



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Оценка многолетней
изменчивости элементов водного баланса
водотоков архипелага Северная Земля

Исполнитель Готовская Маргарита Алексеевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.т.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Викторова Наталья Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

к.т.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«02» июня 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Физико-географическое описание района исследований.....	6
1.1 Географическое описание района исследований.....	6
1.2 Климатические особенности островов архипелага.....	8
1.3 Описание мерзлотных условий и растительного покрова островов архипелага.....	9
1.4 Гидрологическая характеристика района исследований.....	10
2 Определение гидрографических характеристик водотоков и их водосборов.....	12
2.1 Анализ научной и научно-технической информации Госфонда ФГБУ «АНИИ» Росгидромета.....	12
2.2 Определение гидрографических характеристик водотоков и их водосборов на о. Октябрьской Революции и о. Большевик.....	16
2.3 Подбор рек-аналогов по гидрографическим характеристикам на о. Октябрьской Революции и о. Большевик.....	23
3 Расчет элементов водного баланса.....	28
3.1 Расчет стока по выбранным водотокам.....	29
3.2 Расчет атмосферных осадков.....	54
3.3 Расчет испарения.....	56
4 Оценка многолетней изменчивости элементов водного баланса водотоков архипелага Северная Земля и климатические факторы, влияющие на их изменчивость.....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Годовой ход уровней и расходов воды, полученные с использованием различных методов для р. Мушкетова за 2015 – 2020 г.....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Ежедневные уровни и расходы воды, полученные расчетом по методу Стаута для р. Мушкетова за 2015 – 2020 года.....	80
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Комплексные графики гидрологических наблюдений для р. Мушкетова за 2015 – 2020 года.....	89
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Результаты расчета стока для р. Мушкетова за 2015 – 2020 года.....	95

ВВЕДЕНИЕ

Архипелаг Северная Земля, расположенный в высокоширотной Арктике, является уникальным природным объектом. Антропогенная нагрузка на природную среду архипелага минимальна, поэтому изменения местных микроклиматических условий хорошо прослеживаются. Эти изменения отражают процессы, которые происходят в средних широтах, но не проявляются так явно из-за прямого или косвенного влияния человека на природу [21].

Тенденция к более высоким температурам, сокращение ледяного покрова, изменение гидрологического режима, все эти изменения непосредственно влияют на изменчивость элементов водного баланса водотоков и их водосборов.

Актуальность данного исследования обусловлена следующими факторами:

- 1) Слабая изученность гидрографической сети Арктических районов Российской Федерации. Водные объекты Арктических районов и побережий Арктических морей, где развивается инфраструктура для обеспечения экономической деятельности до сих пор малоизучены из-за труднодоступности и суровых природных условий. Данные характеризуются недостатком систематических, регулярных гидрометеорологических наблюдений, отсутствуют продолжительные ряды, что ограничивает возможности прогнозирования изменений.

Имея воднобалансовые мониторинговые наблюдения и проводя исследования, например, на архипелаге Северная Земля, можно, при накопленных данных, в дальнейшем, применять метод аналога для районов со схожими физико-географическими условиями с помощью районирования, основанном на ландшафтно-гидрологическом анализе территорий [11].

2) Роль водного баланса. Анализ многолетней изменчивости позволяет наглядно рассмотреть различия воднобалансовых элементов в условиях меняющегося климата, что важно для моделирования гидрологического режима водотоков, их водосборов и климата.

3) Прикладное значение. Результаты исследования могут быть использованы в области гидрологических прогнозов, климатического и экологического мониторинга.

Целью исследований является изучение гидрологических процессов, выявление гидрологических особенностей пресноводных систем рассматриваемой территории и оценка многолетней изменчивости элементов водного баланса (сток, атмосферные осадки, испарение) водотоков архипелага Северная Земля под влиянием климатических изменений [7].

Задачи исследования:

- 1) подобрать и проанализировать имеющиеся данные о водотоках, их водосборах и водном балансе архипелага Северная Земля;
- 2) рассчитать основные элементы водного баланса по подобранным материалам: сток, атмосферные осадки, испарение и др.;
- 3) выявить основные климатические факторы, влияющие на изменения элементов водного баланса;
- 4) оценить многолетнюю изменчивость элементов водного баланса водотоков архипелага Северная Земля.

Объектами исследования являются водотоки архипелага Северная Земля и их водосборы, а предметом исследования являются элементы водного баланса. Из всего архипелага рассматривались два острова: о. Октябрьской Революции и о. Большевик.

Методы исследования:

- 1) подбор и анализ исторических материалов, содержащихся в отделе фонда данных и научно-технической информации ФГБУ «ААНИИ»;
- 2) подбор и анализ научных публикаций;

- 3) использование геоинформационных систем для расчета гидрографических характеристик (программа ГИС «Панорама»);
- 4) использование программы «Реки-Режим» для подсчета стока различными методами;
- 5) метод водного баланса (для количественной оценки основных компонентов водного баланса).

Таким образом, проведение анализа и получение оценки многолетней изменчивости элементов водного баланса водотоков Северной Земли представляет собой важную научную задачу по усовершенствованию дальнейших теоретических и полевых экспедиционных исследований, от которых будет зависеть точность прогнозирования дальнейших изменений и может быть дана оценка рисков, связанных с климатическими изменениями для аналогичных районов на материке.

1 Физико-географическое описание района исследований

1.1 Географическое описание района исследований

Архипелаг Северная Земля расположен между морями Карским и Лаптевых и является группой островов Красноярского края.

Общая площадь архипелага составляет около 37000 км². Состоит из четырех крупных островов:

- 1) о. Октябрьской Революции (площадью 13708 км²);
- 2) о. Большевик (11312 км²);
- 3) о. Комсомолец (9006 км²);
- 4) о. Пионер (1522 км²)

и множества мелких островов (Шмидта, Старокадомского, Крупской, Малый Таймыр и др.).

Площадь наземного оледенения архипелага Северная Земля равна 18323 км². Ледниками занято менее половины площади архипелага Северная Земля (около 37000 км²). Площадь оледенения в % для рассматриваемых островов составляет: о. Октябрьской Революции – 58%, о. Большевик – 31%. Для сравнения, на о. Шмидта оледенение составляет 99,7%. Крупнейшие ледники: Академии Наук, Вавилова, Карпинского [9].

Климат архипелага – морской арктический. Средняя годовая температура по научно-техническому информационному отчету Североземельской гляциологической экспедиции за 1979 – 1980 год составляет минус 13 – минус 14°С [18]. Современная годовая температура составляет минус 10 – минус 12°С. Устойчивый снежный покров устанавливается в первой половине сентября, сходит в конце июня - начале июля.

Продолжительность периода положительных среднесуточных температур от 1.5 до 3 – 3.5 месяцев по данным современных наблюдений станций

Государственной наблюдательной сети на островах Октябрьской Революции (МГ-2 им. Г.А. Ушакова) и Большевик (ГМО СП Мыс Баранова).

Большая часть атмосферных осадков архипелага Северная Земля выпадает в твердом виде. Снег выпадает раньше на северных островах архипелага. Даже в летний период выпадающие атмосферные осадки могут находиться в твердом виде.

Из-за преобладания отрицательных температур воздуха большую часть года период стока водотоков архипелага крайне короткий и длится не более 3 – 4 месяцев. Почти все крупные реки берут начало с ледников. Крупнейшими реками являются: р. Ушакова, р. Озерная, р. Тора, р. Многоструйная, р. Круговая [25].

Рельеф архипелага разнообразен, состоит из горных массивов (высотой до 965 м – г. Карпинского), ледниковых куполов, многолетних снежников и морских террас [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Рельеф о. Большевик – платообразный, о. Пионер – пологохолмистый. На о. Октябрьской Революции рельеф пологохолмистый с распространением возвышенных (до 180 – 200 м над уровнем моря) равнин и останцовых возвышенностей. На о. Комсомолец располагаются низменные равнины [9]. Карта архипелага представлена на рисунке 1.1.

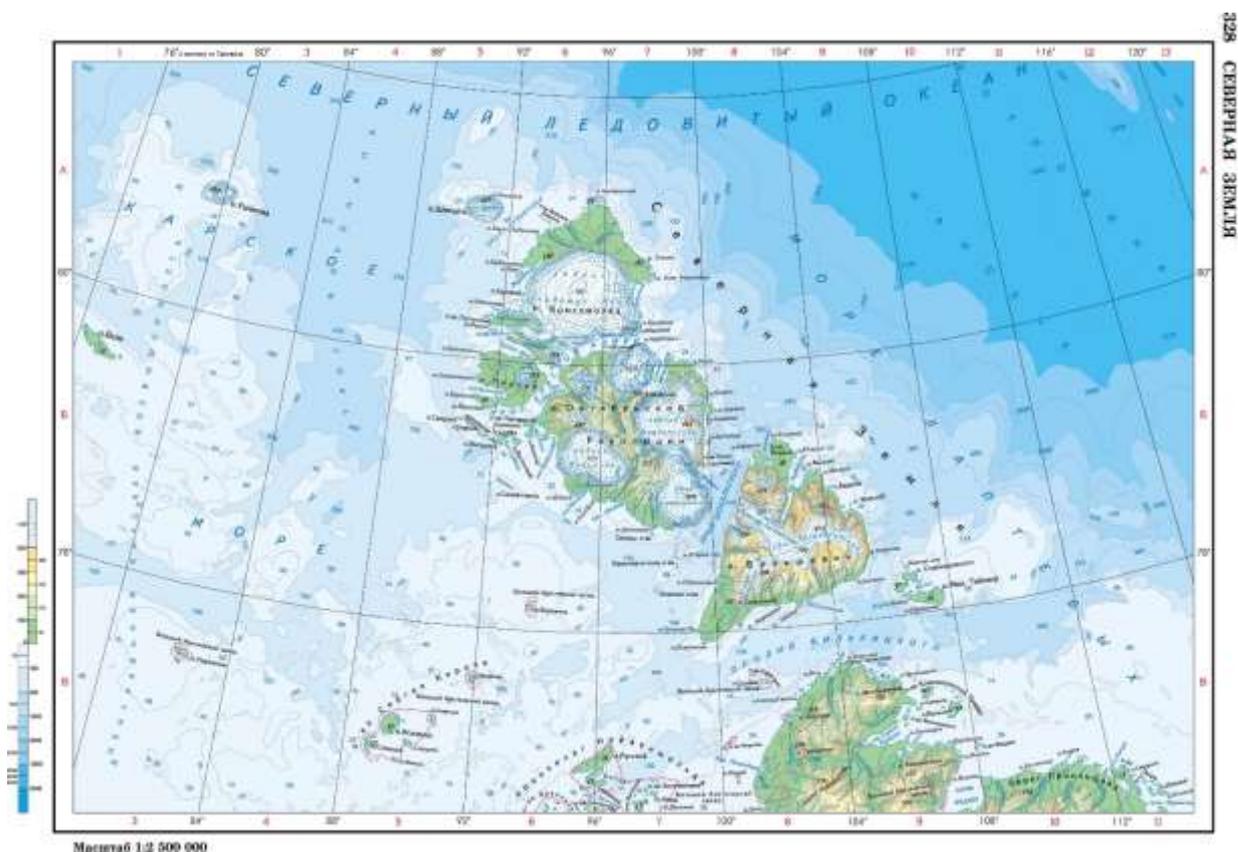


Рисунок 1.1 – Карта архипелага Северная Земля

1.2 Климатические особенности островов архипелага

Климат имеет четкие сезонные особенности, включающие в себя светлый (полярный день) и темный (полярная ночь) промежутки времени. Продолжительность полярного дня 3 месяца, длительность полярной ночи несколько больше, почти 4 месяца [18].

Район исследования характеризуется относительно низкими температурами летом (близкими между собой по величине и ненамного выше нуля), частыми туманами и значительной облачностью. В мае – первой половине июня солнечная радиация интенсивна. В это время происходит интенсивное таяние снега, резко повышается влажность воздуха. Летними преобладающими ветрами, с которыми, как правило, связаны повышения температуры воздуха, являются ветры южной и юго-восточной составляющих. В остальное время сезона преобладают ветры с северо-восточной составляющей и с которыми

обычно связаны похолодания и выпадение осадков [19]. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Зима характеризуется усилением движения воздушных масс и выхолаживанием атмосферы. Характерны частые метели и пурги.

Такому переходному месяцу как весна свойственно возрастание длительности и интенсивности естественной освещенности, а также постепенное ослабление холодов.

Осенью же температура воздуха снижается, нарастает облачность, снижающая интенсивность прямой солнечной радиации. Характерны для осени частые снегопады, метели, а также резкое удлинение сумерек [18].

1.3 Описание мерзлотных условий и растительного покрова островов архипелага

Архипелаг находится в зоне развития сплошной многолетней мерзлоты. В теплый период года (июль – сентябрь) происходит оттаивание верхнего деятельного слоя грунта. Мощность деятельного слоя зависит от множества причин: рельефа, экспозиций склонов, состава грунтов, растительности, увлажнения и других факторов. Однако глубина протаивания составляет в среднем 0,3 – 0,4 м, не превышает 0,9 м даже в самые теплые периоды [1]. По данным современных наблюдений глубина оттаивания увеличилась и оставляет на севере о. Большевик в среднем 0,7 м, максимальная – 0,9 м.

