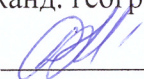


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Геолого-географический факультет
Кафедра гидрологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП

канд. геогр. наук, доцент

 Д.А. Вершинин

« 18 » июня 2021 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК РЕКИ ПАРАБЕЛЬ И ЕЕ ПРИТОКОВ

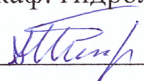
По основной образовательной программе подготовки бакалавров
направление подготовки 05.03.04 - Гидрометеорология

Прокопьева Вероника Евгеньевна

Руководитель ВКР

старший преподаватель

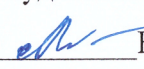
каф. гидрологии

 А.И. Петров
подпись

« 17 » июня 2021 г.

Автор работы

студентка группы №02705

 В.Е. Прокопьева
подпись

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
1.ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНА РЕКИ ПАРАБЕЛЬ.....	5
1.1 Географическое положение, рельеф и геологическое строение	5
1.2. Климат.....	6
1.3. Почвы и растительность.....	9
2. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕКИ ПАРАБЕЛЬ И ЕЁ ПРИТОКОВ	11
2.2. Водный режим реки	15
3. МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК БАСЕЙНА ПАРАБЕЛЬ И ЕЕ ПРИТОКОВ	16
3.1. Расчет максимального стока весеннего половодья при наличии материалов наблюдений	17
3.1.2 Расчет и построение разностной интегральной кривой максимальных расходов воды весеннего половодья р. Парабель - с. Новиково	20
3.1.3 Расчет оценок параметров распределения максимальных расходов воды весеннего половодья по материалам наблюдений р. Парабель – с. Новиково	21
3.1.4 Построение эмпирической и аналитической кривых обеспеченности максимального весеннего стока.....	22
3.2 Расчет максимального весеннего половодья при недостаточности данных наблюдений.	24
3.2.1 Проводим генетическую и статистическую оценку рядов на однородность по аналогии раздела	24
3.2.2 Расчет и построение разностной интегральной кривой максимальных расходов воды весеннего половодья р. Кёнга –пос. Центральный и р. Чузик – п. Осипово	25
3.2.3 Расчет оценок параметров распределения максимальных расходов воды весеннего половодья р. Кёнга – пос. Центральный и р. Чузик – п. Осипово.....	26
3.2.4 Построение эмпирической и аналитической кривых обеспеченности максимального стока весеннего стока р. Кёнга – пос. Центральный и р. Чузик – пос. Осипово.	26
3.3 Определение максимального стока весеннего половодья при отсутствии материалов наблюдений.....	28
3.4. Расчет гидрографа весеннего половодья редкой повторяемости.....	30
3.5 Сравнение полученных результатов	34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	36
Список литературы.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Исходные данные: максимальные расходы воды весеннего половодья	39

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Зависимости $Q_p=f(Q_a)$, для восстановления пропусков в рядах и приведения к длительному периоду	41
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Оценка на генетическую однородность и репрезентативность ряда.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Ординаты аналитических кривых распределения максимального стока весеннего половодья	48
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Кривые обеспеченности максимального стока весеннего половодья	50
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Выкопировки из карт и исходные данные для расчета при отсутствии материалов наблюдений	52
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Модели гидрографа весеннего половодья редкой повторяемости.....	53

ВВЕДЕНИЕ

В гидрологии под речным стоком обычно подразумевается объём стока — объём воды, прошедшей через определённый створ в единицу времени, чаще всего год. Объединяет поверхностный сток (образующийся в результате осадков и снеготаяния) и подземный сток, формируемый за счет грунтовых вод.

Половодье — фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон и характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и продолжительным подъёмом уровня воды.

Согласно классификации рек по характеру водного режима Б.Д. Зайкова, реки, у которых главная фаза водного режима — половодье, разделены на две большие группы: реки с весенним половодьем и реки с половодьем в тёплую часть года.

При проектировании постоянных речных гидротехнических сооружений расчетные максимальные расходы воды надлежит принимать исходя из ежегодной вероятности превышения (обеспеченности), устанавливаемой в зависимости от класса сооружений для двух расчетных случаев - основного и поверочного. Для основного расчетного случая: 1 класс — 0,1 %, 2 класс — 1%, 3 класс — 3%, 4 класс — 5%.

Данная тема актуальна, так как знания основных гидрологических характеристик необходимы при водохозяйственном проектировании и строительстве автомобильных дорог и мостов через реки при рациональном использовании водных ресурсов территории, промышленным, коммунальным и сельскохозяйственным, при разработке нефтяных и газовых месторождений в нефтегазоносном районе Васюганье. Именно на мгновенные максимальные расходы рассчитываются размеры различного рода водопропускных и водосбросных отверстий, отметки дорожных насыпей, оградительных дамб и других сооружений. Так же на реке ведутся регулярные наблюдения за стоком. Продолжение изучения реки необходимо в связи с накоплением материалов наблюдений и необходимости производить гидрологические обобщения.

Изучением реки Парабель занимались Евсеева Н.С., Опарий В.О., Бураков Д.А. и Земцов В.А. В работе приведены результаты исследований применительно к Томской области, в районе бассейна реки Парабель. Бассейн реки Парабель относится к слабоизученной территории.

Исходные данные к работе: цель — исследовать максимальный сток весеннего половодья Парабели и ее притоков. Исходные материалы к работе — срочные максимальные расходы воды с начала открытия гидрологических постов по 2018 год.

Объекты исследования: река Парабель и ее притоки.

Задачи: 1) Описать физико-географические характеристики реки Парабель и её притоков; 2) Рассмотреть и описать гидрологическую изученность и водный режим; 3) Рассчитать максимальный сток рек при наличии, недостаточности и отсутствии материалов наблюдений; 4) Рассчитать и построить гидрограф весеннего половодья редкой повторяемости; 5) Произвести анализ полученных результатов со значениями ранее опубликованными.

Методы расчета: Рассчитать максимальный сток рек как при наличии, недостаточности, так и при отсутствии материалов наблюдений. В расчетах использовать вероятностно-статистический метод, метод аналогии, карты максимального стока весеннего половодья

Методы оценки достоверности результатов: Определение оценок параметров кривых обеспеченности максимального стока производить методом моментов, предварительно проанализировав ряды наблюдений на генетическую и статистическую однородность по критериям Фишера и Стьюдента. Оценить репрезентативность рядов, используя разностные интегральные кривые стока. Произвести анализ полученных результатов со значениями ранее опубликованными.

Для решения задач были использованы максимальные расходы воды весеннего половодья с начала открытия постов до 2018 года.

В качестве материалов для расчётов и изучения информации использовались данные из «Гидрологических ежегодников», «Основных гидрологических характеристик», «Гидрологических изученностей» и другой справочной литературы [1 – 19].

Расчёты проводились с помощью программы Exel, написание работы с помощью Word, определение границ водосбора с помощью программы SASPlanet.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ ПАРАБЕЛЬ

1.1 Географическое положение, рельеф и геологическое строение

Бассейн реки Парабэль находится в Азиатской части России, в Западной Сибири (рис. 1). Река протекает по территориям Каргасокского и Парабельского районов, относящихся к Томской области и является левым притоком реки Обь. [1]

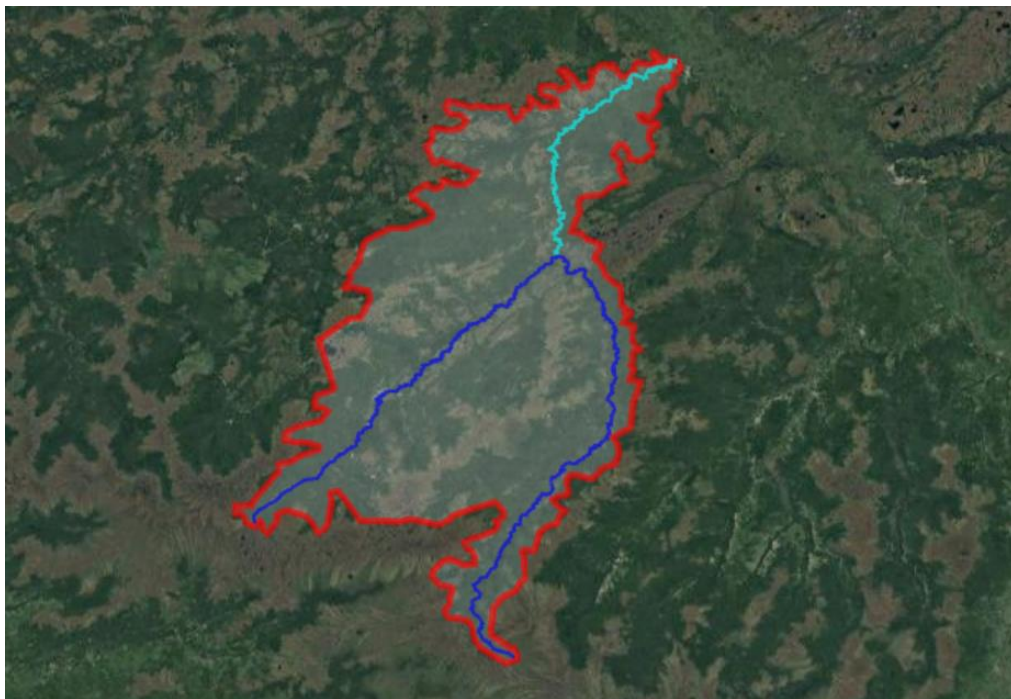


Рисунок 1 – Бассейн реки Парабель с главными притоками

Рельеф левобережья Томской области равнинный. На десятки и сотни километров тянутся плоские, сильно заболоченные пространства с отметками, не превышающими 200 м над уровнем моря. Поверхность области слабо наклонена на северо-запад. Парабельский кряж представляет собой ряд плосковерхих холмов, сухих возвышенностей вдоль затопляемых пойменных долин.

На плоской поверхности водораздельных пространств наблюдаются небольшие округлой формы впадины. В большинстве случаев они уже заболочены и покрыты мощными торфяниками, кое-где среди них сохранились мелкие озера. Происхождение таких форм связано с термокарстовыми процессами, проявлявшимися в недалеком прошлом в связи с деградацией вечной мерзлоты. После отступления вечной мерзлоты произошло протаивание грунтов, содержащих лёд, что привело к просадке грунтов и

образованию неглубоких впадин. Многие из них были заполнены водой. Так образовались озера. Во влажном климате и в неблагоприятных условиях стока вод с плоской поверхности такие западинки и озера явились очагами заболачивания междуречий.

Роль болотообразовательных процессов в формировании современного рельефа Томской области исключительно велика. Если другие факторы создавали неровности, то болотообразование приводит к сглаживанию контрастов в рельефе, выравнивает его, «затягивает» понижения путём торфонакопления. Болота, устраняя неровности предыдущей поверхности, создают новый рельеф. На выпуклых сфагновых торфяных болотах, часто с характерным для них параллельным чередованием гряд и мочажин, можно видеть небольшие озерки, речки, блуждающие по болоту, топи. Отчетливо выделяются в рельефе долины крупных рек области. В долинах, кроме поймы, ежегодно во время весеннего половодья заливаемой водой, выделяются две или три надпойменные террасы.

Характеризуется Парабельский район пойменно-луговым, низинным и переходным болотами – типами местностей.

Широко распространены по площади аллювиальные (в долинах рек) накопления, в южной части – лёссы, на крайнем севере – ледниковые и водно-ледниковые образования. Глубина залегания складчатого основания изменяется от 4–6 км в пределах локальных впадин и прогибов до 2–3 км на поднятиях. На территории района обнаружены месторождения нефти, газа, кирпично-керамзитовые глины, торф. Среднее Приобье имеет минерализованные подземные воды на глубине 1100—2250 м. [2]

1.2. Климат

Климат Парабельского района континентальный, с теплым коротким летом, холодной и продолжительной зимой, а также довольно резкими изменениями всех элементов погоды в сравнительно короткие периоды времени (даже в течение суток). Климат формируется, главным образом, под влиянием воздушных масс Арктики, Атлантики и Средней Азии. Продолжительность безморозного периода 100 дней, в долине реки Оби – 110 дней. Средняя температура воздуха в июле 20–22°C, максимум 34–35°C. Средняя температура января от –19 °C на юге до –23 °C на северо-востоке (рис. 2). Среднегодовые значения температур колеблются в регионе от –1,4 °C на юго-западе до –2,8 °C на северо-востоке (табл. 1). Мощность снежного покрова в среднем 58–68 см, на за-

паде и востоке 78–80 см. Число дней с метелями 53–63. Абсолютный минимум температуры воздуха -54°C , продолжительность устойчивого снежного покрова на юге 175-180 дней, на севере – 190 дней. Продолжительность вегетационного периода от 130 дней на севере до 150 дней на юге. [3]

Таблица 1 - Средняя и годовая температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) метеостанций Томской области [7]

№	Пункты	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	Васюганское	-20,6	-17,6	-10,5	-0,8	6,9	14,5	17,4	14,2	8,7	-0,4	-11,9	-19,3	1,6
2	Каргасок	-21,3	-18,4	-11,2	-1,6	6,6	14,4	17,4	14,2	8,6	-0,5	-12,5	-19,8	-2,0
3	Парабель	-21,2	-18,3	-11,0	-1,4	6,7	14,5	17,3	14,0	8,5	-0,4	-12,2	-19,6	-1,9
4	Колпашево	-21,0	-17,9	-10,7	-1,1	7,2	15,0	17,9	14,7	9,0	0,0	-12,1	-19,4	-1,5
5	Старица	-20,7	-17,4	-10,1	-0,4	7,6	14,7	17,2	14,1	8,6	-0,1	-11,7	-19,2	-1,4
6	Пудино	-20,8	-17,8	-10,3	-0,3	8,0	14,5	17,0	13,9	7,8	0,2	-11,2	-18,8	-0,5
7	Кенга	-21,3	-17,8	-10,6	-0,5	7,8	14,3	16,8	13,7	8,1	-0,1	-11,8	-19,4	-1,7



Рисунок 2 - Среднемесячная температура воздуха на станции Парабель

Практически все криогенные (мерзлотные) процессы и явления на территории Томской области носят сезонный характер и приурочены к слою сезонного промерзания. К ним относятся пучение и морозобойное растрескивание. [3]

Опасные погодные явления: обильные и продолжительные осадки, низкие температуры, сильные и штормовые ветры, метели, заморозки, град, туманы и другое.

