



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(выпускная квалификационная работа)

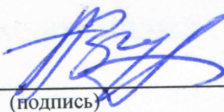
На тему **Минимальный летне-осенний
сток рек бассейна реки Кама**

Исполнитель Чикурова Ангелина Андреевна
(фамилия, имя, отчество)

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

Сикан Александр Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

К.Т.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

Г.

12.06.23

Санкт-Петербург
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ	5
1.1. Географическое положение.....	5
1.2. Рельеф и геологическое строение.	6
1.3. Карст.....	8
1.4. Почвы.	10
1.5. Растительность.....	10
1.6. Общая характеристика гидрографической сети.....	13
1.7. Климат.	14
2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕК.....	19
3. МИНИМАЛЬНЫЙ ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ СТОК	22
3.1. Исходные данные	22
3.2. Методика расчета минимального летне-осеннего стока при отсутствии данных гидрометрических наблюдений по СНиП 2.01.14 – 83 ...	24
3.3. Районирование территории с использованием методов кластерного анализа	27
3.3.1. Результаты расчета при трех кластерах.....	28
3.3.2. Результаты расчета при четырех кластерах	34
3.3.3. Результаты расчета при пяти кластерах	41
3.3.4. Итоги районирования и рекомендации по расчету минимальных летне-осенних расходов малых рек	49
3.3.5. Расчет минимальных 30-суточных модулей стока 80 %-ной обеспеченности средних рек	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	54

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с требованиями СП 33-101-2003 минимальные расходы воды на реках при отсутствии данных гидрометрических наблюдений определяются по методике А.М. Владимирова. Для малых рек $Q_{30,80\%}$ определяются по формуле в зависимости от площади водосбора или средней высоты водосбора, для средних рек $q_{30,80\%}$ определяются по картам или методом пространственной интерполяции. Однако в настоящее время карты и таблицы параметров, с использованием которых раньше проводились расчеты, отменены. И требуется их обновление с учетом данных наблюдений за последние 30-40 лет.

Цель настоящего исследования: разработать методику расчета минимального летне-осеннего стока для рек бассейна Камы при отсутствии данных гидрометрических наблюдений с учетом данных наблюдений за последние годы. В связи с этим решались следующие задачи.

- Дать краткую физико-географическую характеристику района исследований.
- Выявить особенности формирования минимального стока на рассматриваемой территории.
- Выполнить районирование территории для расчета минимального летне-осеннего стока малых рек и оценить для каждого района параметры расчетной формулы.
- Дать рекомендации по расчету минимальных летне-осенних расходов средних рек при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.

Работа состоит из 3 глав, введения и заключения.

В первой главе дана краткая физико-географическая и климатическая характеристика района исследований. Приводятся сведения о климате, рельефе и геологическом строении. Представлена схема распространения карстовых пород в бассейне реки Камы. Дано описание почв и растительности. Приведена общая характеристика гидрографической сети.

Во второй главе представлена общая характеристика водного режима рек бассейна Камы. Дано описание весеннего половодья, летне-осенних паводков, зимней межени. Дан анализ распределения стока по сезонам года.

В третьей главе дано описание методики расчета минимального летне-осеннего стока при отсутствии данных гидрометрических наблюдений по СНиП 2.01.14 – 83. Выполнено районирование территории по условиям формирования минимального летне-осеннего стока с использованием методов кластерного анализа. Даны рекомендации по расчету минимальных 30-суточных модулей стока 80 %-ной обеспеченности малых и средних рек при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.

В заключении представлены основные результаты проделанной работы.

Бакалаврская работа содержит 25 рисунков, 21 таблица, 2 приложения и список использованных источников из 12 наименований. Общий объем работы 57 страниц.

1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

1.1. Географическое положение

Бассейн реки Камы включает Пермский край, республики Башкортостан и Удмуртию, западную часть Свердловской области, северо-западную территорию Челябинской области, восточную часть Кировской области, Республик Татарстан и Марий-Эл, а также незначительные участки Республики Коми, Оренбургской и Нижегородской областей (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Бассейн реки Камы.

1.2. Рельеф и геологическое строение.

Реку Каму принято считать притоком Волги – крупнейшей водной артерии Европы. Хотя по ряду важных признаков (геологический возраст долины, водоносность) она может рассматриваться и как главная река в данной речной системе. Но и оставаясь по исторически сложившейся иерархии притоком Волги, Кама является второй по длине и площади водосбора рекой Европейской России. Она обладает значительной водоносностью и даже в масштабе всей России входит по этому признаку в десятку крупнейших рек.

Бассейн р. Камы располагается на стыке двух крупных географических стран – Восточно-Европейской, или Русской, равнины и Уральских гор в пределах лесной и частично лесостепной природных зон.

С созданием на Волге Куйбышевского водохранилища приустьевой участок Камы стал акваторией этого водоема. Поэтому пределы Камского бассейна ограничиваются сейчас в его нижней части створом, расположенным непосредственно ниже устья р. Вятки. В связи с этим площадь бассейна сократилась на 3% и составляет в настоящее время 507 тыс. км². Указанное обстоятельство, а также спрямление участков реки, занятых водохранилищами, привело и к уменьшению общей длины Камы с 2030 до 1805 км.

По рельефу и геологическому строению в бассейне р. Камы четко выделяются Урал и Русская равнина (рисунок 1.2). Последняя в примыкающей к Уралу части называется Приуральем или Предуральем. Горная страна Урал в пределах Камского бассейна представлена тремя его частями: Северным, Средним (наиболее пониженным) и Южным Уралом. Эти горы характеризуются преимущественно небольшой высотой (400-600 м), мягкими очертаниями и в то же время значительной расчлененностью поверхности. Отдельные участки горных хребтов возвышаются на этом фоне до 1000 и реже – до 1500-1600 м. Общая картина рельефа Урала отличается большой сложностью. Он раздроблен на ряд меридионально вытянутых хребтов, гряд и

увалов, разделены продольными и поперечными понижениями – частями речных долин. Одна из них – долина притока Камы р. Чусовой прорезала наиболее пониженную среднюю часть Урала, начинаясь в его восточной части. Наиболее мощные горные сооружения располагаются на Южном Урале, расширяющемся до 150-200 км. Здесь располагается наивысшая точка Камского бассейна гора Ямантау (1638 м).

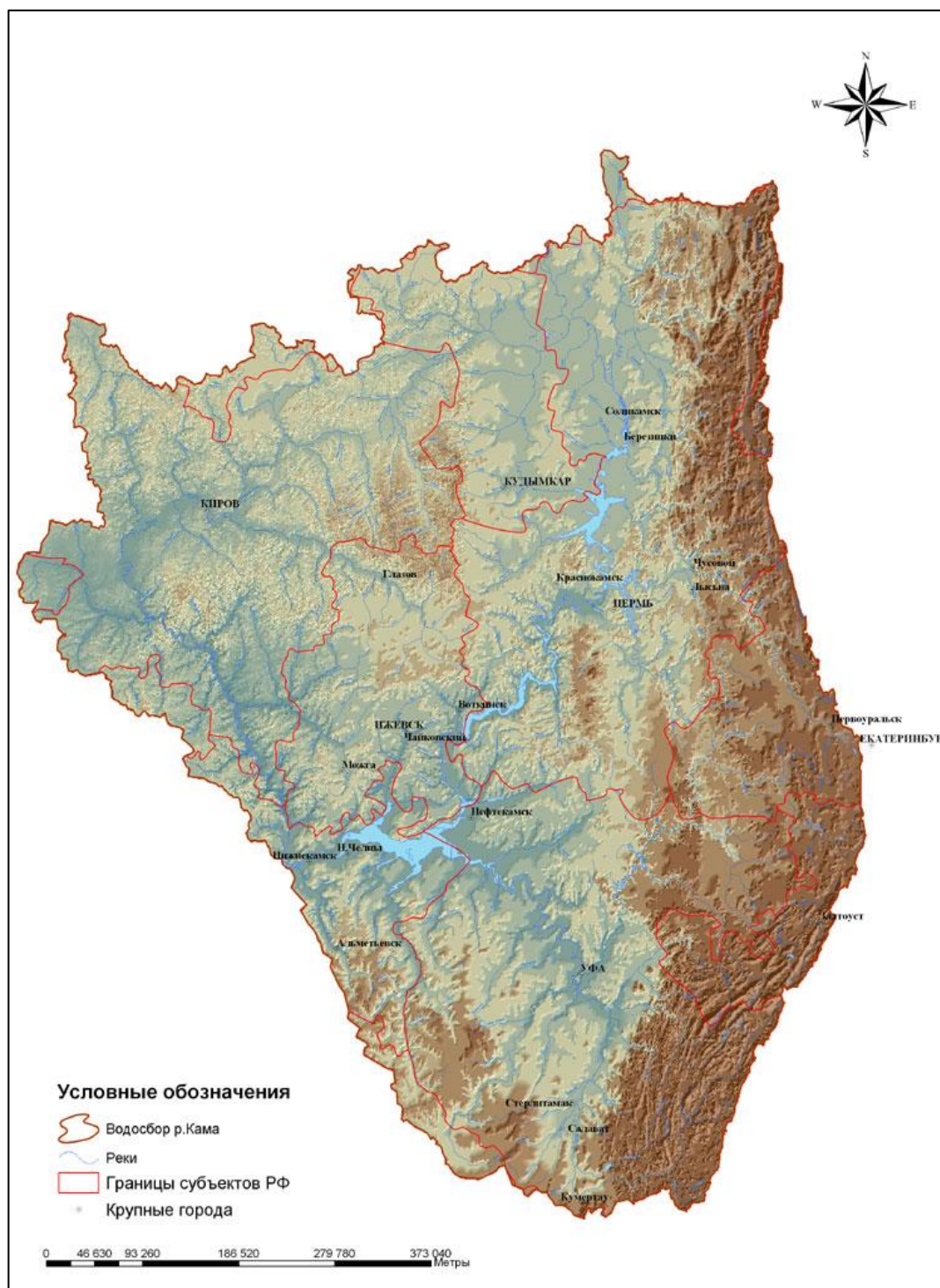


Рисунок 1.2 – Карта рельефа бассейна реки Камы.

Западные предгорья Урала представлены на севере системой постепенно понижающихся хребтов, а в средней части – невысокими кряжами, возвышающимися среди выровненных пространств. Близ Среднего Урала располагается плоское сильно расчлененное Уфимское плато высотой до 500 м, являющееся выступом кристаллического фундамента Русской платформы. К Южному Уралу примыкает с запада система хребтов высотой до 280-300 м, постепенно переходящих в равнину.

Геологическое строение Урала, находящегося в зоне контакта Русской и Сибирской платформ, чрезвычайно разнообразно. В тектоническом отношении он представляет собой систему сложных, чередующихся между собой поднятий и погружений. Наиболее распространенными здесь являются палеозойские отложения. Что же касается возвышенностей Предуралья, то они сложены преимущественно осадочными породами (пески, глины, песчаники, известняки и др.).

1.3. Карст.

Характерное явление для западного склона Урала – карст, развивающийся в осадочных породах (известняки, доломиты, гипсы и др.).

Границы

распространения основных районов закарстованных пород схематически представлены на рисунке 1.3. В зависимости от мощности и глубины заложения этих пород по отношению к речным долинам, карст оказывает различное воздействие на водный режим рек. В некоторых случаях горные потоки на отдельных участках поглощаются карстовыми полостями, затем вновь выходят на поверхность. Сток многих мелких рек, бассейны которых представляют незамкнутую систему, снижается по отношению к зональному и часто может прекращаться в период межени. В то же время, из-за несовпадения границ поверхностных и подземных водоразделов, нередко случаи значительного превышения стока его зонального значения. Что

касается крупных рек, русла которых полностью дренируют карстующиеся породы, то они отличаются, наоборот, стабильным стоком как внутри года, так и в многолетнем плане.

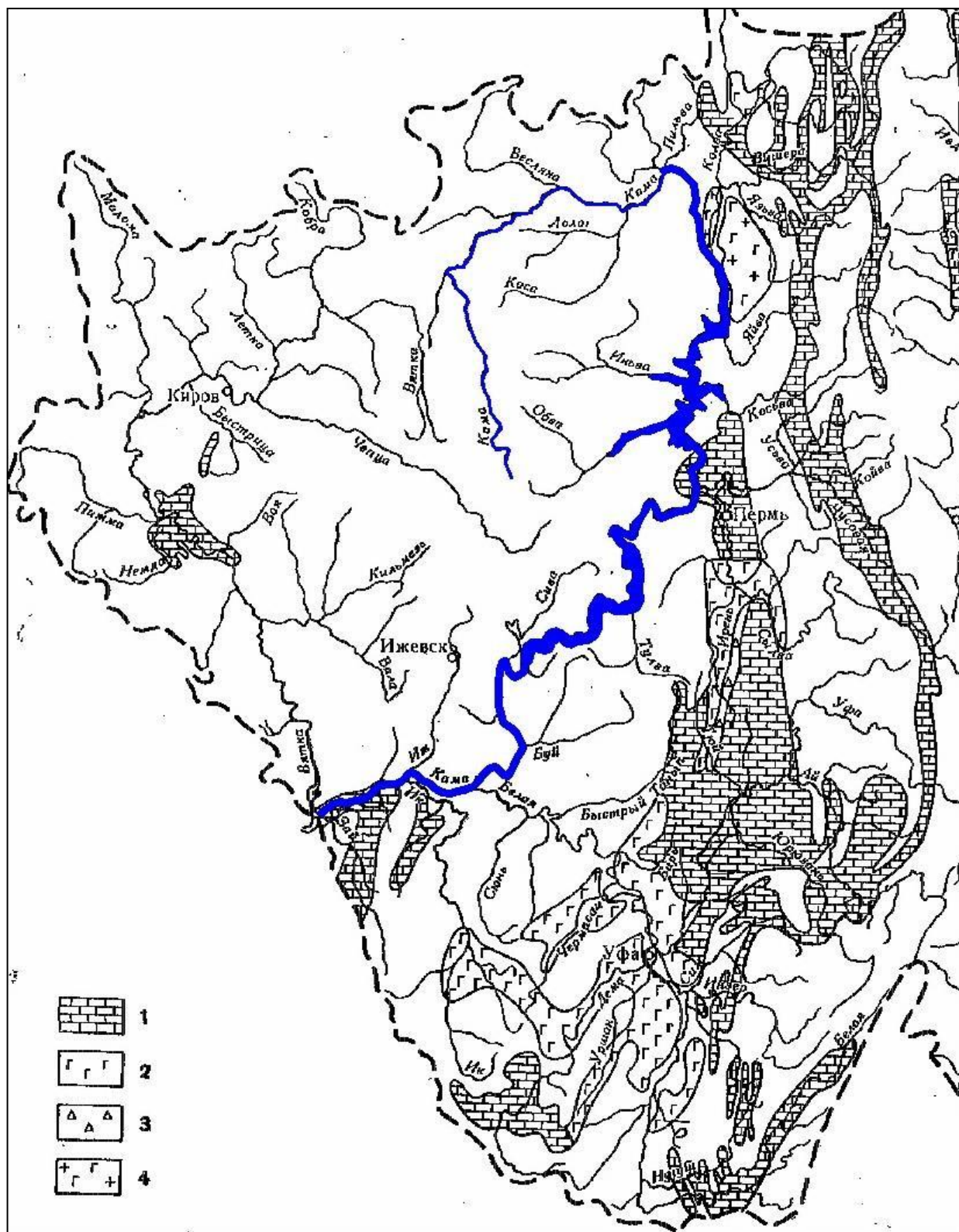


Рисунок 1.3 – Схема распространения карстовых пород в бассейне реки Камы.

1.4. Почвы.

Река Кама несет свои воды преимущественно между возвышенностями Высокого Заволжья по широкой долине, которая местами сужается.

Почвы в бассейне Камы в верхнем и среднем течении дерново-подзолистые, дерново-подзолистые железистые, подзолистые, иллювиально-гумусово-железистые и железистые. В нижнем течении почвы серые лесные. Почвообразующие породы глинистые, суглинистые, песчаные и супесчаные.

1.5. Растительность.

В верхнем и среднем течении на территории бассейна реки Кама растительность представлена тёмно-хвойными травяно-кустарничковыми южно-таёжными приуральскими елово-кедрово-пихтовыми лесами, сосновыми средне- и южно-таёжными североевропейскими лесами, тёмно-хвойными кустарничковыми зеленомошными среднетаёжными приуральскими елово-пихтово-кедровыми лесами. В среднем и нижнем течении реки Кама территория её бассейна покрыта широколиственно-темнохвойными приволжскими елово-пихтовыми с черешчатым дубом и липой лесами, широколиственными восточноевропейскими дубовыми лесами. На юге луговые степи и остепнённые луга (лесостепь) заволжские с дубовыми лесами.

В пределах Прибалтийско-Ветлужского региона распространены еловые леса. Значительные площади заняты сосновыми лесами с травяно-кустарничковым покровом. В долине Вятки встречаются отдельные массивы липово-пихтово-еловых лесов. Лесистость территории достигает 78 %, но сохранность лесов сравнительно небольшая – более половины лесопокрытых площадей приходится на лесные производные массивы с преобладанием мелколиственных пород.

В Приуральском регионе абсолютно преобладают пихтово-еловые леса. Однако более 2/3 площади распространения занято вторичными лесами с преобладанием мелколиственных пород. Сосновые леса приурочены к террасам крупных рек – Камы, Вятки, Чепцы, Косы. Липово-пихтово-еловые леса занимают небольшие площади по долинам рек. Лесистость составляет 64%, она заметна больше в северной и восточной частях региона.