Растительный покров Северной Земли беден. Здесь произрастают мхи, лишайники, цветковые растения (всего около 70 видов цветковых на о. Октябрьской Революции).

Древесные растения отсутствуют. Встречаются кустарнички, вегетативные органы которых целиком размещаются в слое почвы и мха, на поверхности последнего находятся лишь их листья. Над поверхностью почвы растительный покров поднимается лишь на 0,5 – 3(5) см. Даже цветоносные побеги как правило имеют высоту не более 10 см.

Характерной чертой растительного покрова о. Октябрьской Революции является обилие в его составе водорослей. Водоросли присутствуют повсеместно – в озерах, лужах, на поверхности почвы, на поверхности растительного покрова (мхов и лишайников), даже на поверхности снега.

Наиболее благоприятные условия для развития растительности создаются там, где условия увлажнения, в результате значительного запаса влаги в снеге и его медленном стаивании или при дополнительном потоке вод со стороны, исключает периоды иссушения почвы (границы полигонов с полигональными трещинами, нижние части склонов, широкие ложбины гидрографической сети) [17**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

1.4 Гидрологическая характеристика района исследований

Реки архипелага имеют вид горных потоков. Так как твердые осадки накапливаются в течение 9 – 10 месяцев, а их таяние и сброс талых вод в реки происходят только в течение короткого теплого периода года, водность рек очень неравномерна.

Продолжительный холодный сезон характеризуется полным прекращением стока рек из-за их полного промерзания до дна. Твердые осадки накапливаются в течение 9 – 10 месяцев, а их таяние и сброс талых вод в реки происходят только в течение короткого теплого периода года. В июне, когда температура воздуха переходит через 0°C, талая вода, скапливаясь в понижениях рельефа, пропитывает снежный покров. По мере насыщения снега талые воды стекают в занесенные снегом русла рек и текут поверх льда. В дальнейшем водные потоки, прорезая ледяные русла до коренного ложа, текут в снежно-ледяных берегах [7].

Из-за быстрого стока талых вод при медленном протаивании мерзлых грунтов, препятствующих фильтрации, и небольшом испарении возникает волна половодья. Уровень воды после половодья снижается [8]. Талые воды

вызывают постепенное таяние льда в руслах рек, вследствие чего ледоход отсутствует. Далее сток рек происходит одним продолжительным летним половодьем со многими спадами, связанными с повышением и понижением температуры воздуха и выпадающими на водосбор жидкими осадками [7].

Из-за выпадающих жидких атмосферных осадков в летнее время прослеживаются значительные дождевые паводки.

Состояние уровня режима рек летом отражается в проявлении различных русловых процессах – обнажения кос, обмелении перекатов и плесов, формирование осередков и т.д.

В августе, с понижением температуры воздуха, общий спад уровня воды становится устойчивым.

В формировании стока рек учувствуют три источника питания: сезонные накопления снега, ледники и жидкие осадки. Основной источник – сезонные осадки. Значительная их часть (до 30 – 40%) приходится на сушу, свободную от ледников [8]. Оценки вклада в общий сток за счет таяния мерзлых почвогрунтов не производилось.

По водному режиму островные реки можно подразделить на ледниковые и неледниковые.

Ледниковые реки характеризуются многоводностью в течении всего теплого периода. Для них характерно летнее половодье, на фоне которого происходят подъемы и спады, связанные с изменением интенсивности абляции.

Неледниковые реки многоводны в период половодья, после которого они мелеют, а некоторые из них и частично пересыхают.

К концу короткого арктического лета все реки, расположенные на архипелаге, значительно мелеют и промерзают до дна [19].

2 Определение гидрографических характеристик водотоков и их водосборов

2.1 Анализ научной и научно-технической информации Госфонда ФГБУ «ААНИИ» Росгидромета

Государственный фонд данных Росгидромета представляет собой систематизированную базу информации о состоянии природной среды и уровне ее загрязнения. Фонд формируется на постоянной основе и включает в себя:

- 1) Результаты наблюдений, полученные благодаря деятельности самого Росгидромета;
- 2) Результаты наблюдений, предоставленные другими участниками деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях.

Госфонд Росгидромета является важнейшим компонентом Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей среды и ее загрязнения (ЕГФД).

За ведение Госфонда в ААНИИ отвечает Отдел фонда данных и научно-технической информации. О состоянии окружающей среды полярных районов Земли накоплен большой объем информации:

- данные наблюдательной сети в Арктике и Антарктике,
- данные экспедиционных исследований,
- отчеты по результатам экспедиций и научно-исследовательских работ,
- режимно-справочные пособия и др. [16].

Для выполнения поставленных задач был проведен поиск, анализ и обработка гидрологической информации исторических материалов (статей, научно-технических информационных отчетов, экспедиционных данных), содержащихся в Отделе фонда данных и научно-технической информации по

Северной Земле. Были отобраны материалы экспедиции А-162, которая работала на о. Октябрьской Революции, в том числе по программе гляциогидрологических наблюдений в период полевых сезонов 1974 – 1975 гг., 1977 –1978 гг. и 1981 г. на базе гляциологического стационара АНИИ «Купол Вавилова».

Гидрологические наблюдения экспедиции проводились на 8 реках, по которым имеется гидрологическая информация. Найденная гидрологическая информация обобщена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Гидрологическая информация по рекам

Река	Год						
	1974	1975	1976	1977	1978	1979-1980	1981-1982
Озерная	уровни воды, расходы воды, t° воды, промеры, ср. уклон, питание	уровни воды	–	–	–	–	–
Бедная	уровни воды, расходы воды, t° воды, промеры, ср. уклон, питание	уровни воды	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы 2.1

Река	Год						
	1974	1975	1976	1977	1978	1979-1980	1981-1982
Кружилиха	промеры	—	—	—	—	—	—
Стройная	промеры	—	—	—	—	—	—
Гремящая	—	—	—	уровни воды, расходы воды, t° воды, промеры, питание, морфометр. хар-ки	—	—	—
Подъемная	—	—	—	уровни воды, расходы воды, t° воды, промеры, питание, морфометр. хар-ки	—	—	—
"Встречная"	—	—	—	расходы воды, питание, морфометр. хар-ки	—	—	—
Южная	—	—	—	—	—	—	ежедневные расходы воды, гидрограф

Следует отметить, что, исходя из обработки исторических данных, степень изученности водных объектов острова Октябрьской Революции невелика и характеризуется недостатком данных систематических, регулярных гидрометеорологических наблюдений. Гидрологические наблюдения организовывались для изучения, в первую очередь, стока с ледников в рамках гляциологических задач.

В 2013 году на о. Большевик ФГБУ «ААНИИ» была открыта специальная гидрометеорологическая обсерватория (ГМО СП) Мыс Баранова (рисунок 2.1), в состав наблюдений которой вошли регулярные воднобалансовые наблюдения на водных объектах суши по сокращенной программе воднобалансовой станции Росгидромета. Наблюдения направлены на изучение всех элементов водного баланса водосборов и их отдельных частей, а также наиболее важных природных факторов, обуславливающих формирование составляющих водного баланса. Гидрологические наблюдения организованы на 8 водотоках, постоянно ведутся на 4. На водосборах рек весной проводится снегосъемка, ведутся наблюдения за таянием снега, за оттаиванием мерзлоты. Метеорологической и актинометрической информацией исследования обеспечиваются круглогодичной работой ГМО, которая входит в состав Государственной наблюдательной сети и ВМО.



Рисунок 2.1 – ГМО СП «Мыс Баранова»

2.2 Определение гидрографических характеристик водотоков и их водосборов на о. Октябрьской Революции и о. Большевик

Гидрологические исследования и расчеты производятся с учетом основных гидрографических характеристик водных объектов и их водосборов.

Гидрографические характеристики определяются как совокупность морфометрических и морфологических характеристик водных объектов и их водосборов, дающих достаточно полное представление о характере, форме, размерах, протяженности водных объектов и некоторых физико-географических особенностях их водосборов.

Морфометрические характеристики представляют собой количественные показатели водных объектов и водосборов, а морфологические – качественно-количественные показатели строения поверхности водосборов [20].

Процесс определения гидрографических характеристик водных объектов и их водосборов по топографическим картам предусматривает широкое использование методов картографии, например, традиционные методы измерений по бумажным картам или с использованием ГИС-программ.

Преимущество ГИС-программ перед работой с бумажными картами:

- возможность создавать множество различных карт на основе одних и тех же данных;
- карты могут быть изменены после их создания;
- можно хранить множество сведений о каждом местоположении, в отличие от бумажной карты, возможности которой ограничены;
- возможность посмотреть на карту в разных масштабах.

Ещё одним важным преимуществом является точность расчета гидрографических характеристик. Погрешность расчета сводится к минимуму, в отличие от использования традиционных методов расчета по бумажной карте, у которых точность снижается за счет ошибки приборов и ошибки расчетчика.

Для расчета гидрографических характеристик водотоков о. Октябрьской Революции и о. Большевик была использована отечественная ГИС-программа

«Панорама» (номер лицензии 100197), оснащенная комплексом гидрологических задач и встроенной системой выполнения расчетов с использованием цифровых топографических карт и рекомендованная к использованию Государственным гидрологическим институтом Росгидромета (Р 52.08.874-2018). ППК «Роскадастр» по запросу ФГБУ «ААНИИ» предоставила на территорию острова Октябрьской Революции и острова Большевик цифровые топографические карты масштаба 1:100000, гриф секретности: для служебного пользования.

Расчет гидрографических характеристик водотоков о. Октябрьской Революции и о. Большевик выполнены в программе ГИС «Панорама» в соответствии с нормативными документами для повышения требований к составу и точности определения основных гидрографических характеристик водоема и его водосбора по картографическим материалам: Р 52.08.874-2018, СТО ГГИ 52.08.40-2017 и СТО ГГИ 52.08.48-2020 [3,4]. При определении характеристик руководствовались требованиями, приведенными в таблицах 2.2 – 2.6.

Таблица 2.2 – Масштабы карт, используемые для определения площадей водосборов, длин рек и уклонов

Характер местности	Площадь водосбора, км ²			
	до 10	св. 10 до 50 включ.	св. 50 до 200 включ.	св. 200
Равнинные, пустынные и заболоченные слабо расчлененные районы	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000
Горные и холмистые сильно расчлененные районы	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:100 000

Таблица 2.3 – Масштабы карт, используемые для определения гидрографических характеристик водоемов

Водоемы	Примерная площадь изображения водоема на карте		Масштабы карт
	бумажной, см ²	цифровой, км ²	
Крупнейшие и большие	св. 1 000	св. 1 000	1:500 000
			1:100 000
Средние	св. 500 до 1 000 включ.	св. 500 до 1 000 включ.	1:100 000
		св. 125 до 250 включ.	1:50 000
Малые	св. 100 до 500 включ.	св. 25 до 125 включ.	1:50 000
		св. 6 до 31 включ.	1:25 000
Самые малые	от 10 до 100 включ.	св. 1 до 6 включ.	1:25 000
		от 0 до 1 включ.	1:10 000

Таблица 2.4 – Правила округления значений площади водоема и его водосбора

Площадь водоема, водосбора, км ²	Степень округления значений, км ²
до 10 включ.	0,01
св. 10 до 100 включ.	0,05
св. 100 до 1 000 включ.	1
св. 1 000 до 5 000 включ.	5
св. 5 000 до 10 000 включ.	10
св. 10 000	50

Таблица 2.5 – Округление значений средней глубины водоема

Средняя глубина водоема, м	Степень округления значений, не более, м
не более 1,0 включ.	0,01
свыше 1 до 10 влюч.	0,10
свыше 10 до 100 включ.	0,50
свыше 100	1,00

Таблица 2.6 – Правила округления значений уклонов

Уклон, ‰	Степень округления значений, ‰
менее 10	0,5
от 10 до 50 включ.	1
свыше 50 до 100 включ.	2
свыше 100 до 200 включ.	5
свыше 200	10

Для расчета гидрографических характеристик были построены водосборы водотоков. На о. Октябрьской Революции водосборы построены для рек: Кружилиха, Стройная, Бедная, Озерная, Ушаково, Гремящая, Подъемная. На о. Большевик для рек: Мушкетова, Правая Мушкетова, Останцовая, Амба, ручей между Останцовой и Новой, Новая, Черная, Базовая.

Благодаря комплексу гидрологических задач и встроенной системой выполнения расчетов были получены основные гидрографические характеристики.

Результаты расчета гидрографических характеристик представлены в таблицах 2.7 – 2.8.