Продолжительность лета незначительная, с невысоким значением температур и большой влажностью (годовая сумма осадков колеблется от 440 до 530 мм, большая часть

из которых приходится на апрель-октябрь, среднее число туманов в году от 10 до 20, продолжительностью от нескольких минут до нескольких суток (табл. 2). Продолжительная зима с сильными морозами, ранние сроки установления устойчивых снежных покровов (образующихся в среднем в третьей декаде октября) и разрушающимися в период с 24 по 30 апреля (рис. 3). Длительный период возвратных заморозков и ранние осенние заморозки (число дней с заморозками при установившемся режиме положительных температур в среднем составляет 20-30 в год). Во все сезоны господствуют юго-западные ветры и только летом и во вторую половину весны характерны северо-западные со среднегодовым значением скорости 3,1 – 3,9 м/с. [5]

Таблица 2 - Среднемесячные и годовые суммы осадков (мм) [7]

№	Пункты	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	Васюганское	22	15	20	29	51	67	76	78	55	48	40	32	533
2	Каргасок	20	15	17	25	52	63	78	80	50	43	32	25	500
3	Парабель	13	10	13	22	45	58	76	75	47	35	26	20	440
4	Колпашево	19	12	19	23	49	55	70	80	52	38	33	25	475
5	Старица	15	11	15	24	44	68	77	76	47	36	30	23	466
6	Пудино	16	12	16	23	41	71	77	82	45	38	29	24	464
7	Кенга	15	12	16	26	40	68	86	71	48	39	28	24	473

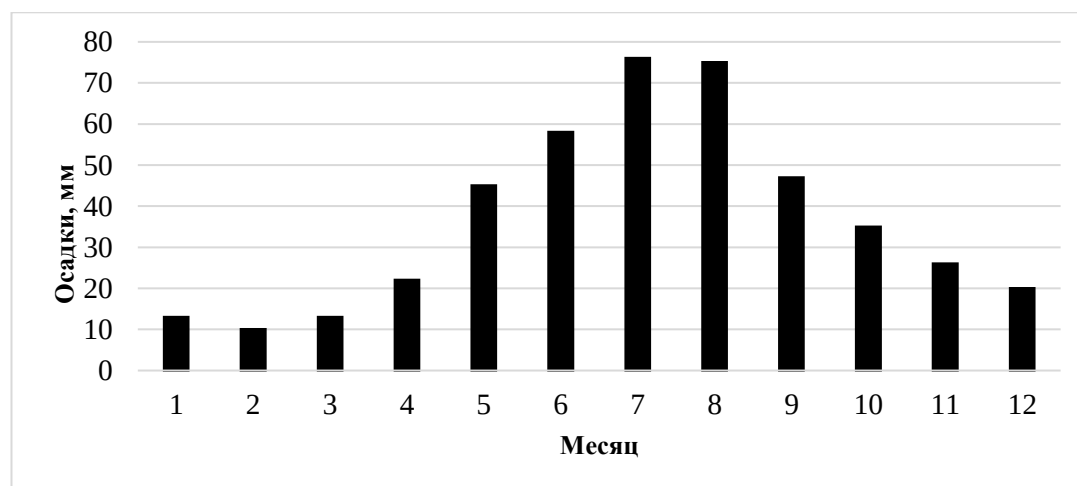


Рисунок 3 - Годовой ход осадков на станции Парабель

В Томской области очень много пасмурных дней: годовое число дней без солнца - 90-100. Особенно много таких дней в ноябре, декабре, январе. В декабре, например, до 20 дней без солнца, а в июне-июле - 1-2 дня. Облачность уменьшает количество солнечной радиации на 33-34% на севере и на 31% — на юге области. С севера на юг количество суммарной солнечной радиации за год составляет: Александровское - 80-83 ккал/см²

(3352- 3478 МДж/м²) ; Колпашево — 87 ккал/см² (3645 МДж/м²); Томск - 90-93 ккал/см² (3771-3897 МДж/м²).

Разность между приходом и расходом лучистой энергии формирует радиационный баланс подстилающей поверхности. Годовые величины его в области изменяются в пределах 27-34 ккал/см² (1131-1425 МДж/м²). Самые большие затраты тепла - до 85-90 % в лесной зоне - расходуется на испарение и лишь 10-15 % - на турбулентный теплообмен (Мячкова, 1983). В результате, несмотря на максимальные величины радиационного баланса в июне-июле, лето в области умеренно теплое, влажное, зима — умеренно суровая, снежная.

Одним из наиболее важных факторов формирования климата области является преобладающий в умеренных широтах Северного полушария западный перенос воздушных масс. Зимой основными центрами действия атмосферы, влияющими на погоду Западной Сибири, является исландский минимум (глубокий циклон над Исландией) и азиатский максимум (мощный антициклон в Азии с центром над Тувой и Монголией). Формирование азиатского антициклона начинается в октябре, но наибольшего развития он достигает в декабре, январе, феврале. В январе в центре азиатского максимума среднее многолетнее давление составляет 1045 гПа (783,8 мм рт.ст.). [7]

1.3. Почвы и растительность

Широтная зональность представлена подзонами – среднетаёжной, южнотаёжной и мелколиственных лесов (подтайгой). Значительны площади кедровых лесов (из кедровой сосны) на левобережье рек Чижалка и Кёнга. Почвы подзолистые глубинно-глеевые и глееподзолистые с фрагментами вторичного гумусового горизонта. На междуречьях и в ложбинах древнего стока нередко сочетания елово-кедровых лесов на подзолистых почвах разной степени глееватости и олиготрофных болот. На песчаных гривах в ложбинах древнего стока и на дренированных террасах распространены сосновые бруснично-зеленомошные леса на подзолистых иллювиально-железистых почвах. В подтайге представлены сосновые лишайниковые боры на подзолах, осиново-берёзовые леса нередко с примесью темнохвойных пород на дерново-подзолистых почвах. Встречаются острова коренных берёзовых травянистых лесов («бельники») на серых лесных почвах. На участках лесостепи – разнотравно-злаковые луга на чернозёмах выщелоченных и оподзоленных сочетаются с осиново-берёзовыми остепнёнными лесами на серых лесных, местами оподзоленных, почвах.

Широко распространены болота, главным образом олиготрофные. В центральной части развиты грядово-мочажинные комплексы с кустарничково-сфагновыми грядами и обводнёнными мочажинами на почвах болотного ряда. В северных районах распространены багульниково-сфагновые болота с сосной (рямы). На долю сельскохозяйственных угодий приходится 5% земельного фонда области, 2,1% из них – пашни. Пахотные угодья мелкоконтурные, увеличение их площади происходит за счёт сведения лесов или мелиорации болот. [4]

Преобладающей древесной растительностью является ива, береза, осина, однако на фрагментах возвышенной поймы встречаются рощицы сосны. Особое хозяйственное значение имеют плоские широкие гривы центральной части поймы, которые использовались как пастбища и сенокосы. Луга в пойме интересующего нас участка являются преобладающим типом растительности.

Растительность характеризуется широким развитием лесов таежного типа, которые сконцентрированы по увалу террасы. Уже на удалении 2-3 км от него фиксируются заболоченные участки, которые быстро превращаются в сплошные болотные массивы. Поверхность этой террасы холмистая, сложенная песками, она достаточно легко развивается ветром. Изначально повышения рельефа террасы были заняты березово-еловыми террасами, с небольшими участками, где преобладала сосна. Однако, антропогенное воздействие на ландшафт привело к смене растительного покрова, представленного вторичными березняками. Вследствие суровости климата повсеместно распространена сезонная мерзлота – промерзание почвогрунтов от 0,5-0,6 м на обводных торфяниках до 3,5 м на хорошо дренированных присклонных участках, на обширных междуречных пространствах, сложенных супесчанно-суглинистыми отложениями. Мощность слоя сезонного промерзания 1,2- 2,5 м. [5]

2. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕКИ ПАРАБЕЛЬ И ЕЁ ПРИТОКОВ

2.1. Гидрологическая изученность

Наблюдения за гидрологическим режимом в бассейне реки Парабель ведутся в основном на 3 постах: р. Парабель-с. Новиково (с 1957 по 2018 год), р. Чузик- Осипово (с 1956 по 2005 год), р. Кёнга- п. Центральный (с 1954 по 1993 год).

Р. Парабель – с. Новиково. Пост расположен на северо-западной окраине села, в 15 км выше впадения р. Амелич, в 38 км ниже впадения р. Кёнга. Прилегающая местность – равнина, поросшая смешанным лесом, чередующимся с лугами, пашнями, местами заболочена. Долина реки трапецеидальная, пойменная, шириной 1,2 км. Левый склон долины в створе поста умеренно крутой, пологий, одернован, застроен, распахивается под огороды, выше и ниже поста – крутой, местами обрывистый, слабоодернован, изрезан оврагами и балками, сливается с берегом. Правый склон пологий, поросший смешанным лесом, постепенно сливается с окружающей местностью.

Пойма левого берега шириной от 70 м до 200 м, луговая, высокая, заливается только в отдельные годы при уровне 850 см над нулем поста. Правобережная пойма шириной до 1 км, луговая, по берегу реки застроена, по низким местам заросшая кустарником с колками смешанного леса, с озерами старичного происхождения, заливается при уровне 800 см над нулем поста. Сток воды по пойме начинается приблизительно при уровне 860 см над нулем поста.

Русло реки слабоизвилистое, песчаное, с наличием большего числа перекатов. Берега крутые и обрывистые. Левый – глинистый, правый – песчаный. В 300 – 400 м выше, ниже поста в период весеннего ледохода возможны заторы льда, в начале зимы – полыньи. Река используется для судоходства. Пост свайный, расположен на левом берегу. Отметка нуля поста 58.41 м БС. Гидроствор №1 совмещен с постом, оборудован троссовой переправой.

Р. Чузик – с. Пудино. Пост расположен в юго-восточной части села, в 4 км выше впадения р. Ольги, в 5 км ниже р. Коньги, в 2 км ниже р. Никольки. Прилегающая местность – сильно заболоченная равнина с преобладанием болот верхового типа, поросшая смешанным лесом. Долина реки трапецеидальная, пойменная. Левый склон долины крутой, высотой 7 м, поросший молодым смешанным лесом, кустарником, рассечен оврагами, суглинистый. Правый – высотой 5-7 м, пологий, поросший смешанным лесом.

Пойма двухсторонняя. Левобережная пойма в створе поста луговая, шириной 100 – 200 м, по берегу поросшая кустарником, далее – смешанным лесом молодого возраста с преобладанием хвойных пород, заболочена, с наличием мелких озер старичного происхождения, заливается при уровне 750 см над нулем поста. Пойма правого берега шириной около 400 м с выраженным береговым валом, поросшая лиственным лесом и кустарником, заливается при уровне 659 см над нулем поста.

Русло реки извилистое, суглинистое, засорено остатками древесины, зарастает водной растительностью. В 70 м выше поста имеется остров, разделяющий реку на два рукава. Правый рукав почти полностью забит мусором. Берега умеренно крутые, высотой до 5 м, суглинистые, поросшие кустарником. Зимой на реке не редки полыньи. Ледохода не наблюдается, лёд тает на месте. Пост свайный, расположен на левом берегу. Отметка нуля поста 78.11 м БС. Гидроствор №1 совмещен с постом, оборудован канатной переправой.

Р. Кенга - пос. Центральный. Пост расположен в 300 м на ЮВ от поселка, в 420 м выше впадения р. Пузе. Прилегающая местность – слабохолмистая равнина, поросшая смешанным лесом, чередующимся с лугами, местами заболочена. Долина реки ящикообразная, пойменная, шириной 0,4-0,8 км. Клоны долины умеренно крутые. Левый, поросший травой, распахан, застроен. Правый, поросший кустарником и лесом. Левобережная пойма, шириной 320 м, высокая, неровная, изрезанная логами, озерами, старичного происхождения, луговая, используется под пастбища для скота, в створе поста заливается при уровне 820 см над нулем поста. Правобережная пойма, шириной 80 м, высокая, поросшая кустарником, редким лесом, заливается в створе поста при уровне 1000 см. При уровне 400 см вода начинает заходить в озера выше и ниже поста. Вдоль берегов по пойме хорошо прослеживается береговой вал. Русло реки извилистое, деформирующееся, песчаное. Берега суглинистые, одернованы, высотой 7-8 м. Правый – крутой, левый – умеренно крутой.

Ледостав устойчивый, в отдельные годы наблюдается ледоход. Пост свайный, находится на левом берегу. Отметка нуля поста 79,08 м БС. Гидроствор №1 в 320 м ниже поста, оборудован канатной переправой, дюралевой лодкой. Температура воды измеряется в створе поста, в 5 м от берега, с лодки. Толщина льда – в створе поста, на середине реки, в 3-х точках, подекадно. [12]

Для р. Кёнга – пос. Центральный мы использовали прием расчета удлинения ряда по реке-аналогу Парабель – с. Новиково, т.к. пост был закрыт еще в 1994 году. Строится

график связи расходов воды реки-расчетной и реки-аналога за репрезентативный период, проводится линия тренда и на основании уравнения, описывающего эту линию, идёт восстановление исходных данных (прил. Б).

Таблица 3 – Параметры уравнения связи

Уравнение	a	b	R ²	r
$y=0,3x+24,19$	0,3	24,19	0,665	0,815

Для р. Чузик – пос. Осипово мы использовали прием расчета удлинения ряда по реке-аналогу Парабель – с. Новиково, т.к. пост был закрыт в 2005 году. Строится график связи расходов воды расчетной и реки-аналога за репрезентативный период, проводится линия тренда и на основании уравнения, описывающего эту линию, идёт восстановление исходных данных (прил. Б).

Следующим шагом является определение ошибок:

- Ошибка уравнения линейной регрессии:

$$\sigma_{y(x)} = \sigma_y^* \sqrt{\frac{(1-r^2)(n-1)}{n-2}} \quad (1)$$

- Ошибка коэффициента парной корреляции:

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}} \quad (2)$$

- Ошибка коэффициента регрессии:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_y^*}{\sigma_x^*} \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} \quad (3)$$

- Ошибка свободного члена:

$$\sigma_b = \sigma_y^* \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{\bar{X}}{\sigma_x^*}\right)^2} \quad (4)$$

где r – коэффициент парной корреляции; n – длина ряда; σ_y^* – стандартное отклонение ряда расчетной реки; σ_x^* – стандартное отклонение ряда реки-аналога; $\bar{X}$ – среднее значение ряда реки-аналога.

При этом должны выполняться следующие условия:

- $n \geq 10$
- $|r| \geq 0,7$

- $|r|/\sigma_r \geq 2$
- $|a|/\sigma_a \geq 2$

Таблица 4 – Расчетные значения ошибок (р. Кёнга – п. Центральный)

Ошибки	
$\sigma_{y(x)}$	43,16
σ_r	0,08
σ_a	0,05
σ_b	22,71
Проверка	
$ r /\sigma_r$	10,85
$ a /\sigma_a$	6,13

Таблица 5 – Расчетные значения ошибок (р. Чузик – п. Осипово)

Ошибки	
$\sigma_{y(x)}$	31,81
σ_r	0,14
σ_a	0,04
σ_b	21,10
Проверка	
$ r /\sigma_r$	4,61
$ a /\sigma_a$	3,51

Выполнение всех этих условий говорит о том, что полученное уравнение связи можно использовать для восстановления пропусков по расчетной реке. Но при этом непосредственно по уравнению мы получим сглаженные значения расходов, поэтому их требуется уточнить по следующей формуле:

$$Q'_i = \frac{(Q_i - \bar{Q})}{r} + \bar{Q}, \quad (5)$$

где Q_i – расходы, полученные по уравнению связи, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_{\text{max ср}}$ – максимальный средний многолетний расход, определенный за совместный период, $\text{м}^3/\text{с}$; r – коэффициент парной корреляции.

Восстановленные ряды представлены в приложении Б.

2.2. Водный режим реки

В питании рек участвуют талые воды сезонных и высокогорных снегов, осадки и подземные воды. Основным источником питания являются зимние осадки, которые формируют 60-90% годового стока. По характеру водного режима реки относятся к типу рек с весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года. Основной фазой рек является половодье, в период которого проходит 60-90% годового стока, а также наблюдаются максимальные расходы и наибольшие уровни воды.

Начало половодья приходится на конец апреля – начало мая. Средняя продолжительность половодья – 83-140 дней. Основным источником питания рек в период половодья являются осадки. Суммарный слой весеннего стока в основном определяется величиной поверхностного притока талых вод. Снеговой сток составляет 75-100% годового, дождевой – 0-10%, грунтовый – 0-20%.