К Вятско-Камскому региону широколиственно-хвойных лесов относится центральная часть территории бассейна. В контактной полосе бореальных хвойных таежных лесов (на севере) и широколиственных лесов и лесостепи (на юге) находятся подтаежные леса. Хвойные древостои обогащены участием широколиственных древесных пород (главным образом – липы). В подтаежных лесах незначительно участие дуба и относительно мало участие клена в сложении древостоев, отсутствует ясень. Ведущей широколиственной породой является липа. Темнохвойные породы представлены елью и пихтой.

Западная и восточная части Вятско-Камского эко-региона отличаются по характеру современного растительного покрова, что связано с естественными их различиями в продолжительности и масштабах хозяйственного освоения территории. Западная часть этой территории характеризуется относительно малой лесистостью – около 45 %. Здесь широко распространены пихтово-еловые и липово-пихтово-еловые леса, отличающиеся разнообразием. По долинам Вятки и ее притоков (Воя, Кильмезь), а также в среднем течении

Ветлуги распространены массивы сосновых и широколиственно-сосновых лесов.

На левобережье Камы лесистость превышает 60 % (при небольшой сохранности лесов). Здесь много липово-пихтово-еловых лесов всех типологических групп.

К востоку от р. Камы и южнее восточноевропейские широколиственные леса встречаются отдельными массивами, чередуются с участками луговых

степей (лесостепи). В настоящее время на равнинах они занимают примерно 10–15 % территории, в лесостепной зоне – 10–12 % площади. Для этой части бассейна Камы характерно сочетание фрагментов широколиственных лесов и лесостепи.

Степные участки представлены луговыми и разнотравно-ковыльно-типчачовыми степями, которые сильно трансформированы. В западной части территории сохранились небольшие фрагменты сосновых и широколиственно-сосновых лесов. Богато разнотравно-ковыльные (на севере) и ковыльно-разнотравные (на юге) степи почти полностью распаханы. В той или иной степени деградированная степная растительность сохранилась только по склонам речных долин и оврагов.

Западно-Среднеуральский горный экорегион занимает крайний северо-восток бассейна Камы. Для региона характерна последовательная смена высотных поясов. Горно-таежный пояс с преобладанием пихтово-еловых зеленомошных и папоротниковых лесов расположен на высотах 300-700 м. Верхняя граница леса соответствует высотам 700-800 м. На Среднем Урале пояс горных тундр начинается с высоты 800м; на Южном Урале он расположен значительно выше – 1300-1500 м.

Южно-Уральский горный экорегион имеет другую систему высотных поясов. В зональном плане Южный Урал относится к зоне широколиственных лесов. В высотно-поясном спектре здесь преобладают широколиственные, преимущественно дубовые и липово-дубовые леса, поднимающиеся до высоты 400-650 м; выше идут елово-пихтовые леса. Верхняя граница леса находится на высоте 750 м, где специфичны дубовые редколесья. Выше идут можжевельниковые стланики, березово-ивовые кустарники с фрагментами субальпийских лугов. В горно-тундровом поясе преобладают мохово-лишайниковые и дриадовые тундры.

Лесистость в бассейне р. Кама неодинакова; она уменьшается при переходе от таежных лесов к лесостепным территориям. Средняя лесистость бассейна региона относительно велика, составляет порядка 60 %. В северной

части бассейна она достигает 80-85 %; в широколиственно-хвойных лесах – порядка 50 %; в небольшой по площади полосе широколиственных лесов лесопокрываемые площади составляют 15 % (приволжская часть), 12 % (заволжская лесостепь). В других условиях лесостепи лесистость меньше – до 5-6 %.

В многочисленных заливах и затоках реки Кама хорошо развита водная растительность.

1.6. Общая характеристика гидрографической сети.

Граница Камы на севере начинается от её истока. Четыре ключа, вытекающие из-под горы недалеко от села Кулига в Удмуртии, сливаются в небольшие ручейки. Затем они соединяются с речкой Быструшкой и образуют реку.

Кама течёт сначала на северо-запад, затем на северо-восток. Через 200 км она поворачивает на юг, в сторону Пермского края, проходит вдоль предгорий Урала и выходит на равнину. А в самых низовьях она течёт на запад.

Устье Камы находится у села Грахань, ниже впадения Вятки (республика Татарстан). Южная граница реки находится в месте впадения её в Камский залив Куйбышевского водохранилища.

Воды Камы питаются её притоками. В Каму впадает 74718 притоков: Основные левые притоки: Весляна, Чусовая, Белая, Косьва, Вишера. Крупные правые притоки: Коса, Лысьва, Тойма, Вятка, Иньва, Обва.

В настоящее время, в связи с гидротехническим строительством, Кама делится на два главных участка:

- река в естественном состоянии;
- река в зарегулированном состоянии.

На разных участках Камы характер течения её различный.

В верхнем течении: Верховья Камы начинаются с истоков и делятся до устья реки Весляна. На этом участке она имеет узкое и извилистое русло. После впадения в неё Пильвы это уже полноводная река.

Следующий участок – Верхняя Кама. Начинается от Весляны и длится до устья реки Вишеры. Берега Верхней Камы низкие и заболоченные. На пойме много озёр. Об истоке реки Кама можно узнать из этой статьи.

В среднем: Средняя Кама – участок от устья Вишеры до плотины Воткинской ГЭС. После слияния с мощной горной рекой Вишерой она становится ещё полноводней и течёт на юг вдоль западных отрогов Уральских гор по широкой долине. Здесь её водность в 10 раз выше, чем в верховьях. Сейчас долина заполнена водами Камского и Воткинского водохранилищ.

До устья реки Белой левый берег низкий, а правый – возвышенный и местами обрывистый. Затем вид берегов меняется: правый берег теперь высокий, а левый – пологий.

В нижнем: Кама принимает около 40 притоков, разливается Нижнекамским водохранилищем, а затем впадает в Камский залив Куйбышевского водохранилища. Здесь воды Камы сливаются с волжскими. В настоящее время нет чёткой границы в месте слияния вод Волги и Камы.

На участке бывшего её устья теперь находится Волжско-Камский биосферный заповедник, где сохраняется уникальный природный комплекс и изучается влияние на него хозяйственной деятельности человека.

1.7. Климат.

Бассейн Камы располагается на востоке умеренно-теплой и умеренно-влажной атлантико-континентальной европейской области умеренного климатического пояса. С севера он граничит с умеренно теплой и избыточно влажной атлантико-арктической областью, с юга – с очень теплой и недостаточно влажной областью умеренного климата. Зима длинная, холодная, с устойчивым снежным покровом. Удаленность от Атлантического океана способствует увеличению континентальности климата с запада на восток, что проявляется в уменьшении количества осадков и увеличению

годовой амплитуды температур по сравнению с районом Верхней Волги. Годовая амплитуда температур (разность между средней месячной температурой самого теплого и холодного месяцев) в этом районе составляет 30–35 °С, возрастая к востоку до 37–40°С .

В течение года преобладает влияние умеренных морских и континентальных воздушных масс, дополнительные черты климату придает регулярная адвекция арктического и тропического воздуха.

Средние многолетние годовые суммы радиационного баланса подстилающей поверхности в бассейне Камы возрастают с севера на юг от 1100 МДж/м² год до 1500 МДж/м² год. При средних условиях облачности величина баланса составляет 30–40 % приходящей суммарной солнечной радиации. Отрицательные значения радиационного баланса (средние месячные величины) наблюдаются с ноября по февраль. Наименьшие значения отмечаются в декабре – январе: 25– 40 МДж/м² мес. С марта по октябрь баланс положителен и достигает максимума в период наибольшей высоты солнца в июне (~350 МДж/м² мес.).

Средняя годовая температура воздуха в пределах бассейна Камы уменьшается с юго-запада на северо-восток вследствие широтного уменьшения радиационного баланса и ослабления морского влияния Атлантики. На большей части территории она выше нуля и составляет 0–3 °С. На отдельных участках возвышенностей средняя годовая температура отрицательна – с увеличением высоты местности происходит понижение температуры на 0,5–0,7 °С через каждые 100 м. Самый холодный месяц года – январь, самый теплый – июль (рисунок 1.4).

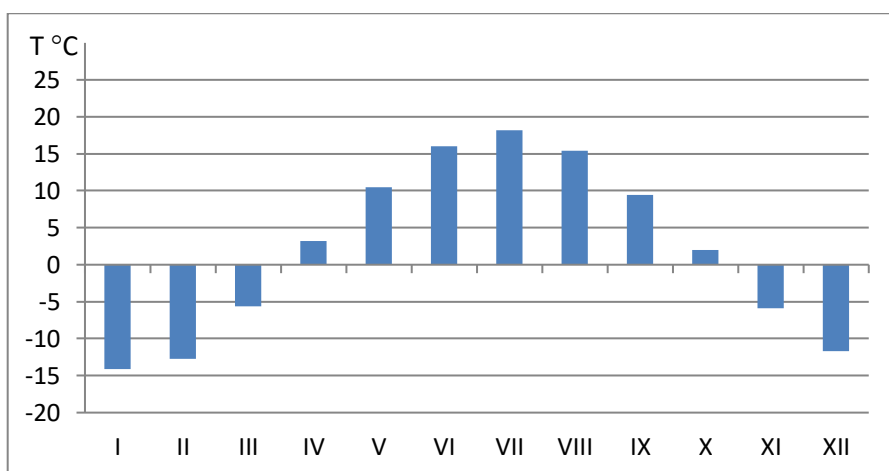


Рисунок 1.4 – Средняя многолетняя месячная температура воздуха; МС Пермь.

В холодный период года (ноябрь – март) распределение температуры воздуха существенно отличается от широтного вследствие удаления от Атлантического океана и увеличения континентальности климата с запада на восток. Средние температуры самого холодного месяца (января) составляют – 14 –18°C. На январь приходятся средние и абсолютные минимумы температуры, достигающие в некоторые годы –50 °C и ниже. Зимние оттепели возможны в любой месяц года и сопровождаются повышением температуры воздуха до 3–6 °C. Оттепели могут иногда продолжаться до 10 суток и больше. Переход средней суточной температуры воздуха через 0° C происходит на юго-западе территории в среднем в первой декаде апреля, на северо-востоке – на 7–10 дней позже. Отсутствие отрицательных минимумов температуры при положительной средней суточной температуре (продолжительность безморозного периода) характерно для 80÷130 дней. Период с положительными температурами почвы короче безморозного периода на 1–2 недели.

По степени увлажнения бассейн Камы относится к зоне достаточного увлажнения – количество осадков превышает испарение. В верховьях Камы годовая сумма осадков составляет 700–800 мм/год. Меньше всего выпадает осадков в феврале – апреле (рисунок 1.5).

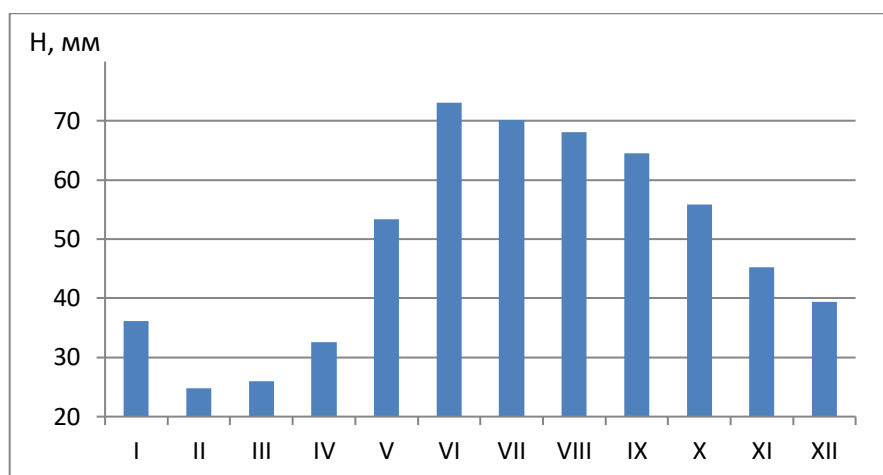


Рисунок 1.5 – Средние многолетние суммы месячных осадков; МС Пермь.

Всего с ноября по март на севере бассейна в среднем выпадает от 150 до 200 мм, в нижнем течении – 100– 150 мм, местами менее 100 мм. В теплый период года количество дней с осадками сокращается. Одновременно увеличивается роль ливней. Сумма осадков теплого периода (апрель – октябрь) больше примерно в два раза по сравнению с холодным периодом (ноябрь – март). Всего за теплый период выпадает 280–560 мм осадков, уменьшаясь с севера на юг. Практически повсеместно наибольшее количество осадков (40–80 мм и более) приходится на июль. Средняя продолжительность периода без дождей составляет 3–4 дня, при засухах она может достигать 24–35 дней.

Появление снежного покрова в бассейне Камы наблюдается в основном в середине и конце октября. Устойчивый снежный покров образуется в среднем на три недели позже, в конце октября – первой половине ноября, разрушается в основном в середине апреля, на северо-востоке – в конце апреля. Окончательный сход снежного покрова в среднем происходит на 4–10 дней позже по сравнению со средними датами. Продолжительность залегания снежного покрова составляет 150–200 дней; она уменьшается с северо-востока на юго-запад. Плотность снежного покрова по территории меняется незначительно и составляет 230–260 кг/м³. В течение холодного периода

высота снежного покрова постепенно возрастает при наличии вероятности его стаивания, проседания и уплотнения во время оттепелей. Средняя высота снежного покрова на открытых участках изменяется от 70 мм и более на северо-востоке до 40 мм и менее на юго-западе региона. На закрытых участках она изменяется, соответственно, от 80 мм и более до 50 мм и менее. Пространственная изменчивость высоты снежного покрова и запаса воды в снеге довольно велика, зависит от орографических факторов и наличия растительности, режима ветра, других физико-географических особенностей местности.

2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕК

Реки рассматриваемой территории относятся к типу рек с четко выраженным весенним половодьем, летне-осенними дождевыми паводками и длительной устойчивой зимней меженью (рисунок 2.1) – восточно-европейский тип.

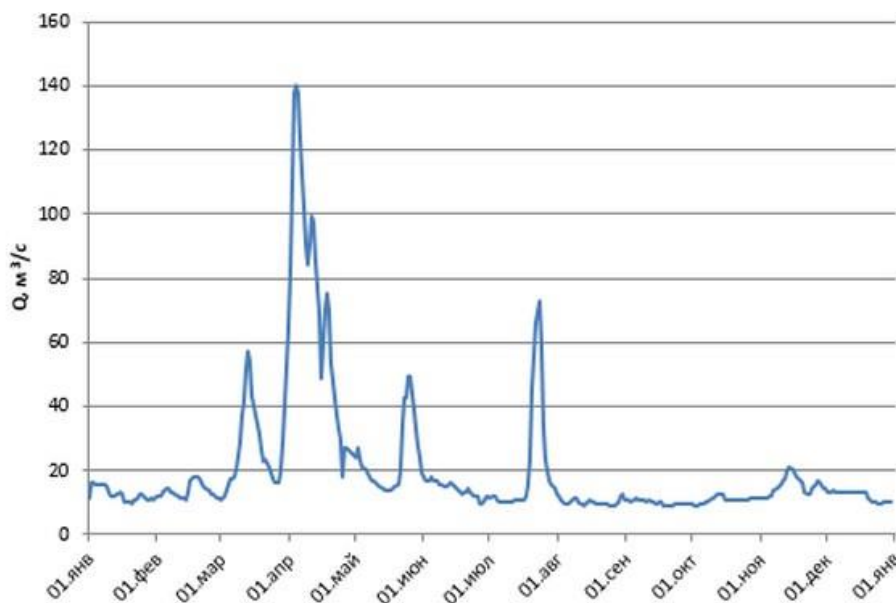


Рисунок 2.1 – Гидрограф р. Коса – с. Коса (правый приток р. Кама) за 2008 год.

Доля талых вод в суммарном стоке рек достигает 85-90% в южных лесостепных районах. Значительно меньше (60-65%) она в пределах наиболее возвышенных частей горного Урала, где наряду с твердыми осадками в питании рек велика роль дождей (до 40%). В среднем примерно 25-35% годового стока формируется подземным путем. Величина подземной составляющей стока наибольших значений (до 50% годового стока и более) достигает у карстовых водотоков, а также у рек, бассейны которых с поверхности сложены песчаными грунтами. За счет регулирующего влияния почво-грунтов подземный сток, например, р. Весляны у д. Зюлева составляет 47% при средней по району величине около 20% годового.

Соотношение подземной и поверхностной составляющих стока существенно меняется по сезонам. Весной доля подземного стока невелика – в среднем 10-15% от суммарного стока за сезон. В поверхностном стоке (85-90%) почти исключительная роль принадлежит талым водам, поскольку в период весеннего половодья дождевые осадки, как правило, незначительны и даже на реках горного Урала доля дождевого стока не превышает в среднем 7% сезонной его величины. Однако в отдельные годы с дождливыми веснами она достигает 20-25% (р. Вишера в 1959 г., р. Сюсьва в 1958 и 1965 гг., р. Лозьва в 1955 г. и др.).

Суммарный сток в период летне-осенней межени на большей части территории складывается на 50-60% из поверхностного и на 40-50% из подземного стока.

Устойчивое стояние уровня воды и слабое изменение водности в течение летне-осеннего периода наблюдается главным образом на реках лесостепной зоны. Дождевые подъемы здесь очень незначительны и имеют место не ежегодно. В лесной зоне равнинной части территории дождевые паводки являются более обычным явлением. Наблюдаются они также не ежегодно, но характеризуются более высокими подъемами уровня воды. В отдельные редкие годы по величине максимальных расходов дождевые паводки оказываются соизмеримыми с весенним половодьем, что особенно касается северных районов лесной зоны. В среднем за летне-осенний период на реках этой зоны наблюдается 1-3 паводка, в дождливые годы число их увеличивается до 4-8.