Таблица 2.7 – Гидрографические характеристики водотоков и их водосборов о. Октябрьской Революции

Река	Длина, км	Ср. уклон реки	Пло- щадь водо- сбора, км ²	Длина водо- сбора, км	Ср. ши- рина водо- сбора, км	Ср. уклон водо- сбора, ‰	Ср. вы- сота водо- сбора	Оледи- нение водо- сбора, км ²	Пло- щадь снеж- ников, км ²	Оледи- нение водо- сбора, %	Густота русло- вой сети водо- сбора, км/км ²
Кружи- лиха	32,1	3,39	200	76,1	2,63	0,76	135	0		0	0,77
Строй- ная	19,1	5,55	412	88,3	4,67	1,90	388	269		65,4	0,48
Бедная	22,4	2,01	97,7	55,6	1,76	1,08	145	0		0	0,99
Озерная	57,8	1,73	1142	196	5,83	1,88	252	410		35,9	0,83
Ушаково	62,7	2,55	1107	218	5,07	2,43	218	315		28,5	0,79
Гремя- щая	14,4	14,6	103	55,3	1,86	2,77	184	20	3,23	21,9	1,05
Подъем- ная	30,7	7,66	391	97,1	4,02	3,00	327	205		52,5	0,62

Таблица 2.8 – Гидрографические характеристики водотоков и их водосборов о. Большевик

Река	Длина, км	Ср. уклон реки	Пло- щадь водо- сбора, км ²	Длина водо- сбора, км	Ср. ши- рина водо- сбора, км	Ср. уклон водо- сбора, ‰	Ср. вы- сота водо- сбора	Оледи- нение водо- сбора, км ²	Пло- щадь снеж- ников, км ²	Оледи- нение водо- сбора, %	Густота русло- вой сети водо- сбора, км/км ²
Мушке- това	13,4	18,6	52,9	37,5	1,41	3,66	180	9,399		17,8	0,68
Правая Мушке- това	9,53	25,1	14,5	24,1	0,60	3,25	123		0,81	5,61	0,66
Остан- цовая	13,1	15,8	59,4	48,1	1,23	5,81	275	28,062	6,49	58,2	0,42
Амба	14,1	18,0	41,9	44,5	0,94	3,16	166		4,97	11,8	0,85

Продолжение таблицы 2.8

Река	Длина, км	Ср. уклон реки	Пло- щадь водо- сбора, км ²	Длина водо- сбора, км	Ср. ши- рина водо- сбора, км	Ср. уклон водо- сбора, ‰	Ср. вы- сота водо- сбора	Оледи- нение водо- сбора, км ²	Пло- щадь снеж- ников, км ²	Оледи- нение водо- сбора, %	Густота русло- вой сети водо- сбора, км/км ²
Ручей м/д Остан- цовой и Новой	4,51	26,8	11,0	17,6	0,63	8,13	201	2,434	1,07	31,8	0,44
Новая	11,0	12,4	56,1	42,1	1,33	8,98	228	10,17	5,14	27,3	0,61
Черная	5,84	7,87	42,5	43,6	0,98	2,77	68		0,85	1,99	0,67
Базовая	16,2	5,87	146	67,4	2,17	8,62	234	16,246	15,0	21,4	0,64

2.3 Подбор рек-аналогов по гидрографическим характеристикам на о. Октябрьской Революции и о. Большевик

В нормативной документации Росгидромета отражены методы статистики, которые используются в гидрологической практике. Используя реки-аналоги с периодом наблюдений 30 лет и более, можно получить расчетным путем гидрологические характеристики и их параметры при отсутствии данных наблюдений. Таких рядов для региона островной Арктики не существует. Однако используя метеорологическую информацию ряд наблюдений продолжительностью не менее шести лет уже можно привести к многолетнему периоду [7].

Река-аналог и расчетная река должны иметь сходные гидрографические характеристики.

Основными рассматриваемыми гидрографическими характеристиками стали:

- Площади водосборов;
- Длины водотоков;
- Уклоны водосборов.

Сравнительные матрицы гидрографических характеристик водотоков о. Октябрьской Революции и о. Большевик представлены в таблицах 2.9 – 2.11.

Проанализировав сравнительные матрицы, реками-аналогами были выбраны: р. Гремящая (о. Октябрьской Революции) и р. Мушкетова (о. Большевик). На рисунках 2.2 и 2.3 представлены водосборы выбранных рек. На рисунке 2.4 на карте архипелага показано их местоположение.

Таблица 2.9 – Сравнительная матрица по площади водосборов водотоков

$F_{вдс}/F_{вдс}$	Кружи- лиха	Строй- ная	Бед- ная	Озер- ная	Уша- ково	Гремя- щая	Подъем- ная
Мушкетова	3,78	7,79	1,85	21,6	20,9	1,95	7,40
Правая Мушкетова	13,8	28,4	6,74	78,7	76,3	7,09	27,0
Останцовая	3,37	6,93	1,64	19,2	18,6	1,73	6,58
Амба	4,77	9,83	2,33	27,2	26,4	2,45	9,33
Ручей м/д Останцо- вой и Но- вой	18,2	37,4	8,88	104	101	9,35	35,5
Новая	3,56	7,34	1,74	20,3	19,7	1,83	6,97
Черная	4,70	9,69	2,30	26,9	26,0	2,42	9,20
Базовая	1,37	2,81	1,50	7,80	7,57	1,42	2,67

Таблица 2.10 – Сравнительная матрица по длине водотоков

L/L	Кружи- лиха	Строй- ная	Бедная	Озер- ная	Уша- ково	Гремя- щая	Подъем- ная
Мушкетова	2,39	1,42	1,67	4,30	4,66	1,07	2,28
Правая Мушкетова	3,37	2,00	2,35	6,06	6,57	1,51	3,22
Останцовая	2,46	1,46	1,72	4,42	4,80	1,10	2,35
Амба	2,28	1,35	1,59	4,10	4,44	1,02	2,17
Ручей м/д Останцовой и Новой	7,12	4,23	4,97	12,8	13,9	3,19	6,80
Новая	2,92	1,74	2,04	5,25	5,69	1,31	2,79
Черная	5,50	3,27	3,84	9,89	10,7	2,46	5,25
Базовая	1,98	1,18	1,38	3,57	3,87	1,13	1,89

Таблица 2.11 – Сравнительная матрица по уклону водосборов водотоков

$i_{вдс}/i_{вдс}$	Мушкетова	Правая Мушкетова	Останцовая	Амба	Ручей м/д Останцовой и Новой	Новая	Черная	Базовая
Кружилиха	4,79	4,25	7,61	4,13	10,6	11,8	3,62	11,3
Стройная	1,92	1,71	3,05	1,66	4,27	4,72	1,45	4,53
Бедная	3,39	3,01	5,39	2,92	7,53	8,32	2,57	7,99
Озерная	1,95	1,73	3,09	1,68	4,32	4,77	1,47	4,58
Ушаково	1,51	1,34	2,39	1,30	3,34	3,69	1,14	3,55
Гремящая	1,32	1,17	2,10	1,14	2,93	3,24	1,00	3,11
Подъемная	1,22	1,08	1,94	1,05	2,71	3,00	1,08	2,88

Таблица 2.12 – Гидрографические характеристики рассматриваемых рек

Гидрографическая характеристика	р. Гремящая (о. Октябрьской Революции)	р. Мушкетова (о. Большевик)
Площадь водосбора F, км ²	90,6	52,9
Длина водотока L, км	14,4	13,4
Средний уклон водосбора i, ‰	2,77	3,66
Средняя высота водосбора H, м	184	180
Оледенение водосбора, км ²	19,8	9,40
Оледенение водосбора, %	21,9	17,8
Густота русловой сети водосбора, км/км ²	1,05	0,68

Река Гремящая является наиболее крупным правым притоком реки Подъемной [24**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Гидрометрический створ расположен в 350 м от места впадения. От истока, находящегося у ледника Дежнева, до гидрометрического створа р. Гремящая течет бурным потоком шириной до 30 м, образуя ряд порогов и перекаатов. Гидрометрический створ был выбран на небольшом участке (длиной около 30 м) сравнительно более спокойного течения и относительно ровным руслом.

При впадении в р. Подъемную она несколько расширяется (до 50 – 60 м), разбиваясь на рукава и только в период половодья течет единым потоком.

Общая длина реки 14,4 км, ширина на участке гидроствора изменяется в зависимости от водности от 3 – 5 м до 30 м. Общая площадь водосбора составляет 90,6 км². В этот бассейн включена водосборная площадь ледника Дежнева равная 19,8 км² и снежники – перелетки площадью 3,23 км² [17**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

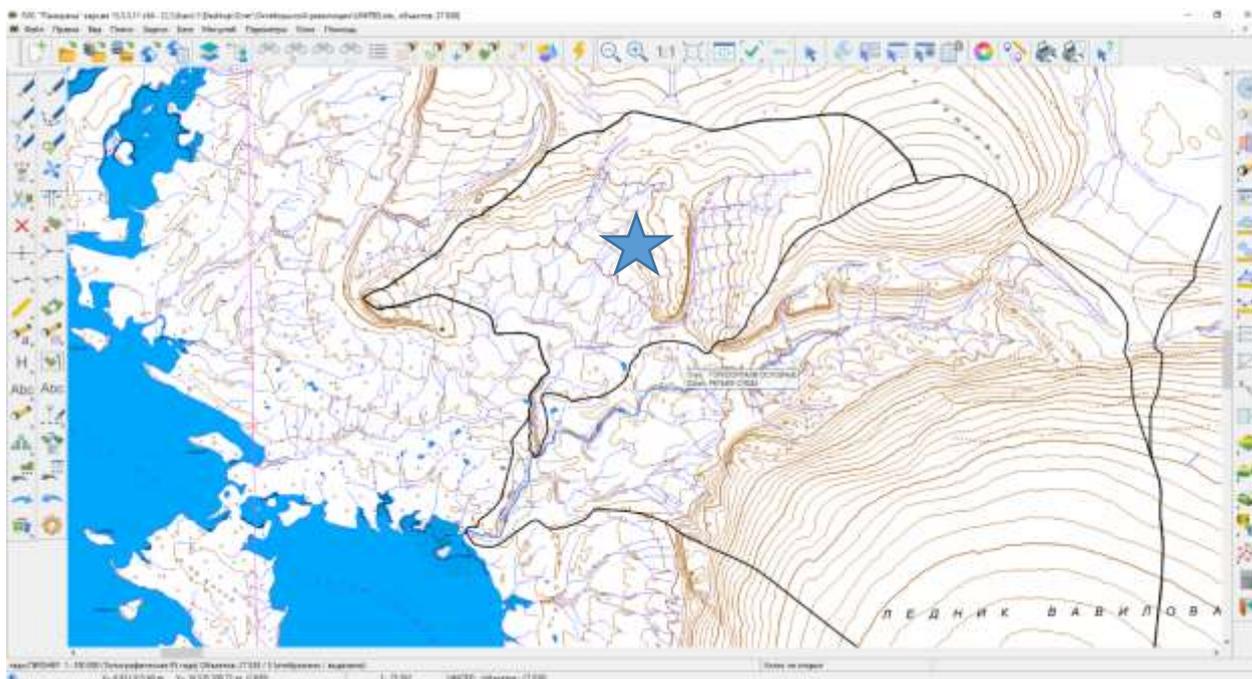


Рисунок 2.2 – Водосбор р. Гремящей

Река Мушкетова берет начало на северной экспозиции склона ледника Мушкетова из малого ледника горного типа, имеющего название в каталоге

ледников [9] №108. Река образует общий устьевой участок с р. Амба и втекает в бухту Амба пролива Шокальского [24].

Гидрометрический створ расположен в 1,7 км от устья. Общая длина реки 13,4 км. Общая площадь водосбора составляет 52,9 км². Летний сток также обеспечивают крупные многолетние снежники, находящиеся в верховьях реки. Оледенение водосбора составляет 9,40 км².



Рисунок 2.3 – Водосбор р. Мушкетова

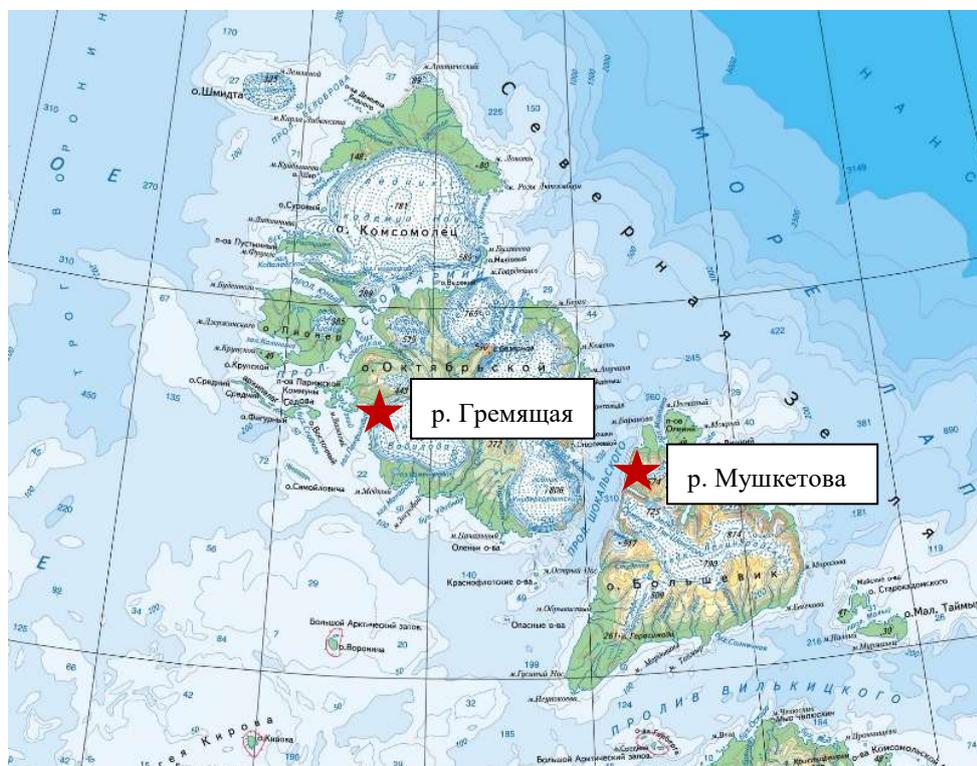


Рисунок 2.4 – Расположение рассматриваемых рек на карте архипелага Северная Земля

3 Расчет элементов водного баланса

Главнейшей характеристикой гидрометеорологического режима является водный баланс, являющийся результатом распределения накопленной влаги на сток и испарение. Закономерности данного распределения устанавливаются на основе структуры бассейна, его величины и использования тепловой энергии на реализацию фазовых превращений воды [13].