После прохождения половодья на реках территории на 3-4 месяца (с июня по октябрь) устанавливается летне-осенняя межень. Летне-осенняя межень почти ежегодно нарушается прохождением дождевых паводков. Летние паводки начинаются еще на спаде половодья и продолжаются до начала ледовых явлений. Наименьшие расходы за период летне-осенней межени наблюдаются в августе сентябре.

Зимняя межень устанавливается в конце октября - начале ноября и продолжается до начала подъема половодья. Наименьшие расходы воды за период межени наблюдаются, как правило, в конце периода. Водный режим рек в период зимней межени находится в тесной связи с режимом грунтовых вод и ледовым режимом на реках. Реки характеризуются устойчивым ледоставом. [11]

3. МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК БАССЕЙНА ПАРАБЕЛЬ И ЕЕ ПРИТОКОВ

Под максимальными расходами воды рек понимаются наибольшие в году значения мгновенных или срочных расходов, наблюдаемые во время весеннего половодья или дождевых паводков. На малых водотоках со значительным внутрисуточным изменением уровней и расходов, особенно в период дождевых паводков, пик паводка может пройти между установленными сроками наблюдений. Поэтому срочные максимальные расходы бывают меньше мгновенных. В свою очередь средний суточный максимум меньше срочного. Эта разница бывает значительной на очень малых водотоках и уменьшается с возрастанием площади водосбора реки. Расчеты следует производить для мгновенных максимальных расходов воды.

Расчеты максимальных расходов являются обязательными и считаются одной из наиболее ответственных задач в составе проектов гидротехнических сооружений. Они являются также обязательными и при проектировании мостовых переходов через реки, малых водотоков и суходолов на железнодорожных и автомобильных магистралях. Именно на мгновенные максимальные расходы рассчитываются размеры различного рода водопропускных и водосбросных отверстий, отметки дорожных насыпей, оградительных дамб и других сооружений.

От правильного определения максимальных расходов воды и размеров водопропускных отверстий зависит не только стоимость сооружений, но и бесперебойность их работы. Занижение максимальных расходов приводит к разрушению сооружений, затоплению прилегающей к реке местности, материальному ущербу и человеческим жертвам. Завышение максимальных расходов повышают общую стоимость сооружения, что снижает его экономическую эффективность.

Сведения о мгновенных максимумах, как правило, отсутствуют, так как большинство стоковых постов не оснащено самописцами уровней или максимальными рейками, поэтому в расчетах чаще всего используются срочные максимумы. На средних и крупных реках максимальные расходы и срочные могут совпадать, так как максимальные расходы уровня воды удерживаются несколько дней. [18]

Непосредственному расчету максимальных расходов всегда предшествует анализ и оценка достоверности и надежности исходных данных

По СП 33-101-2003 [13] основными методами расчета в зависимости от гидрометрических материалов наблюдений являются:

- расчет основных гидрологических характеристик стока при наличии данных наблюдений;
- расчет основных гидрологических характеристик стока при недостаточности данных наблюдений;
- расчет основных гидрологических характеристик стока при отсутствии данных наблюдений.

В работе рассмотрены все три способа расчета.

3.1. Расчет максимального стока весеннего половодья при наличии материалов наблюдений

Проводим генетический анализ, для этого строим графики нарастающей суммы максимальных расходов воды, для визуальной оценки рисунок (рис. 4).

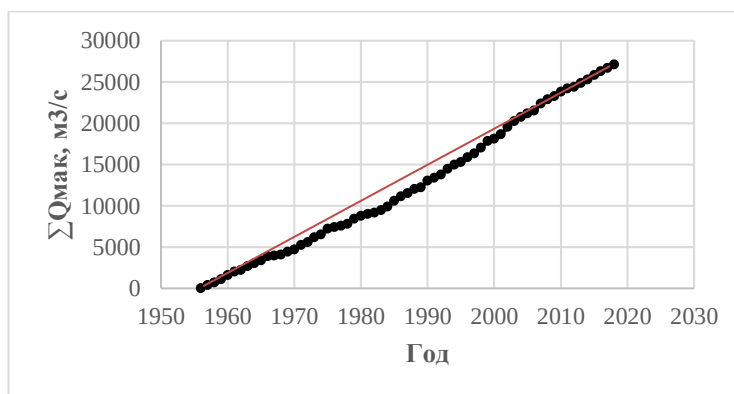


Рисунок 4 – График нарастающей суммы максимальных расходов весеннего половодья р. ПарABELь – с. Новиково за 1957 – 2018 гг.

Как видно из рисунка (рис. 4) график нарастания суммарного максимального стока весеннего половодья представляет собой прямую линию с отклонениями в период с 1984 года. Значит можно сказать с большей долей вероятности, что ряд является неоднородным.

Проверка рядов максимального стока весеннего половодья на статистическую однородность. Статистические методы анализа гидрологических данных применимы только к однородным рядам. Используются два параметрических критерия – это критерий Фишера и критерий Стьюдента [15]. «Свод правил. Определение основных

гидрологических характеристик. СП 33-101-2003» [13] также рекомендует начинать с критерия Фишера, а затем – с критерия Стьюдента.

Сначала начинают проверку ряда на статистическую однородность с критерия Фишера, т.е. проверяют нулевую гипотезу о равенстве дисперсий ($H_0: D_1 = D_2$), если гипотеза не подтверждается, то ряд считается не однородным, и, следовательно, далее нулевую гипотезу о равенстве средних значений, т. е. критерий Стьюдента, можно и не проверять.

Критерий Фишера используется также для проверки однородности гидрологических рядов, но по дисперсии. Исходный ряд делится на две части, затем оцениваются дисперсии для каждого из частей ряда и вычисляется эмпирическое значение статистики Фишера по формуле (8)

$$F_{\text{эмп}} = D_1/D_2 \quad (6),$$

Где $D_1 > D_2$ – дисперсии первой и второй части ряда.

Полученное значение $F_{\text{эмп}}$ сравнивается с табличным значением. Если при принятом уровне значимости оказывается, что полученное значение $F_{\text{эмп}}$ меньше табличного, то расхождение дисперсий считается незначимым и гипотеза об однородности ряда по дисперсии не опровергается. [15]

Проверяем ряд на однородность при уровне значимости $\alpha = 5\%$. Разбиваем ряд на две части и находим выборочную дисперсию для первой части ряда $D_1 = 26635,5 \text{ (м}^3/\text{с)}^2$, а второй части ряда $D_2 = 34027,5 \text{ (м}^3/\text{с)}^2$.

Вычислили эмпирическое значение статистики F по формуле (7):

$$F_{\text{эмп}} = D_2/D_1 = 34027,5/26635,5 = 1,28 \quad (7),$$

При уровне значимости $\alpha = 5\%$ по таблице [15] получено теоретическое значение $F_{5\%} = 2,29$.

Далее проводим сравнение $F_{\text{эмп}} = 1,28 < F_{5\%} = 2,29$ значит ряд однороден, по условиям формирования максимального стока весеннего половодья.

Критерий Стьюдента для проверки значимости различия средних значений двух выборок. В практике гидрологических расчетов эта статистика используется для проверки однородности гидрологических рядов по среднему значению. Исходный ряд условно делится на две части. Уровень значимости обычно в гидрологических расчетах принимается $\alpha = 5\%$ или $\alpha = 10\%$ (в нашем случае $\alpha = 5\%$).

Эмпирическое значение Стьюдента определяется по формуле (8):

$$t_{\text{эмп}} = ((Q_1 - Q_2) / \sqrt{(m \cdot D_1 + n \cdot D_2)}) \cdot \sqrt{(m \cdot n \cdot (m + n - 2) / (m + n))} \quad (8),$$

где Q_1 и Q_2 – средние значения первой и второй части ряда, D_1 и D_2 – дисперсии первой и второй части ряда.

В случае р. Парабель – с. Новиково, дана выборка длиной 62 года. Для р. Парабель – с. Новиково среднее значение первой части ряда $Q_1 = 371,9 \text{ (м}^3/\text{с)}$, второй части ряда $Q_2 = 501,8 \text{ (м}^3/\text{с)}$ и дисперсия первой части ряда $D_1 = 26635,5 \text{ (м}^3/\text{с})^2$, а второй части ряда $D_2 = 34027,5 \text{ (м}^3/\text{с})^2$.

Получили значение $t_{\text{эмп}} = 2,89$. Определяем табличное значение $t_{5\%} = 2,63$ из справочника [15].

Таким образом, выполняется условие $t_{\text{эмп}} > t_{5\%}$, $t_{\text{эмп}} = 2,89 > t_{5\%} = 2,63$, следовательно, гипотеза об однородности ряда по среднему значению опровергается.

При наличии неоднородности исходных данных гидрометеорологических наблюдений, когда рассматриваемый ряд состоит из неоднородных элементов гидрометеорологического режима, эмпирические и аналитические кривые распределения устанавливают отдельно для каждой однородной совокупности. [Свод, 2004]

Если известна дата начала изменения гидрологического режима, ряд разбивается на совокупности до начала изменения и после. Так как после резкого изменения режима (с 1984 год) длина ряда составила 35 лет, можем укоротить ряд.

Разбиваем ряд на две части и находим выборочную дисперсию для первой части ряда $D_1 = 33082,7 \text{ (м}^3/\text{с})^2$, а второй части ряда $D_2 = 31753,6 \text{ (м}^3/\text{с})^2$.

Вычислили эмпирическое значение статистики F по формуле (9):

$$F_{\text{эмп}} = D_2 / D_1 = 33082,7 / 31753,6 = 1,04 \quad (9),$$

При уровне значимости $\alpha = 5\%$ по таблице [15] получено теоретическое значение $F_{5\%} = 3,18$.

Далее проводим сравнение $F_{\text{эмп}} = 1,04 < F_{5\%} = 3,18$ значит ряд однороден, по условиям формирования максимального стока весеннего половодья.

Среднее значение первой части ряда $Q_1 = 510,8 \text{ (м}^3/\text{с)}$, второй части ряда $Q_2 = 496,9 \text{ (м}^3/\text{с)}$.

Получили значение $t_{\text{эмп}} = 0,22$. Определяем табличное значение $t_{5\%} = 1,73$ из справочника [15].

Таким образом, выполняется условие $t_{\text{эмп}} < t_{5\%}$, $t_{\text{эмп}} = 0,22 < t_{5\%} = 1,73$, следовательно, гипотеза об однородности ряда по среднему значению подтверждается.

3.1.1 Расчет и построение разностной интегральной кривой максимальных расходов воды весеннего половодья р. Парабель - с. Новиково

Разностная интегральная кривая максимальных расходов воды весеннего половодья – это суммарная кривая отклонений максимальных значений расходов воды от среднего значения ряда, определенного за весь период наблюдений.

Для выделения периодов повышенной и пониженной водности используются также разностные интегральные кривые среднегодовых расходов (рис. 5). Разностная интегральная кривая учитывает колебания стока за отдельные относительно короткие промежутки времени. Она строится путем суммирования отклонений модульных коэффициентов от середины, т.е. ее ординаты вычисляются как $\sum(k_i - 1)$. Таким образом, ординаты кривой дают на конец каждого i -го года нарастающую сумму отклонений годовых модульных коэффициентов k_i от среднего многолетнего значения ($k=1$).

Использование разностных интегральных кривых дает представление о циклических колебаниях без эффекта смещения границ между фазами циклов большой и малой продолжительности. [16]

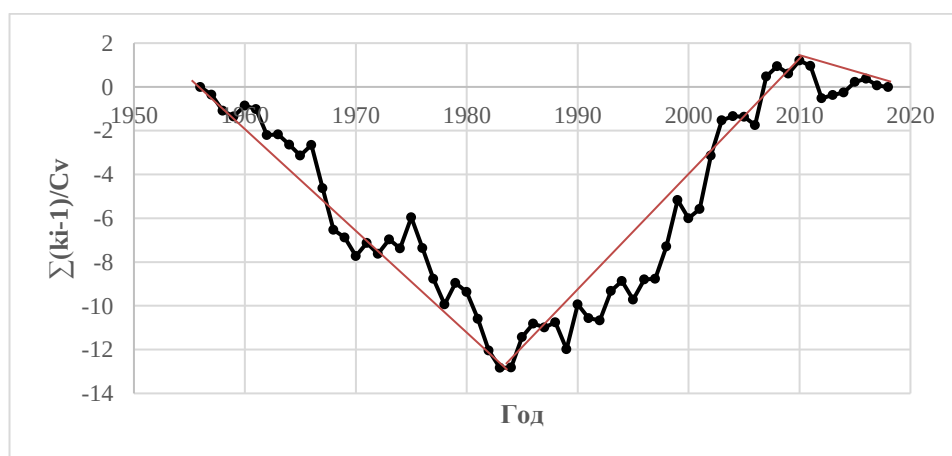


Рисунок 5 – Разностная интегральная кривая максимального стока весеннего половодья р. Парабель – с. Новиково за 1957 – 2018 гг.

По разностной интегральной можно увидеть пики маловодного и многоводного режима. Например, для р. Парабель – с. Новиково маловодный период наблюдается с 1957

г. и длится по 1984 г., а затем наступает многоводный период с 1984 – до 2010 г., в целом это один большой цикл, а также виден один небольших цикл с 2010 - 2018 гг. Продолжительный ряд наблюдений можно считать репрезентативным, так как включает в себя 3 цикла водности и средняя квадратическая ошибка среднего значения ряда меньше 10%. Среднемноголетнее значение ряда максимальных расходов воды является нормой максимального весеннего стока весеннего половодья.

3.1.2 Расчет оценок параметров распределения максимальных расходов воды весеннего половодья по материалам наблюдений р. Парабель – с. Новиково

В соответствии со СП 33-101-2003» [13] порядок расчета оценок параметров производят в следующей последовательности.

а) Основной параметр ряда (или центр распределения) это первый начальный момент (m_1) кривой распределения, или через материалы наблюдений среднее арифметическое ряда ($Q_{\text{макс ср}}$, м³/с). Среднее значение ряда максимальных расходов воды весеннего половодья рассчитывается по формуле (10),

$$Q_{\text{макс ср}} = \sum \frac{Q}{n}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (10),$$

где n – количество лет наблюдений, для р. Парабель – с. Новиково 62 года,

б) Второй параметр – это коэффициент вариации (C_v) , который определяется по формуле (11):

$$C_v = \sqrt{(\sum ((k_i-1)^2)/n)} \quad (11),$$

где k_i - модульный коэффициент i итого члена ряда, n - количество лет наблюдений.

в) Третий параметр – это коэффициент асимметрии (C_s) по формуле (12).

$$C_s = (n \cdot \sum (k_i-1)^3) / ((n-1) \cdot (n-2) \cdot C_v^3) \quad (12),$$

где C_v – коэффициент вариации, n - количество лет наблюдений.

г) Рассчитываем ошибки для $Q_{\text{макс ср}}$, C_v и C_s по формуле (13 – 15).

$$\delta_{Q_{\text{макс ср}}} = C_v \cdot 100\% / \sqrt{n} \quad (13),$$

где C_v – коэффициент вариации, n – количество лет наблюдений.

$$\delta_{C_v} = (\sqrt{((1+C_v^2)/n \cdot 2)}) \cdot 100\% \quad (14),$$

$$\delta_{C_s} = 100/C_s \cdot (\sqrt{(6/n \cdot (1+C_v^2))}) \quad (15),$$

Таблица 6 – Оценки параметров максимального стока весеннего половодья р. Парабель –с. Новиково.