Наиболее неустойчивым характером межени, часто прерываемой дождевыми паводками, отличаются горные реки особенно в пределах восточного склона Северного Урала (реки Лозьва, Вижай, Ивдель и др.). В летне-осенний период режим этих рек приближается к паводочному. Наибольшие промежутки между паводками, когда режим рек может рассматриваться меженным, в среднем составляют 15-30 дней; наибольшая их продолжительность достигает 40-60 дней. В отдельные дождливые годы

паводки почти непрерывно следуют один за другим, причем межпаводочные периоды сокращаются до 2-5 дней. Дождевые максимумы нередко приближаются по величине к весенним, а в отдельные многоводные годы превышают их. Можно полагать, что на очень малых водотоках горных районов большие величины дождевых максимумов по сравнению с весенними представляют собой обычное явление, однако материалы наблюдений, подтверждающие это положение, крайне недостаточны.

На реках Среднего и Южного Урала повторяемость дождевых паводков несколько уменьшается. Соответственно больше продолжительность межпаводочных периодов – 60-100 дней (в наиболее возвышенной части Южного Урала – 40-50 дней). Тем не менее, и здесь даже на сравнительно крупных реках дождевые подъемы бывают очень значительными, превышающими весенние подъемы (р. Юрюзань – с. Екатериновка, $F = 1740 \text{ км}^2$; соотношение наибольших за период наблюдений дождевого и весеннего максимумов достигает 1,88).

3. МИНИМАЛЬНЫЙ ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ СТОК

Летне-осенняя межень обычно наступает в середине июня и заканчивается в октябре. Средняя продолжительность межени изменяется от 140–150 дней в лесостепных районах до 60–70 дней на севере равнинной территории и в горах. В бассейне р. Кама сток за период летне-осенней межени в среднем превышает сток за зимнюю межень примерно в 1,5 раза. Наиболее маловодными реки обычно бывают в августе, но иногда и в июне или в сентябре – октябре.

На малых карстовых водотоках ($F < 100 \text{ км}^2$) сток в летне-осенний сезон нередко прекращается из-за больших потерь на фильтрацию как на водосборе, так и в русле.

3.1. Исходные данные

В настоящей работе для анализа использовались данные о минимальных 30-суточных летне-осенних расходах воды по 130 постам, расположенным в бассейне реки Камы.

Диапазон площадей водосборов: от 47 600 до 6,0 км². Диапазон средних высот водосборов: от 126 до 934 м БС.

Расчетные расходы обеспеченностью 50, 75, 80, 90, 95 и 98% были выписаны из научно-прикладного справочника «Основные гидрологические характеристики рек бассейна Камы», представленного на сайте ГГИ [11].

Схема расположения постов показана на рисунке 3.1.

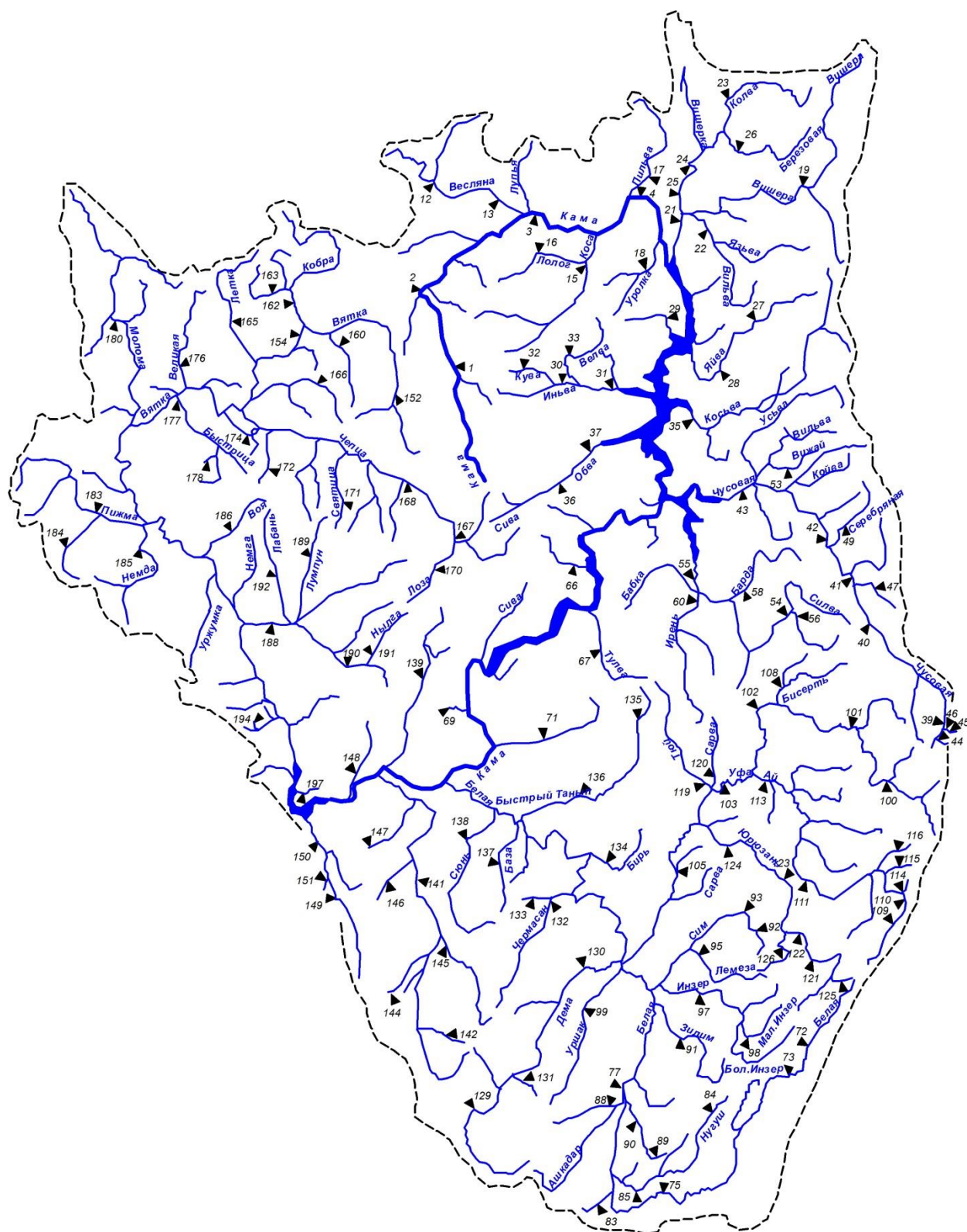


Рисунок 3.1 – Схема расположения гидрологических постов.

3.2. Методика расчета минимального летне-осеннего стока при отсутствии данных гидрометрических наблюдений по СНиП 2.01.14 – 83

Расчет минимального стока малых и средних рек производится по разным методикам [2,8].

Для средних рек минимальный 30-суточный модуль стока 80 %-ной обеспеченности ($q_{30,80\%}$) определяется по картам или методом пространственной интерполяции.

В соответствии с рекомендациями А.М. Владимирова на территории камского бассейна граница между малыми и средними реками для летне-осеннего минимального стока для равнинной части – 1500 км² (район Б) и 2000 км² – для горной части (район В) (таблица 3.1, рисунок 3.2).

Таблица 3.1 – Наибольшие площади водосборов малых рек, км² для бассейна реки Камы (по СНиП 2.01.14 – 83)

Буквенный индекс района	Летне-осенний период	Зимний период
Б	1500	1500
В	2000	1800

Для малых равнинных рек минимальный 30-суточный расход 80 %-ной обеспеченности ($Q_{30,80\%}$) определяется по формуле:

$$Q_{30,80\%} = 10^{-3} a (F \pm f)^n, \quad (3.1)$$

где F – площадь водосбора, км²; a , f , n – районные параметры.

В СНиП 2.01.14 – 83 на рассматриваемой территории было выделено 9 районов (рисунок 3.3, таблица 3.2).

РАЙОНИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОГО
30- ДНЕВНОГО РАСХОДА ВОДЫ
80%-НОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НА МАЛЫХ РЕКАХ
В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД

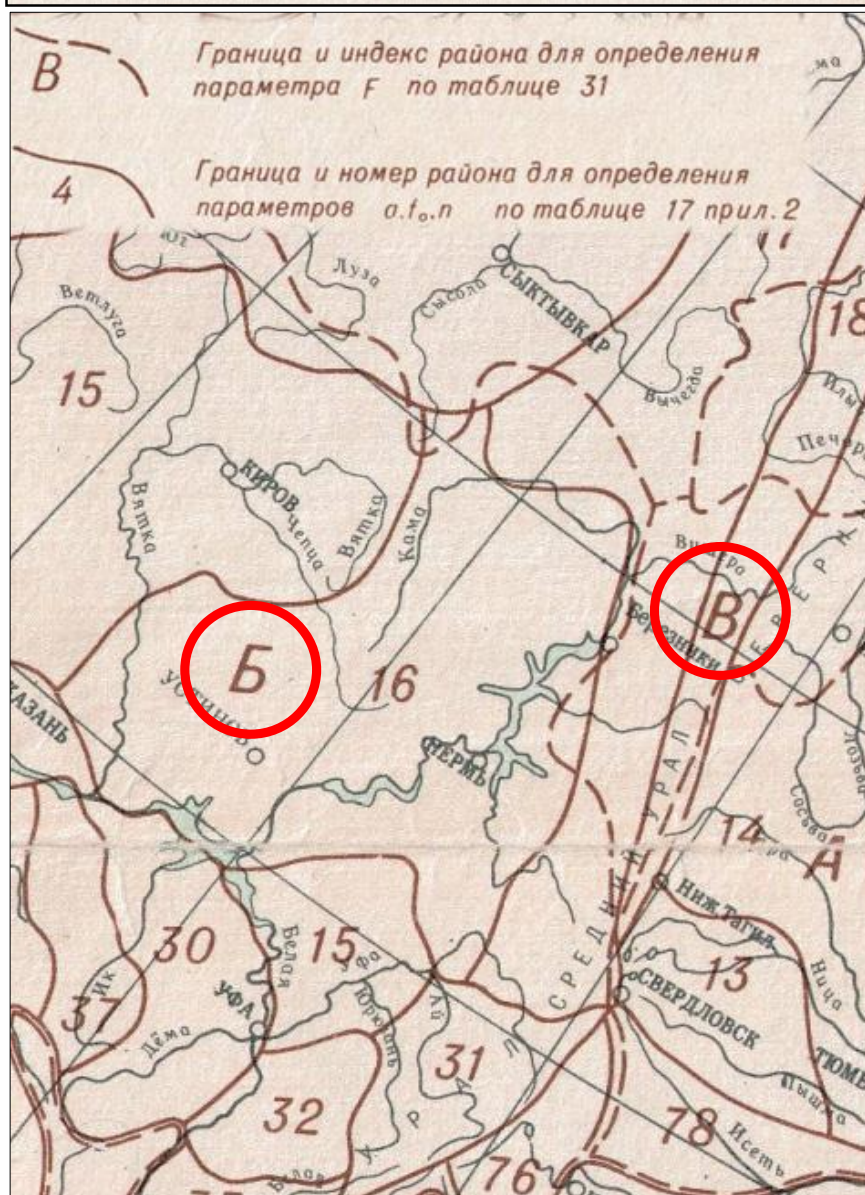


Рисунок 3.2. – Карта районов для определения наибольшей площади водосбора малых рек в бассейне реки Камы (по СНиП 2.01.14 – 83)

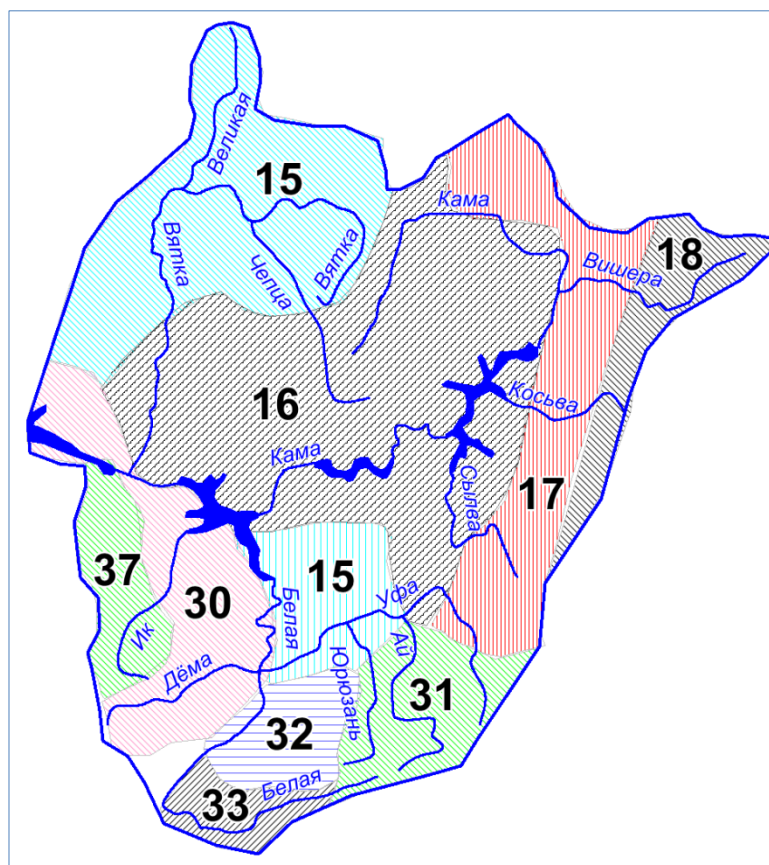


Рисунок 3.3 – Районирование параметров для определения минимального 30-суточного расхода воды вероятностью превышения 80% на малых реках бассейна реки Камы в летне-осенний период по СНиП 2.01.14 – 83.

Таблица 3.2 – Параметры a , n , f_0 в формуле для расчета минимального 30-суточного расхода воды вероятностью превышения 80% на малых реках бассейна реки Камы (по СНиП 2.01.14 – 83)

Номер района	Летне-осенний период		
	a	n	f_0
15	1,84	0,98	0
16	0,022	1,53	0
17	0,026	1,63	0
18	0,0004	1,30	0
30	0,40	1,08	0
31	0,75	1,10	0
32	0,22	1,00	0
33	0,18	1,27	0
37	5,25	0,81	0

По данным таблицы 3.2 были построены аналитические зависимости для всех районов (рисунок 3.4).

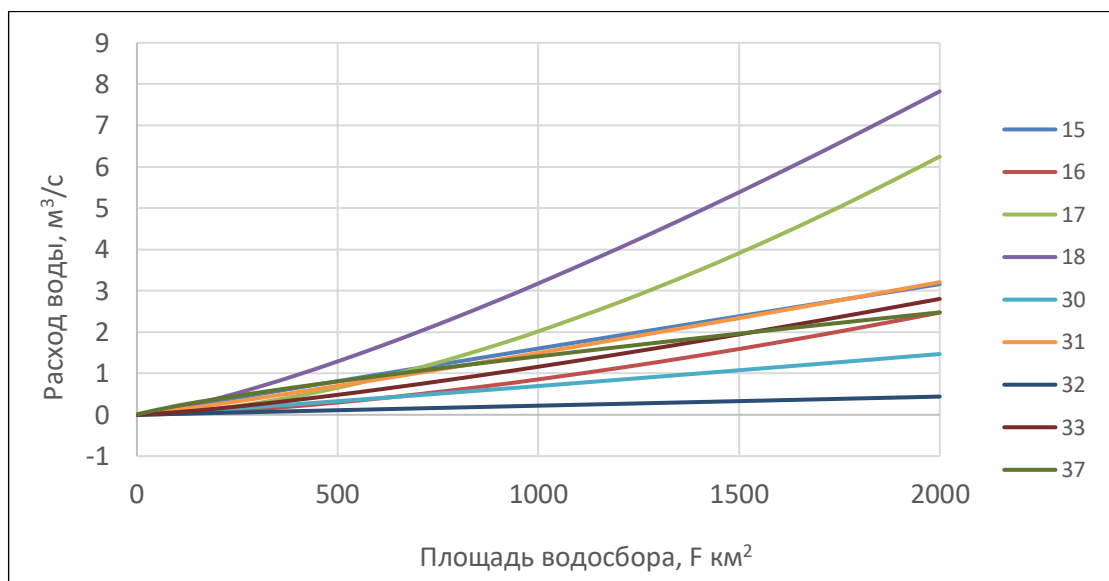


Рисунок 3.4 – Зависимости минимальных 80 %-ных 30-суточных расходов воды от площади водосбора для бассейна реки Камы (по данным СНиП 2.01.14 – 83).

Анализ графика показал:

- в СНиП 2.01.14 – 83 имеет место опечатка – дан неверный коэффициент $a = 0,0004$ по району 18 (правильное значение: $a = 0,4$).
- По районам 15 и 31 зависимости $Q = f(F)$ практически совпадают.
- Для бассейна Камы в целом выделено избыточное количество районов (9 районов).

Учитывая сказанное, было принято решение: рассмотреть варианты районирования с тремя, четырьмя и пятью районами. Районирование выполнялось с использованием методов кластерного анализа.

3.3. Районирование территории с использованием методов кластерного анализа

Кластерный анализ — это совокупность методов, позволяющих классифицировать многомерные наблюдения, каждое из которых описывается

набором исходных переменных $X_1, X_2, \dots, X_m$, которые называют признаками или факторами.

Целью кластерного анализа является образование групп схожих между собой объектов, которые принято называть кластерами.

Слово кластер английского происхождения (cluster), переводится как сгусток, пучок, группа. Термин кластерный анализ впервые ввел американский психолог Роберт Трайон (Robert Tryon), 1939 г.

Основные методы кластерного анализа:

- объединение (древовидная кластеризация);
- двухвходовое объединение;
- метод k -средних.

При выполнении гидрологических расчетов кластерный анализ можно использовать для выделения гидрологически однородных районов.