В воднобалансовый метод входит учет всех приходных, расходных и аккумуляционных составляющих. В данной работе, исходя из имеющихся данных и поставленных задач, рассматривается частный (приближенный) водный баланс. Баланс считается частным (приближенным), если в его расчетах не могут быть измерены один или несколько элементов и определяются как остаточный член уравнения водного баланса.

Метод водного баланса имеет важное научное и практическое значение, заключающееся в его использовании для оценки количественных изменений отдельных его составляющих – стока.

Исходя из расчетного интервала времени и изучаемого объекта уравнение водного баланса может содержать различные элементы [15].

В настоящее время получены режимные данные для района исследований, такие как максимальные снегозапасы в весенний период и сток рек, являющиеся наряду с испарением, рассчитываемым на основе данных стандартных метеорологических наблюдений, основными составляющими уравнения водного баланса:

$$X = R + E \pm \Delta R, \quad (3.1)$$

где: X – атмосферные осадки на водосборе;

R – суммарный сток с водосбора за период открытого русла;

E – суммарное испарение с поверхности водосбора, полученное расчетным путем;

ΔR – невязка баланса.

Параметр X определяется как сумма X_c и X_o , где X_c – запас воды в снежном покрове на водосборном бассейне на момент проведения снегосъемки, а X_o – интегральная сумма жидких (твердых, смешанных) осадков, выпавших на водосборе за период с даты проведения снегосъемки до окончания гидрологического года. Параметр R рассчитывается как интегральная сумма ежедневных расходов воды за период от начала стока до промерзания русла на замыкающем створе. Параметр E определяется как сумма E_c и E_o , где E_c – испарение с поверхности снега с площади водосборного бассейна реки в расчетный период, E_o – испарение с поверхности суши остальной площади водосборного бассейна за тот же период. Невязка баланса ΔR как остаточный член уравнения, включающий в себя изменения запасов влаги в неучтенных элементах водного баланса, а также суммарную погрешность определения параметров [7].

3.1 Расчет стока по выбранным водотокам

Суммарный сток с водосбора за период открытого русла был рассчитан в программе «Реки-Режим» по полученным (р. Мушкетова) и собранным (р. Гремящая) материалами, такие как: измеренные уровни и расходы воды, ежечасные данные записей уровня воды автоматических гидрологических комплексов (АГК).

Для производства регулярных наблюдений на реках о. Большевик оборудованы гидрологические пункты наблюдений (ГПН). Уровнемерные устройства, в том числе для АГК, представляют собой размеченную сантиметровыми делениями металлическую трубу с отверстиями, в которую помещается датчик АГК, которая закреплена на анкерные болты в местах выходов коренных пород в русло рек, как показано на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Уровнемерное устройство на ГПН реки Новая

Измерение расходов воды производится с точностью измеряемого параметра в диапазоне 0.2 – 0.5 %. Для выполнения работ по измерению расхода воды на гидрометрических створах одна из контрольных свай принимается за постоянное начало линии гидроствора. Все измерения производятся вброд. Промеры на гидростворах осуществляются с помощью штанги гидрометрической ГР-56 М на выбранных, в зависимости от ширины водотоков, вертикалях (преимущественно через 0.5 м). Положение промерных вертикалей фиксируется разметочным тросом или 4-х метровой нивелирной рейкой. Измерения скоростей течения производятся вертушкой основным способом (в 2015 году детальным для выбора корректного способа измерения) с применением измерителя скорости потока ГР-21М. На рисунке 3.2 показано измерение расхода воды на ГПН р. Базовая.



Рисунок 3.2 – Измерение расхода воды на ГПН р. Базовая

Программный комплекс «Реки-Режим» предназначен для ввода, обработки, накопления, обобщения и подготовки к распространению результатов наблюдений на сети гидрологических станций и постов Росгидромета, расположенных на реках и каналах [10].

Программный комплекс «Реки-Режим» дает обработать ежемесячные книжки и таблиц наблюдений (КГ-1М, КГ-3М, КГ-6М, ТГ-10М) и годовые таблицы наблюдений (ТГ-3М, ТГ-4М, ТГ-11М, ТГ-14М, ТГ-15М, ТГ-55М).

Программный комплекс обеспечивает выполнение следующих этапов обработки гидрологической информации:

- 1) ввод паспортных данных гидрологических постов в экранные формы, контроль;
- 2) ввод информации в экранные формы книжек и таблиц наблюдений, синтаксический и смысловой контроль;
- 3) формирование оперативных телеграмм в коде КН – 15;
- 4) месячную обработку информации;

- 5) создание архивных файлов;
- 6) получение месячных таблиц и таблиц измеренных расходов;
- 7) годовую обработку информации;
- 8) построение графиков;
- 9) Получение таблиц справочника ГVK «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши»
- 10) Получение таблиц справочника ГVK «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши»
- 11) Сервисные средства

Для гидрологических постов рек Гремящей и Мушкетова были созданы паспорта водных объектов с занесением справочных сведений (основные гидрологические и гидрографические характеристики) (рисунок 3.3, рисунок 3.4).

Код поста:
09591

Название водного объекта и пункта наблюдений:
р.Гремящая - 0.35 км от устья

Примечание: Во втором столбце каждой записи указано количество символов, отводимое для каждого из параметров в следующем формате [общее число, из них-после точки]

Запись №1

Код гидрологии (41 - для рек, 43 - для устьевых областей)	(2.0)	41
Номер записи (01)	(2.0)	01
Количество записей по посту	(2.0)	03
Код УГМС	(2.0)	21
Код ГМЦ (ГМО, ЦГМС)	(2.0)	01
Код станции (ГМБ, ЦГМС)	(2.0)	01

Запись №2

Код гидрологии	(2.0)	41
Номер записи (02)	(2.0)	02
Код водного объекта	(9.0)	116115961
Признак ведомственной принадлежности	(1.0)	
Широта поста [градусы, минуты]	(4.2)	
Долгота поста [градусы, минуты]	(5.2)	
Площадь водосбора, кв.км	(9.2)	90.6
Характеристика площади водосбора K1	(1.0)	
Расстояние от истока, км	(5.1)	14.0
Расстояние от устья, км	(5.1)	0.4
Отметка нуля поста, м	(6.2)	
Система высот	(1.0)	

Запись №3

сохранить

Рисунок 3.3 – Паспорт водного объекта для р. Гремящей

Также в паспорт заполняются сведения о высшем и низшем уровне воды за год. Для р. Гремящей эти значения соответственно равны 11 и 1, а для р. Мушкетова – 17 и 7.

Корректировка паспорта

Код поста:
03590

Название водного объекта и пункта наблюдений:
р.Мушкетова - 1.7 км от устья

Примечание: Во втором столбце каждой записи указано количество символов, отводимое для каждого из параметров в следующем формате (общее число, из них-после точки)

Запись №1

Код гидрологии (41 - для рек, 43 - для устьевых областей)	(2.0)	41
Номер записи (01)	(2.0)	01
Количество записей по посту	(2.0)	03
Код УГМС	(2.0)	21
Код ГМЦ (ГМО, ЦГМС)	(2.0)	01
Код станции (ГМБ, ЦГМС)	(2.0)	01

Запись №2

Код гидрологии	(2.0)	41
Номер записи (02)	(2.0)	02
Код водного объекта	(9.0)	116116048
Признак ведомственной принадлежности	(1.0)	
Широта поста (градусы, минуты)	(4.2)	
Долгота поста (градусы, минуты)	(5.2)	
Площадь водосбора, кв.км	(9.2)	52.9
Характеристика площади водосбора К1	(1.0)	
Расстояние от истока, км	(5.1)	11.7
Расстояние от устья, км	(5.1)	1.7
Отметка нуля поста, м	(6.2)	
Система высот	(1.0)	

Запись №3

сохранить

Рисунок 3.4 – Паспорт водного объекта для р. Мушкетова

Материалы современных исследований предоставлены в отделе гидрологии устьев рек и водных ресурсов ФГБУ «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт» Росгидромета.

Для р. Гремящей за 1977 г. были внесены данные о состоянии водного объекта, среднесуточных метеорологических элементах (температура воздуха, количество осадков в мм и их вид), измеренных расходах воды, среднесуточных уровнях воды за период открытого стока, полученные из научно-техниче-

ского информационного отчета Высокоширотной Североземельской гляциологической экспедиции (эксп. А-162) за 1977 – 1978 гг., предоставлены в фондах ААНИИ [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Недостающие метеорологические данные (за холодный период, когда отсутствовал сток и наблюдения не велись) были получены из Метеорологических ежемесячников часть 2 выпуск 36 (Диксонского УГМС) по данным морской гидрометеорологической станции МГ-2 Голомянный (с 2015 года МГ-2 им.Г.А.Ушакова), входящая в состав Государственной наблюдательной сети Росгидромета. Станция расположена на северо-западной окраине острова Голомянный и действует с 1954 года по сегодняшнее время. Расстояние от станции до водосбора р. Гремящая составляет 77 км.

The screenshot displays a software application window titled "Заполнение гидрологических данных в печатном формате". It features several panels for data entry and a large table of results. The table columns include: "Дата", "Время", "Высота воды", "Температура воды", "Скорость течения", "Сила течения", "Сила ветра", "Скорость ветра", "Сила тумана", "Сила облачности", "Сила осадков", "Сила тумана", "Сила облачности", "Сила осадков". The data rows correspond to the dates from 01.06 to 30.06 1977.

Рисунок 3.5 – Заполненная книга КГ-1М для р. Гремящей за июнь 1977 года

Код состояния водного объекта 575 означает, что река промерзла, 600 – отсутствие явлений, оказывающих влияние на условия протекания потока.

Код осадков 1 означает о наличии твердых осадков, 2 – жидких, 3 – смешанных.

Занесение гидрологических данных в экранные формы

Файл Печать Сервис Справка

КГ-1М КГ-3М КГ-7М КГ-6М ТГ-10М

23.06 №1

Код информации	Число расходов воды	Номер прогона	Номер строки	Кол-во обковок			Время измерения, ч, мин		Гидроствор		Питание водосбора	Единица измерения расхода воды	Расчетный уровень над "П" постом, см		Расход воды, м ³ /с	Относ. погреш. замера расхода		Выявление Ур по формуле с цельюм коэф-циентами
				1	2	3	начало	конец	номер	расст. от поста, м			1	2		1	2	
012013	1	1	1	1	2	3	1230	1330	1	-200	1	1	1	2	1.54	1	2	

Номер строки	Изменение уровня за время измерения скорости, см				Номер строки	Сильный ветер (код 3)	Питание водосбора при построении	На скорости вертикали на границе русла и поймы	Номер вершины									
	1	2	3	4					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Номер строки	Состояние реки		Расчетный уровень над "П" постом		Расход воды м ³ /с (плс)	Площадь, м ²								Скорость, м/с	Ширина, м	Глубина, м	Уклон, ‰	Способ измерения расхода воды	Метод вычисления паросодержания	Особенности измерения расхода воды								
	на основном посту	на ледостворе	на основном посту	на ледостворе		водного сечения	макростоя	льда	луны	настоев	обла	средней	наибольшей															
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
10			500	51	1.54										11													
12															13													
14															15													
16															17													
18															19													
20															21													
22															23													
24															25													
26															27													

Номер строки	Коды уреза, границ и скорости вертикали		Расстояние от поста, м
	1	2	
30			2
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			

Рисунок 3.6 – Заполненные книги КГ-3М и КГ-7М для р. Гремящей за июнь 1977 года

Для р. Мушкетова внесены аналогичные данные, но расходы воды уже были рассчитаны программой «Реки-Режим» автоматически по результатам промерных работ и измерений на скоростных вертикалях. Период времени рассматривался более продолжительный, благодаря наличию исходных материалов за 2014 – 2020 год.

В расчетах используются среднесуточные значения метеорологических параметров, полученные по данным восьмисрочных стандартных метеорологических наблюдений, проводимых круглогодично на ГМО СП «Мыс Баранова».