Параметры и их ошибки	Значения
$Q_{cp}, \text{ м}^3/\text{с}$	504
$\delta Q_{cp}, \%$	5,42
C_v	0,35
$\delta C_v, \%$	12,65
C_s	0,51
$\delta C_s, \%$	86,58
C_s/C_v	1,46
r	-0,08

3.1.3 Построение эмпирической и аналитической кривых обеспеченности максимального весеннего стока

Кривая обеспеченности – интегральная кривая, показывающая вероятность превышения (в процентах или долях от единицы) данной гидрологической характеристики среди общей совокупности ряда. Кривые обеспеченности могут быть построены в виде эмпирических (по исходным данным) и аналитических кривых.

Эмпирическая кривая строится по ряду наблюдений и всегда им ограничена, поэтому для определения значений редкой обеспеченности необходимо провести расчеты для построения аналитической кривой на основе данных фактического ряда. Таким образом, аналитические кривые обеспеченности применяются для сглаживания и экстраполяции эмпирических точек. [17]

Кривые обеспеченности строятся на клетчатках вероятности. Для выбора клетчатки вероятности необходимо рассчитать соотношение C_v/C_s . Выбираю клетчатку для р. Парабель – с. Новиково, исходя из полученного соотношения $C_v/C_s=1,5$.

Для построения эмпирической кривой рассчитывается обеспеченность по эмпирической формуле (16), предварительно ряд модульных коэффициентов ранжируется в убывающем порядке:

$$P = (m/(n+1)) \cdot 100\% \quad (16),$$

где m – порядковый номер члена ряда, n – общее число членов ряда.

Наносим данные таблицы, предоставленной в приложении Г (табл. Г1) на клетчатку вероятности в виде точек "О". Кривая обеспеченности предоставлена в приложении Д (рис. Д1).

Для построения аналитической кривой используются таблицы "Ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения С.Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля при $C_s = C_v$ " [15], в которых представлены результаты интегрирования соответствующих кривых распределения.

По вычисленным ординатам строят графики аналитических кривых обеспеченности. По выбранной таблице для заданного коэффициента вариации C_v выписывают значения k_p при различных значениях $P\%$. Если заданный коэффициент вариации C_v не совпадает с табличным, то проводят интерполирование. [17]

Строятся они на том же листе, где построена эмпирическая кривая, выделяются символом "X". Кривая обеспеченности предоставлена в приложении Д (рис. Д1).

Далее снимаем с кривой обеспеченности значения модульных коэффициентов $k_{p\%}$ по $P\% = (0,1;1;5;10;25\%)$ и определяем максимальные расходы воды заданной обеспеченности по формуле (17) $Q_{\max P\%}$.

$$Q_{p\%} = Q_{cp} \cdot k_p \quad (17),$$

где $Q_{\max cp}$ – среднеегодовое значение ряда, k_p – значения определенные с кривой обеспеченности.

Помимо этого определили значения максимального стока весеннего половодья в виде модулей стока по формуле (18):

$$q_{\max P\%} = Q_{\max P\%} \cdot 10^3 / F \quad (18),$$

где $Q_{\max P\%}$ – значение максимальных расходов воды заданной обеспеченности в m^3/c , F – площадь водосбора, km^2 .

Модуль стока – количество воды, стекающей в единицу времени с единицы площади водосбора, выражается в $л/(с \cdot km^2)$. [13]

Таблица 7 – Значения максимальных расходов воды и модулей стока заданной обеспеченности р. Парабель – с. Новиково

р. Парабель - с. Новиково			
$P\%$	K_p	$Q_{p\%}, m^3/c$	$q_{p\%}, л/(с \cdot km^2)$
0,1	2,7	1360	76
1	2,1	1060	59
5	1,68	847	47
10	1,46	736	41
25	1,26	635	36

3.2 Расчет максимального весеннего половодья при недостаточности данных наблюдений

3.2.1 Проводим генетическую и статистическую оценку рядов на однородность по аналогии раздела

Графики нарастающей суммы сделаны по таблицам рядов максимального стока.

Как видно из рисунка в приложении В (рис. В1 и рис. В2) графики нарастания суммарного максимального стока представляют собой прямую линию с явными нарушениями с 1985 года для реки Чузик. Значит можно сказать, с большей долей вероятности, что ряд по р. Чузик – п. Осипово является неоднородными по условиям формирования максимального стока.

Критерий Фишера (см. раздел 3.1) для р. Кёнга – пос. Центральный, рассчитывается также как в пункте 3.1, а именно выборочная дисперсия для первой части ряда $D_1 = 5558,8 \text{ (м}^3/\text{с)}^2$ и для второго ряда $D_2 = 4113,5 \text{ (м}^3/\text{с)}^2$. Эмпирическое значение статистики $F_{\text{эмп}} = 1,35$, а табличное значение [15] $F_{5\%} = 2,03$.

Проводим сравнение $F_{\text{эмп}} = 1,35 < F_{5\%} = 2,03$, в нашем случае гипотеза об однородности ряда по дисперсии не опровергается. Значит ряд однороден, по условиям формирования максимального стока весеннего половодья.

Критерий Стьюдента (см. раздел 3.1) для р. Кёнга – пос. Центральный, дана выборка длиной 65 лет. Среднее значение первой части ряда $Q_1 = 135,7 \text{ м}^3/\text{с}$, второй части ряда $Q_2 = 174,8 \text{ м}^3/\text{с}$ и дисперсия первой части ряда $D_1 = 5558,8 \text{ (м}^3/\text{с)}^2$, а второй части ряда $D_2 = 4113,5 \text{ (м}^3/\text{с)}^2$.

Получили значение $t_{\text{эмп}} = 2,23$. Определяем табличное значение $t_{5\%} = 2,42$ из справочника [15].

Таким образом, выполняется условие $t_{\text{эмп}} = 2,23 < t_{5\%} = 2,42$, следовательно гипотеза об однородности ряда по среднему значению подтверждается.

Воспользуемся приёмом укорочения ряда и проверим ряд р. Чузик – пос. Осипово на однородность с 1985 по 2018 год.

Критерий Фишера (см. раздел 3.1) для р. Чузик – пос. Осипово, рассчитывается также как в пункте 3.1, а именно выборочная дисперсия для первой части ряда $D_1 = 1851,7 \text{ (м}^3/\text{с)}^2$ и для второго ряда $D_2 = 865,8 \text{ (м}^3/\text{с)}^2$. Эмпирическое значение статистики $F_{\text{эмп}} = 2,14$, а табличное значение [15] $F_{5\%} = 3,18$.

Проводим сравнение $F_{\text{эмп}} = 2,14 < F_{5\%} = 3,18$, в нашем случае гипотеза об однородности ряда по дисперсии подтверждается. Значит ряд однороден по условиям формирования максимального стока весеннего половодья.

Критерий Стьюдента (см. раздел 3.1) для р. Чузик – пос. Осипово, дана выборка длиной 34 года. Среднее значение первой части ряда $Q_1 = 168,7 \text{ м}^3/\text{с}$, второй части ряда $Q_2 = 153 \text{ м}^3/\text{с}$ и дисперсия первой части ряда $D_1 = 1851,7 (\text{м}^3/\text{с})^2$, а второй части ряда $D_2 = 865,8 (\text{м}^3/\text{с})^2$.

Получили значение $t_{\text{эмп}} = 1,20$. Определяем табличное значение $t_{5\%} = 1,73$ из справочника [15].

Таким образом, выполняется условие $t_{\text{эмп}} = 1,20 < t_{5\%} = 1,73$, следовательно гипотеза об однородности ряда по среднему значению подтверждается.

3.2.2 Расчет и построение разностной интегральной кривой максимальных расходов воды весеннего половодья р. Кёнга – пос. Центральный и р. Чузик – п. Осипово

Расчет и построение РИК максимальных расходов воды весеннего половодья р. Кёнга – пос. Центральный и р. Чузик – пос. Осипово произведен аналогично р. Парабель – с. Новиково.

Для створа р. Кёнга – пос. Центральный построена РИК представленная на рисунке в приложении В (рис. В3).

По разностной интегральной можно увидеть пики маловодного и многоводного режима. Для р. Кёнга – пос. Центральный маловодный период с 1954 по 1983, а многоводный период начинается с 1983 и продолжается до 2018 года.

Для створа р. Чузик – пос. Осипово построена РИК, представленная на рисунке в приложении В (рис. В4).

По разностной интегральной можно увидеть пики маловодного и многоводного режима. Для р. Чузик – пос. Осипово маловодный период с 1956 по 1968, с 1974 по 1982 и с 1994 по 2018, а многоводный период начинается с 1968 по 1974 и с 1982 по 1994 год.

3.2.3 Расчет оценок параметров распределения максимальных расходов воды весеннего половодья р. Кёнга – пос. Центральный и р. Чузик – п. Осипово

По материалам наблюдений с учетом восстановленных данных, рассчитываем оценки параметров максимальных расходов воды весеннего половодья р. Кёнга – пос. Центральный и р. Чузик – пос. Осипово. Ниже в таблицах (табл. 8 и табл. 9) представлены параметры максимального стока весеннего половодья р. Кёнга – пос. Центральный и р. Чузик – пос. Осипово.

Таблица 8 – Оценки параметров максимального стока весеннего половодья р. Кёнга – пос. Центральный

Параметры и их ошибки	Значения
$Q_{cp}, \text{м}^3/\text{с}$	155
$\delta Q_{cp}, \%$	7
C_v	0,46
$\delta C_v, \%$	19,3
C_s	0,30
$\delta C_s, \%$	110
C_s/C_v	0,66
r	0,21

Таблица 9 – Оценки параметров максимального стока весеннего половодья р. Чузик – пос. Осипово

Параметры и их ошибки	Значения
$Q_{cp}, \text{м}^3/\text{с}$	161
$\delta Q_{cp}, \%$	3,8
C_v	0,23
$\delta C_v, \%$	12,4
C_s	0,30
$\delta C_s, \%$	142
C_s/C_v	1,3
r	-0,04

3.2.4 Построение эмпирической и аналитической кривых обеспеченности максимального стока весеннего стока р. Кёнга – пос. Центральный и р. Чузик – пос. Осипово.

Кривые обеспеченности строятся на клетчатках вероятности. Для выбора клетчатки вероятности необходимо установить соотношение C_v/C_s . Выберем клетчатку для р. Кёнга

– пос. Центральный $C_s=C_v$. Для р. Чузик – пос. Осипово выбираем $C_s=1,5C_v$. Примем $C_s = 2C_v$, так как параметр C_s при коротких рядах менее 200-3000 значений (лет) определяется с большой ошибкой.

Для построения эмпирической кривой рассчитывается обеспеченность по эмпирической формуле (18) (см. раздел 3.1) и предварительно ряд модульных коэффициентов ранжируется в убывающем порядке.

Для построения на клетчатке вероятности аналитической кривой максимального стока весеннего половодья используются таблицы, представленные в приложении Г (табл. Г2 и табл. Г3), в которой определены ординаты по C_v и соотношению C_s/C_v . Строятся они на той же клетчатке, где нанесены эмпирические точки. Кривые обеспеченности представлены в приложении Д (рис. Д2 и рис. Д3).

Далее определяем модульные координаты принятой обеспеченности и определяем по формуле (18) (см. раздел 3.1) $Q_{\text{макс } p\%}$, а также рассчитываем модуль стока $q_{\text{макс } p\%}$, л/с·км² (табл. 10 и табл. 11).

Таблица 10 – Значения максимальных расходов воды и модулей стока заданной обеспеченности р. Кёнга – пос. Центральный

р. Кенга - пос. Центральный			
P%	Kp	Qp%, м ³ /с	q _p , л/(с·км ²)
0,1	2,7	418	56
1	2,25	349	47
5	1,85	287	39
10	1,63	253	34
25	1,28	198	27

Таблица 11 – Значения максимальных расходов воды и модулей стока заданной обеспеченности р. Чузик – пос. Осипово

р. Чузик - пос. Осипово			
P%	Kp	Qp%, м ³ /с	q _p , л/(с·км ²)
0,1	1,8	290	39
1	1,55	249	34
5	1,35	217	29
10	1,24	199	27
25	1,09	175	24

3.3 Определение максимального стока весеннего половодья при отсутствии материалов наблюдений

Расчетный максимальный расход воды весеннего половодья $Q_{p\%}$, м³/с, заданной вероятности превышения $P\%$ при наличии рек-аналогов определяют по редуционной формуле:

$$Q_{p\%} = K_0 h_{p\%} \mu \delta \delta_1 \delta_2 A / (A + A_1)^n, \quad (19),$$

где K_0 - параметр, характеризующий дружность весеннего половодья; рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем; $h_{p\%}$ - расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, ежегодной вероятности превышения $P\%$; определяют в зависимости от коэффициента вариации C_v и отношения C_s/C_v , а также среднего многолетнего слоя стока h_0 ; μ - коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды; δ , δ_1 , δ_2 - коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озер (δ), залесенности (δ_1) и заболоченности речных водосборов (δ_2) на максимальные расходы воды; A - площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа, км²; A_1 - дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км²; n - показатель степени редукции.

Показатель степени редукции n и параметр A_1 в формуле (19) определяют на основе зависимости $q_{\max p\%} = f(A)$ по данным наблюдений на изученных реках исследуемого района, где $q_{\max p\%}$ - модуль максимального стока.

При обосновании в формулу (19) допускается введение дополнительных параметров, учитывающих влияние естественных и искусственных факторов на формирование максимального стока воды рек весеннего половодья.

Коэффициент вариации слоя стока весеннего половодья принимают по рекам-аналогам или интерполяцией по картам изолиний этого параметра, построенным для исследуемого района.

Коэффициент δ , учитывающий снижение максимального расхода воды весеннего половодья на реках, зарегулированных проточными озерами, следует определять по формуле

$$\delta = 1 / (1 + C A_{\text{оз}}), \quad (20),$$

где C - коэффициент, принимаемый равным 0,2 для лесной и лесостепной зон и 0,4 - для степной зоны.

При наличии в бассейне озер, расположенных вне главного русла и основных притоков, значение коэффициента δ следует принимать для $A_{\text{оз}} < 2\%$ - 1; $A_{\text{оз}} > 2\%$ - 0,8.

Влияние прудов, регулирующих меженный сток, при расчете максимальных расходов воды вероятностью превышения менее 5% не учитывают, а при $P \geq 5\%$ допускается уменьшение расчетного значения до 10%.

Коэффициент δ_1 , учитывающий снижение максимальных расходов воды в залесенных бассейнах, определяют по формуле

$$\delta_1 = \alpha / (A_{\text{л}} + 1)^{n'}, \quad (21),$$

где n' - коэффициент редукции; устанавливают по зависимости $q_{\text{max } p\%} = f(A_{\text{л}})$ с учетом преобладающих на водосборе почвогрунтов; α - коэффициент, учитывающий расположение леса на водосборе (в верхней или нижней части водосбора), а также природную зону (лесная или лесостепная).

Коэффициент δ_2 , учитывающий снижение максимальных расходов воды с заболоченных водосборов, определяют по формуле

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(0,1 A_{\text{б}} + 1), \quad (22),$$

где β - коэффициент, определяемый в зависимости от типа болот и механического состава почвогрунтов вокруг болот и заболоченных земель (со слоем торфа не менее 30

см); A_6 - относительная площадь болот, заболоченных лесов и лугов в бассейне реки, %.

Внутриболотные озера, рассредоточенные по водосбору и расположенные вне главного русла и основных притоков, следует включать в значение относительной площади болот.