В настоящей работе для выделения однородных районов по условиям формирования минимального стока применялся метод k -средних. В качестве факторов использовались:

- географическая широта центра тяжести водосбора;
- географическая долгота центра тяжести водосбора;
- минимальный 30-суточный модуль стока 80 %-ной обеспеченности;
- средняя высота водосбора.

Расчет выполнялся в программе STATISTICA при трех четырех и пяти кластерах. Использовались посты с площадью водосбора до 2500 км².

3.3.1. Результаты расчета при трех кластерах

Результаты районирования при трех кластерах предоставлены в таблице 3.3. Границы районов показаны на рисунке 3.5.

Таблица 3.3 – результаты районирования при трех кластерах.

№ кластера		Шир	Долг	Н	q_{30}
------------	--	-----	------	---	----------

1	сред	52.8	55.4	203.7	1.0
2		58.7	54.9	580.3	1.8
3		54.6	58.3	227.0	2.2

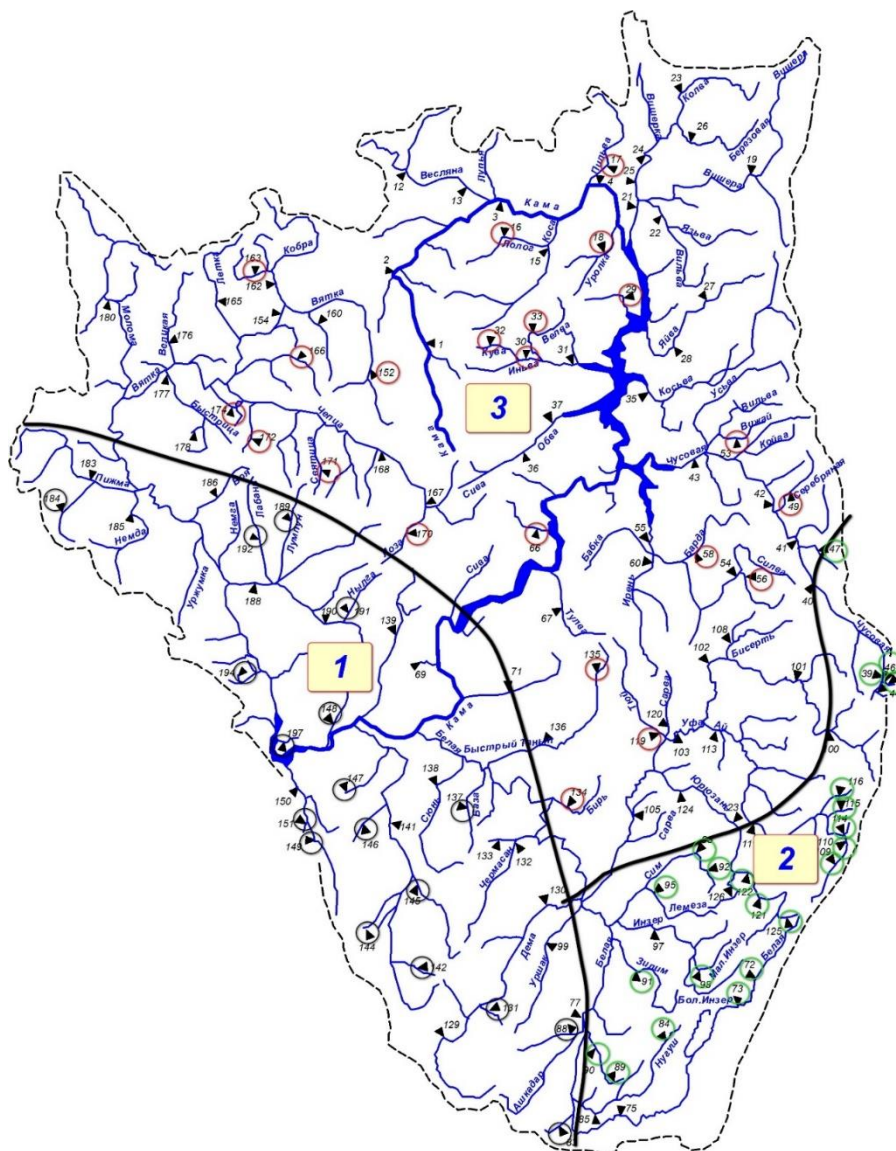


Рисунок 3.5. – Карта границ районов при трех кластерах.

Для каждого кластера была построена зависимость минимального 30-суточного расхода воды 80 %-ной обеспеченности $Q_{30,80\%} = f(F)$ (рисунок 3.6-3.8). Во всех случаях зависимость аппроксимировалась полиномом 2-й степени при нулевом свободном члене.

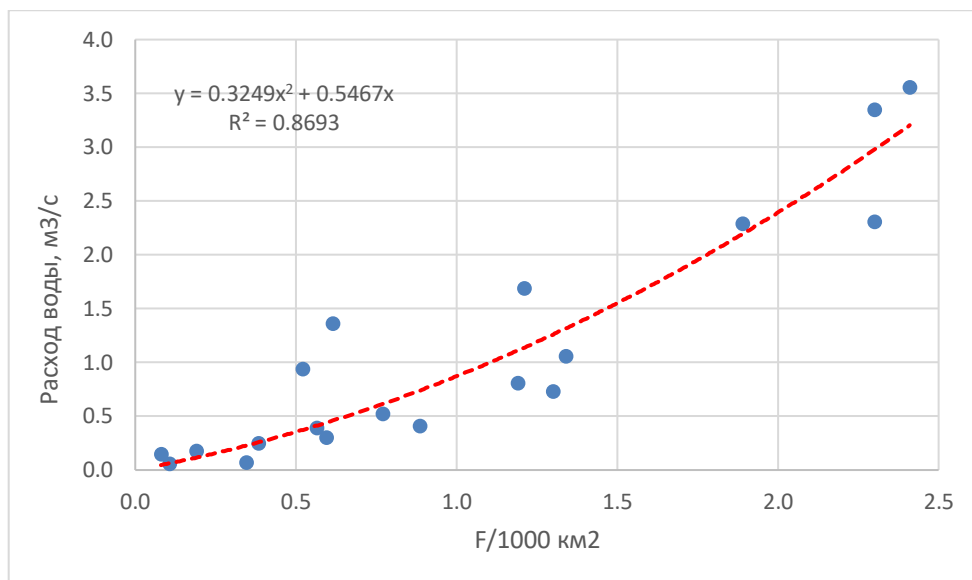


Рисунок 3.6 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №1 при трех кластерах.

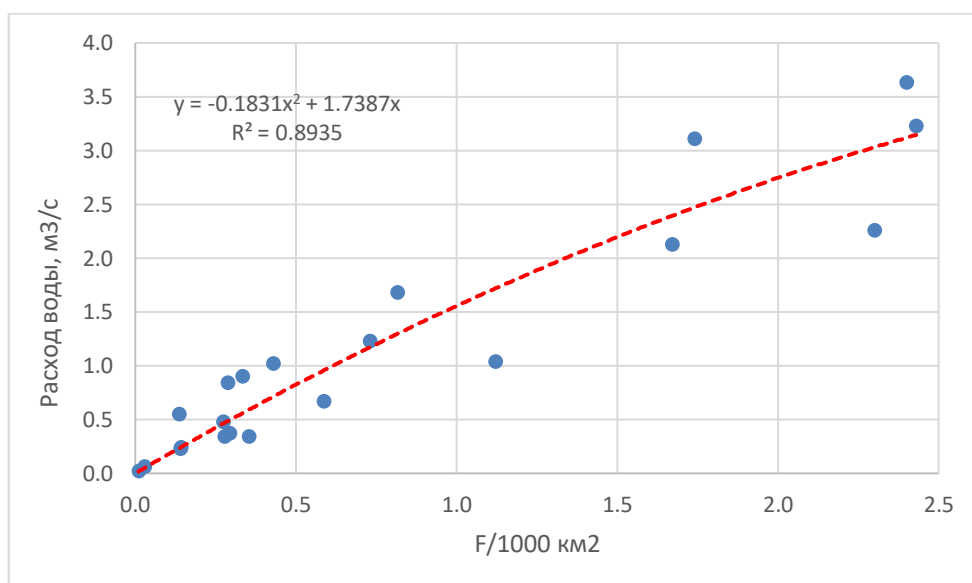


Рисунок 3.7 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №2 при трех кластерах.

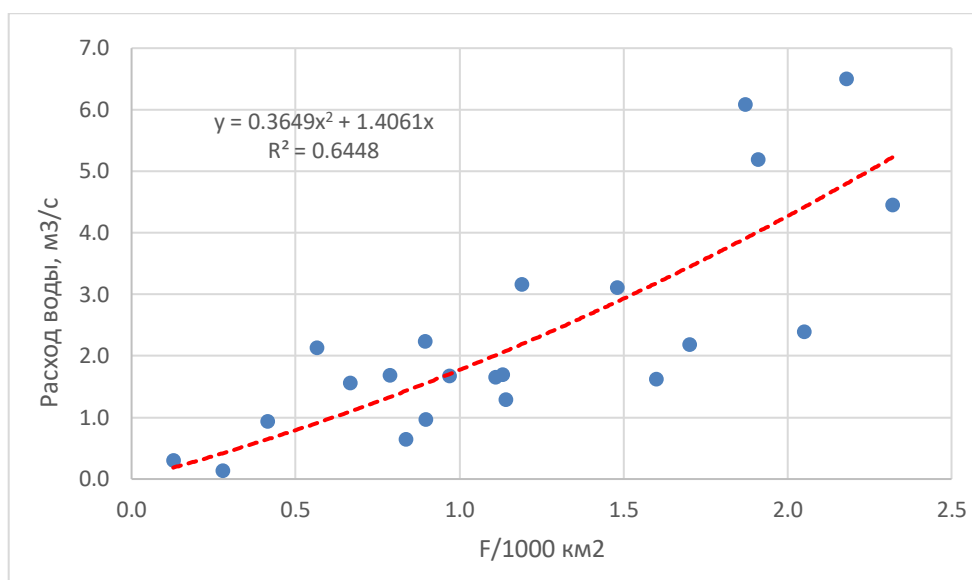


Рисунок 3.8 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №3 при трех кластерах.

В результате для расчета минимальных 30-суточных расходов воды 80 %-ной обеспеченности получены следующие формулы:

$$\text{Район №1} \quad Q_{30,80\%} = 0,32 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 0,55 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.6)$$

$$\text{Район №2} \quad Q_{30,80\%} = -0,18 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 1,73 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.7)$$

$$\text{Район №3} \quad Q_{30,80\%} = 0,36 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 1,40 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.8)$$

Была выполнена оценка ошибки по трем кластерам, результаты представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4. – Средние ошибки расчета по формулам.

№ кластера	Относительная ошибка, %
1 кластер	44
2 кластер	27
3 кластер	49

Как видно из таблицы, средняя ошибка по кластерам от 27 до 49%.

Для каждого района были рассчитаны коэффициенты λ_p для перехода от расходов обеспеченностью 80% к расходам других обеспеченностей. Коэффициенты λ_p рассчитывались для каждого поста по формуле:

$$\lambda_{p\%} = \frac{Q_{p\%}}{Q_{80\%}}.$$

В качестве расчетных принимались их средние районные значения. Результаты расчетов представлены в таблицах 3.5-3.7.

Таблица 3.5 – Переходные коэффициенты λ_p для района №1 при трех кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
67	76256	р. Тулва – с. Барда	1.10	1	0.83	0.76	0.71
83	76317	р. Мелеуз – г. Мелеуз	1.29	1	0.14	0.00	0.00
88	76324	р. Стерля – д. Отрадовка	1.17	1	0.67	0.43	0.20
131	76489	р. Мияки – с. Мияки-Тамак	1.13	1	0.69	0.49	0.33
137	76499	р. База – с. Рсаево	1.17	1	0.68	0.46	0.29
142	76516	р. Ря – д. Рятамак	1.07	1	0.82	0.71	0.60
144	76518	р. Дымка – с. Татарская Дымская	1.13	1	0.70	0.50	0.32
145	76519	р. Усень – г. Туймазы	1.11	1	0.73	0.54	0.33
146	76520	р. Милля – с. Михайловка	1.10	1	0.77	0.62	0.48
147	76522	р. Мензеля – с. Сарманы (с. Сарманово)	1.20	1	0.52	0.28	0.16
148	76525	р. Тойма – с. Гусевка	1.12	1	0.70	0.49	0.33
149	76533	р. Зай (Степной Зай) – пгт Акташ	1.08	1	0.83	0.71	0.60
151	76546	р. Сарапала – д. Новопоручиково	1.07	1	0.73	0.53	0.40
184	76625	р. Ярань – д. Наумово	1.09	1	0.80	0.66	0.54
189	76637	р. Лумпун – д. Шмыки	1.06	1	0.86	0.76	0.66
191	76640	р. Нылга – с. Нылга	1.07	1	0.83	0.70	0.59
192	76642	р. Лобань – с. Рыбная Ватага	1.08	1	0.81	0.68	0.53
194	76644	р. Нурминка – с. Кукмор	1.17	1	0.83	0.67	0.50
197	76646	р. Анзирка – с. Яковлево	1.06	1	0.89	0.83	0.83
		Среднее значение	1.12	1.00	0.73	0.57	0.44

Таблица 3.6 – Переходные коэффициенты λ_p для района №2 при трех кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
39	76165	р. Чусовая – д. Косой Брод	1.13	1	0.66	0.38	0.07
45	76200	р. Стебенева – с. Полдневая (В)	1.00	1	0.70	0.50	0.35
46	76201	р. Стебенева – с. Полдневая (Н)	1.17	1	0.83	0.67	0.50
47	76212	р. Сулем – с. Галашки	1.11	1	0.86	0.81	0.81
72	76270	р. Белая – ж/д ст. Шушпа	1.10	1	0.84	0.77	0.72
73	76275	р. Белая – Арский Камень, д/о	1.08	1	0.77	0.63	0.52
84	76318	р. Нугуш – с. Новосеитово	1.12	1	0.76	0.62	0.50
89	76325	р. Селеук – д. Нижнеиткулово	1.09	1	0.70	0.52	0.35
90	76326	р. Селеук – д. Биксяново	1.07	1	0.83	0.72	0.60
91	76332	р. Зилим – д. Таишево	1.07	1	0.85	0.74	0.64
92	76334	р. Сим – с. Серпиевка	1.10	1	0.77	0.63	0.50
93	76335	р. Сим – г. Миньяр	1.09	1	0.80	0.67	0.54
95	76345	р. Лемеза – с. Нижние Лемезы	1.10	1	0.83	0.75	0.70
98	76354	р. Малый Инзер – ж/д ст. Айгир	1.10	1	0.84	0.77	0.73
109	76406	р. Ай – с. Веселовка	1.12	1	0.76	0.61	0.51
110	76408	р. Ай – г. Златоуст	1.10	1	0.79	0.66	0.54
114	76420	р. Тесьма – г. Златоуст	1.13	1	0.71	0.54	0.38
115	76421	р. Куса – пгт Магнитка	1.05	1	0.87	0.77	0.69
116	76423	р. Большая Арша – д. Вознесенская	1.09	1	0.79	0.65	0.53
121	76459	р. Юрюзань – с. Екатериновка	1.16	1	0.66	0.47	0.32
122	76461	р. Юрюзань – пгт Вязовая	1.15	1	0.75	0.63	0.55
125	76470	р. Тюлюк – с. Тюлюк	1.11	1	0.76	0.60	0.47
126	76471	р. Катав – с. Верхний Катав	1.09	1	0.80	0.68	0.56
Среднее значение			1.10	1.00	0.78	0.64	0.52

Таблица 3.7 – Переходные коэффициенты λ_p для района №3 при трех кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
16	76076	р. Лолог – пос. Сергеевский	1.14	1	0.71	0.52	0.37
17	76078	р. Пильва – д. Усть-Кайб	1.03	1	0.92	0.88	0.84
18	76079	р. Уролка – пос. Пашиб	1.16	1	0.66	0.45	0.29
29	76136	р. Кондас – с. Ощепково	1.10	1	0.78	0.65	0.53
30	76139	р. Иньва – г. Кудымкар	1.09	1	0.81	0.68	0.56
32	76145	р. Кува – с. Кува	1.14	1	0.57	0.36	0.21
33	76147	р. Велва (Вильва) – д. Ошиб	1.12	1	0.74	0.57	0.43
49	76217	р. Серебряная – с. Серебрянка	1.08	1	0.83	0.71	0.60
53	76231	р. Вижай – пгт Пашия	1.12	1	0.74	0.57	0.43

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
56	76243	р. Вогулка – пгт Шамары	1.11	1	0.76	0.60	0.45
58	76245	р. Барда – д. Синюшата	1.05	1	0.88	0.79	0.71
66	76255	р. Очер – д. Казымово	1.07	1	0.89	0.85	0.82
119	76454	р. Тюй – д. Гумбино	1.06	1	0.91	0.83	0.75
120	76456	р. Сарс – с. Султанбеково	1.06	1	0.83	0.68	0.54
134	76492	р. Бирь – с. Малосухоязово	1.05	1	0.87	0.77	0.65
135	76494	р. Быстрый Танып – пгт Чернушка	1.09	1	0.79	0.65	0.51
152	76550	р. Вятка – с. Красноглинье	1.07	1	0.84	0.73	0.62
160	76584	р. Черная Холуница – с. Троица	1.05	1	0.90	0.82	0.75
163	76588	р. Федоровка – д. Комарово	1.09	1	0.84	0.74	0.68
166	76594	р. Белая Холуница – пос. Климковка	1.06	1	0.84	0.75	0.64
170	76601	р. Лоза – пгт Игра	1.08	1	0.82	0.69	0.58
171	76602	р. Святица – д. Вогульцы	1.08	1	0.83	0.68	0.51
172	76603	р. Филипповка – с. Филиппово	1.09	1	0.83	0.71	0.60
174	76604	р. Просница – д. Большой Перелаз	1.03	1	0.90	0.87	0.83
		Среднее значение	1.08	1.00	0.81	0.69	0.58

3.3.2. Результаты расчета при четырех кластерах

Результаты районирования при четырех кластерах предоставлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – результаты районирования при четырех кластерах.

