябрь являются однородными месяцами. Максимальные расходы также однородны. Январь, февраль, март, июль и август являются однородным по дисперсии, а апрель, май, сентябрь, октябрь и декабрь – однородными по среднему значению.

Таблица 2.9 – Оценка однородности в створе р. Ловать – г. Холм

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера	Комментарии
1	январь	однороден	не однороден	увеличение среднего
2	февраль	однороден	не однороден	увеличение среднего
3	март	однороден	не однороден	увеличение среднего
4	апрель	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
5	май	однороден	однороден	-
6	июнь	однороден	однороден	-
7	июль	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
8	август	однороден	однороден	-
9	сентябрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
10	октябрь	однороден	однороден	-
11	ноябрь	не однороден	однороден	увеличение дисперсии
12	декабрь	однороден	не однороден	увеличение среднего
13	Q _{max}	однороден	однороден	-

В таблице 2.9 на реке Ловатьмай, июнь и октябрь являются однородными месяцами. Ряд максимальных расходов также однороден. Январь, февраль, март и декабрь являются однородным по дисперсии, а апрель, июль, сентябрь и ноябрь – однородными по среднему значению.

Таблица 2.10 – Оценка однородности в створе р. Перехода – д. Подсосонье

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера	Комментарии
1	март	однороден	не однороден	
2	апрель	не однороден	однороден	
3	май	не однороден	однороден	
4	июнь	однороден	однороден	-
5	июль	не однороден	однороден	
6	октябрь	однороден	однороден	-
7	ноябрь	не однороден	однороден	
8	Qmax	не однороден	не однороден	

В таблице 2.10 на реке Перехода февраль, апрель, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Январь, март являются однородным по дисперсии, а май, июнь, июль, сентябрь и октябрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.11 – Оценка однородности в створе р. Псижа – д. Подолож

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера
1	январь	однороден	однороден
2	февраль	однороден	однороден
3	март	однороден	однороден
4	апрель	не однороден	однороден
5	май	однороден	однороден
6	июнь	однороден	однороден
7	июль	не однороден	однороден
8	август	однороден	однороден
9	сентябрь	однороден	однороден
10	октябрь	однороден	не однороден
11	ноябрь	не однороден	однороден
12	декабрь	не однороден	однороден
13	Qmax	не однороден	однороден

В таблице 2.5 на реке Равань февраль, апрель, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Январь, март являются однородным по дисперсии, а май, июнь, июль, сентябрь и октябрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.12 – Оценка однородности в створе р. Шелонь – д. Заполье

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера
1	январь	однороден	не однороден
2	февраль	однороден	не однороден
3	март	однороден	не однороден
4	апрель	однороден	однороден
5	май	не однороден	однороден
6	июнь	однороден	не однороден
7	июль	однороден	однороден
8	август	однороден	однороден
9	сентябрь	не однороден	однороден
10	октябрь	не однороден	однороден
11	ноябрь	не однороден	не однороден
12	декабрь	однороден	однороден
13	Qmax	не однороден	не однороден

В таблице 2.5 на реке Равань февраль, апрель, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Январь, март являются однородным по дисперсии, а май, июнь, июль, сентябрь и октябрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.13 – Оценка однородности в створе р. Мшага – д. Раглицы

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера
1	январь	не однороден	однороден
2	февраль	однороден	однороден
3	март	однороден	однороден
4	апрель	однороден	однороден
5	май	не однороден	однороден
6	июнь	однороден	однороден
7	июль	не однороден	однороден
8	август	не однороден	однороден
9	сентябрь	не однороден	однороден
10	октябрь	однороден	однороден
11	ноябрь	не однороден	однороден
12	декабрь	не однороден	однороден
13	Qmax	не однороден	однороден

В таблице 2.5 на реке Равань февраль, апрель, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Январь, март являются однородным по дисперсии, а май, июнь, июль, сентябрь и октябрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.14 – Оценка однородности в створе кан. Кондопожский – Кондопожская ГЭС

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера
1	январь	однороден	однороден
2	февраль	не однороден	однороден
3	март	однороден	однороден
4	апрель	однороден	однороден
5	май	не однороден	однороден
6	июнь	однороден	однороден
7	июль	однороден	однороден
8	август	не однороден	однороден
9	сентябрь	однороден	однороден
10	октябрь	однороден	однороден
11	ноябрь	однороден	однороден
12	декабрь	не однороден	однороден
13	Qтах	не однороден	однороден

В таблице 2.5 на реке Равань февраль, апрель, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Январь, март являются однородным по дисперсии, а май, июнь, июль, сентябрь и октябрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.15 – Оценка однородности в створе кан. Пионерский (Суна-Пальозерский) – Пальозерская ГЭС

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера
1	январь	однороден	однороден
2	февраль	однороден	однороден
3	март	однороден	не однороден
4	апрель	не однороден	не однороден
5	май	не однороден	однороден
6	июнь	однороден	однороден
7	июль	однороден	однороден
8	август	однороден	однороден
9	сентябрь	однороден	однороден
10	октябрь	не однороден	однороден
11	ноябрь	не однороден	однороден
12	декабрь	однороден	однороден
13	Qтах	не однороден	однороден