При заболоченности менее 3% или проточной средневзвешенной озерности более 6% коэффициент δ_2 принимают равным единице. [19]

Исходные данные для расчетов при недостаточности материалов наблюдений взяты из гидрологической изученности [8] и представлены в приложении Е (табл. Е1). Данные о коэффициенте вариации C_v и среднемноголетнем слое стока половодья рек представлены в виде выкопировки из карт в приложении Е (рис. Е1 и рис. Е2).

$$K_0 = Q_{a1} (Fa + 1)^{0.17} / (h_{p\%} \cdot \mu \cdot Fa \cdot \delta_a \cdot \delta_{a1} \cdot \delta_{a2}), \quad (23)$$

$K_0 = 0,01$. Рассчитанные параметры представлены в таблице 13.

Таблица 12 – Расчетные параметры для определения данных при отсутствии материалов наблюдений

	C_v	h , мм	K_p	$\delta(\text{оз})$	$\delta(\text{заб})$	$\delta(\text{лес})$	$h_{1\%}$, мм	Q_p , м ³ /с
р. Парабель - с. Новиков	0,37	100	2,1	1	0,51	0,36	210	-
р. Кенга - пос. Центральный	0,54	70	2,6	1	0,51	0,37	182	461
р. Чузик - пос. Осипово	0,45	80	2,3	1	0,54	0,35	184	450

Гарантийная поправка для р. Кенга – пос. Центральный 92,2, а для р. Чузик – пос. Осипово 89,9.

Исходя из полученных расчетов, можно сделать вывод о том, что формула даёт завышенный результат по сравнению с расчётами при наличии материалов наблюдений.

3.4. Расчет гидрографа весеннего половодья редкой повторяемости

Производим расчет гидрографа половодья заданной вероятности превышения $P=1\%$. Для этого используем максимальные расходы воды. Форму гидрографа принимаем по модели наблюдаемого половодья.

Основными элементами расчетного гидрографа являются слой за все половодье и его основная волна, максимальный расход воды, общая продолжительность половодья, продолжительность его подъема и форма гидрографа.

Форма гидрографа характеризуется коэффициентом полноты формы гидрографа (K_ϕ), коэффициентом формы гидрографа (k_ϕ) и коэффициентом несимметричности гидрографа стока (k_s):

$$K_\phi = \frac{Q_{max}}{\bar{Q}} \quad (24),$$

$$k_\phi = \frac{K_\phi t_\Pi}{T} \quad (25),$$

$$k_s = \frac{h_\Pi}{h} \quad (26),$$

где Q_{max} – максимальный среднесуточный расход воды; $\bar{Q}$ – средний (норма) за половодье или паводок расход воды; t_Π – продолжительность подъёма половодья (паводков), сут.; T – общая продолжительность половодья (паводка), сут.; h_Π – слой стока до пика половодья (паводка); h – слой стока за половодье (паводок).

При наличии гидрометрических данных в качестве типовой модели используем наблюдаемый гидрограф паводка (половодья), имеющего наибольшие значения максимальных расходов воды. При относительно стройной одновершинной форме гидрографа модели к расчётному гидрографу переходим путём использования коэффициентов:

$$k_Q = \frac{Q_{p1\%}}{Q_M} \quad (27),$$

$$k_t = \frac{\left(\frac{q_M}{h_M}\right)}{\left(\frac{h_{p1\%}}{q_{p1\%}}\right)} \quad (28),$$

где индексы p и m – соответственно для расчётного гидрографа и для модели. [13]

Из ОГХ выписали значения среднесуточных расходов воды за многоводный год с максимальным расходом воды. В нашем случае это 2007 год для р. Парабель – с. Новиково, 1985 год для р. Кенга – пос. Центральный и 1985 год для р. Чузик – пос.

Осипово. Затем строим типовую модель гидрографа за период половодья (рис. 6). Типовые модели по р. Кенга – пос. Центральный и р. Чузик – пос. Осипово представлены в приложении Ж (рис. Ж1 и рис. Ж2).

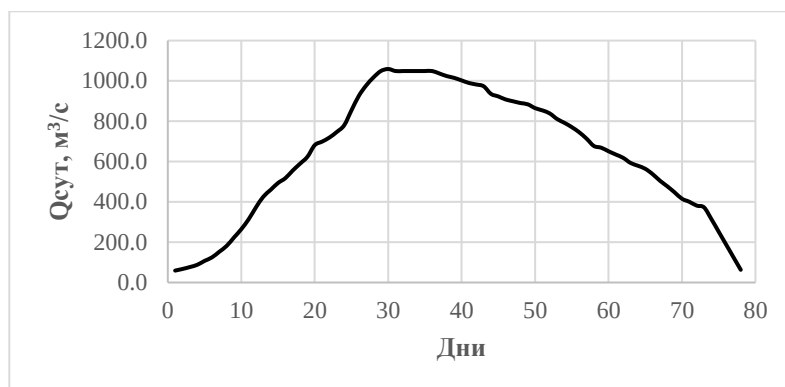


Рисунок 6 – Типовая модель гидрографа стока весеннего половодья для р. Парабель – с. Новиково за 2007 год

Таблица 13 – Характеристики гидрографа р. Парабель – с. Новиково

$Q_{\text{макс}}, \text{м}^3/\text{с}$	$q_m, \text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$h_m, \text{мм}$	$K_{\text{ф}}$	$k_{\text{ф}}$	K_Q	k_t	k_s
841	47	191	1,66	0,64	1,26	0,87	3,52

Таблица 14 – Характеристики гидрографа р. Кенга – пос. Центральный

$Q_{\text{макс}}, \text{м}^3/\text{с}$	$q_m, \text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$h_m, \text{мм}$	$K_{\text{ф}}$	$k_{\text{ф}}$	K_Q	k_t	k_s
292	39	144	1,49	0,71	1,20	0,92	2,19

Таблица 15 – Характеристики гидрографа р. Чузик – пос. Осипово

$Q_{\text{макс}}, \text{м}^3/\text{с}$	$q_m, \text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$h_m, \text{мм}$	$K_{\text{ф}}$	$k_{\text{ф}}$	K_Q	k_t	k_s
236	33	131	1,36	0,57	1,06	0,89	2,34

Для построения расчётного гидрографа 1% обеспеченности необходимо определить t_{mi} и Q_i по следующим формулам:

$$t_{\Pi} = t_{mi} k_t \quad (29),$$

$$Q_i = Q_{mi} k_Q \quad (30),$$

Данные для работы получили из Гидрологического ежегодника – р. Парабель – с. Новиково за 2007 год (самый многоводный). За начало половодья приняли дату 15.04, за конец половодья 1.07.

После пересчета значений $t_{п}$ и Q_i выполнили построение расчетного гидрографа 1% (рис. 7). Также расчетные гидрографы для р. Кенга – пос. Центральный и р. Чузик – пос. Осипово представлены в приложении Ж (рис. Ж3 и рис. Ж4).

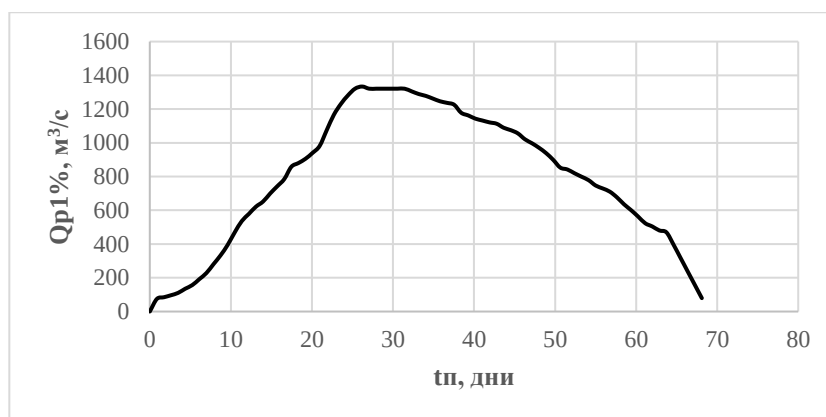


Рисунок 7 – Расчетный гидрограф 1% обеспеченности р. Парабель – с. Новиково

Построение гидрографов весеннего половодья можно производить по уравнению Гудрича:

$$y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}} \quad (31),$$

где $y = Q_t/Q_{\max}$ – расход воды, выраженный в долях максимального расхода заданной обеспеченности $P=1\%$; $x = t/t_{п}$ – время от начала половодья, выраженное в долях продолжительности подъема ($t_{п}$); a – параметр, зависящий от коэффициента неравномерности гидрографа λ .

Коэффициент неравномерности гидрографа вычисляем по следующей формуле:

$$\lambda = \frac{Q_p \cdot t_{п} \cdot 86400}{1000 \cdot h_p \cdot F} \quad (32),$$

где $1000 \cdot h_p \cdot F$ – объем стока половодья в m^3 , $t_{п}$ – продолжительность подъема половодья в сутках ($\lambda = 1,9; 1,6; 1,5$).

Определяем коэффициент K_s и выбираем интервал значений y . В данном примере для $K_s = 3,52$. Выполняем пересчет для получения координат гидрографа по следующим формулам:

$$t_i = x_i \cdot t_{п} \quad (33),$$

где x_i – значение по оси абсцисс; $t_{п}$ – продолжительность половодья.

$$Q_i = y_i * Q_{1\%} \quad (34),$$

где y_i – значение по оси ординат; $Q_{1\%}$ – расход воды 1%-ой обеспеченности расчетный, $\text{м}^3/\text{с}$. [13]

Построили гидрограф по методу Г.А. Алексеева (рис. 8). Также гидрографы по методу Г.А. Алексеева для р. Кенга – пос. Центральный и р. Чузик – пос. Осипово представлены в приложении Ж (рис. Ж5 и рис. Ж6).

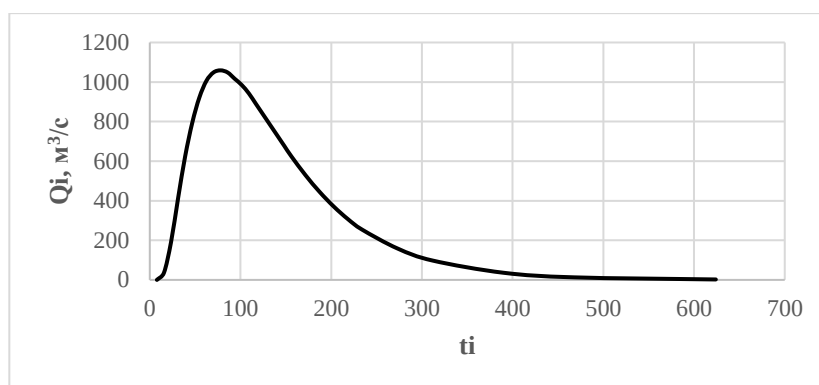


Рисунок 8 – Расчётный гидрограф 1%-ой обеспеченности по методу Г.А. Алексеева
р. Парабель – с. Новиково

Рассчитанные значения данных для построения гидрографов представлены в приложении Ж (табл. Ж1, табл. Ж2, табл. Ж3).

3.5 Сравнение полученных результатов

Полученные оценки параметров распределения максимального стока весеннего половодья в разделе 3 сравнили с подобными характеристиками, опубликованными в "Ресурсах поверхностных вод", Том 15, выпуск 2. Согласно данным таблицы [8] есть существенные отклонения в значениях среднееголетних максимальных расходов воды и коэффициентов вариации, рассматриваемых рек.

Для р. Кенга и р. Парабель по данным таблицы (табл. 17) наблюдается существенное увеличение параметров обеспеченности, а для р. Чузик существенное уменьшение.

В связи с накоплением данных, необходимо производить уточнение всех параметров. Расхождение в значениях связано, на мой взгляд, с антропогенными, климатическими или гидрологическими изменениями в ходе режима реки, а также в связи с появлением более современных приборов и оборудования.

Таблица 16 – Сравнение полученных результатов

Река – пункт	Периоды наблюдения		За многолетний период				Максимальные расходы воды половодья обеспеченностью, %				
	годы	число лет	Q , м ³ /с	q , л/с·км ²	C_v	C_s	0,1	1	5	10	25
р. Парабель – с. Новиково	1957 – 1967	11	377	21	0,35	0,7		750	618	555	452
р. Парабель – с. Новиково	1984 – 2018	35	504	28,2	0,35	0,51	1360	1060	847	736	635
р. Чузик – пос. Осипово	1956 – 1967	12	160	22,6	0,36	0,7		322	264	237	194
р. Чузик – пос. Осипово	1985 – 2018	34	161	22,7	0,23	0,3	290	249	217	199	175
р. Кёнга – пос. Центральный	1954 – 1967	14	118	15,9	0,6	1,2		341	254	212	154
р. Кёнга – пос. Центральный	1954 – 2018	65	155	20,8	0,46	0,3	418	349	287	253	198

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидрологическая изученность бассейна Парабели относится к слабоизученной территории, т.к. площадь бассейна составляет 25500 км², а наблюдения проводятся преимущественно в трех пунктах.

В работе проведена проверка рядов на генетическую однородность с помощью нарастающих графиков максимального стока за весь период наблюдений. Из графиков видно, что ряды являются однородными по условиям формирования максимального стока. Для р. Парабель – с. Новиково, р. Чузик – пос. Осипово и для р. Кёнга – пос. Центральный также проведена статистическая оценка однородности по критериям Стьюдента и Фишера. Ряды однородны по условиям формирования максимального стока и репрезентативны.

Произведена оценка параметров кривых распределения максимального стока весеннего половодья при наличии и недостаточности материалов наблюдений (таблицы 6, 8, 9).

Построены эмпирические кривые обеспеченности максимальных расходов воды [приложение Д]. По кривым обеспеченности были определены максимальные расходы заданной обеспеченности (таблицы 7, 10, 11).

Рассчитаны расходы воды на трех постах р. Парабель – с. Новиково, р. Чузик – пос. Осипово и р. Кёнга – пос. Центральный при отсутствии материалов наблюдений. Построены и посчитаны гидрографы весеннего половодья редкой повторяемости.

В заключении произведено сравнение параметров и обеспеченных расходов, полученных с учетом современных данных с ранее опубликованными в "Ресурсах поверхностных вод" (табл. 16).

Список литературы

1. Парабель река // Научно-популярная энциклопедия "Вода России". [Электронный ресурс]. URL: https://water-rf.ru/Водные_объекты/1214/Парабель (дата обращения: 5.10.2019).
2. Геологическое положение и рельеф // Родной край: Очерки природы, истории, хозяйства и культуры Томской области. - Томск, 1974.- С. 5-15
3. МАТЕРИАЛЫ ПО ОБОСНОВАНИЮ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ПАРАБЕЛЬСКОГО СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ПАРАБЕЛЬСКОГО РАЙОНА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ. [Электронный ресурс]. URL: http://parabelsp.tomsk.ru/files/docs/genplan/red1/Poyasnit_zapiska_red1.pdf (дата обращения: 7.10.2019).
4. Томская область // Большая российская энциклопедия. [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/geography/text/4196582> (дата обращения: 7.10.2019).
5. В.О. Опарий Заселение и освоение Парабельского кряжа в XVII- начале XX вв.: ист. наук: 030401. - Томск, 2016.
6. Л.И. Дубровская, В.Р. Герасимова АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ СТОКА РЕК ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2015.
7. Евсеева Н.С. География Томской области. - Томск: Издательство Томского университета, 2001.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. «Гидрологическая изученность». Т.15, Средняя Обь,- Ленинград: Гидрометеиздат, Вып.2, 1967 г.
9. Беляев Б.М ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ МАЛЫХ РЕК БАСЕЙНА ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ // - М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
10. Речной сток. [Электронный ресурс]. URL: <http://abratsev.ru/hydrosphere/runoff.html> (дата обращения: 03.12.2019).
11. СХЕМА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПАРАБЕЛЬСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ // Парабельский район. [Электронный ресурс].URL: <http://www.parabel.tomsk.ru/files/Arhitektura/obosnov.pdf> (дата обращения: 24.04.2020).
12. База данных гидрологических постов наблюдательной сети Росгидромета. [Электронный ресурс]. URL: <http://asunp.meteo.ru/portal/hydroweb/home> (дата обращения: 25.05.2020).