ГМО СП «Мыс Баранова» находится в северной части о. Большевик, на берегу пролива Шокальского, разделяющего острова Большевик и Октябрьской Революции. Расстояние от метеорологической площадки до середины водосбора р. Мушкетова составляет около 10 км по прямой на юго-восток, до закрытой полярной станции Песчаная, которая работала с 1961 – 1994 гг., 20 км (рисунок 3.7).

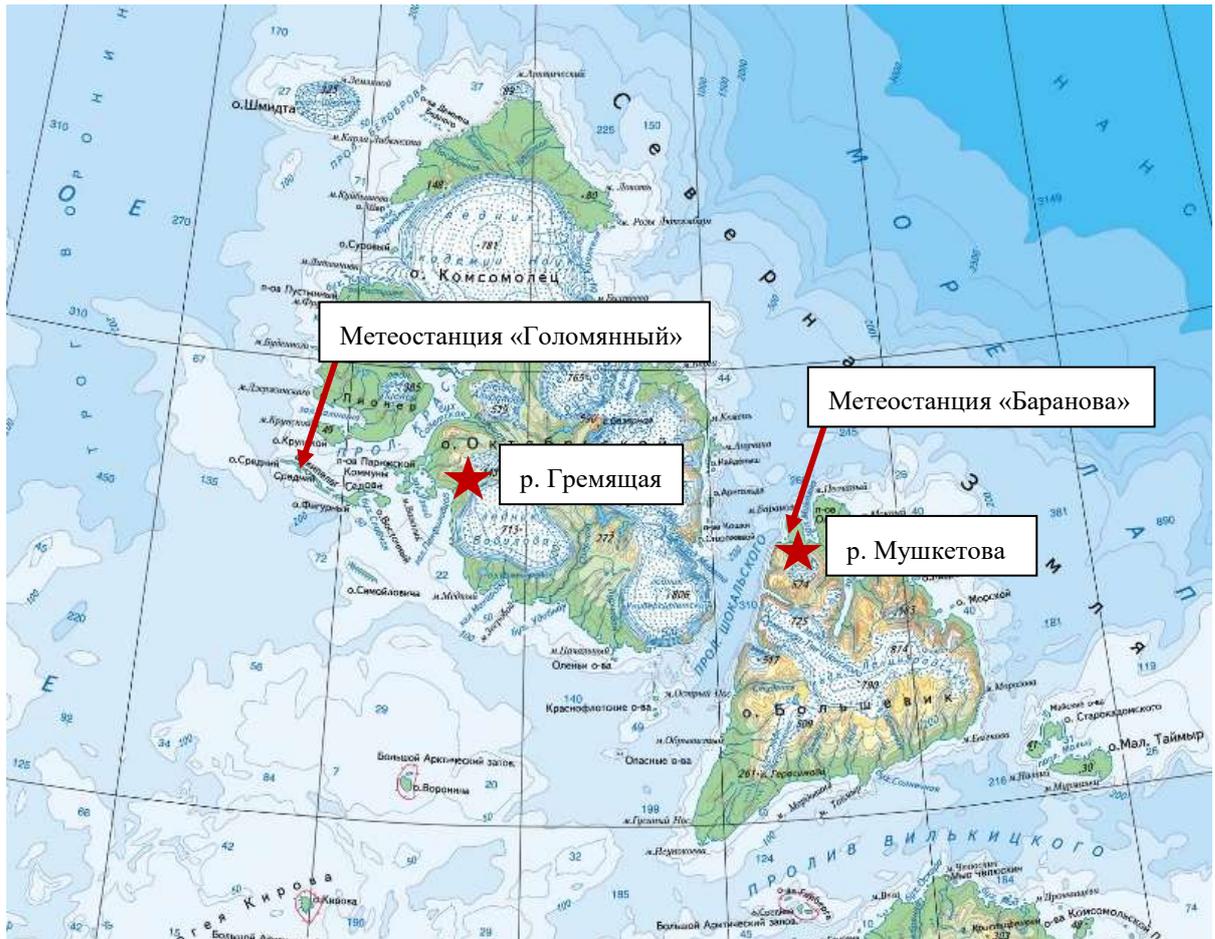


Рисунок 3.7 – Расположение рассматриваемых рек и метеорологических станций на карте архипелага Северная Земля

Время	Температура воздуха	Скорость ветра	Направление ветра	Давление	Влажность	Облачность	Скорость течения	Направление течения
01	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
02	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
03	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
04	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
05	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
06	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
07	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
08	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
09	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
10	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
11	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
12	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
13	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
14	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
15	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
16	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
17	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
18	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
19	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
20	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
21	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
22	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
23	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
24	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
25	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
26	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
27	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
28	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
29	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		
30	10.0	1.0	С	1010.0	75	1		

Рисунок 3.8 – Заполненная книга КГ-1М для р. Мушкетова за июнь 2015 года

Рисунок 3.9 – Заполненные и рассчитанные книги КГ-3М и КГ-7М для р. Мушкетова за июнь 2015 года

Основной задачей рассмотрения водомерных наблюдений на реках являлось изучение колебаний уровней воды для подсчета стока. Установленная на основе одновременных расходов Q и уровней H зависимость $Q = f(H)$ позволяет определить по наблюдаемым уровням ежедневные расходы воды и подсчитать сток за рассматриваемый период времени.

В программе «Реки-Режим» также была построена кривая $Q = f(H)$ для р. Мушкетова за период с 2014 по 2020 год. По данной зависимости хорошо прослеживается, что измеренные расходы за 2017 год совершенно не ложатся на кривую. Значения уровней и расходов воды значительно занижены по сравнению с другими рассматриваемыми годами. Проверив метеорологическую информацию, сделан вывод о том, что 2017 год являлся аномально холодным, как следствие, получились освоенные расходами минимальные уровни воды. Что, предположительно, соответствует другой кривой зависимости $Q = f(H)$, для построения которой недостаточно данных.

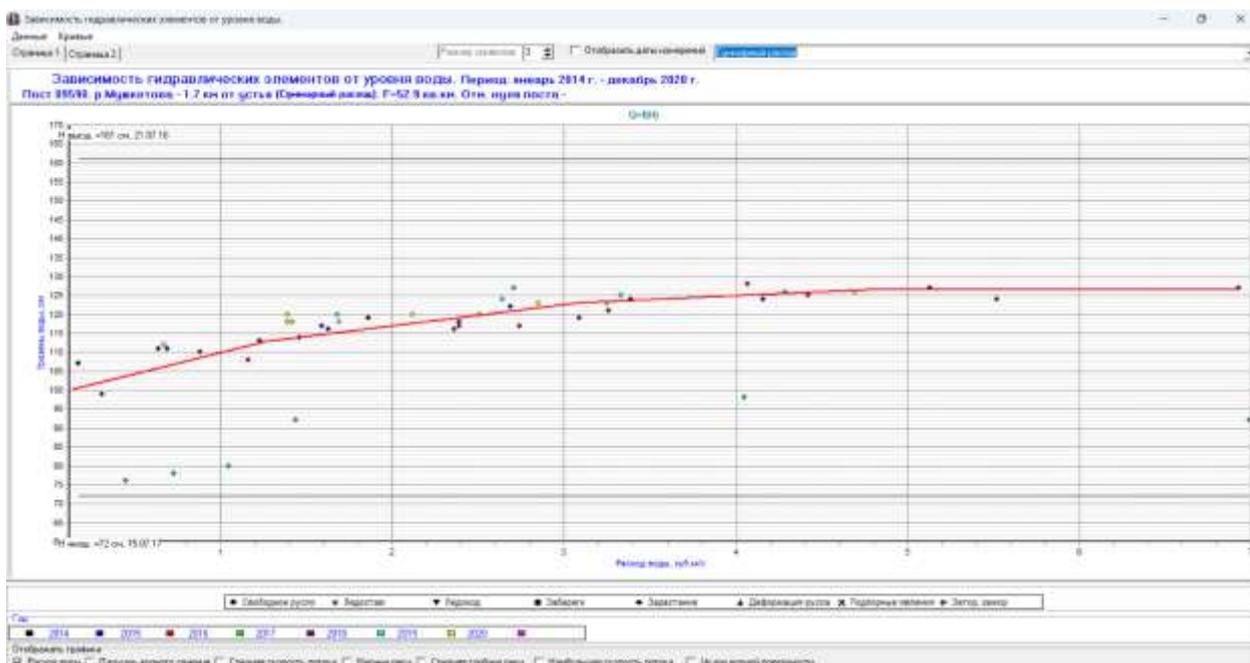


Рисунок 3.10 – Зависимость расхода воды от уровня воды р. Мушкетова за период с 2014 по 2020 год

Для расчета ежедневных расходов воды были построены кривые $Q = f(H)$ отдельно за каждый год и произведена интерполяция 3 способами: кривой Глушкова, линейной интерполяцией между измеренными расходами воды во времени с учетом хода уровня и методом Стаута.

Способ с использованием кривой Глушкова

Для построения кривой $Q=f(H)$ используются значения уровней и расходов воды, измеренных при коде состояния водного объекта “чисто”. Остальные измеренные расходы воды в построении кривой не участвуют [22].

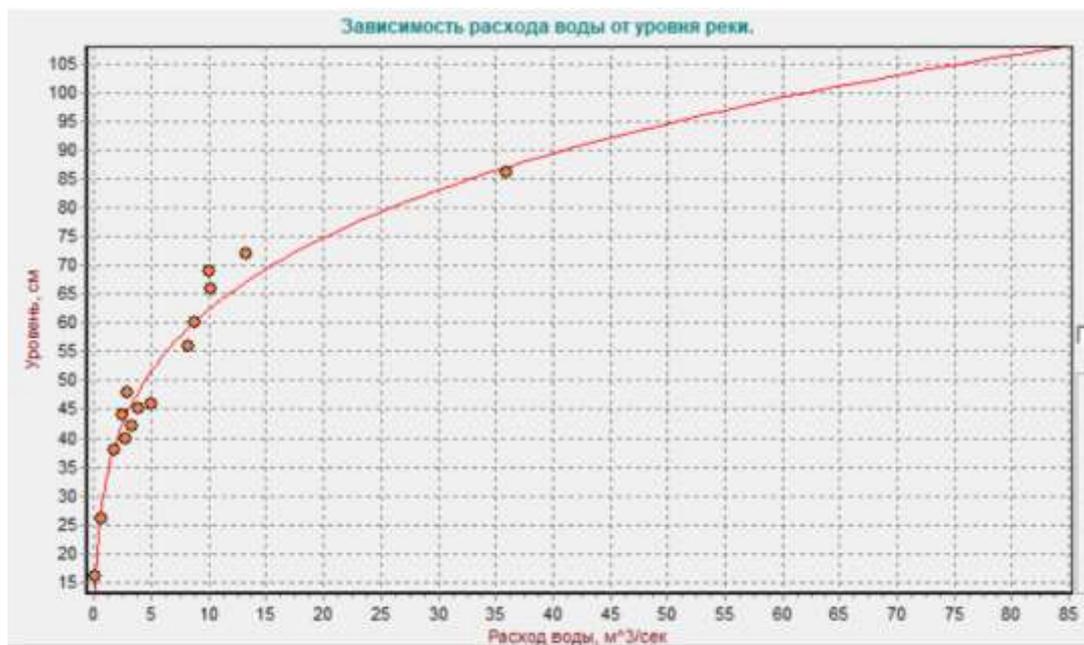


Рисунок 3.11 – Зависимость расхода воды от уровня реки Гремящей за 1977 г. по кривой Глушкова

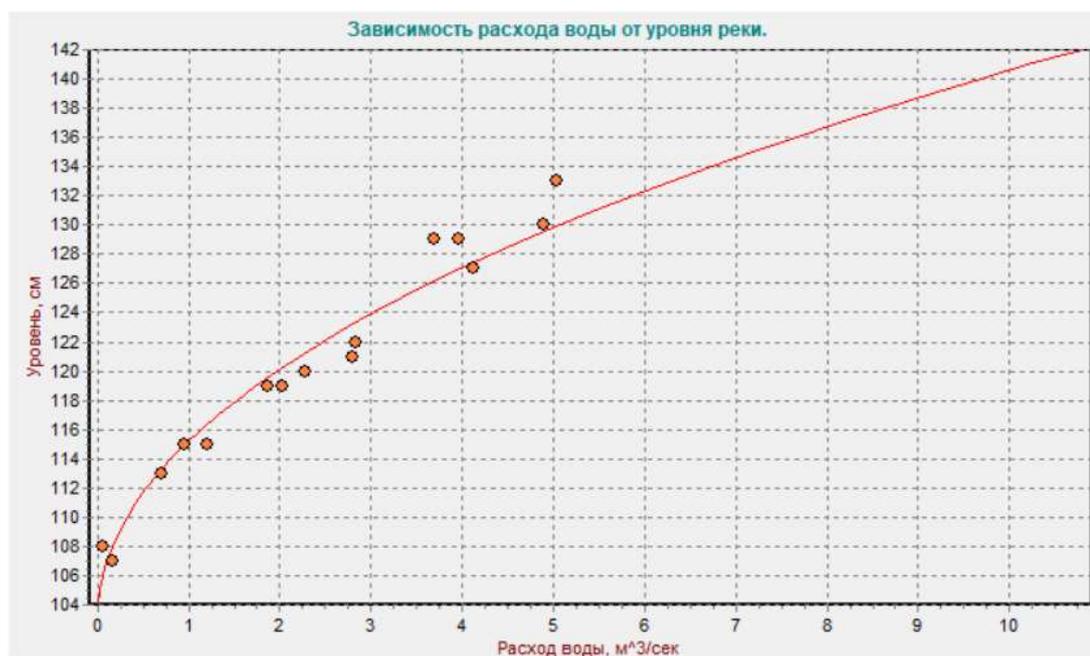


Рисунок 3.12 – Зависимость расхода воды от уровня реки Мушкетова за 2014 г. по кривой Глушкова

Линейная интерполяция между измеренными расходами воды во времени с учетом хода уровня:

Для получения ежедневных расходов воды строится гидрограф по измеренным расходам с учетом хода уровня, по которому снимаются значения расходов для дней в промежутке между измерениями.