В таблице 2.5 на реке Равань февраль, апрель, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Январь, март являются однородным по дисперсии, а май, июнь, июль, сентябрь и октябрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.16 – Оценка однородности в створе р. Волхов – прист. Гостинопольская

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера
1	февраль	не однороден	однороден
2	март	не однороден	однороден
3	апрель	однороден	однороден
4	май	не однороден	однороден
5	июнь	не однороден	однороден
6	июль	однороден	однороден
7	август	однороден	однороден
8	сентябрь	не однороден	однороден
9	октябрь	не однороден	однороден
10	ноябрь	не однороден	однороден
11	Qmax	не однороден	однороден

В таблице 2.5 на реке Равань февраль, апрель, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Январь, март являются однородным по дисперсии, а май, июнь, июль, сентябрь и октябрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.17 – Оценка однородности в створе р. Волхов – д. Завод

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера
1	январь	однороден	однороден
2	февраль	однороден	однороден
3	март	не однороден	однороден
4	апрель	однороден	однороден
5	май	однороден	однороден
6	июнь	однороден	однороден
7	июль	не однороден	однороден
8	август	не однороден	однороден
9	сентябрь	не однороден	однороден
10	октябрь	не однороден	однороден
11	ноябрь	не однороден	однороден
12	декабрь	однороден	однороден
13	Qmax	однороден	однороден

В таблице 2.5 на реке Равань февраль, апрель, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Январь, март являются однородным по дисперсии, а май, июнь, июль, сентябрь и октябрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

Таблица 2.18 – Оценка однородности в створе р. Свирь - д. Мятусово

№	Месяц	Однородность по критерию Стьюдента	Однородность по критерию Фишера
1	январь	не однороден	однороден
2	февраль	не однороден	однороден
3	март	не однороден	однороден
4	апрель	не однороден	однороден
5	май	не однороден	однороден
6	июнь	не однороден	не однороден
7	июль	не однороден	однороден
8	август	однороден	однороден
9	сентябрь	однороден	не однороден
10	октябрь	не однороден	однороден
11	ноябрь	не однороден	однороден
12	декабрь	не однороден	однороден
13	Qmax	не однороден	однороден

В таблице 2.5 на реке Равань февраль, апрель, август, ноябрь и декабрь являются однородными месяцами. Январь, март являются однородным по дисперсии, а май, июнь, июль, сентябрь и октябрь – однородными по среднему значению. В максимальных расходах также прослеживается однородность только среднему значению.

2.3 Статистические параметры рядов наблюдений

Как известно, наиболее часто используемые на практике параметры являются: норма стока, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации и коэффициент асимметрии.

Нормой стока называется среднее значение за многолетний период

Дисперсия высчитывается по формуле:

$$D_x = M[(X - m_x)^2], \quad (2.1)$$

где m_x – математическое ожидание.

$$\sigma_x = \sqrt{D_x}, \quad (2.2)$$

$$C_v = \frac{\sigma_x}{m_x}, \quad (2.2)$$

Среднеквадратическое отклонение является квадратным корнем от дисперсии (2.2), а коэффициент вариации рассчитывается, как отношение среднеквадратического отклонения к математическому ожиданию (2.3). Математическое ожидание – это генеральное среднее, то есть среднее значение данного ряда. Все три характеристики взаимосвязаны, следовательно, на практике можно использовать одну любую из них. Выбор параметра зависит от специфики задачи.

3. Расчет водного баланса бассейна оз. Ильмень

Так как плотина в истоке реки Волхов возведена в значительном удалении от озера Ильмень, то так называемое озерно-речное водохранилище.

3.1 Стокоформирующие осадки

Поступление воды за счет осадков, выпавших на зеркало водоема, определяется по наблюдениям островных и береговых дождемерных пунктов. При этом в показаниях осадкомеров вводятся поправки (на смачивание, выдувание и переход от показаний дождемера к осадкомеру).

Средний по водоему слой осадков определяется путем подсчета как среднего арифметического или как средневзвешенного значения.

1. Метод среднего арифметического значения применяется, когда дождемерные пункты размещены по территории более или менее равномерно, их достаточное количество и осадки по площади изменяются незначительно.

Средний слой осадков получается как частное от деления суммы осадков по всем метеостанциям $\sum x_i$, принятым для расчета, на число этих станций n

$$x = \sum x_i / n$$

Основное преимущество метода заключается в его простоте и малой трудоемкости.

2. Метод взвешивания по площадям используется для случаев неравномерного распределения осадков по площади водосбора. Вычисление среднего по площади слоя осадков производится с учетом площадей, тяготеющих к станциям. Для выделения этих площадей соседние станции на схеме соединяют прямыми линиями, через середины которых проводят перпендикуляры до их пересечения. В результате такого построения перпендикулярные линии становятся границами полигонов, тяготеющих к метеорологическим станциям, расположенным в их центральной части. Сумма осадков, зафиксированная центральной станцией, относится ко всей площади полигона. Площади f_i , относящиеся к каждой станции, планиметрируются и выражаются в долях от общей площади бассейна $k = f_i / F$.