13. СП 33–101–2003. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2004. – 72 с.
14. Земцов В.А., Бураков Д.А. Труды Западно-Сибирского регионального научно-исследовательского института, вып.56, Комплексные исследования водных ресурсов Сибири. – М., Гидрометеиздат, 1983 г., 144с.
15. В.С. Дружинин и А.В. Сикан «Методы статистической обработки гидрометеорологической информации». Санкт-Петербург, 2001
16. И. О. Винокуров «Вопросы об определении периодов повышенной и пониженной водности рек» – 2011. – №7. Т.1. – С. 72-74.
17. Обеспеченность и повторяемость речного стока. [Электронный ресурс]. URL: <http://ekologyprom.ru/> (Дата обращения 26.05.2020).
18. Расчет смешанных максимальных расходов воды // earthpapers URL: <http://earthpapers.net/raschet-smeshannyh-maksimalnyh-rashodov-vody> (дата обращения: 28.05.2020).
19. ГУ «ГГИ» Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. - Спб.: Нестор-История, 2009.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Исходные данные: максимальные расходы воды весеннего половодья

Таблица А1 – Максимальные расходы воды весеннего половодья р. Парабель – с. Новиково, р. Кёнга – пос. Центральный, р. Чузик – пос. Осипово

№ п/п	Год	р. Парабель - с. Новиково	р. Кёнга - пос. Центральный	р. Чузик - пос. Осипово
		Q _{макс} i, м3/с	Q _{макс} i, м3/с	Q _{макс} i, м3/с
1	1954		44	
2	1955		84	
3	1956		65	91
4	1957	372	140	166
5	1958	302	84	158
6	1959	388	160	179
7	1960	528	215	190
8	1961	408	170	185
9	1962	219	57	88
10	1963	442	146	178
11	1964	351	156	182
12	1965	348	156	177
13	1966	524	205	211
14	1967	74	18	34
15	1968	90	26	49
16	1969	373	125	185
17	1970	281	104	137
18	1971	547	198	246
19	1972	345	133	168
20	1973	558	280	250
21	1974	360	150	204
22	1975	698	247	247
23	1976	180	76	82
24	1977	178	66	94
25	1978	223	104	118
26	1979	616	268	217
27	1980	362	139	178
28	1981	211	68	133
29	1982	174	37	94
30	1983	290	90	180
31	1984	440	160	222
32	1985	692	292	236
33	1986	548	216	206
34	1987	405	172	185
35	1988	481	219	226
36	1989	212	83	102
37	1990	810	171	218

Продолжение таблицы А1

38	1991	322	73	130
39	1992	418	186	176
40	1993	685	141	199
41	1994	520		201
42	1995	280		100
43	1996	605		140
44	1997	443		120
45	1998	707		159
46	1999	827		176
47	2000	282		124
48	2001	517		162
49	2002	882		176
50	2003	734		186
51	2004	470		137
52	2005	432		142
53	2006	366		
54	2007	844		
55	2008	523		
56	2009	377		
57	2010	545		
58	2011	393		
59	2012	166		
60	2013	463		
61	2014	458		
62	2015	526		
63	2016	462		
64	2017	381		
65	2018	425		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Зависимости $Q_p = f(Q_a)$, для восстановления пропусков в рядах и приведения к длительному периоду

Таблица Б1 – Данные за совместный период наблюдений с 1974 по 1994 год расчетной реки (р. Кенга – пос. Центральный) и реки аналога (р. Парабель – с. Новиково)

№	Год	Q макс, м ³ /с Парабель	Q макс, м ³ /с Кенга
1	1974	360	150,0
2	1975	698	247,0
3	1976	180	75,9
4	1977	178,0	66,0
5	1978	223,0	104,0
6	1979	616,0	268,0
7	1980	362,0	139,0
8	1981	211,0	68,4
9	1982	174,0	37,4
10	1983	290,0	89,6
11	1984	440,0	160,0
12	1985	692,0	292,0
13	1986	548,0	216,0
14	1987	405,0	172,0
15	1988	481,0	219,0
16	1989	212,0	83,0
17	1990	810,0	171,0
18	1991	322,0	73,0
19	1992	418,0	186,0
20	1993	685,0	141,0
21	1994	520,0	197,0

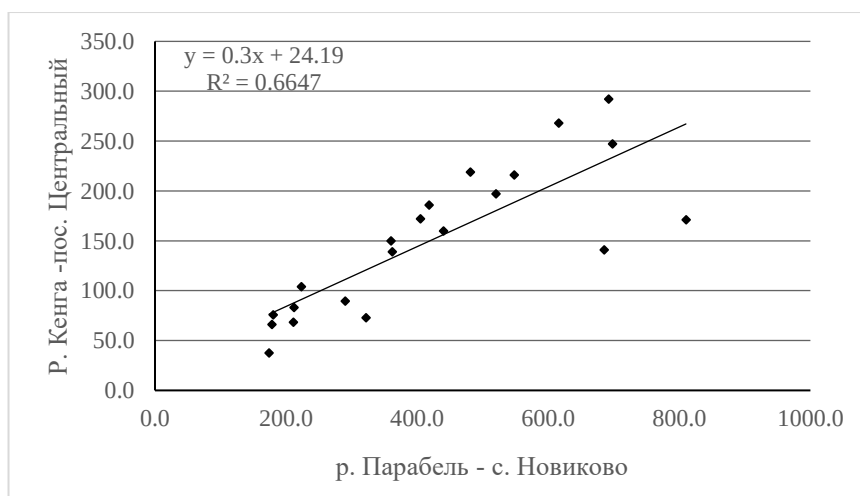


Рисунок Б1 – График связи максимальных расходов воды реки-расчетной и реки-аналога

Таблица Б2 – Данные за совместный период наблюдений с 1985 по 2005 год расчетной реки (р. Чузик – пос. Осипово) и реки аналога (р. Парабель – с.Новиково)

№	Год	Q макс, м³/с Парабель	Q макс, м³/с Чузик
1	1985	692	236
2	1986	548	206
3	1987	405	185
4	1988	481	226
5	1989	212	102
6	1990	810	218
7	1991	322	130
8	1992	418	176
9	1993	685	199
10	1994	520	201
11	1995	280	99,6
12	1996	605	148
13	1997	443	120
14	1998	707	159
15	1999	827	176
16	2000	282	124
17	2001	517	162
18	2002	882	176
19	2003	734	186
20	2004	470	137
21	2005	432	142

Таблица Б3 – Восстановленные значения расходов расчетной реки

№	Год	Река	
		Кенга	Парабель
		Qmax, м³/с	
1	1957	140	372
2	1958	84,2	302
3	1959	160	388
4	1960	215	528
5	1961	170	408
6	1962	57,4	219
7	1963	146	442
8	1964	156	351
9	1965	156	348
10	1966	205	524
11	1967	18,1	74,4
12	1968	25,6	90,3
13	1969	125	373

14	1970	104	281
15	1971	198	547
16	1972	133	345
17	1973	280	558
18	1974	150	360
19	1975	247	698
20	1976	75,9	180
21	1977	66	178
22	1978	104	223
23	1979	268	616
24	1980	139	362
25	1981	68,4	211
26	1982	37,4	174
27	1983	89,6	290
28	1984	160	440
29	1985	292	692
30	1986	216	548
31	1987	172	405
32	1988	219	481
33	1989	83	212
34	1990	171	810
35	1991	73	322
36	1992	186	418
37	1993	141	685
38	1994	197	520
39	1995	98,7	280
40	1996	218	605
41	1997	159	443
42	1998	256	707
43	1999	300	827
44	2000	99,4	282
45	2001	186	517
46	2002	320	882
47	2003	266	734
48	2004	169	470
49	2005	155	432
50	2006	130	366
51	2007	306	844
52	2008	188	523
53	2009	134	377
54	2010	196	545
55	2011	140	393
56	2012	56,7	166

57	2013	166	463
58	2014	164	458
59	2015	189	526
60	2016	166	462
61	2017	136	381
62	2018	152	425

Таблица Б4 – Восстановленные значения расходов расчетной реки

№	Год	Река	
		Чузик	Парабель
		Q _{max} , м ³ /с	
1	1957	166	372
2	1958	158	302
3	1959	179	388
4	1960	190	528
5	1961	185	408
6	1962	88	219
7	1963	178	442
8	1964	182	351
9	1965	177	348
10	1966	211	524
11	1967	34	74,4
12	1968	48,8	90,3
13	1969	185	373
14	1970	137	281
15	1971	246	547
16	1972	168	345
17	1973	250	558
18	1974	204	360
19	1975	247	698
20	1976	82	180
21	1977	93,5	178
22	1978	118	223
23	1979	217	616
24	1980	178	362
25	1981	133	211
26	1982	93,7	174
27	1983	160	290
28	1984	222	440
29	1985	236	692
30	1986	206	548
31	1987	185	405
32	1988	226	481

33	1989	102	212
34	1990	218	810
35	1991	130	322
36	1992	176	418
37	1993	199	685
38	1994	201	520
39	1995	99,6	280
40	1996	148	605
41	1997	120	443
42	1998	159	707
43	1999	176	827
44	2000	124	282
45	2001	162	517
46	2002	176	882
47	2003	186	734
48	2004	137	470
49	2005	142	432
50	2006	132	366
51	2007	231	844
52	2008	165	523
53	2009	134	377
54	2010	169	545
55	2011	138	393
56	2012	91	166
57	2013	152	463
58	2014	151	458
59	2015	165	526
60	2016	152	462
61	2017	135	381
62	2018	144	425

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Оценка на генетическую однородность и репрезентативность ряда

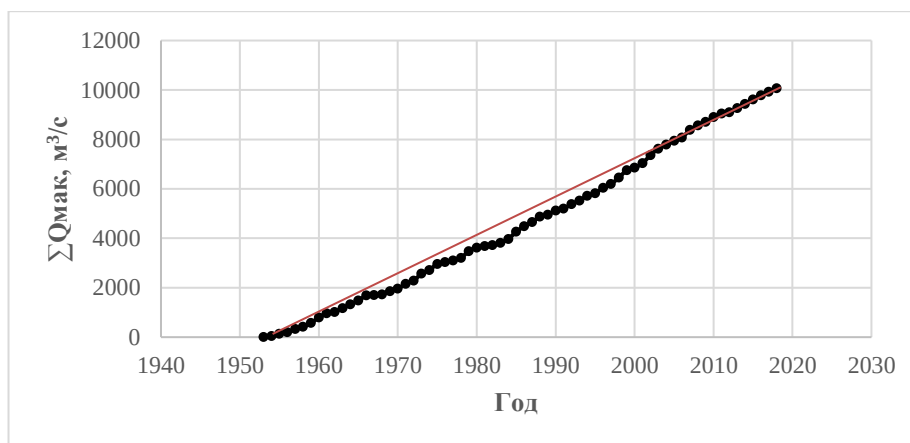


Рисунок В1 – График нарастающей суммы для р. Кёнга – пос. Центральный

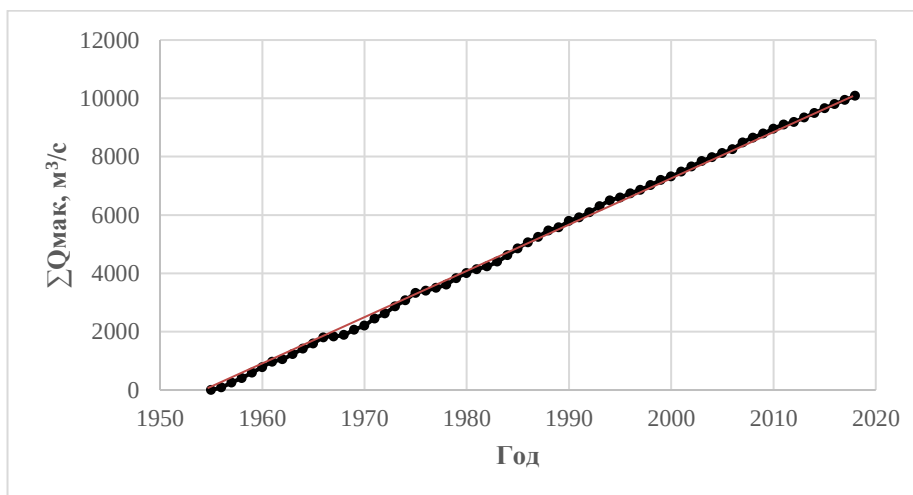


Рисунок В2 – График нарастающей суммы для р. Чузик – пос. Осипово

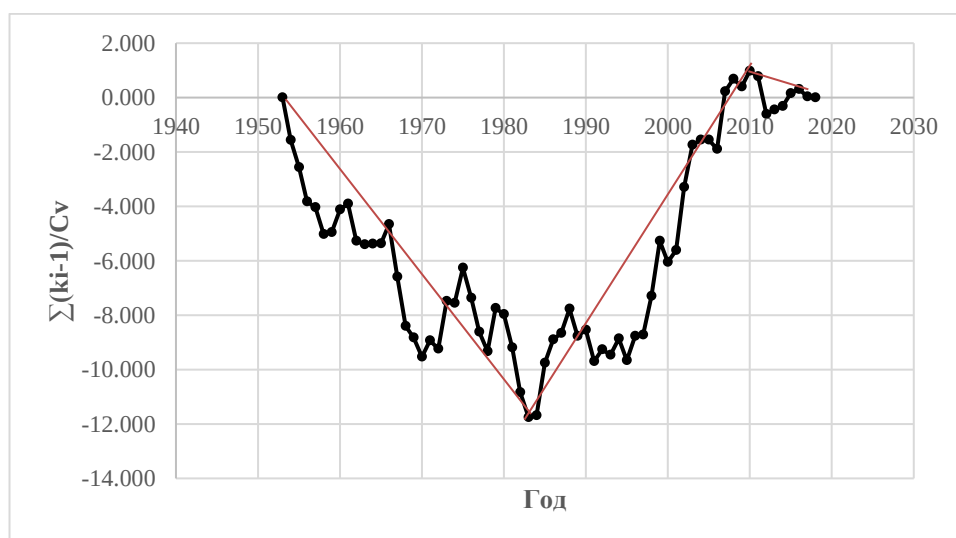


Рисунок В3 – Разностная интегральная кривая максимального весеннего стока р. Кенга – пос. Центральный за 1954 – 2018 гг