№ кластера		Шир	Долг	Н	q30
1	сред	52.4	58.6	189.2	1.3
2		58.8	54.9	590.9	1.9
3		53.6	54.8	225.7	1.1
4		56.6	57.5	257.9	3.2

Границы районов представлены на рисунке 3.9.

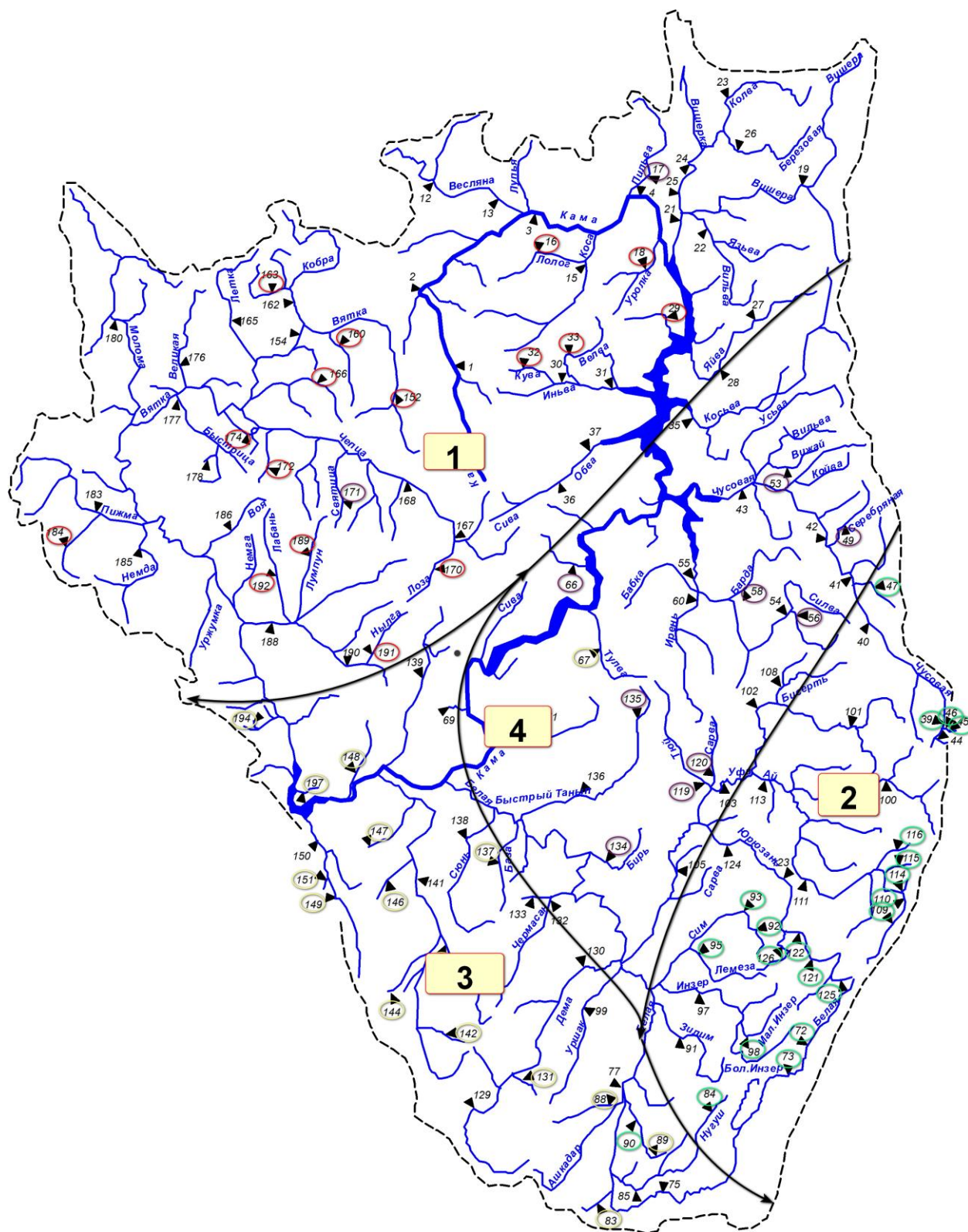


Рисунок 3.9. – Карта границ районов при четырех кластерах.

Для каждого кластера была построена зависимость минимального 30-суточного расхода воды 80 %-ной обеспеченности $Q_{30,80\%} = f(F)$ (рисунок 3.10-3.13). Во всех случаях зависимость аппроксимировалась полиномом 2-й степени при нулевом свободном члене.

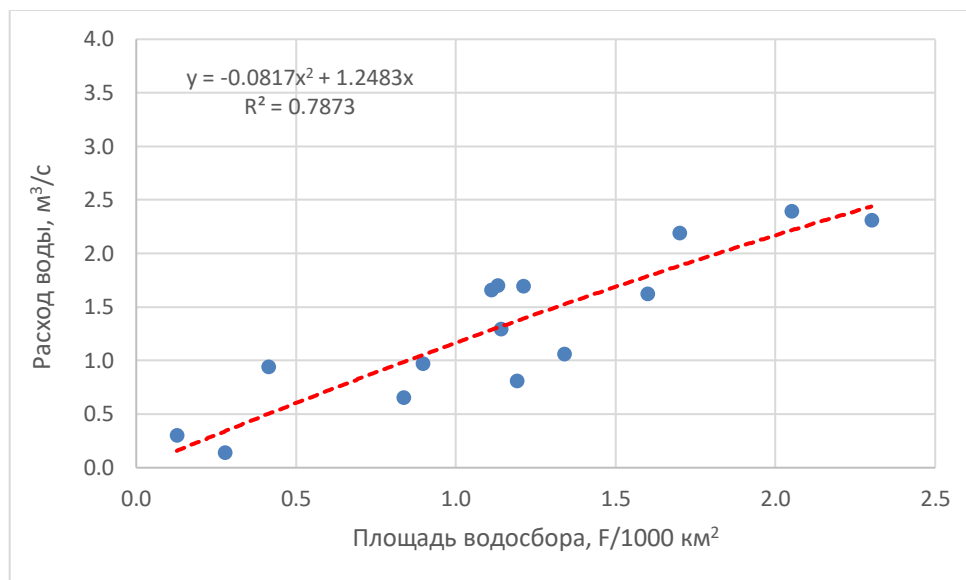


Рисунок 3.10 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №1 при четырех кластерах.

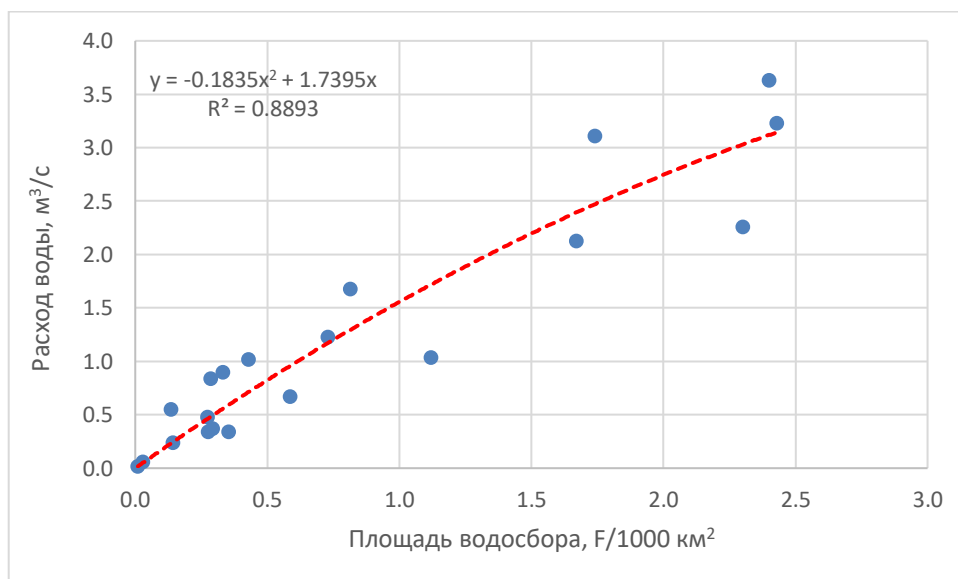


Рисунок 3.11 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №2 при четырех кластерах.

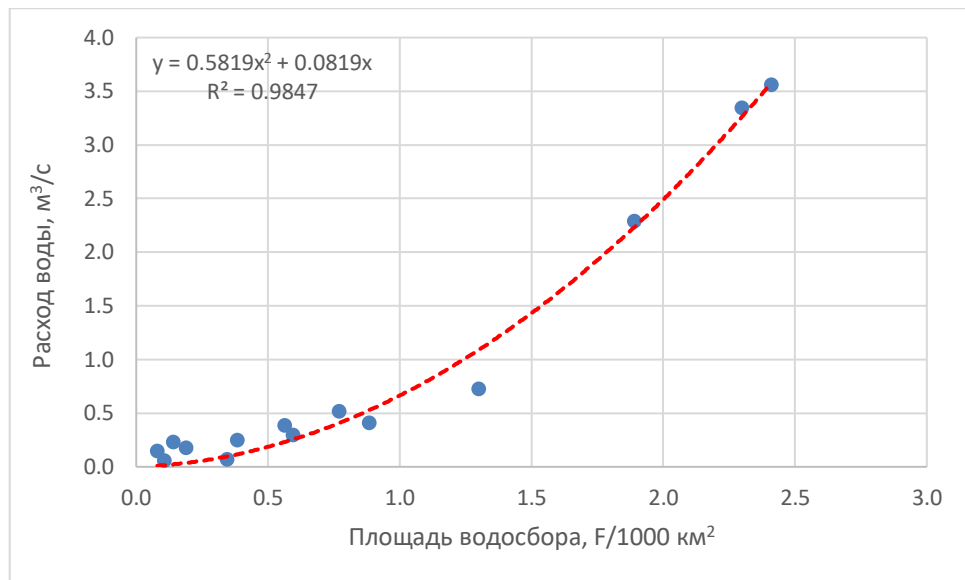


Рисунок 3.12 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №3 при четырех кластерах.

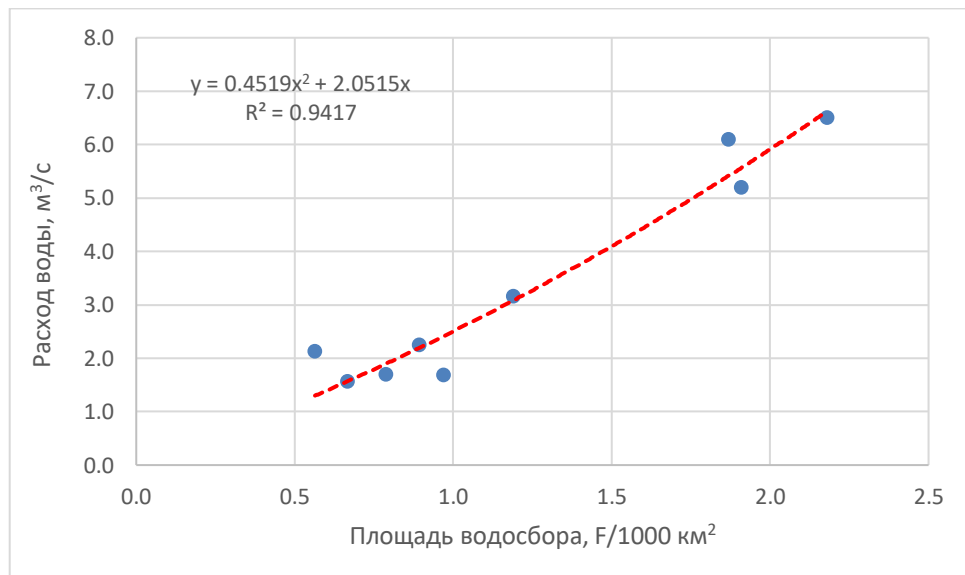


Рисунок 3.13 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №4 при четырех кластерах.

В результате для расчета минимальных 30-суточных расходов воды 80 %-ной обеспеченности получены следующие формулы:

$$\text{Район №1} \quad Q_{30,80\%} = -0,08 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 1,24 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.10)$$

$$\text{Район №2} \quad Q_{30,80\%} = -0,18 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 1,73 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.11)$$

$$\text{Район №3} \quad Q_{30,80\%} = 0,58 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 0,08 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.12)$$

$$\text{Район №4} \quad Q_{30,80\%} = 0,45 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 2,05 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.13)$$

Была выполнена оценка ошибки по четырем кластерам (таблица 3.9).

Таблица 3.9. – Средние ошибки расчета по формулам.

№ кластера	Относительная ошибка, %
1 кластер	32
2 кластер	28
3 кластер	42
4 кластер	13

Как видно из таблицы, средняя ошибка по кластерам от 13 до 42%.

Для каждого района были рассчитаны коэффициенты λ_P для перехода от расходов обеспеченностью 80% к расходам других обеспеченностей. Коэффициенты λ_P рассчитывались для каждого поста по формуле:

$$\lambda_{P\%} = \frac{Q_{P\%}}{Q_{80\%}}.$$

В качестве расчетных принимались их средние районные значения. Результаты расчетов представлены в таблицах 3.10-3.13.

Таблица 3.10 – Переходные коэффициенты λ_P для района №1 при четырех кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
16	76076	р. Лолог – пос. Сергеевский	1.14	1	0.71	0.52	0.37
18	76079	р. Уролка – пос. Пашиб	1.16	1	0.66	0.45	0.29
29	76136	р. Кондас – с. Ощепково	1.10	1	0.78	0.65	0.53
30	76139	р. Иньва – г. Кудымкар	1.09	1	0.81	0.68	0.56
32	76145	р. Кува – с. Кува	1.14	1	0.57	0.36	0.21
33	76147	р. Велва (Вильва) – д. Ошиб	1.12	1	0.74	0.57	0.43
134	76492	р. Бирь – с. Малосухозово	1.05	1	0.87	0.77	0.65
152	76550	р. Вятка – с. Красноглинье	1.07	1	0.84	0.73	0.62

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
160	76584	р. Черная Холуница – с. Троица	1.05	1	0.90	0.82	0.75
163	76588	р. Федоровка – д. Комарово	1.09	1	0.84	0.74	0.68
166	76594	р. Белая Холуница – пос. Климковка	1.06	1	0.84	0.75	0.64
170	76601	р. Лоза – пгт Игра	1.08	1	0.82	0.69	0.58
174	76604	р. Просница – д. Большой Перелаз	1.03	1	0.90	0.87	0.83
184	76625	р. Ярань – д. Наумово	1.09	1	0.80	0.66	0.54
189	76637	р. Лумпун – д. Шмыки	1.06	1	0.86	0.76	0.66
191	76640	р. Нылга – с. Нылга	1.07	1	0.83	0.70	0.59
192	76642	р. Лобань – с. Рыбная Ватага	1.08	1	0.81	0.68	0.53
		Среднее	1.09	1.00	0.80	0.67	0.56

Таблица 3.11 – Переходные коэффициенты λ_r для района №2 при четырех кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
39	76165	р. Чусовая – д. Косой Брод	1.13	1	0.66	0.38	0.07
45	76200	р. Стебенька – с. Полдневая (В)	1.00	1	0.70	0.50	0.35
46	76201	р. Стебенька – с. Полдневая (Н)	1.17	1	0.83	0.67	0.50
47	76212	р. Сулем – с. Галашки	1.11	1	0.86	0.81	0.81
72	76270	р. Белая – ж/д ст. Шушпа	1.10	1	0.84	0.77	0.72
73	76275	р. Белая – Арский Камень, д/о	1.08	1	0.77	0.63	0.52
84	76318	р. Нугуш – с. Новосеитово	1.12	1	0.76	0.62	0.50
89	76325	р. Селеук – д. Нижнеиткулово	1.09	1	0.70	0.52	0.35
90	76326	р. Селеук – д. Биксяново	1.07	1	0.83	0.72	0.60
91	76332	р. Зилим – д. Таишево	1.07	1	0.85	0.74	0.64
92	76334	р. Сим – с. Серпиевка	1.10	1	0.77	0.63	0.50
93	76335	р. Сим – г. Миньяр	1.09	1	0.80	0.67	0.54
95	76345	р. Лемеза – с. Нижние Лемезы	1.10	1	0.83	0.75	0.70
98	76354	р. Малый Инзер – ж/д ст. Айгир	1.10	1	0.84	0.77	0.73
109	76406	р. Ай – с. Веселовка	1.12	1	0.76	0.61	0.51
110	76408	р. Ай – г. Златоуст	1.10	1	0.79	0.66	0.54
114	76420	р. Тесьма – г. Златоуст	1.13	1	0.71	0.54	0.38
115	76421	р. Куса – пгт Магнитка	1.05	1	0.87	0.77	0.69
116	76423	р. Большая Арша – д. Вознесенская	1.09	1	0.79	0.65	0.53
121	76459	р. Юрюзань – с. Екатериновка	1.16	1	0.66	0.47	0.32
122	76461	р. Юрюзань – пгт Вязовая	1.15	1	0.75	0.63	0.55
125	76470	р. Тюлюк – с. Тюлюк	1.11	1	0.76	0.60	0.47
126	76471	р. Катав – с. Верхний Катав	1.09	1	0.80	0.68	0.56
		Среднее значение	1.10	1.00	0.78	0.64	0.52