Метод Стаута для вычисления ежедневных расходов воды складывается из следующих действий:

- 1) Строится стандартная кривая расходов в поле точек измеренных расходов, нанесенных в системе координат (Q, H) ;
- 2) Определяются поправки Стаута (отклонения ΔH точек измеренных расходов от стандартной кривой по ординате);
- 3) Строится кривая поправок по нанесенным на график поправок точкам (отвечающим измеренным расходам);
- 4) По кривой находят значения поправок на каждые сутки и алгебраически складываются с соответствующим среднесуточным уровнем;
- 5) Ежедневные расходы воды определяются по исправленным среднесуточным уровням и по стандартной кривой [16].

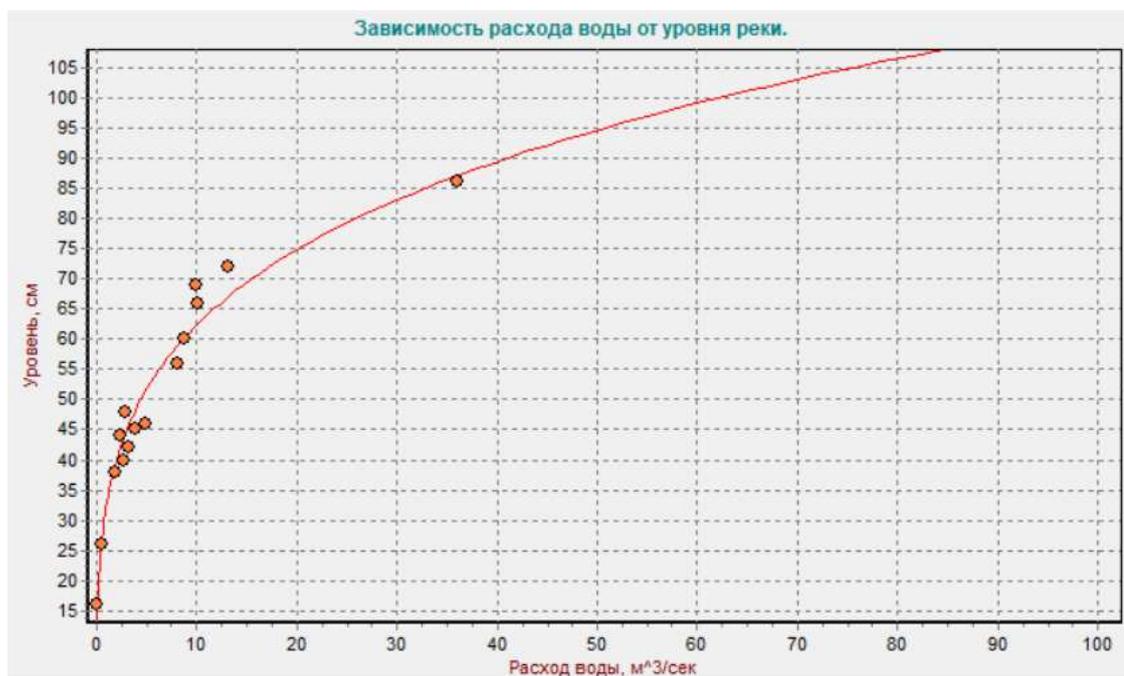


Рисунок 3.13 – Зависимость расхода воды от уровня реки Гремящей за 1977 г. по методу Стаута

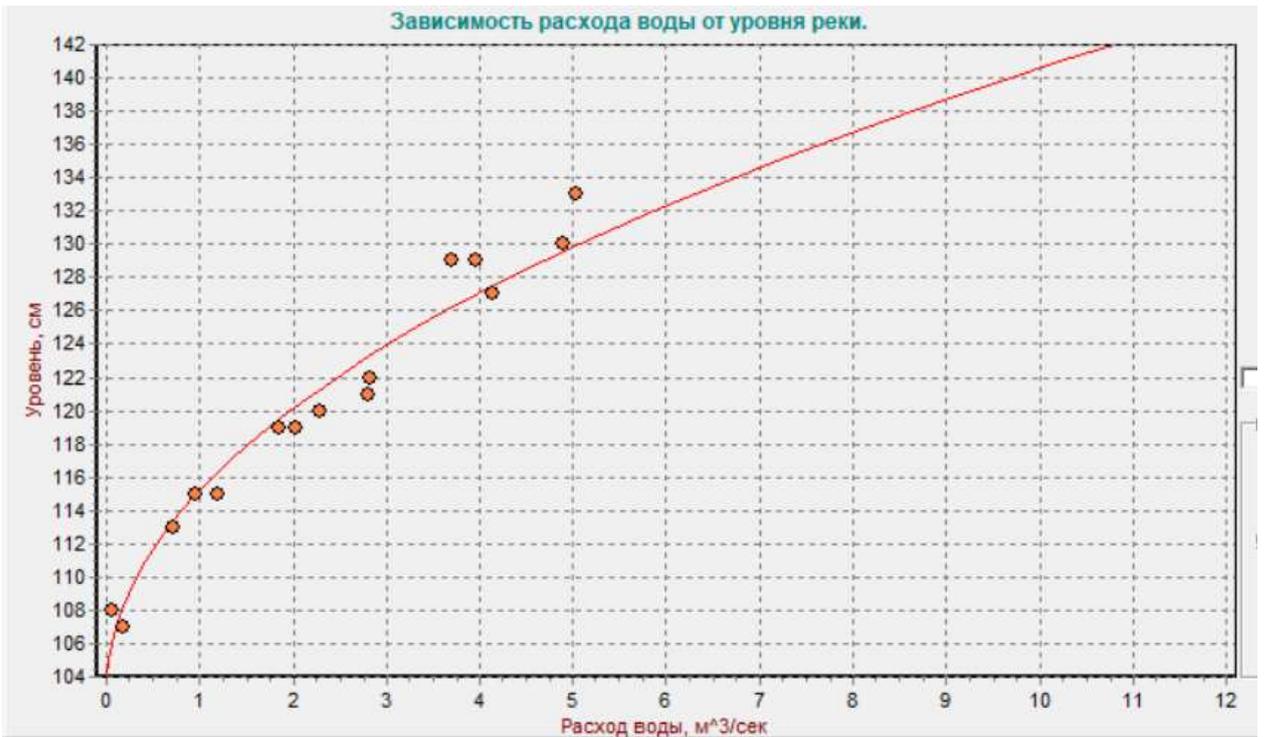


Рисунок 3.14 – Зависимость расхода воды от уровня реки Мушкетова за 2014 г. по методу Стаута

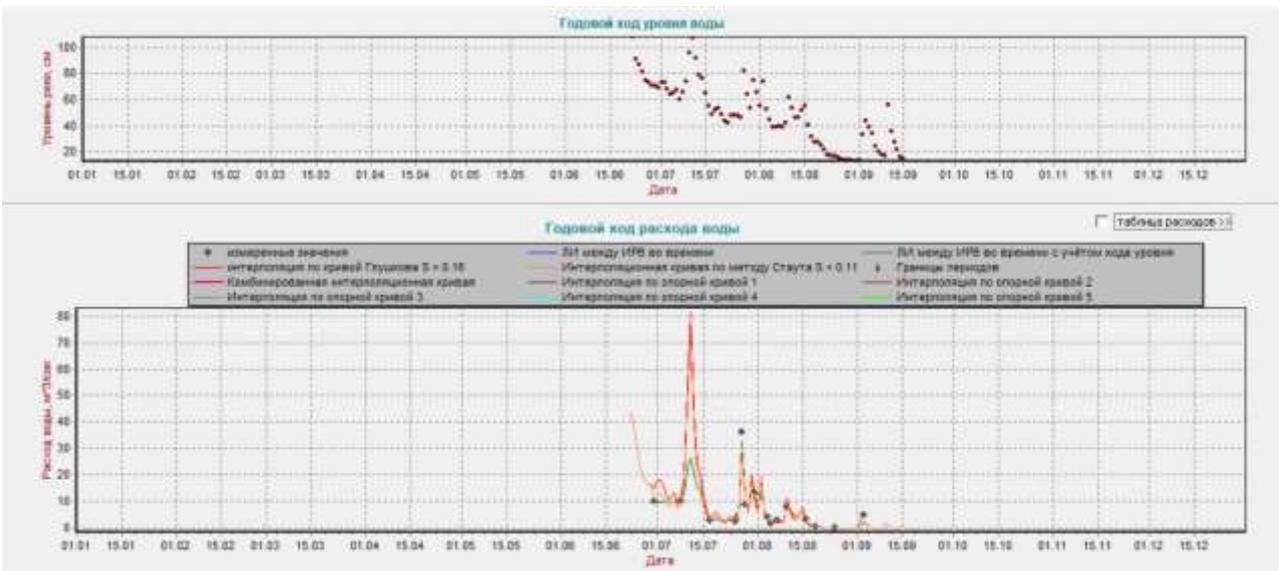


Рисунок 3.15 – Годовой ход уровня и расхода воды с использованием 3 методов (р. Гремящая 1977 г.)

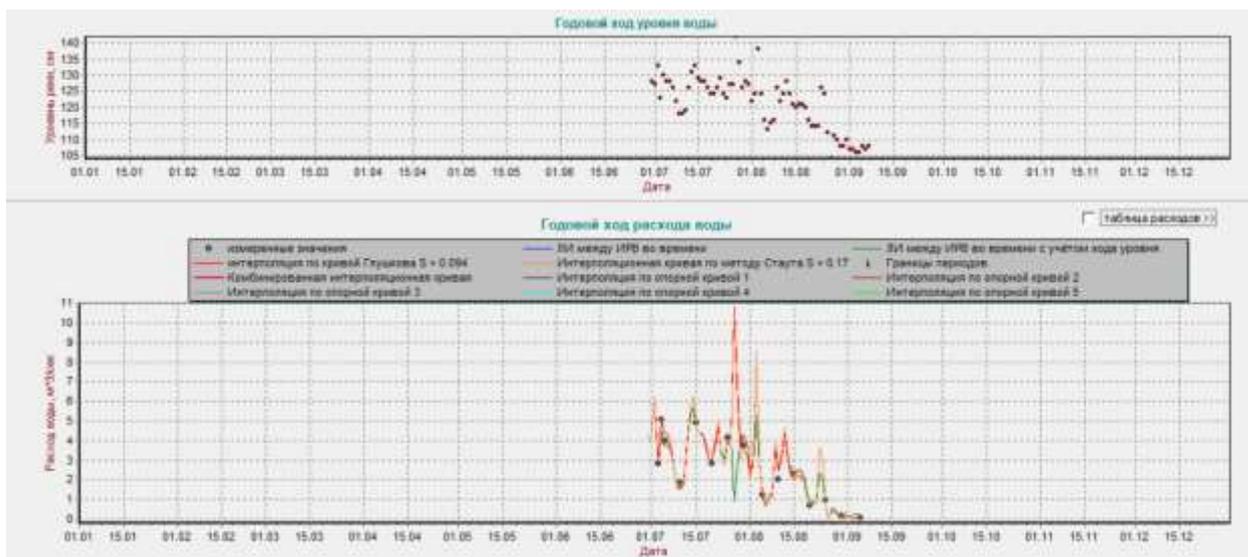


Рисунок 3.16 – Годовой ход уровня и расхода воды с использованием 3 методов (р. Мушкетова 2014 г.)

Годовые хода уровней и расходов воды с использованием трех методов для р. Мушкетова за 2015 – 2020 года представлены в Приложении А.

Метод Стаута был выбран как наиболее точный способ: подходит для расчета стока рек с деформирующимся руслом и хорошо отражает пики, хоть и немного завышая их [16].

Линейная интерполяция между измеренными расходами воды во времени с учетом хода уровня хорошо подходит при частых измерениях расходов, когда освещены все характерные точки перелома гидрографа. Для данного способа частота измерений недостаточна.

По каждому году были получены таблицы с ежедневными уровнями и расходами воды (таблица 3.1, таблица 3.2).