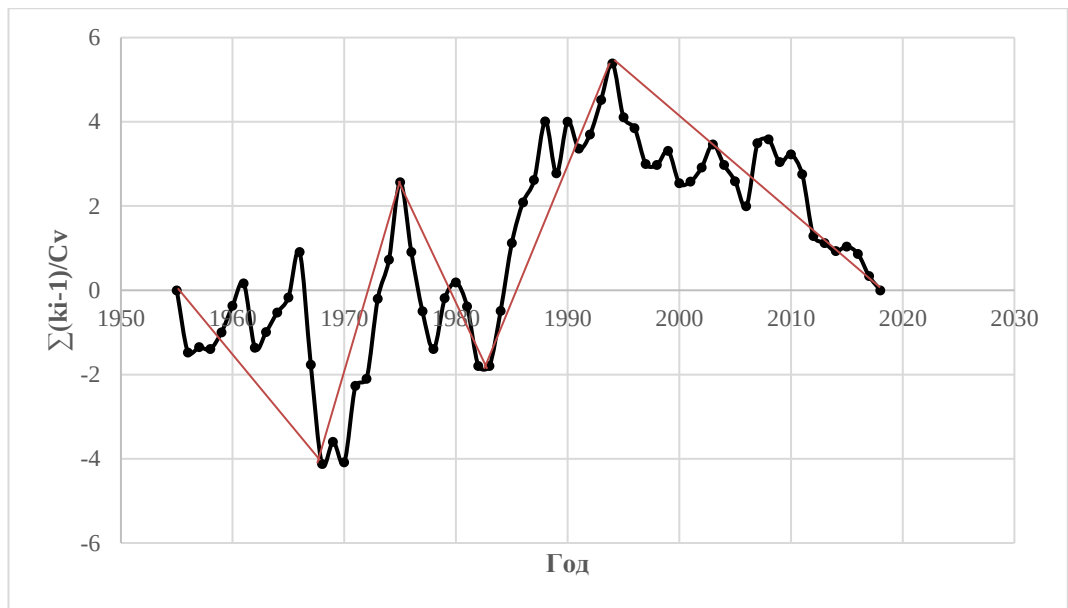


Рисунок В4 – Разностная интегральная кривая максимального весеннего стока р. Чузик – пос. Осипово за 1956 – 2018 гг.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Ординаты аналитических кривых распределения максимального стока
весеннего половодья

Таблица Г1 – Ординаты аналитических кривых распределения максимального стока
весеннего половодья р. Парабель – с. Новиково

P%	Kp
0,1	2,54
0,3	2,34
0,5	2,24
1	2,09
3	1,85
5	1,72
10	1,54
20	1,32
25	1,25
30	1,18
40	1,06
50	0,958
60	0,86
70	0,76
75	0,708
80	0,652
90	0,518
95	0,419
97	0,363
99	0,268
99,5	0,223
99,7	0,205
99,9	0,152

Таблица Г2 – Ординаты аналитических кривых распределения максимального стока
весеннего половодья р. Кёнга – пос. Центральный

P%	Kp
0,1	2,5
0,3	2,36
0,5	2,28
1	2,17
3	1,97
5	1,86
10	1,67
20	1,44
25	1,35
30	1,27
40	1,12

50	0,98
60	0,839
70	0,693
75	0,615
80	0,533
90	0,343
95	0,221
97	0,16
99	0,08
99,5	0,051
99,7	0,037
99,9	0,019

Таблица Г3 – Ординаты аналитических кривых распределения максимального стока
весеннего половодья р. Чузик – пос. Осипово

P%	Kp
0,1	1,7
0,3	1,61
0,5	1,57
1	1,51
3	1,4
5	1,35
10	1,26
20	1,16
25	1,13
30	1,1
40	1,04
50	0,99
60	0,94
70	0,888
75	0,86
80	0,829
90	0,751
95	0,689
97	0,651
99	0,581
99,5	0,545
99,7	0,52
99,9	0,474

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Кривые обеспеченности максимального стока весеннего половодья

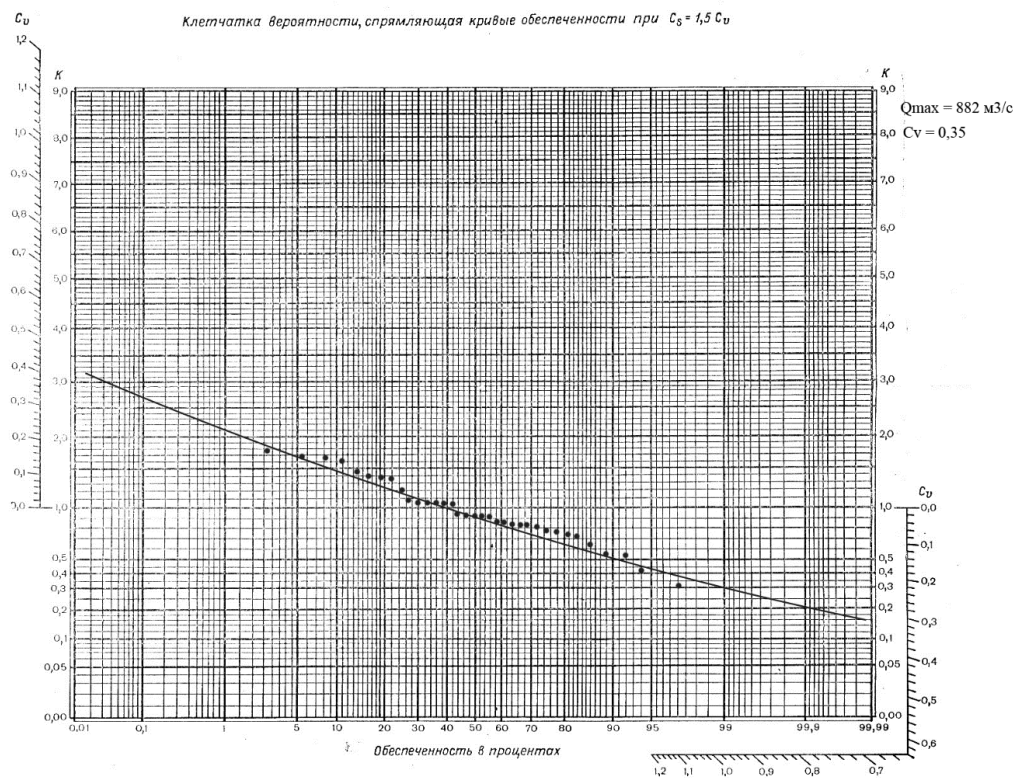


Рисунок Д1 – Аналитическая кривая обеспеченности с нанесением эмпирических точек р.

Парабель – с. Новиково

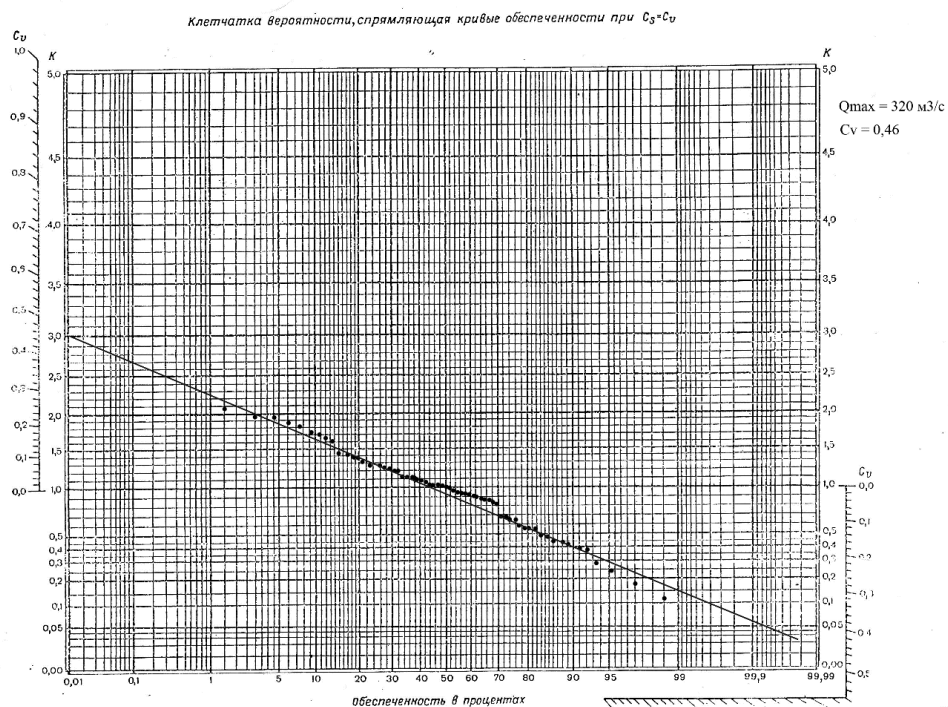


Рисунок Д2 – Аналитическая кривая обеспеченности с нанесением эмпирических точек р.

Кенга – пос. Центральный

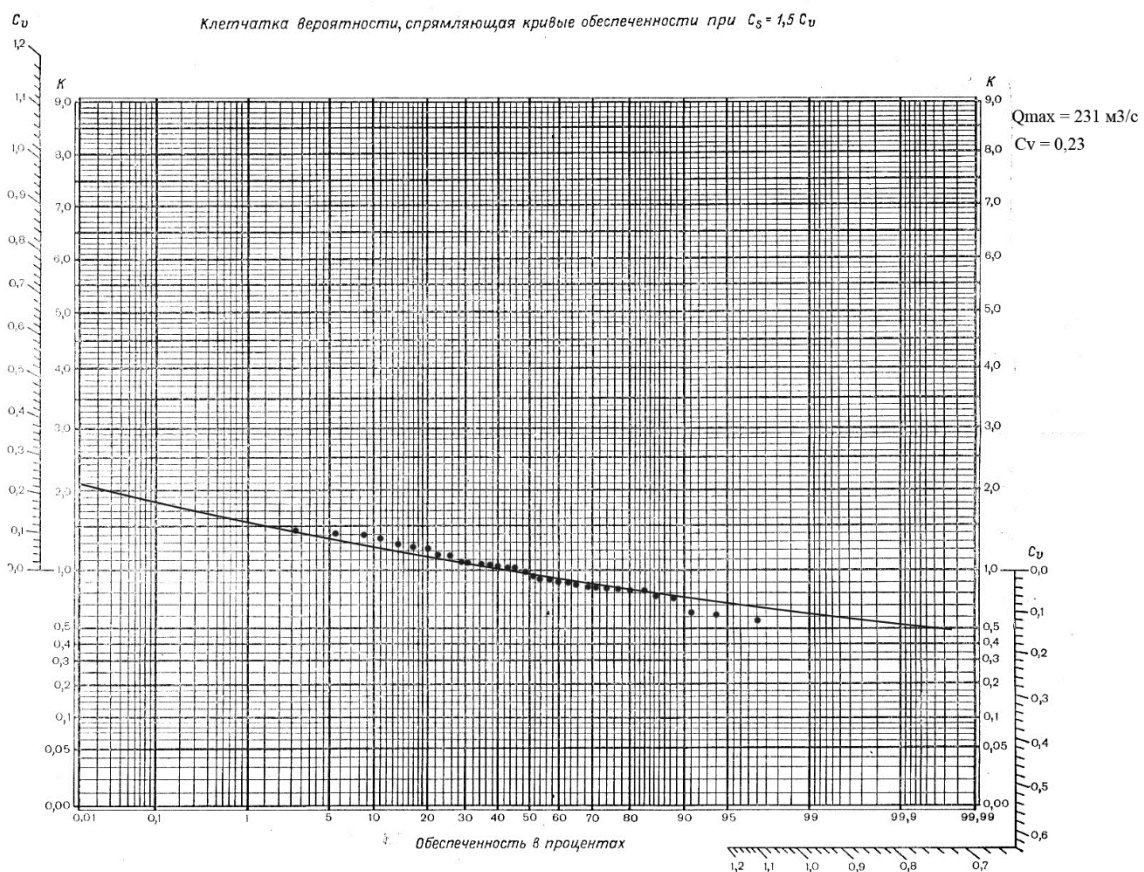


Рисунок ДЗ – Аналитическая кривая обеспеченности с нанесением эмпирических точек р.
 Чузик – пос. Осипово

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Выкопировки из карт и исходные данные для расчета при отсутствии материалов наблюдений

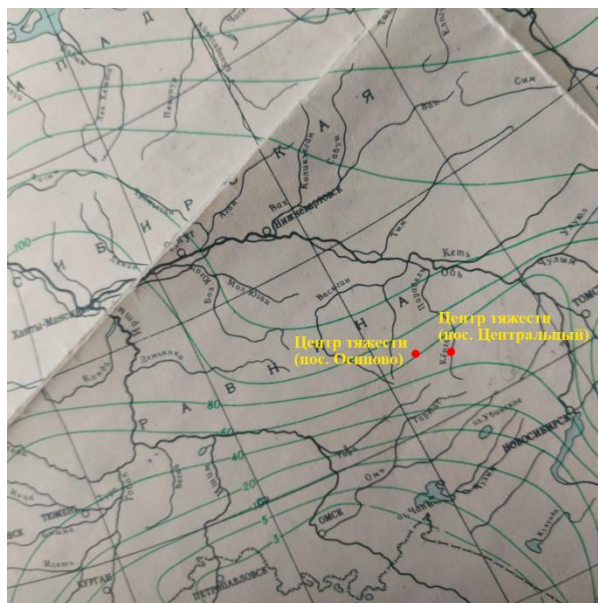


Рисунок Е1 – Выкопировка из карты «Среднеголетний слой стока половодья рек»

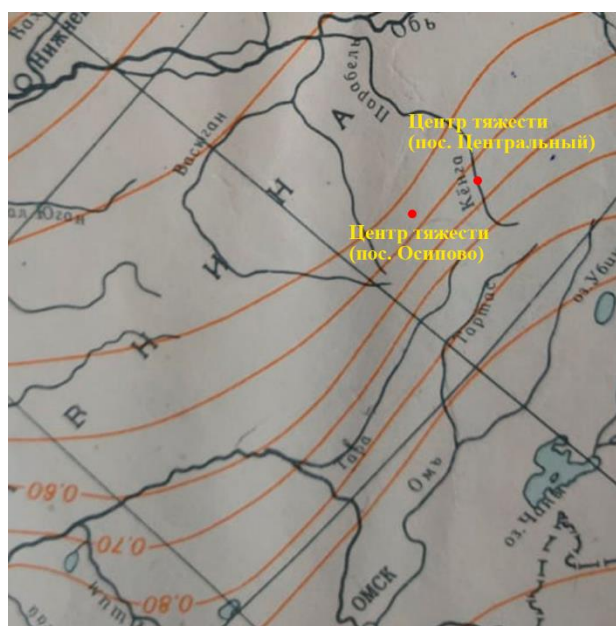


Рисунок Е2 – Выкопировка из карты «Коэффициент вариации среднеголетнего стока половодья рек»

Таблица Е1 – Исходные данные

Река – пункт	F, км ²	Hsr, м	I, промилли	флеса, %	фболот, %	фозер, %
Парабель-Новиково	17900	120	3,47	59	40	1
Кенга-Центральный	7440	120	3,47	50	40	1
Чузик-Осипово	7090	120	3,47	63	35	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Модели гидрографа весеннего половодья редкой повторяемости

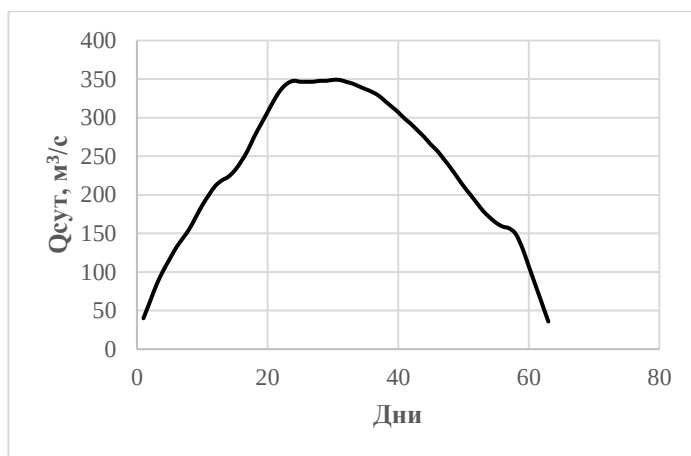


Рисунок Ж1 - Типовая модель гидрографа стока весеннего половодья для р. Кенга – пос. Центральный за 1985 год