Таблица 3.12 – Переходные коэффициенты λ_R для района №3 при четырех кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
16	76076	р. Лолог – пос. Сергеевский	1.14	1	0.71	0.52	0.37
17	76078	р. Пильва – д. Усть-Кайб	1.03	1	0.92	0.88	0.84
18	76079	р. Уролка – пос. Пашиб	1.16	1	0.66	0.45	0.29
29	76136	р. Кондас – с. Ощепково	1.10	1	0.78	0.65	0.53
30	76139	р. Иньва – г. Кудымкар	1.09	1	0.81	0.68	0.56
32	76145	р. Кува – с. Кува	1.14	1	0.57	0.36	0.21
33	76147	р. Велва (Вильва) – д. Ошиб	1.12	1	0.74	0.57	0.43
49	76217	р. Серебряная – с. Серебрянка	1.08	1	0.83	0.71	0.60
53	76231	р. Вижай – пгт Пашия	1.12	1	0.74	0.57	0.43
56	76243	р. Вогулка – пгт Шамары	1.11	1	0.76	0.60	0.45
58	76245	р. Барда – д. Синюшата	1.05	1	0.88	0.79	0.71
66	76255	р. Очер – д. Казымово	1.07	1	0.89	0.85	0.82
119	76454	р. Тюй – д. Гумбино	1.06	1	0.91	0.83	0.75
120	76456	р. Сарс – с. Султанбеково	1.06	1	0.83	0.68	0.54
134	76492	р. Бирь – с. Малосухоязово	1.05	1	0.87	0.77	0.65
135	76494	р. Быстрый Танып – пгт Чернушка	1.09	1	0.79	0.65	0.51
152	76550	р. Вятка – с. Красноглинье	1.07	1	0.84	0.73	0.62
160	76584	р. Черная Холуница – с. Троица	1.05	1	0.90	0.82	0.75
163	76588	р. Федоровка – д. Комарово	1.09	1	0.84	0.74	0.68
166	76594	р. Белая Холуница – пос. Климковка	1.06	1	0.84	0.75	0.64
170	76601	р. Лоза – пгт Игра	1.08	1	0.82	0.69	0.58
171	76602	р. Святица – д. Вогульцы	1.08	1	0.83	0.68	0.51
172	76603	р. Филипповка – с. Филиппово	1.09	1	0.83	0.71	0.60
174	76604	р. Просница – д. Большой Перелаз	1.03	1	0.90	0.87	0.83
		Среднее значение	1.08	1.00	0.81	0.69	0.58

Таблица 3.12 – Переходные коэффициенты λ_R для района №4 при четырех кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
16	76076	р. Лолог – пос. Сергеевский	1.14	1	0.71	0.52	0.37
17	76078	р. Пильва – д. Усть-Кайб	1.03	1	0.92	0.88	0.84
18	76079	р. Уролка – пос. Пашиб	1.16	1	0.66	0.45	0.29
29	76136	р. Кондас – с. Ощепково	1.10	1	0.78	0.65	0.53
30	76139	р. Иньва – г. Кудымкар	1.09	1	0.81	0.68	0.56
32	76145	р. Кува – с. Кува	1.14	1	0.57	0.36	0.21

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
33	76147	р. Велва (Вильва) – д. Ошиб	1.12	1	0.74	0.57	0.43
49	76217	р. Серебряная – с. Серебрянка	1.08	1	0.83	0.71	0.60
53	76231	р. Вижай – пгт Пашия	1.12	1	0.74	0.57	0.43
56	76243	р. Вогулка – пгт Шамары	1.11	1	0.76	0.60	0.45
58	76245	р. Барда – д. Синюшата	1.05	1	0.88	0.79	0.71
66	76255	р. Очер – д. Казымово	1.07	1	0.89	0.85	0.82
119	76454	р. Тюй – д. Гумбино	1.06	1	0.91	0.83	0.75
120	76456	р. Сарс – с. Султанбеково	1.06	1	0.83	0.68	0.54
134	76492	р. Бирь – с. Малосухоязово	1.05	1	0.87	0.77	0.65
135	76494	р. Быстрый Таныш – пгт Чернушка	1.09	1	0.79	0.65	0.51
152	76550	р. Вятка – с. Красноглинье	1.07	1	0.84	0.73	0.62
160	76584	р. Черная Холуница – с. Троица	1.05	1	0.90	0.82	0.75
163	76588	р. Федоровка – д. Комарово	1.09	1	0.84	0.74	0.68
166	76594	р. Белая Холуница – пос. Климовка	1.06	1	0.84	0.75	0.64
170	76601	р. Лоза – пгт Игра	1.08	1	0.82	0.69	0.58
171	76602	р. Святица – д. Вогульцы	1.08	1	0.83	0.68	0.51
172	76603	р. Филипповка – с. Филиппово	1.09	1	0.83	0.71	0.60
174	76604	р. Просница – д. Большой Перелаз	1.03	1	0.90	0.87	0.83
Среднее значение			1.08	1.00	0.81	0.69	0.58

3.3.3. Результаты расчета при пяти кластерах

Результаты районирования при пяти кластерах предоставлены в таблице

3.14.

Таблица 3.14 – результаты районирования при пяти кластерах.

№ кластера		Шир	Долг	Н	q30
1	сред	55.8	57.4	215.3	3.6
2		58.8	54.9	610.2	1.9
3		51.0	57.9	184.0	1.4
4		56.4	58.6	267.5	1.3
5		53.9	54.4	239.2	1.2

Границы районов представлены на рисунке 3.14.

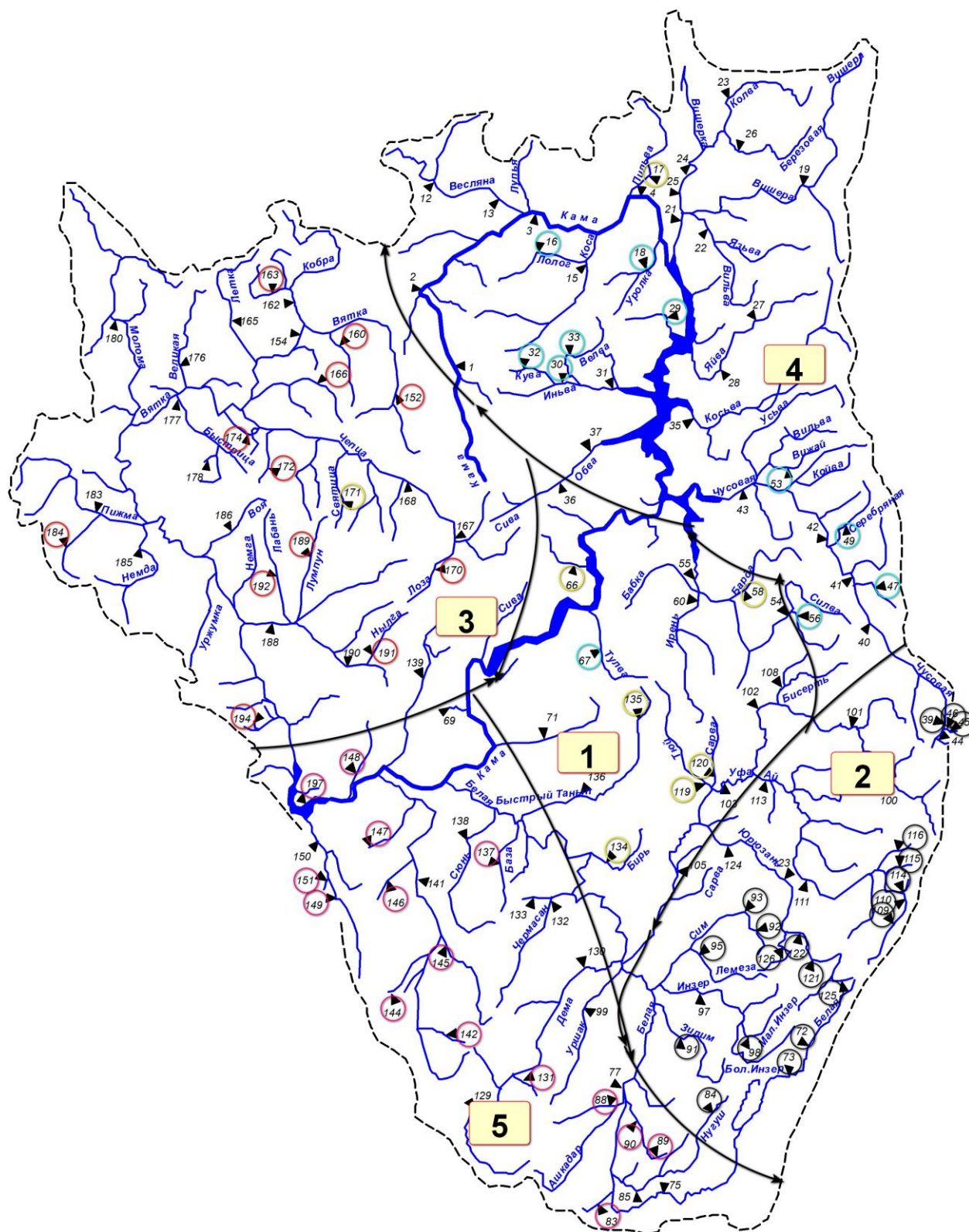


Рисунок 3.14. – Карта границ районов при пяти кластерах.

Для каждого кластера была построена зависимость минимального 30-суточного расхода воды 80 %-ной обеспеченности $Q_{30,80\%} = f(F)$ (рисунок 3.15-3.19). Для районов 1,2,4,5 зависимость аппроксимировалась полиномом 2-й степени при нулевом свободном члене. Для третьего района наилучшая сходимость получена при аппроксимации степенным выражением.

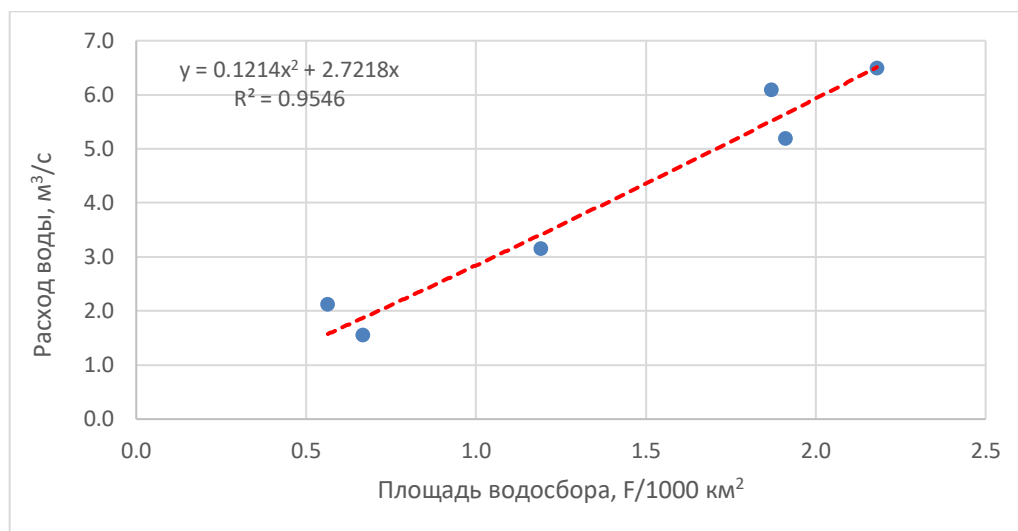


Рисунок 3.15 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №1 при пяти кластерах.

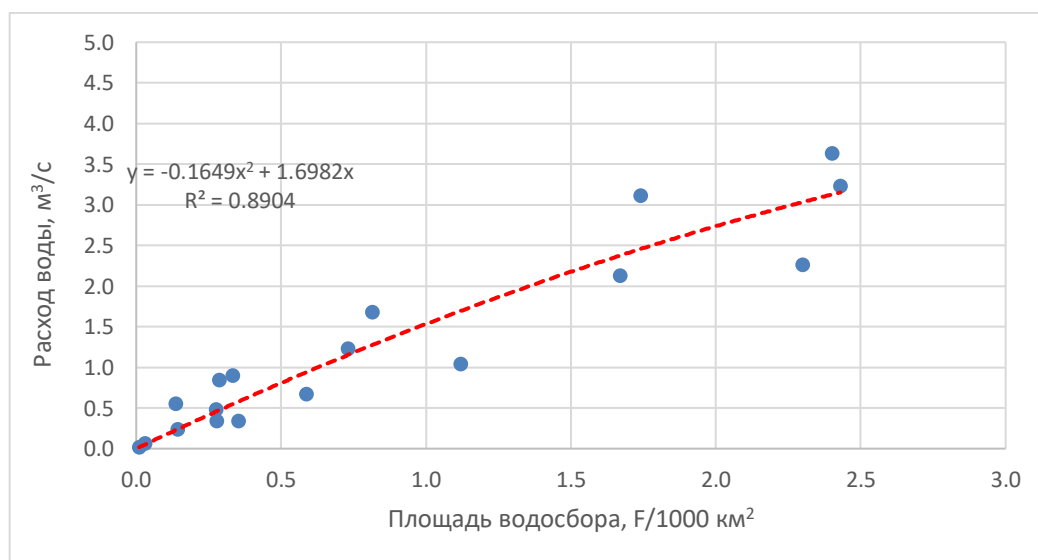


Рисунок 3.16 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №2 при пяти кластерах.

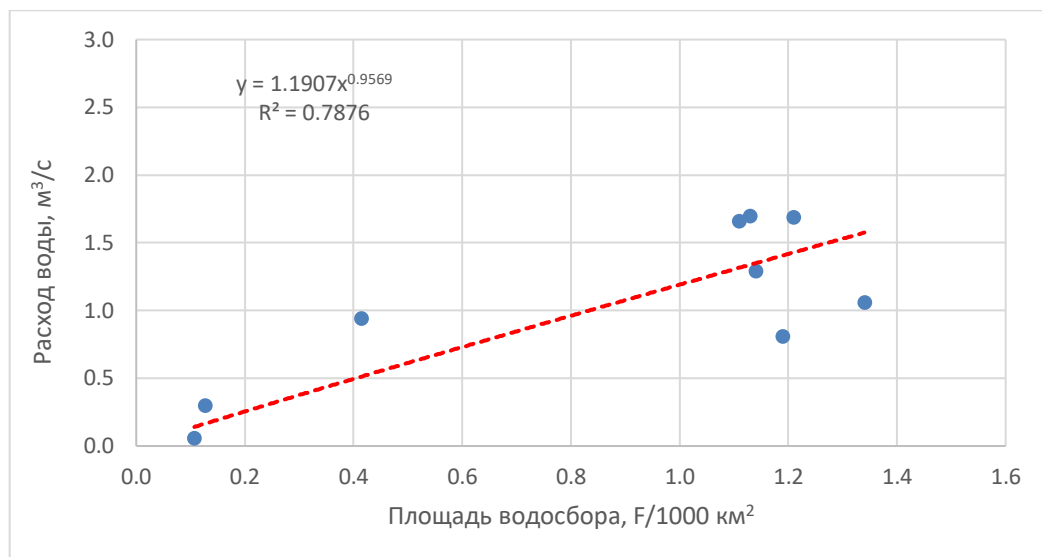


Рисунок 3.17 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №3 при пяти кластерах.

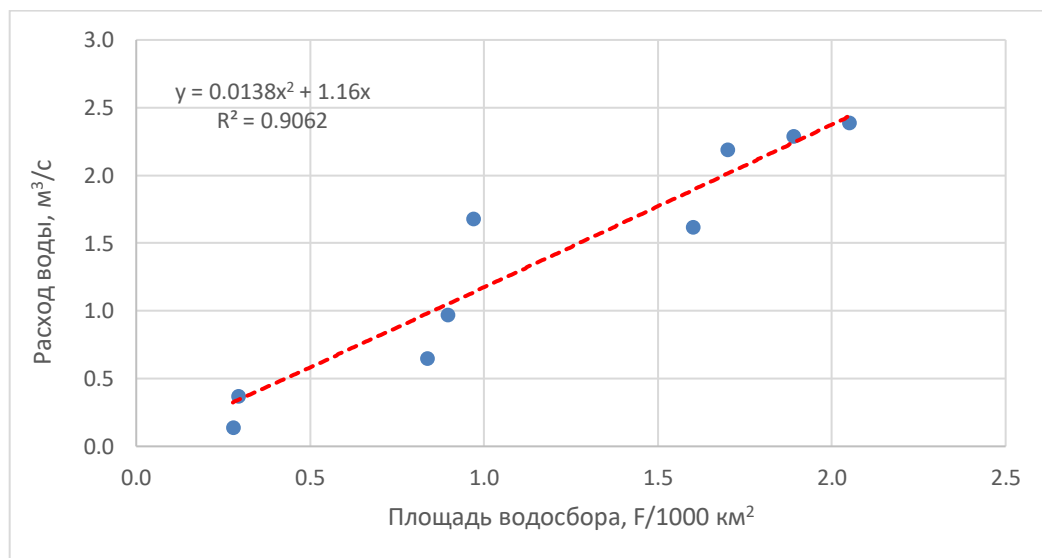


Рисунок 3.18 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №4 при пяти кластерах.