Таблица 3.1 – Ежедневные уровни и расходы воды р. Гремящая за 1977г. по методу Стаута

1977 год								
Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	август	сентябрь	июнь	июль	август	сентябрь
1	–	73	55	14	–	12,4	5,10	0,10
2	–	73	74	33	–	13,1	18,2	0,99
3	–	68	53	44	–	9,78	5,86	2,42
4	–	64	45	39	–	8,12	3,82	1,01
5	–	65	39	34	–	8,65	2,01	0,58
6	–	67	39	24	–	10,4	2,38	0,17
7	–	60	40	20	–	6,70	2,80	0,09
8	–	66	39	18	–	10,4	2,58	0,06
9	–	74	42	17	–	16,3	3,03	0,04
10	–	96	62	56	–	46,7	11,7	1,81
11	–	107	54	36	–	72,7	7,15	0,32
12	–	92	46	28	–	39,2	4,11	0,11
13	–	79	46	22	–	20,2	4,42	0,04
14	–	76	52	16	–	17,2	6,70	0,01
15	–	65	55	15	–	9,20	8,12	0,00
16	–	55	41	–	–	4,75	3,03	–
17	–	49	32	–	–	3,03	1,27	–
18	–	52	28	–	–	3,82	0,85	–
19	–	54	28	–	–	4,42	0,77	–
20	–	49	25	–	–	3,28	0,49	–
21	–	44	22	–	–	2,19	0,29	–
22	108	42	18	–	42,3	1,84	0,14	–
23	91	48	17	–	42,8	3,03	0,12	–

Продолжение таблицы 3.1

1977 год								
Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав-густ	сентябрь	июнь	июль	ав-густ	сентябрь
24	87	48	17	–	35,9	3,28	0,10	–
25	81	48	16	–	27,2	3,28	0,07	–
26	75	46	15	–	20,2	3,03	0,07	–
27	73	82	14	–	18,2	29,9	0,07	–
28	71	64	14	–	16,3	11,0	0,07	–
29	71	54	14	–	16,3	5,10	0,08	–
30	69	75	13	–	9,78	17,2	0,07	–
31	–	66	13	–	–	9,20	0,07	–

Таблица 3.2 – Ежедневные уровни и расходы воды р. Мушкетова за 2014г. по методу Стаута

2014 год								
Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав-густ	сентябрь	июнь	июль	ав-густ	сентябрь
1	–	127	122	107	–	3,98	1,96	0,08
2	–	133	124	107	–	6,30	2,74	0,04
3	–	123	138	106	–	3,33	8,64	0,01
4	–	130	124	106	–	3,98	3,03	0,00
5	–	128	116	108	–	3,65	1,32	0,02
6	–	128	113	107	–	3,98	0,80	0,02
7	–	126	115	108	–	3,33	1,13	0,02
8	–	122	116	–	–	2,46	1,32	–
9	–	118	126	–	–	1,52	3,98	–

Продолжение таблицы 3.2

2014 год								
Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав-густ	сентябрь	июнь	июль	ав-густ	сентябрь
10	–	118	122	–	–	1,73	2,74	–
11	–	119	124	–	–	1,96	3,33	–
12	–	126	128	–	–	3,98	4,69	–
13	–	131	124	–	–	5,47	3,33	–
14	–	133	121	–	–	6,30	2,46	–
15	–	129	120	–	–	4,69	2,20	–
16	–	128	121	–	–	4,33	2,46	–
17	–	128	121	–	–	4,33	2,46	–
18	–	126	120	–	–	3,98	1,96	–
19	–	124	116	–	–	3,33	1,13	–
20	–	124	114	–	–	3,33	0,80	–
21	–	126	114	–	–	3,98	0,80	–
22	–	129	114	–	–	5,07	0,80	–
23	–	124	126	–	–	3,03	3,65	–
24	–	123	124	–	–	2,74	3,03	–
25	–	127	112	–	–	3,98	0,53	–
26	–	127	104	–	–	3,65	0,01	–
27	–	142	111	–	–	10,20	0,42	–
28	–	134	110	–	–	5,87	0,42	–
29	–	126	108	–	–	3,03	0,23	–
30	128	128	108	–	4,33	3,33	0,23	–
31	–	127	110	–	–	3,33	0,37	–

Таблицы с ежедневными уровнями и расходами воды для р. Мушкетова за 2015 – 2020 года представлены в Приложении Б.

Комплексные графики гидрологических наблюдений были начерчены для каждого рассматриваемого года и для теплого периода года, когда наблюдался сток.

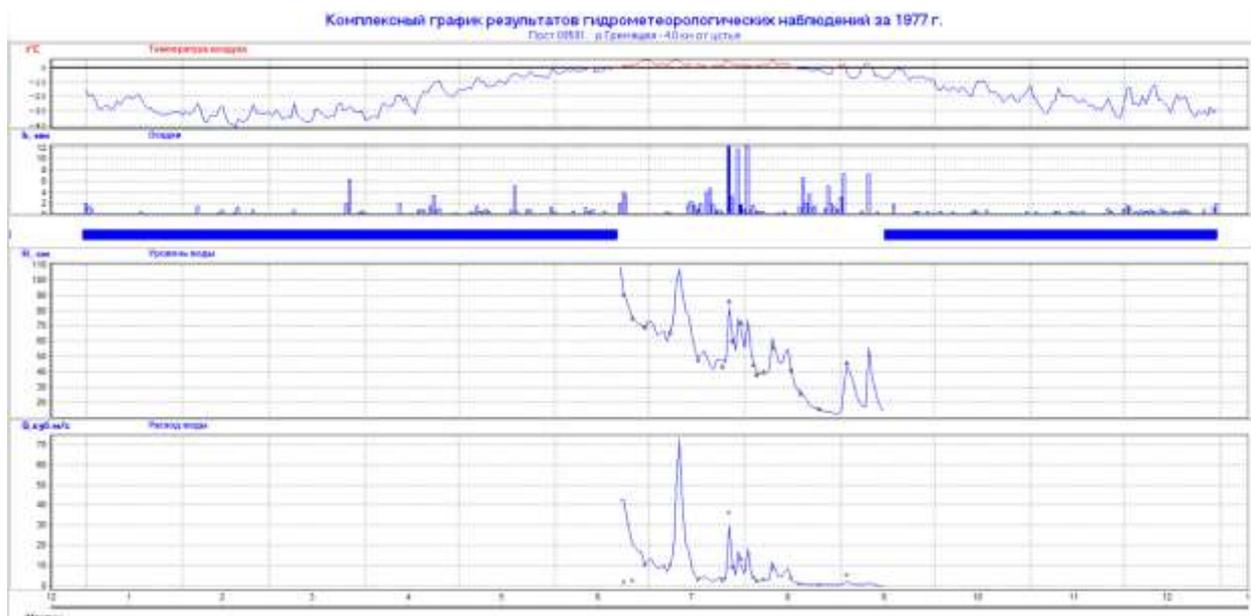


Рисунок 3.17 – Комплексный график результатов гидрометеорологических наблюдений р. Гремячая за 1977 г.

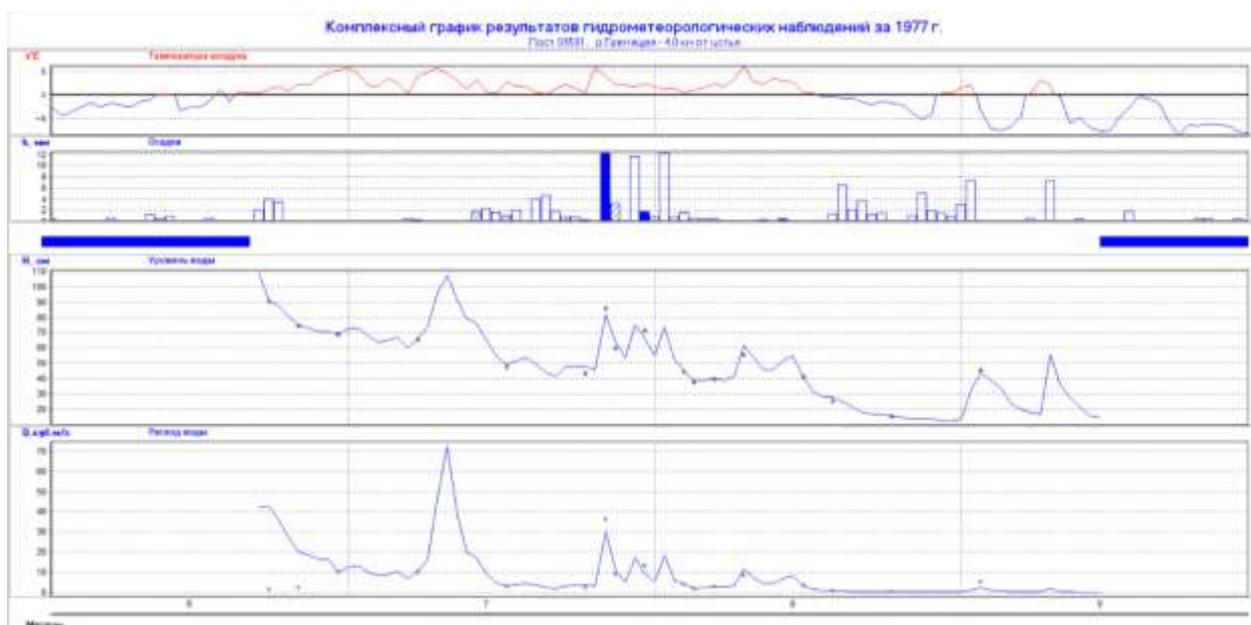


Рисунок 3.18 – Комплексный график результатов гидрометеорологических наблюдений р. Гремячей за период открытого русла в 1977 г.



Рисунок 3.19 – Комплексный график результатов гидрометеорологических наблюдений р. Мушкетова за 2014 г.

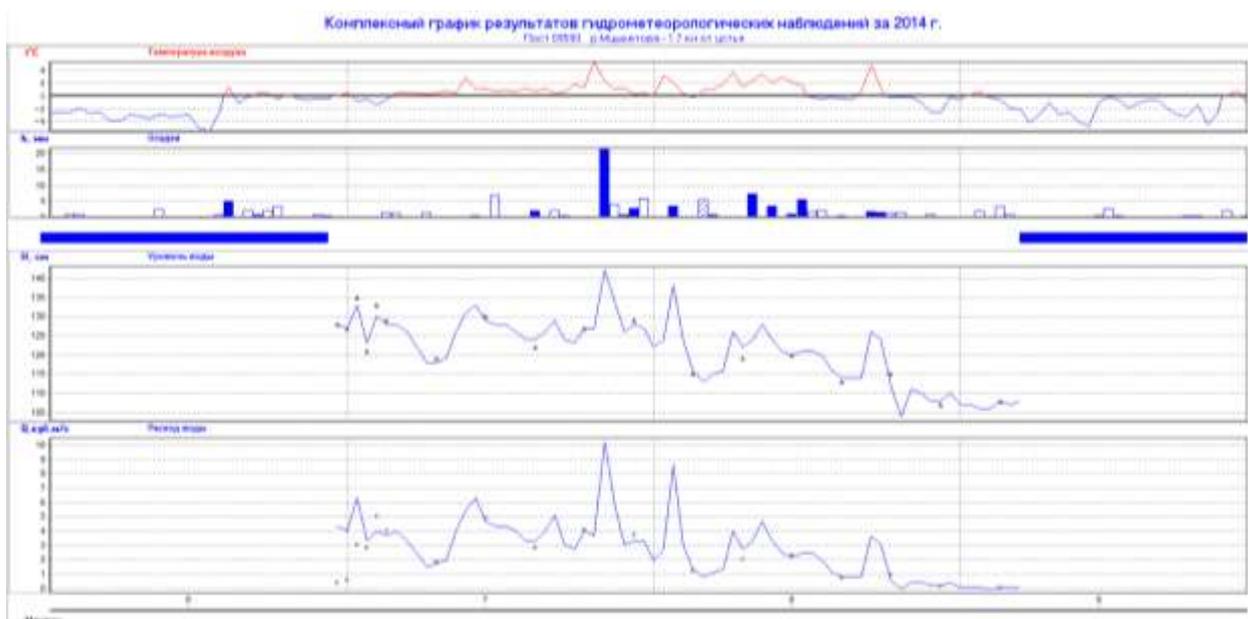


Рисунок 3.20 – Комплексный график результатов гидрометеорологических наблюдений р. Мушкетова за период открытого русла в 2014 г.

Комплексные графики результатов гидрометеорологических наблюдений р. Мушкетова за 2015 – 2020 года представлены в Приложении В.

Проанализировав комплексные графики, явно прослеживается характерная черта рек архипелага – тесная зависимость изменения уровня воды и расходов от изменений температуры воздуха и продолжительности теплого периода.

На основе ежедневных расходов воды был рассчитан сток по формулам, представленным ниже для р. Гремящей за 1977 г. и для р. Мушкетова за 2014 – 2020 год.

$$W_1 = Q * 86400 \text{ [м}^3\text{]}; \quad (3.1)$$

$$W_2 = W_1 * 10^{-9} \text{ [км}^3\text{]}; \quad (3.2)$$

$$h = \frac{W_1}{F * 10^3} \text{ [мм]}; \quad (3.3)$$

где W_1 – объем стока, м³;

Q – расчетный расход воды, м³/с;

W_2 – объем стока, км³;

h – слой стока, мм;

F – площадь водосбора, км².