Средневзвешенная сумма осадков вычисляется по формуле:

$$x = x_1k_1 + x_2k_2 + \dots + x_nk_n = \sum x_i k_i$$

3.2 Водоотдача

Сток воды из водоема

Сток воды из водоема определяется по данным учета стока через гидротехническое сооружение для водохранилищ и по данным измерений на гидростворе на вытекающей реке для озер. При этом гидроствор должен быть расположен вблизи истока реки. Если учет стока производится на значительном удалении от озера, необходимо подсчитать боковой приток в реку на участке от ее истока до гидроствора. Сток из озера получится как

разность между стоком, измеренным на гидростворе, и боковым притоком.

3.2.2 Потери воды на испарение

1. Потери воды на испарение с водной поверхности определяются по формуле ГГИ за период, свободный от ледяного покрова.

$$E = 0,14n(e - e_2)(1 + 0,72u),$$

где E – месячная сумма испарения, мм;

e - среднее значение максимальной упругости водяного пара, вычисленное по температуре поверхности воды в водоеме, мбар;

e_2 - среднее значение упругости водяного пара (абсолютная влажность воздуха) над водоемом на высоте 2 м, мбар;

u - средняя скорость ветра над водоемом на высоте 2 м, м/с;

n – число дней в расчетном интервале времени за который принимается месяц, а в начале и конце безледоставного периода – соответствующее число суток от даты вскрытия до конца данного месяца и от начала последнего месяца безледоставного периода до даты замерзания водоема.

Чтобы рассчитать испарение по приведенной выше формуле, необходимо знать температуру и влажность воздуха и скорость ветра, измеренные непосредственно над поверхностью водоема. Таких наблюдений практически не имеется. Поэтому для расчета испарения используют данные о состоянии воздушной массы, полученные на континентальных метеостанциях, но с учетом ее трансформации при переходе с суши на водную поверхность. Чтобы использовать данные континентальных метеостанций, их корректируют

введением коэффициентов.

Скорость ветра над водоемом значительно больше, чем над сушей, вследствие меньшей шероховатости водной поверхности по сравнению с поверхностью суши. Шероховатость подстилающей поверхности суши изменяется по географическим зонам, достигая наибольших значений в лесной зоне. Средняя скорость ветра над водоемом на высоте 2 м u (м/с) определяется по формуле:

$$u = K_1 K_2 K_3 u_f,$$

где K_1, K_2, K_3 – коэффициенты, учитывающие соответственно степень защищенности метеорологической станции на суше, характер рельефа и среднюю длину разгона воздушного потока над водоемом L_{cp} при различной его защищенности.

u_f – скорость ветра на высоте флюгера.

Средняя длина разгона воздушного потока представляет собой среднее взвешенное расстояние с учетом повторяемости направления ветра по акватории водоема. На план водоема наносят две системы прямоугольных сеток из параллельных профилей, ориентированных в первом случае с севера (С) на юг (Ю) и с запада (З) на восток (В), а во втором – с северо-запада (СЗ) на юго-восток (ЮВ) и с северо-востока (СВ) на юго-запад (ЮЗ). Средняя длина разгона для каждого направления профиля L_i вычисляется как среднее арифметическое из длин всех профилей этого направления. Для всей акватории водоема средняя длина разгона вычисляется по формуле:

$$L_{cp} = 0,01 [L_{c-ю} (N_c + N_{ю}) + L_{z-в} (N_z + N_в) + L_{cз-юв} (N_{cз} + N_{юв}) + L_{св-юз} (N_{св} + N_{юз})]$$

+ Ньюз)],

где $L_{с-ю}$, $L_{з-в}$ и т.д. – средняя длина разгона воздушного потока по профилям соответствующих направлений, км,

$(N_{с} + N_{ю})$, $(N_{з} + N_{в})$ и т.д. – сумма повторяемостей румбов, %.

Максимальная упругость водяного пара e определяется по средней температуре поверхности воды $t_{ср}$.

Средняя по акватории абсолютная влажность воздуха над водоемом на высоте 2 м e' рассчитывается по формуле:

$$e = e' + (0,8e - e')M,$$

где e' – средняя за расчетный интервал времени абсолютная влажность воздуха, измеренная на континентальной метеостанции, мбар;

e – максимальная упругость водяного пара за этот же интервал времени, определенная по температуре поверхности воды в водоеме, мбар;

M – коэффициент трансформации, учитывающий среднее изменение абсолютной влажности и температуры воздуха в зависимости от размера водоема.

Коэффициент трансформации определяется по таблице в зависимости от средней длины разгона воздушного потока над водоемом и разности между температурой поверхности воды в водоеме и температурой воздуха на континентальной метеостанции.

2. Испарение с поверхности снега и льда

При определении испарения с поверхности снега за месяц и более продолжительный период применяется упрощенная формула

$$E = 0,37nd ,$$

Где n – число суток в расчетном периоде

d – дефицит влажности воздуха на высоте 2м, мбар.

3.3 Речной сток