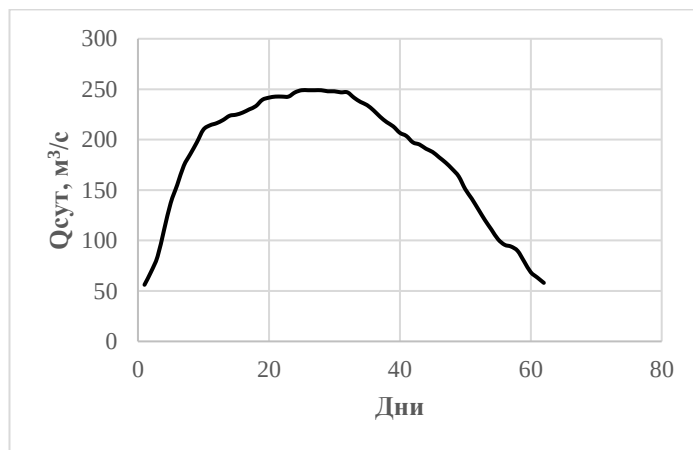


Рисунок Ж2 - Типовая модель гидрографа стока весеннего половодья для р. Чузик – пос. Осипово за 1985 год

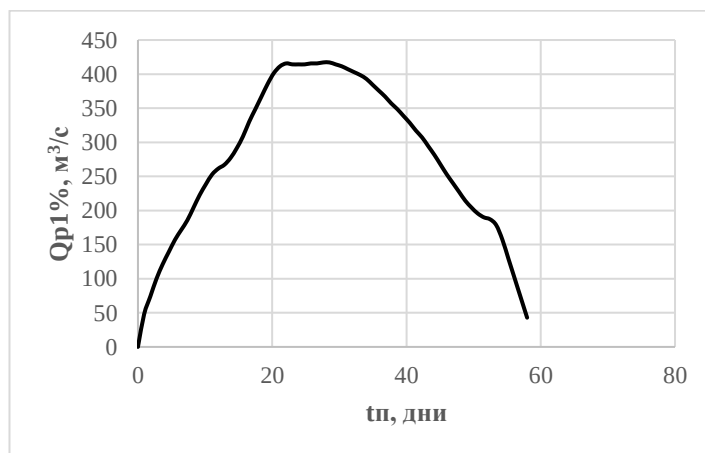


Рисунок Ж3 – Расчетный гидрограф 1% обеспеченности р. Кенга – пос. Центральный

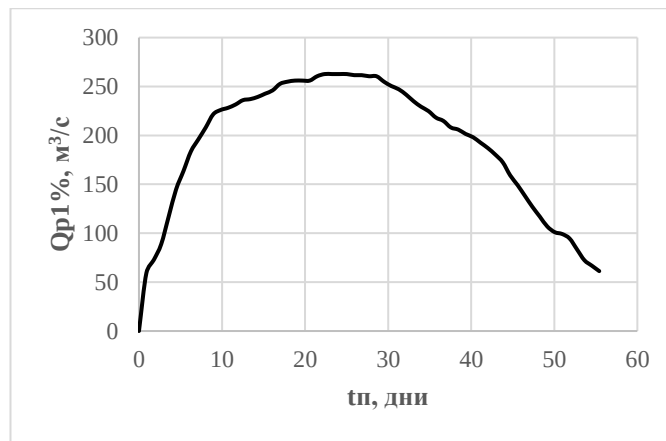


Рисунок Ж4 – Расчетный гидрограф 1% обеспеченности р. Чузик – пос. Осипово

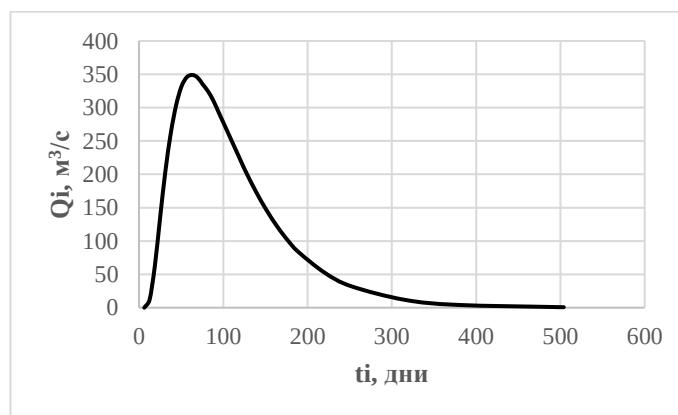


Рисунок Ж5 – Расчётный гидрограф 1%-ой обеспеченности по методу Г.А. Алексеева р. Кенга – пос. Центральный

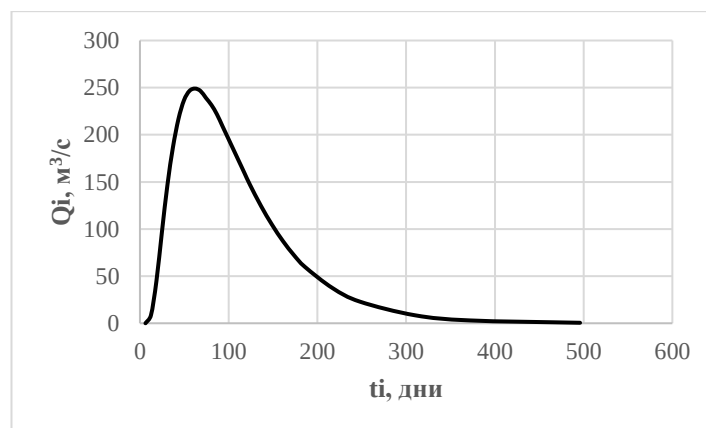


Рисунок Ж6 – Расчётный гидрограф 1%-ой обеспеченности по методу Г.А. Алексеева р. Чузик – пос. Осипово

Таблица Ж1 – Значения данных модели и расчетных гидрографов р. Парабель – с.

Новиково

Дата	Модель		Qфакт, м³/с	Расчетный гидрограф	
	тп	Qсут, м³/с		tmi	Qp1%, м³/с
15.апр	1	59,2	47	0	74,5
16.апр	2	67,2	53,4	1	84,7
17.апр	3	76,7	60,9	2	96,6
18.апр	4	87,8	69,7	3	110,5
19.апр	5	107,2	85,1	4	135
20.апр	6	124	98,8	5	157
21.апр	7	152	121	6	192
22.апр	8	181	144	7	228
23.апр	9	223	177	8	281
24.апр	10	264	210	9	333
25.апр	11	314	249	10	395
26.апр	12	373	296	11	469
27.апр	13	426	338	12	536
28.апр	14	460	365	13	579
29.апр	15	494	392	14	622
30.апр	16	518	411	15	652
01.май	17	555	441	16	699
02.май	18	589	468	17	742
03.май	19	623	495	18	785
04.май	20	681	541	19	858
05.май	21	699	555	20	880
06.май	22	719	571	21	905
07.май	23	747	593	22	940
08.май	24	779	619	23	982
09.май	25	854	678	24	1075
10.май	26	926	735	25	1165
11.май	27	977	776	26	1230
12.май	28	1017	808	27	1281
13.май	29	1049	833	28	1321
14.май	30	1059	841	29	1334
15.май	31	1049	833	30	1321
16.май	32	1049	833	31	1321
17.май	33	1049	833	32	1321
18.май	34	1049	833	33	1321
19.май	35	1049	833	34	1321
20.май	36	1049	833	35	1321
21.май	37	1036	823	36	1305
22.май	38	1024	813	37	1289
23.май	39	1015	806	38	1278
24.май	40	1002	796	39	1262
25.май	41	990	786	40	1246

Продолжение таблицы Ж1

26.май	42	982	780	41	1237
27.май	43	973	773	42	1226
28.май	44	936	743	43	1178
29.май	45	923	733	44	1162
30.май	46	908	721	45	1143
31.май	47	899	714	46	1132
01.июн	48	890	707	47	1121
02.июн	49	884	702	48	1113
03.июн	50	865	687	49	1089
04.июн	51	854	678	50	1075
05.июн	52	839	666	51	1056
06.июн	53	811	644	52	1021
07.июн	54	792	629	53	997
08.июн	55	771	612	54	970
09.июн	56	745	592	55	939
10.июн	57	714	567	56	899
11.июн	58	677	538	57	853
12.июн	59	669	531	58	842
13.июн	60	651	517	59	820
14.июн	61	635	504	60	799
15.июн	62	618	491	61	779
16.июн	63	593	471	62	747
17.июн	64	579	460	63	729
18.июн	65	564	448	64	710
19.июн	66	538	427	65	677
20.июн	67	505	401	66	636
21.июн	68	477	379	67	601
22.июн	69	447	355	68	563
23.июн	70	416	330	69	523
24.июн	71	400	318	70	504
25.июн	72	382	303	71	480
26.июн	73	373	296	72	469
27.июн	74	315	250	73	396
28.июн	75	252	200	74	317
29.июн	76	189	150	75	238
30.июн	77	126	100	76	159
01.июл	78	63	50	77	79

Таблица Ж2 – Значения данных модели и расчетных гидрографов р. Кенга – пос.
Центральный

Дата	Модель		Qфакт, м³/с	Расчетный гидрограф	
	тип	Qсут, м³/с		tmi	Qp1%, м³/с
27.апр	1	40	33,5	0	48
28.апр	2	62	51,7	1	74
29.апр	3	84	69,9	2	100

30.апр	4	101	84,8	3	121
01.май	5	117	97,5	4	139
02.май	6	131	110	5	157
03.май	7	143	120	6	171
04.май	8	155	130	7	186
05.май	9	171	143	8	204
06.май	10	186	156	9	223
07.май	11	200	167	10	239
08.май	12	212	177	11	253
09.май	13	219	183	12	261
10.май	14	224	187	13	267
11.май	15	232	194	14	277
12.май	16	244	204	15	291
13.май	17	258	216	16	309
14.май	18	276	231	17	330
15.май	19	292	244	18	349
16.май	20	307	257	19	367
17.май	21	323	270	20	386
18.май	22	336	281	21	401
19.май	23	344	288	22	411
20.май	24	348	291	23	416
21.май	25	347	290	24	414
22.май	26	347	290	25	414
23.май	27	347	290	26	414
24.май	28	348	291	27	416
25.май	29	348	291	28	416
26.май	30	349	292	29	417
27.май	31	349	292	30	417
28.май	32	347	290	31	414
29.май	33	344	288	32	411
30.май	34	341	285	33	407
31.май	35	337	282	34	403
01.июн	36	333	279	35	399
02.июн	37	329	275	36	393
03.июн	38	322	269	37	384
04.июн	39	314	263	38	376
05.июн	40	307	257	39	367
06.июн	41	299	250	40	357
07.июн	42	292	244	41	349
08.июн	43	283	237	42	339
09.июн	44	275	230	43	329
10.июн	45	265	222	44	317
11.июн	46	257	215	45	307
12.июн	47	246	206	46	294

13.июн	48	235	197	47	281
14.июн	49	224	187	48	267
15.июн	50	212	177	49	253
16.июн	51	201	168	50	240
17.июн	52	190	159	51	227
18.июн	53	179	150	52	214
19.июн	54	171	143	53	204
20.июн	55	164	137	54	196
21.июн	56	159	133	55	190
22.июн	57	157	131	56	187
23.июн	58	149	125	57	179
24.июн	59	131	110	58	157
25.июн	60	108	90	59	129
26.июн	61	84	70	60	100
27.июн	62	60	50	61	71
28.июн	63	36	30	62	43

Таблица Ж3 – Значения данных модели и расчетных гидрографов р. Чузик – пос.
Осипово

Дата	Модель		Qфакт, м³/с	Расчетный гидрограф	
	тп	Qсут, м³/с		tmi	Qp1%, м³/с
25.апр	1	56	53,2	0	59
26.апр	2	69	65,3	1	73
27.апр	3	84	79,8	2	89
28.апр	4	111	105	3	117
29.апр	5	137	130	4	145
30.апр	6	155	147	5	164
01.май	7	174	165	6	184
02.май	8	186	176	7	196
03.май	9	197	187	8	208
04.май	10	210	199	9	222
05.май	11	214	203	10	226
06.май	12	216	205	11	228
07.май	13	219	208	12	232
08.май	14	224	212	13	236
09.май	15	225	213	14	237
10.май	16	227	215	15	239
11.май	17	230	218	16	243
12.май	18	233	221	17	246
13.май	19	240	227	18	253
14.май	20	242	229	19	255
15.май	21	243	230	20	256
16.май	22	243	230	21	256

17.май	23	243	230	22	256
18.май	24	247	234	23	260
19.май	25	249	236	24	263
20.май	26	249	236	25	263
21.май	27	249	236	26	263
22.май	28	249	236	27	263
23.май	29	248	235	28	262
24.май	30	248	235	29	262
25.май	31	247	234	30	260
26.май	32	247	234	31	260
27.май	33	242	229	32	255
28.май	34	237	225	33	250
29.май	35	234	222	34	247
30.май	36	229	217	35	242
31.май	37	223	211	36	235
01.июн	38	217	206	37	229
02.июн	39	213	202	38	225
03.июн	40	207	196	39	218
04.июн	41	204	193	40	215
05.июн	42	197	187	41	208
06.июн	43	195	185	42	206
07.июн	44	191	181	43	201
08.июн	45	188	178	44	198
09.июн	46	183	173	45	193
10.июн	47	177	168	46	187
11.июн	48	171	162	47	180
12.июн	49	164	155	48	173
13.июн	50	151	143	49	159
14.июн	51	141	134	50	149
15.июн	52	131	124	51	138
16.июн	53	120	114	52	127
17.июн	54	111	105	53	117
18.июн	55	101	96	54	107
19.июн	56	96	90,8	55	101
20.июн	57	94	89,1	56	99
21.июн	58	90	85	57	95
22.июн	59	79	75	58	83
23.июн	60	69	65	59	72
24.июн	61	63	60	60	67
25.июн	62	58	55	61	61

Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: nika.prokopenva@mail.ru / ID: 9309639

Проверяющий: nika.prokopenva@mail.ru / ID: 9309639

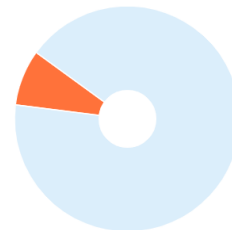
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - users.antiplagiat.ru

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 1
Начало загрузки: 17.06.2021 22:23:27
Длительность загрузки: 00:00:02
Имя исходного файла: диплом.pdf
Название документа: диплом
Размер текста: 78 кБ
Символов в тексте: 79457
Слов в тексте: 8434
Число предложений: 730

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Начало проверки: 17.06.2021 22:23:29
Длительность проверки: 00:00:24
Комментарии: не указано
Модули поиска: Интернет



ЗАИМСТВОВАНИЯ

8%

САМОЦИТИРОВАНИЯ

0%

ЦИТИРОВАНИЯ

0%

ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

92%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.

Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.

Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.

Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.

Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.

Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.

Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.

Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Источник	Актуален на	Модуль поиска
[01]	4,67%	Скачать СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик Скачать бесплатно без регистрации http://opengost.ru	23 Ноя 2017	Интернет
[02]	2,06%	ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И РЕЛЬЕФ - PDF http://docplayer.ru	04 Мая 2018	Интернет
[03]	1,27%	Общая гидрология http://studfiles.ru	30 Июл 2016	Интернет