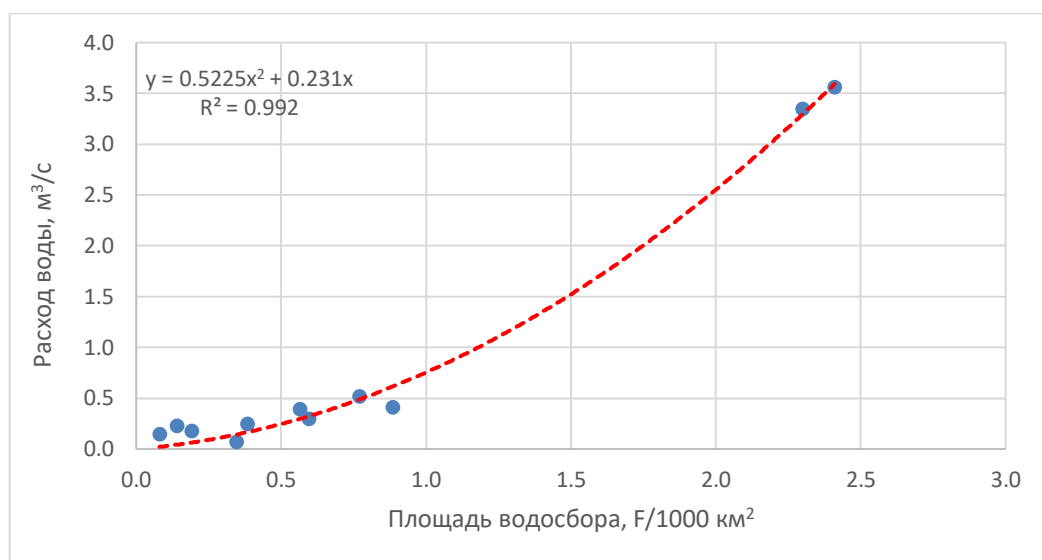


Рисунок 3.19 – график зависимости $Q_{30,80\%} = f(F)$ для района №5 при пяти кластерах.

В результате для расчета минимальных 30-суточных расходов воды 80 %-ной обеспеченности получены следующие формулы:

$$\text{Район №1} \quad Q_{30,80\%} = 0,12 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 2,72 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.15)$$

$$\text{Район №2} \quad Q_{30,80\%} = -0,16 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 1,69 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.16)$$

$$\text{Район №3} \quad Q_{30,80\%} = 1,19 \left(\frac{F}{1000} \right)^{0,9596} \quad (3.17)$$

$$\text{Район №4} \quad Q_{30,80\%} = 0,01 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 1,16 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.18)$$

$$\text{Район №5} \quad Q_{30,80\%} = 0,52 \left(\frac{F}{1000} \right)^2 + 0,23 \left(\frac{F}{1000} \right) \quad (3.19)$$

Была выполнена оценка ошибки по пяти кластерам (таблица 3.14)

Таблица 3.15. – Средние ошибки расчета по формулам.

№ кластера	Относительная ошибка, %
1 кластер	12
2 кластер	28
3 кластер	45
4 кластер	29
5 кластер	41

Как видно из таблицы, средняя ошибка по кластерам от 12 до 45%.

Для каждого района были рассчитаны коэффициенты λ_p для перехода от расходов обеспеченностью 80% к расходам других обеспеченностей. Коэффициенты λ_p рассчитывались для каждого поста по формуле:

$$\lambda_{p\%} = \frac{Q_{p\%}}{Q_{80\%}}.$$

В качестве расчетных принимались их средние районные значения. Результаты расчетов представлены в таблицах 3.16-3.20.

Таблица 3.16 – Переходные коэффициенты λ_p для района №1 при пяти кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
17	76078	р. Пильва – д. Усть-Кайб	1.03	1	0.92	0.88	0.84
58	76245	р. Барда – д. Синюшата	1.05	1	0.88	0.79	0.71
66	76255	р. Очер – д. Казымово	1.07	1	0.89	0.85	0.82
119	76454	р. Тюй – д. Гумбино	1.06	1	0.91	0.83	0.75
120	76456	р. Сарс – с. Султанбеково	1.06	1	0.83	0.68	0.54
134	76492	р. Бирь – с. Малосухоязово	1.05	1	0.87	0.77	0.65
135	76494	р. Быстрый Таныш – пгт Чернушка	1.09	1	0.79	0.65	0.51
171	76602	р. Святица – д. Вогульцы	1.08	1	0.83	0.68	0.51
		Среднее	1.06	1.00	0.87	0.77	0.67

Таблица 3.17 – Переходные коэффициенты λ_p для района №2 при пяти кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
39	76165	р. Чусовая – д. Косой Брод	1.13	1	0.66	0.38	0.07
45	76200	р. Стебенева – с. Полдневая (В)	1.00	1	0.70	0.50	0.35
46	76201	р. Стебенева – с. Полдневая (Н)	1.17	1	0.83	0.67	0.50
72	76270	р. Белая – ж/д ст. Шушпа	1.10	1	0.84	0.77	0.72
73	76275	р. Белая – Арский Камень, д/о	1.08	1	0.77	0.63	0.52
84	76318	р. Нугуш – с. Новосеитово	1.12	1	0.76	0.62	0.50
91	76332	р. Зилим – д. Таишево	1.07	1	0.85	0.74	0.64
92	76334	р. Сим – с. Серпиевка	1.10	1	0.77	0.63	0.50
93	76335	р. Сим – г. Миньяр	1.09	1	0.80	0.67	0.54
95	76345	р. Лемеза – с. Нижние Лемезы	1.10	1	0.83	0.75	0.70
98	76354	р. Малый Инзер – ж/д ст. Айгир	1.10	1	0.84	0.77	0.73
109	76406	р. Ай – с. Веселовка	1.12	1	0.76	0.61	0.51
110	76408	р. Ай – г. Златоуст	1.10	1	0.79	0.66	0.54
114	76420	р. Тесьма – г. Златоуст	1.13	1	0.71	0.54	0.38
115	76421	р. Куса – пгт Магнитка	1.05	1	0.87	0.77	0.69
116	76423	р. Большая Арша – д. Вознесенская	1.09	1	0.79	0.65	0.53
121	76459	р. Юрюзань – с. Екатериновка	1.16	1	0.66	0.47	0.32
122	76461	р. Юрюзань – пгт Вязовая	1.15	1	0.75	0.63	0.55
125	76470	р. Тюлюк – с. Тюлюк	1.11	1	0.76	0.60	0.47
126	76471	р. Катав – с. Верхний Катав	1.09	1	0.80	0.68	0.56
Среднее			1.10	1.00	0.78	0.64	0.52

Таблица 3.18 – Переходные коэффициенты λ_p для района №3 при пяти кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
152	76550	р. Вятка – с. Красноглинье	1.07	1	0.84	0.73	0.62
160	76584	р. Черная Холуница – с. Троица	1.05	1	0.90	0.82	0.75
163	76588	р. Федоровка – д. Комарово	1.09	1	0.84	0.74	0.68
166	76594	р. Белая Холуница – пос. Климковка	1.06	1	0.84	0.75	0.64
170	76601	р. Лоза – пгт Игра	1.08	1	0.82	0.69	0.58
172	76603	р. Филипповка – с. Филиппово	1.09	1	0.83	0.71	0.60
174	76604	р. Просница – д. Большой Перелаз	1.03	1	0.90	0.87	0.83
184	76625	р. Ярань – д. Наумово	1.09	1	0.80	0.66	0.54
189	76637	р. Лумпун – д. Шмыки	1.06	1	0.86	0.76	0.66
191	76640	р. Нылга – с. Нылга	1.07	1	0.83	0.70	0.59
192	76642	р. Лобань – с. Рыбная Ватага	1.08	1	0.81	0.68	0.53
194	76644	р. Нурминка – с. Кукмор	1.17	1	0.83	0.67	0.50
Среднее			1.08	1.00	0.84	0.73	0.63

Таблица 3.19 – Переходные коэффициенты λ_p для района №4 при пяти кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
16	76076	р. Лолог – пос. Сергеевский	1.14	1	0.71	0.52	0.37
18	76079	р. Уролка – пос. Пашиб	1.16	1	0.66	0.45	0.29
29	76136	р. Кондас – с. Ощепково	1.10	1	0.78	0.65	0.53
30	76139	р. Иньва – г. Кудымкар	1.09	1	0.81	0.68	0.56
32	76145	р. Кува – с. Кува	1.14	1	0.57	0.36	0.21
33	76147	р. Велва (Вильва) – д. Ошиб	1.12	1	0.74	0.57	0.43
47	76212	р. Сулем – с. Галашки	1.11	1	0.86	0.81	0.81
49	76217	р. Серебряная – с. Серебрянка	1.08	1	0.83	0.71	0.60
53	76231	р. Вижай – пгт Пашия	1.12	1	0.74	0.57	0.43
56	76243	р. Вогулка – пгт Шамары	1.11	1	0.76	0.60	0.45
67	76256	р. Тулва – с. Барда	1.10	1	0.83	0.76	0.71
		Среднее	1.11	1.00	0.75	0.61	0.49

Таблица 3.20 – Переходные коэффициенты λ_p для района №5 при пяти кластерах.

№	Код поста	Река – пост	Переходные коэффициенты				
			75	80	90	95	98
83	76317	р. Мелеуз – г. Мелеуз	1.29	1	0.14	0.00	0.00
88	76324	р. Стерля – д. Отрадовка	1.17	1	0.67	0.43	0.20
89	76325	р. Селеук – д. Нижнеиткулово	1.09	1	0.70	0.52	0.35
90	76326	р. Селеук – д. Биксяново	1.07	1	0.83	0.72	0.60
131	76489	р. Мяки – с. Мяки- Тамак	1.13	1	0.69	0.49	0.33
137	76499	р. База – с. Рсаево	1.17	1	0.68	0.46	0.29
142	76516	р. Ря – д. Рятамак	1.07	1	0.82	0.71	0.60
144	76518	р. Дымка – с. Татарская Дымская	1.13	1	0.70	0.50	0.32
145	76519	р. Усень – г. Туймазы	1.11	1	0.73	0.54	0.33
146	76520	р. Милля – с. Михайловка	1.10	1	0.77	0.62	0.48
147	76522	р. Мензеля – с. Сарманы (с. Сарманово)	1.20	1	0.52	0.28	0.16
148	76525	р. Тойма – с. Гусевка	1.12	1	0.70	0.49	0.33
149	76533	р. Зай (Степной Зай) – пгт Акташ	1.08	1	0.83	0.71	0.60
151	76546	р. Сарапала – д. Новопоручиково	1.07	1	0.73	0.53	0.40
197	76646	р. Анзирка – с. Яковлево	1.06	1	0.89	0.83	0.83
		Среднее	1.12	1.00	0.69	0.52	0.39

3.3.4. Итоги районирования и рекомендации по расчету минимальных летне-осенних расходов малых рек

Было выполнено районирование по 3,4 и 5 кластерам, и как показал анализ наилучший результат получен при делении территории камского бассейна на 5 районов.

Это обосновывается несколькими причинами:

- такое районирование позволяет учесть особенности рельефа и геологического строения;
- расчет по формулам дает наименьшую ошибку;
- схема районирования имеет сходные черты со схемой, представленной в справочнике Ресурсы поверхностных вод бассейна реки Камы.

Таким образом при расчете минимальных 30-суточных расходов воды 80 %-ной обеспеченности малых рек бассейна р. Камы можно рекомендовать следующий алгоритм:

- к малым рекам относятся реки с площадью водосбора менее 2000 км²;
- по карте, представленной на рисунке 3.14 определяется номер района;
- по формулам 3.15-3.19 для соответствующего района рассчитывается минимальный 30-суточных расход воды 80 %-ной обеспеченности;
- для перехода к расходам других обеспеченностей используются переходные коэффициенты λ_p (таблица 3.21).

Таблица 3.21 – Переходные коэффициенты λ_p для рек бассейна р. Кама

Номер района	Переходные коэффициенты				
	75	80	90	95	98
Район 1	1.06	1.00	0.87	0.77	0.67
Район 2	1.10	1.00	0.78	0.64	0.52
Район 3	1.08	1.00	0.84	0.73	0.63
Район 4	1.11	1.00	0.75	0.61	0.49
Район 5	1.12	1.00	0.69	0.52	0.39

3.3.5. Расчет минимальных 30-суточных модулей стока 80 %-ной обеспеченности средних рек

Поскольку территория камского бассейна неоднородная и по рельефу, и по гидрологическим условиям, для средних рек минимальные 30-суточные модули стока 80 %-ной обеспеченности рекомендуется определять методом пространственной интерполяции по ближайшим рекам-аналогам со сходными условиями формирования стока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы получены следующие результаты.

С использованием методов кластерного анализа выполнено районирование территории камского бассейна по условиям формирования минимального летне-осеннего стока. На рассматриваемой территории выделено 5 однородных районов: северо-восточный; юго-восточный; северо-западный, юго-западный и центральный.

Для каждого района получена формула для расчета минимальных летне-осенних расходов воды 80 %-ной обеспеченности малых рек.

Для каждого района получены коэффициенты λ_r для перехода от минимальных расходов обеспеченностью 80% к расходам других обеспеченностей.

Представлен алгоритм расчета минимальных летне-осенних расходов воды малых и средних рек при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Богословский Б.Б.* Общая гидрология: учебник для студ. ВУЗов/ Богословский Б.Б. [и др.] – Л.: Гидрометеиздат, 1984.–356 с.
- 2 *Владимиров А.М.* Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
- 3 *Евстигнеев В. М.* Речной сток и гидрологические расчеты. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 304 с.
- 4 Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 248 с.
- 5 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.
- 6 Ресурсы поверхностных вод СССР; Гидрологическая изученность том 11; средний Урал и Приуралье; выпуск 1, Кама, 1966.
- 7 Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
- 8 Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 2004. – 72 с.
- 9 *Сикан А.В.* Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.–279 с.
- 10 Строительные нормы и правила СНиП 2.01. 14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1985. – 35 с.

Интернет ресурсы:

- 11 "Государственный гидрологический институт" // Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный гидрологический URL: <http://www.hydrology.ru/> (дата обращения: 13.05.2023).

- 12 Информационный сайт о реках России // Кама-Все реки URL:
<https://vsereki.ru/reki-vnutrennego-stoka/bassejn-kaspijskogo-morya/volga/kama> (дата обращения: 10.05.2023).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Месячные и годовые суммы осадков; Станция 28224Пермь.

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годовые
1936	34.0	26.1	22.6	28.9	28.5	18.6	35.3	17.2	96.4	65.3	55.3	40.9	469.1
1937	14.7	12.8	26.3	40.6	71.7	72.3	68.8	81.2	32.2	37.4	39.0	30.4	527.4
1938	14.0	35.3	31.3	44.0	43.8	36.5	28.0	19.2	35.9	74.9	30.9	6.1	399.9
1939	28.1	9.8	24.5	42.5	48.4	42.3	28.0	32.5	85.7	57.3	15.5	17.1	431.7
1940	15.5	8.5	11.2	40.0	31.5	95.8	23.2	42.0	38.3	16.2	39.5	19.6	381.3
1941	26.9	11.5	19.6	18.5	85.1	79.9	47.8	14.4	57.6	46.4	13.7	18.6	440.0
1942	12.1	8.6	17.3	13.2	37.4	141.9	99.8	22.5	48.6	70.4	16.9	20.0	508.7
1943	8.4	7.5	6.0	36.7	79.8	190.9	71.7	63.4	81.2	32.5	7.3	25.8	611.2
1944	21.2	9.9	36.5	22.8	34.9	49.7	31.5	84.0	26.4	15.0	6.3	4.0	342.2
1945	5.6	13.4	11.2	29.2	44.3	55.8	62.4	58.4	55.6	40.5	15.1	22.6	414.1
1946	13.0	8.5	20.0	59.6	18.8	31.1	49.0	28.3	106.7	36.4	15.9	10.7	398.0
1947	11.8	28.2	16.2	34.3	50.7	63.9	80.3	59.5	32.8	47.0	48.3	23.4	496.4
1948	13.4	13.6	8.4	16.7	24.9	88.1	88.1	112.6	76.9	22.2	32.3	19.0	516.2
1949	10.4	16.1	3.9	15.1	53.7	81.8	75.0	51.1	29.7	33.6	10.7	15.2	396.3
1950	21.9	15.7	23.8	21.0	22.8	76.5	119.1	74.7	93.0	22.2	10.8	10.5	512.0
1951	22.2	5.2	7.1	35.8	82.1	30.5	76.1	63.4	69.7	17.5	29.9	48.8	488.3
1952	28.3	6.6	17.9	37.8	20.7	86.1	30.5	81.6	31.9	72.9	29.4	33.3	477.0
1953	31.0	20.9	65.2	4.9	75.2	15.4	41.4	37.1	84.1	62.8	24.7	47.1	509.8
1954	21.2	12.1	18.4	10.1	47.1	40.5	84.5	42.9	99.1	57.7	59.4	14.6	507.6
1955	51.7	40.5	29.4	4.5	64.8	44.7	108.3	41.3	13.9	61.3	44.6	37.1	542.1
1956	28.0	14.0	6.1	69.7	44.0	45.1	68.4	151.0	65.2	70.6	59.9	69.7	691.7
1957	37.4	19.1	30.0	35.2	17.0	56.1	106.4	31.4	32.3	70.4	43.6	82.6	561.5
1958	45.9	18.9	19.9	9.2	78.8	31.2	47.1	54.8	76.9	41.6	49.7	76.5	550.5
1959	26.7	13.2	21.7	30.1	77.1	67.1	39.2	76.0	76.5	71.0	22.8	61.3	582.7
1960	25.5	34.8	29.1	8.0	60.1	101.1	38.2	15.7	86.1	49.5	22.2	43.3	513.6

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годовые
1961	35.9	28.6	83.9	80.9	41.1	49.8	49.6	84.2	60.0	19.8	25.9	38.3	598.0
1962	51.9	9.6	46.9	45.0	31.3	136.1	143.5	111.6	91.2	65.7	35.9	47.4	816.1
1963	24.8	35.0	45.7	29.4	12.7	46.7	103.3	44.8	36.2	71.8	66.6	54.2	571.2
1964	62.9	14.5	17.0	20.2	60.4	94.5	44.3	59.6	65.6	77.8	73.0	62.9	652.7
1965	28.5	28.9	20.4	13.6	139.4	33.4	40.8	88.3	54.7	49.3	40.0	49.8	587.1
1966	46.7	72.7	44.7	24.0	78.5	54.5	49.2	55.8	39.1	86.6	32.6	3.5	587.9
1967	34.0	24.1	2.0	19.2	46.3	70.1	127.7	55.2	64.9	27.9	29.5	41.9	542.8
1968	62.2	27.8	29.1	27.9	53.7	61.5	108.7	36.3	34.8	64.0	65.5	42.7	614.2
1969	9.9	14.5	27.5	27.7	70.0	89.5	95.3	84.5	24.7	40.5	65.4	43.6	593.1
1970	65.5	20.7	14.1	74.8	16.5	39.0	39.5	97.3	62.3	68.1	63.4	20.1	581.3
1971	62.5	22.8	23.4	45.2	60.3	68.4	74.2	73.3	26.8	78.7	63.4	47.2	646.2
1972	62.3	25.8	27.4	51.9	30.6	95.3	82.7	28.3	102.1	47.2	76.0	49.1	678.7
1973	43.8	20.2	21.6	3.6	21.7	56.6	146.6	48.3	146.5	68.1	34.1	50.9	662.0
1974	19.7	51.5	27.1	39.8	46.0	37.7	28.4	85.5	13.6	42.9	45.9	5.8	443.9
1975	50.1	39.9	34.3	38.3	35.9	47.6	44.2	43.1	27.9	68.4	37.6	26.7	494.0
1976	57.1	18.0	8.2	16.5	28.3	85.4	88.1	99.7	21.4	36.2	31.5	30.3	520.7
1977	22.3	25.5	33.9	18.0	23.5	89.9	63.1	94.3	48.1	67.5	73.2	32.7	592.0
1978	37.8	21.0	37.3	23.2	104.1	140.6	88.8	83.7	83.5	80.0	50.0	68.2	818.2
1979	37.4	42.5	18.9	28.9	53.8	65.6	91.5	48.6	74.0	70.7	53.1	62.4	647.4
1980	23.3	19.2	12.3	21.0	51.4	46.7	100.1	139.1	61.1	39.5	54.0	33.9	601.6
1981	25.7	7.8	44.2	55.5	20.4	8.7	30.0	40.9	81.2	25.0	25.0	43.1	407.5
1982	46.3	21.2	19.4	30.3	16.8	76.2	58.1	25.5	73.5	89.9	51.9	38.5	547.6
1983	40.6	31.5	35.0	44.5	30.3	138.2	51.5	107.9	99.0	60.9	33.1	50.8	723.3
1984	24.0	4.4	11.4	14.5	27.8	174.3	111.8	83.9	139.0	91.2	58.8	17.0	758.1
1985	58.3	19.7	9.8	62.7	62.6	65.2	61.5	34.6	27.3	61.9	48.6	49.4	561.6
1986	27.7	25.1	23.0	17.9	57.8	78.1	110.9	39.0	108.5	54.9	54.5	23.3	620.7
1987	24.9	37.0	0.9	57.2	29.3	39.0	82.5	26.3	117.9	8.4	35.2	41.0	499.6
1988	29.8	10.1	13.5	49.1	55.6	19.3	16.0	113.4	79.7	28.9	53.7	54.0	523.1
1989	41.9	26.8	19.3	42.8	132.8	16.0	56.4	73.8	57.5	90.6	37.4	53.2	648.5
1990	65.5	38.8	56.7	43.4	109.6	60.3	80.8	48.4	92.9	111.6	82.5	35.5	826.0
1991	59.7	20.7	50.8	14.9	35.8	44.7	72.4	165.6	106.6	66.1	40.4	35.0	712.7

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годовые
1992	71.5	31.1	44.7	75.6	30.0	39.7	116.7	175.4	13.3	96.2	82.8	40.2	817.2
1993	54.4	30.0	12.4	29.8	86.2	109.7	161.2	58.0	127.0	56.0	16.7	46.6	788.0
1994	51.7	26.5	16.4	10.0	34.8	163.1	157.9	95.6	43.1	76.6	88.2	34.1	798.0
1995	20.1	57.7	37.2	12.1	76.1	120.8	58.6	88.5	18.0	88.2	81.6	49.0	707.9
1996	23.7	18.2	1.7	30.5	40.2	103.4	65.6	47.4	90.2	50.0	31.2	19.9	522.0
1997	37.6	40.1	37.5	57.4	96.6	41.1	45.0	121.5	70.7	29.2	61.7	69.4	707.8
1998	33.7	48.3	14.2	45.8	20.9	90.9	21.3	55.4	43.4	73.1	51.4	73.3	571.7
1999	71.8	49.4	24.8	22.8	57.8	37.0	63.1	98.7	75.9	36.8	49.9	59.7	647.7
2000	38.1	33.6	17.5	34.6	111.3	155.5	31.9	55.2	85.0	37.6	46.1	50.4	696.8
2001	80.8	39.3	52.4	13.3	60.2	29.5	32.1	35.6	83.3	68.4	72.7	19.3	586.9
2002	56.4	47.3	61.2	1.4	82.8	32.8	125.7	60.3	101.6	85.3	94.8	32.1	781.7
2003	40.6	16.6	14.3	16.2	52.5	102.9	45.7	141.5	65.8	39.8	31.2	54.4	621.5
2004	25.0	21.7	41.4	42.0	71.6	101.9	50.6	93.4	52.8	86.5	67.7	31.1	685.7
2005	33.4	19.6	24.3	19.4	56.6	141.0	28.0	16.1	46.8	29.6	19.6	35.4	469.8
2006	23.5	26.0	49.4	68.7	77.4	30.1	127.3	42.7	73.9	58.9	72.9	100.9	751.7
2007	58.3	34.1	21.5	72.5	107.3	177.1	80.2	88.3	43.2	36.1	40.6	29.3	788.5
2008	52.8	52.4	44.8	7.5	60.9	60.4	61.5	90.0	91.8	59.8	77.7	30.6	690.2
2009	54.9	29.5	23.6	55.0	27.4	58.6	86.3	59.2	27.0	75.0	64.9	61.1	622.5
2010	31.4	21.0	27.7	36.7	26.1	112.5	11.3	102.1	31.6	50.2	63.2	69.7	583.5
средн ее	36.2	24.8	26.0	32.6	53.4	73.1	70.1	68.0	64.5	55.8	45.3	39.4	589.1
n	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
σ	17.93	13.74	16.03	19.28	28.34	41.99	35.48	36.03	31.17	22.51	21.48	19.94	119.22
c_v	0.50	0.55	0.62	0.59	0.53	0.57	0.51	0.53	0.48	0.40	0.47	0.51	0.20
Cs	0.43	0.96	1.03	0.61	0.88	0.93	0.62	0.82	0.33	-0.03	0.18	0.42	0.20

Приложение А – Среднемесячные и среднегодовые температуры воздуха; Станция 28224 Пермь

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднего довая
1936	-11.8	-13.4	-8.2	3.5	8.8	19.3	21.0	17.2	9.0	2.0	-2.9	-6.3	3.2
1937	-13.4	-10.8	-6.4	3.7	8.1	17.1	19.0	15.7	10.9	3.6	-5.7	-17.1	2.1
1938	-12.6	-12.0	-6.2	4.0	11.5	15.3	18.6	17.8	13.2	1.2	-4.5	-19.1	2.3
1939	-16.4	-11.3	-5.6	1.0	8.7	17.4	18.9	13.0	5.9	0.1	-3.2	-10.7	1.5
1940	-23.9	-15.4	-7.3	3.2	5.8	15.6	20.2	18.7	12.9	-1.7	-4.0	-14.2	0.8
1941	-16.5	-15.5	-8.0	-1.4	6.5	13.6	17.4	17.2	8.9	0.5	-10.0	-16.8	-0.3
1942	-21.4	-14.4	-12.4	0.9	10.1	16.7	17.9	15.0	8.3	2.1	-5.6	-11.1	0.5
1943	-21.2	-11.8	-5.9	4.9	14.1	14.2	19.3	16.0	8.2	1.4	-6.2	-9.1	2.0
1944	-8.1	-10.7	-3.0	1.8	11.3	16.5	16.5	14.0	11.7	2.1	-8.3	-12.2	2.6
1945	-15.3	-14.6	-8.2	1.4	6.2	15.8	16.3	18.3	9.1	0.8	-8.0	-18.6	0.3
1946	-12.1	-10.2	-7.2	0.7	10.1	15.5	18.5	16.5	9.1	-2.1	-5.9	-13.9	1.6
1947	-15.4	-14.6	-6.0	4.4	7.5	14.9	15.7	15.4	10.4	3.4	-2.0	-12.0	1.8
1948	-12.1	-13.8	-9.2	0.9	14.5	19.8	14.7	15.0	9.9	3.5	-3.6	-14.2	2.1
1949	-6.5	-14.2	-7.5	1.7	11.3	17.0	15.9	16.8	7.2	1.7	-6.4	-13.4	2.0
1950	-22.6	-13.3	-5.0	6.5	9.2	14.4	15.7	14.1	9.7	3.2	-8.8	-9.2	1.2
1951	-15.2	-18.5	-4.9	8.9	8.5	16.7	18.3	18.2	10.8	0.8	-8.8	-6.2	2.4
1952	-11.6	-10.9	-8.5	-0.3	11.0	16.9	21.4	15.3	12.2	-0.4	-7.5	-12.1	2.1
1953	-14.5	-18.1	-6.1	7.4	10.9	16.7	19.8	19.6	8.6	-0.2	-12.6	-9.8	1.8
1954	-18.7	-21.3	-7.7	4.1	11.1	16.7	21.7	15.0	11.2	4.4	-5.7	-10.2	1.7
1955	-10.0	-12.6	-8.5	2.9	11.7	16.5	16.5	14.3	9.2	4.9	-7.0	-23.8	1.2
1956	-16.7	-19.4	-6.4	2.1	11.7	18.4	15.3	14.7	5.1	2.1	-9.0	-8.4	0.8
1957	-15.0	-8.2	-12.1	0.9	14.7	17.1	18.2	17.5	15.0	2.0	-8.7	-7.4	2.8
1958	-10.7	-10.0	-9.8	2.6	9.1	17.7	17.5	18.0	4.6	2.9	-4.7	-15.2	1.8
1959	-8.7	-14.0	-5.7	1.4	10.7	16.6	18.5	14.6	7.7	-1.1	-6.5	-13.5	1.7
1960	-14.3	-13.4	-11.1	4.4	7.9	17.8	18.2	14.9	9.3	-0.7	-9.9	-8.5	1.2
1961	-12.3	-10.1	-1.9	0.9	10.3	16.6	19.8	15.0	7.8	3.1	-7.7	-11.1	2.5
1962	-9.9	-8.2	-4.8	5.1	15.6	12.8	19.7	13.1	9.3	1.3	-2.6	-11.9	3.3

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднего довая
1963	-18.2	-10.8	-14.4	2.9	11.5	15.9	19.0	14.2	10.6	3.4	-3.9	-12.5	1.5
1964	-14.3	-11.4	-9.6	0.8	10.5	14.8	19.8	15.3	9.9	1.2	-6.0	-9.2	1.8
1965	-15.2	-14.3	-3.9	1.5	9.9	16.3	17.9	13.2	10.3	0.0	-9.8	-6.6	1.6
1966	-16.6	-19.6	-5.6	5.4	10.9	14.2	18.8	15.8	9.9	-0.3	-4.4	-18.7	0.8
1967	-17.6	-15.1	-4.0	7.1	11.6	13.9	18.5	17.5	7.8	5.4	-0.4	-9.0	3.0
1968	-15.3	-11.1	-3.5	0.7	10.4	14.7	15.1	15.3	7.2	-0.4	-8.5	-18.4	0.5
1969	-25.9	-18.8	-10.3	3.0	4.8	10.9	16.6	14.0	10.3	-1.1	-3.3	-14.6	-1.2
1970	-17.2	-9.6	-3.1	3.2	10.2	14.6	19.1	14.5	11.3	3.2	-8.2	-15.5	1.9
1971	-9.9	-15.9	-8.5	0.8	8.1	13.2	18.9	13.3	11.2	0.1	-0.8	-9.8	1.7
1972	-15.4	-12.6	-8.1	4.1	8.9	14.5	17.8	17.7	6.6	2.6	-6.1	-7.8	1.9
1973	-19.1	-10.5	-3.9	6.6	12.3	18.0	14.5	14.8	4.4	0.3	-4.1	-7.6	2.1
1974	-19.2	-12.1	-2.8	3.6	10.8	15.5	20.8	15.4	11.4	6.1	-5.7	-8.1	3.0
1975	-9.0	-13.4	-1.2	7.9	11.4	15.5	17.7	14.2	12.7	-0.2	-6.2	-8.8	3.4
1976	-13.2	-17.2	-7.3	4.5	11.0	16.3	15.9	16.4	8.8	-4.7	-7.8	-11.7	0.9
1977	-16.9	-14.6	-4.3	3.9	12.2	16.3	17.5	13.1	7.7	-1.2	-2.6	-14.3	1.4
1978	-10.1	-12.4	-1.7	1.0	8.2	13.8	16.0	12.2	8.6	1.1	-4.6	-20.8	0.9
1979	-17.7	-13.2	-3.5	-2.6	13.3	10.8	18.0	15.6	9.9	0.3	-4.5	-8.8	1.5
1980	-16.5	-11.8	-7.2	3.1	12.1	15.5	15.8	11.9	9.1	1.7	-6.6	-7.3	1.7
1981	-8.5	-9.5	-7.4	0.2	8.6	18.7	20.7	19.8	9.1	6.3	-2.4	-8.8	3.9
1982	-16.6	-14.3	-7.4	4.7	10.2	14.9	19.0	15.0	11.0	0.2	-3.0	-6.7	2.3
1983	-8.3	-8.9	-6.5	6.9	8.9	15.3	19.9	14.9	8.5	3.5	-4.7	-6.6	3.6
1984	-9.7	-13.4	-3.5	0.7	12.0	15.4	18.7	14.0	8.5	0.8	-11.1	-18.4	1.2
1985	-12.7	-17.0	-5.2	1.9	7.9	15.3	15.9	16.8	10.8	0.6	-6.7	-11.2	1.4
1986	-13.1	-15.6	-3.7	6.4	6.8	15.5	14.5	12.8	7.2	1.9	-5.9	-16.5	0.9
1987	-19.7	-8.7	-6.6	0.3	14.0	19.4	17.8	15.1	8.8	1.4	-11.8	-12.3	1.5
1988	-15.8	-10.0	-2.4	3.3	10.1	18.4	22.3	17.6	9.1	3.6	-8.7	-10.5	3.1
1989	-16.1	-10.1	-2.3	1.1	11.4	20.9	20.7	13.8	9.7	2.1	-4.6	-10.3	3.0
1990	-13.2	-5.6	-1.7	4.6	7.9	16.5	18.6	16.0	7.9	0.2	-6.0	-8.1	3.1
1991	-14.2	-10.9	-7.5	7.1	14.9	20.4	17.5	13.4	9.4	6.4	-2.8	-12.8	3.4
1992	-13.8	-10.7	-3.4	1.4	9.5	13.4	15.6	13.2	11.8	0.6	-6.3	-8.2	1.9

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднего довая
1993	-9.0	-12.6	-6.9	3.2	10.5	17.0	18.4	15.1	5.3	1.7	-12.1	-9.3	1.8
1994	-10.0	-18.6	-5.6	4.3	10.2	15.8	15.7	13.8	10.8	4.1	-7.4	-12.4	1.7
1995	-11.4	-5.2	-1.1	9.4	12.5	16.5	18.4	16.1	11.8	3.7	-5.6	-14.4	4.2
1996	-14.4	-12.9	-5.3	0.0	11.4	17.3	18.2	12.8	7.0	2.1	-0.8	-11.6	2.0
1997	-19.6	-10.3	-3.0	5.2	10.5	17.0	15.6	13.7	10.1	4.2	-7.6	-13.5	1.9
1998	-10.8	-17.2	-2.7	-2.7	11.5	18.7	21.3	16.5	8.3	3.3	-12.6	-8.6	2.1
1999	-14.8	-7.9	-7.9	4.2	6.8	15.6	19.6	14.7	9.6	6.3	-10.6	-6.8	2.4
2000	-10.5	-7.3	-2.3	7.2	8.2	17.9	20.9	14.7	8.3	2.5	-6.9	-12.8	3.3
2001	-10.2	-14.8	-3.2	6.4	12.7	14.8	18.3	15.0	10.8	0.6	-4.6	-14.8	2.6
2002	-10.3	-4.6	-1.7	3.0	7.9	14.4	19.0	11.7	10.1	1.9	-3.9	-19.4	2.3
2003	-12.5	-13.5	-4.3	4.3	12.1	13.8	19.1	18.8	10.3	5.5	-5.2	-5.0	3.6
2004	-9.5	-10.3	-3.5	-0.9	13.1	15.7	21.2	15.7	11.0	2.0	-3.8	-12.0	3.2
2005	-9.5	-13.8	-6.8	5.1	14.6	14.7	18.7	16.4	10.7	4.7	-0.7	-6.5	4.0
2006	-19.8	-12.6	-4.0	2.9	11.2	19.3	16.0	15.3	11.0	2.2	-6.4	-5.5	2.5
2007	-5.4	-16.3	-2.4	4.2	11.5	13.4	19.7	17.8	10.6	4.3	-6.1	-11.5	3.3
2008	-12.2	-8.6	-1.1	4.7	10.6	15.7	19.7	16.4	7.7	6.1	0.6	-7.2	4.4
2009	-12.7	-10.7	-2.2	1.4	11.8	17.1	16.4	15.6	12.2	4.0	-3.4	-15.7	2.8
2010	-18.8	-15.6	-4.3	5.7	14.1	16.9	20.3	18.0	10.3	2.8	-2.9	-13.7	2.7
n	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
сред нее	-14.1	-12.7	-5.6	3.2	10.5	16.1	18.2	15.4	9.5	2.0	-5.9	-11.7	2.07
СКО	4.17	3.43	2.88	2.58	2.28	1.94	1.90	1.82	1.99	2.19	2.94	4.06	1.04
Cv													0.50
Cs													-0.20