Результаты расчета стока представлены в таблицах 3.3 – 3.4.

Таблица 3.3 – Расчет стока р. Гремящей за 1977 г.

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
22.06.1977	42,30	3654720	0,00365472	40,34
23.06.1977	42,80	3697920	0,00369792	40,82
24.06.1977	35,90	3101760	0,00310176	34,24
25.06.1977	27,20	2350080	0,00235008	25,94
26.06.1977	20,20	1745280	0,00174528	19,26
27.06.1977	18,20	1572480	0,00157248	17,36
28.06.1977	16,30	1408320	0,00140832	15,54
29.06.1977	16,30	1408320	0,00140832	15,54

Продолжение таблицы 3.3

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
30.06.1977	9,78	844992	0,000844992	9,33
01.07.1977	12,40	1071360	0,00107136	11,83
02.07.1977	13,10	1131840	0,00113184	12,49
03.07.1977	9,78	844992	0,000844992	9,33
04.07.1977	8,12	701568	0,000701568	7,74
05.07.1977	8,65	747360	0,00074736	8,25
06.07.1977	10,40	898560	0,00089856	9,92
07.07.1977	6,70	578880	0,00057888	6,39
08.07.1977	10,40	898560	0,00089856	9,92
09.07.1977	16,30	1408320	0,00140832	15,54
10.07.1977	46,70	4034880	0,00403488	44,54
11.07.1977	72,70	6281280	0,00628128	69,33
12.07.1977	39,20	3386880	0,00338688	37,38
13.07.1977	20,20	1745280	0,00174528	19,26
14.07.1977	17,20	1486080	0,00148608	16,40
15.07.1977	9,20	794880	0,00079488	8,77
16.07.1977	4,75	410400	0,0004104	4,53
17.07.1977	3,03	261792	0,000261792	2,89
18.07.1977	3,82	330048	0,000330048	3,64
19.07.1977	4,42	381888	0,000381888	4,22
20.07.1977	3,28	283392	0,000283392	3,13
21.07.1977	2,19	189216	0,000189216	2,09
22.07.1977	1,84	158976	0,000158976	1,75
23.07.1977	3,03	261792	0,000261792	2,89
24.07.1977	3,28	283392	0,000283392	3,13
25.07.1977	3,28	283392	0,000283392	3,13

Продолжение таблицы 3.3

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
26.07.1977	3,03	261792	0,000261792	2,89
27.07.1977	29,90	2583360	0,00258336	28,51
28.07.1977	11,00	950400	0,0009504	10,49
29.07.1977	5,10	440640	0,00044064	4,86
30.07.1977	17,20	1486080	0,00148608	16,40
31.07.1977	9,20	794880	0,00079488	8,77
01.08.1977	5,10	440640	0,00044064	4,86
02.08.1977	18,20	1572480	0,00157248	17,36
03.08.1977	5,86	506304	0,000506304	5,59
04.08.1977	3,82	330048	0,000330048	3,64
05.08.1977	2,01	173664	0,000173664	1,92
06.08.1977	2,38	205632	0,000205632	2,27
07.08.1977	2,80	241920	0,00024192	2,67
08.08.1977	2,58	222912	0,000222912	2,46
09.08.1977	3,03	261792	0,000261792	2,89
10.08.1977	11,70	1010880	0,00101088	11,16
11.08.1977	7,15	617760	0,00061776	6,82
12.08.1977	4,11	355104	0,000355104	3,92
13.08.1977	4,42	381888	0,000381888	4,22
14.08.1977	6,70	578880	0,00057888	6,39
15.08.1977	8,12	701568	0,000701568	7,74
16.08.1977	3,03	261792	0,000261792	2,89
17.08.1977	1,27	109728	0,000109728	1,21
18.08.1977	0,85	73440	0,00007344	0,81
19.08.1977	0,77	66528	0,000066528	0,73
20.08.1977	0,49	42336	0,000042336	0,47

Продолжение таблицы 3.3

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
21.08.1977	0,29	25056	0,000025056	0,28
22.08.1977	0,14	12096	0,000012096	0,13
23.08.1977	0,12	10368	0,000010368	0,11
24.08.1977	0,10	8640	0,00000864	0,10
25.08.1977	0,07	6220,8	6,2208E-06	0,07
26.08.1977	0,07	5875,2	5,8752E-06	0,06
27.08.1977	0,07	5616	0,000005616	0,06
28.08.1977	0,07	6307,2	6,3072E-06	0,07
29.08.1977	0,08	7084,8	7,0848E-06	0,08
30.08.1977	0,07	5702,4	5,7024E-06	0,06
31.08.1977	0,07	6307,2	6,3072E-06	0,07
01.09.1977	0,10	8208	0,000008208	0,09
02.09.1977	0,99	85536	0,000085536	0,94
03.09.1977	2,42	209088	0,000209088	2,31
04.09.1977	1,01	87264	0,000087264	0,96
05.09.1977	0,58	50112	0,000050112	0,55
06.09.1977	0,17	14688	0,000014688	0,16
07.09.1977	0,09	7776	0,000007776	0,09
08.09.1977	0,06	5270,4	5,2704E-06	0,06
09.09.1977	0,04	3801,6	3,8016E-06	0,04
10.09.1977	1,81	156384	0,000156384	1,73
11.09.1977	0,32	27648	0,000027648	0,31
12.09.1977	0,11	9504	0,000009504	0,10
13.09.1977	0,04	3369,6	3,3696E-06	0,04
14.09.1977	0,01	864	0,000000864	0,01
15.09.1977	0,004	345,6	3,456E-07	0,00
Сумма		64080461	0,0641	707

Таблица 3.4 – Расчет стока р. Мушкетова за 2014 г.

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
30.06.2014	4,33	374112	0,000374112	7,07
01.07.2014	3,98	343872	0,000343872	6,50
02.07.2014	6,30	544320	0,00054432	10,29
03.07.2014	3,33	287712	0,000287712	5,44
04.07.2014	3,98	343872	0,000343872	6,50
05.07.2014	3,65	315360	0,00031536	5,96
06.07.2014	3,98	343872	0,000343872	6,50
07.07.2014	3,33	287712	0,000287712	5,44
08.07.2014	2,46	212544	0,000212544	4,02
09.07.2014	1,52	131328	0,000131328	2,48
10.07.2014	1,73	149472	0,000149472	2,83
11.07.2014	1,96	169344	0,000169344	3,20
12.07.2014	3,98	343872	0,000343872	6,50
13.07.2014	5,47	472608	0,000472608	8,93
14.07.2014	6,3	544320	0,00054432	10,29
15.07.2014	4,69	405216	0,000405216	7,66
16.07.2014	4,33	374112	0,000374112	7,07
17.07.2014	4,33	374112	0,000374112	7,07
18.07.2014	3,98	343872	0,000343872	6,50
19.07.2014	3,33	287712	0,000287712	5,44
20.07.2014	3,33	287712	0,000287712	5,44
21.07.2014	3,98	343872	0,000343872	6,50
22.07.2014	5,07	438048	0,000438048	8,28
23.07.2014	3,03	261792	0,000261792	4,95
24.07.2014	2,74	236736	0,000236736	4,48
25.07.2014	3,98	343872	0,000343872	6,50

Продолжение таблицы 3.4

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
26.07.2014	3,65	315360	0,00031536	5,96
27.07.2014	10,2	881280	0,00088128	16,66
28.07.2014	5,87	507168	0,000507168	9,59
29.07.2014	3,03	261792	0,000261792	4,95
30.07.2014	3,33	287712	0,000287712	5,44
31.07.2014	3,33	287712	0,000287712	5,44
01.08.2014	1,96	169344	0,000169344	3,20
02.08.2014	2,74	236736	0,000236736	4,48
03.08.2014	8,64	746496	0,000746496	14,11
04.08.2014	3,03	261792	0,000261792	4,95
05.08.2014	1,32	114048	0,000114048	2,16
06.08.2014	0,8	69120	0,00006912	1,31
07.08.2014	1,13	97632	0,000097632	1,85
08.08.2014	1,32	114048	0,000114048	2,16
09.08.2014	3,98	343872	0,000343872	6,50
10.08.2014	2,74	236736	0,000236736	4,48
11.08.2014	3,33	287712	0,000287712	5,44
12.08.2014	4,69	405216	0,000405216	7,66
13.08.2014	3,33	287712	0,000287712	5,44
14.08.2014	2,46	212544	0,000212544	4,02
15.08.2014	2,2	190080	0,00019008	3,59
16.08.2014	2,46	212544	0,000212544	4,02
17.08.2014	2,46	212544	0,000212544	4,02
18.08.2014	1,96	169344	0,000169344	3,20
19.08.2014	1,13	97632	0,000097632	1,85
20.08.2014	0,8	69120	0,00006912	1,31

Продолжение таблицы 3.4

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
21.08.2014	0,8	69120	0,00006912	1,31
22.08.2014	0,8	69120	0,00006912	1,31
23.08.2014	3,65	315360	0,00031536	5,96
24.08.2014	3,03	261792	0,000261792	4,95
25.08.2014	0,53	45792	0,000045792	0,87
26.08.2014	0,006	518,4	5,184E-07	0,01
27.08.2014	0,42	36288	0,000036288	0,69
28.08.2014	0,42	36288	0,000036288	0,69
29.08.2014	0,23	19872	0,000019872	0,38
30.08.2014	0,23	19872	0,000019872	0,38
31.08.2014	0,37	31968	0,000031968	0,60
01.09.2014	0,078	6739,2	6,7392E-06	0,13
02.09.2014	0,037	3196,8	3,1968E-06	0,06
03.09.2014	0,013	1123,2	1,1232E-06	0,02
04.09.2014	0,002	172,8	1,728E-07	0,00
05.09.2014	0,018	1555,2	1,5552E-06	0,03
06.09.2014	0,022	1900,8	1,9008E-06	0,04
07.09.2014	0,017	1468,8	1,4688E-06	0,03
Сумма		16558819	0,0166	313

Результаты расчета стока для р. Мушкетова в период с 2015 по 2020 год представлены в Приложении В.

3.2 Расчет атмосферных осадков

Поскольку водные балансы оцениваются за генетически однородные сезоны, для расчетов и, в том числе, для расчетов атмосферных осадков, как

накопительной части водного баланса требуется выделение внутри гидрологического года однородных фаз. Под гидрологическим годом понимается интервал времени, в течении которого осуществляется замкнутый воднобалансовый цикл накопления и расходования влаги на водосборе [13].

Так как сток в условиях Арктики осуществляется только в летне-осенний период, холодный период разделен на холодной (накопление) и теплый (расходование) периоды внутри гидрологического года. Начало и конец периодов приняты на момент устойчивого перехода температуры воздуха через ноль [7].

В расчетах приходной части используются среднесуточные значения метеорологических параметров, полученные по данным восьмисрочных стандартных метеорологических наблюдений, проводимых круглогодично и отраженных в стандартных метеорологических таблицах (ТМС). Данные осадкомера использованы только для теплого периода гидрологического года, для холодного взяты данные снегомерных наблюдений на момент максимально водозапаса в снеге на водосборе. Это обусловлено тем, что жидкие осадки измеряются осадкомерами достаточно надежно. А из-за особенностей условий Арктики, искажающего действия ветра и значимых скоростей твердые осадки измеряются приблизительно и требуют корректировки. На станции число случаев со скоростью ветра выше 5 м/с, при которой возникает метелевый перенос снега, регистрируется в более 50% случаев за холодный период [7].

Снегомерные наблюдения включают систематические сплошные (площадки) и ландшафтно-маршрутные снегомерные съемки, а также ежедневные наблюдения на основной площадке ГМО СП «Мыс Баранова». Снегомерные съемки на площадках предусматривают освещение изменениями снегонакопления по высоте водосборов, а ландшафтно-маршрутные производятся по отдельным маршрутам-реперным профилям, располагающимися в различных частях водосборов и отражающих распределение снеготранспорта на основных элементах рельефа. Расчет запаса воды в снежном покрове для водосборов вычислен как средняя взвешенная величина с учетом выделения в процентном

соотношении к общей площади водосбора площадей с различными элементами рельефа. Результаты расчетов представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Расчет атмосферных осадков

Гидрологический год	Водозапас на водосборе по данным снегосъемки в период максимального снегонакопления, мм слоя (X_c)	Количество жидких и смешанных осадков за теплый период, выпавших на водосбор по данным осадкомера, мм слоя (X_o)	Сумма осадков в водном эквиваленте, выпавших на водосбор за гидрологический год, мм слоя (X)
1976-1977	168	123	291
2013-2014	184	123	307
2014-2015	182	93	275
2015-2016	168	153	322
2016-2017	165	38	203
2017-2018	181	66	247
2018-2019	182	128	310
2019-2020	154	118	272
Среднее	182	93	283
Максимальное	226	139	322
Минимальное	154	41	203

3.3 Расчет испарения

Значения испарения с поверхности снега и суши получены по данным наблюдений за дефицитом влажности в приземном слое атмосферы и рассчитаны по эмпирическим формулам, предложенные в работах А.Н. Постникова. Формулы были выведены на основании обобщения результатов исследований,

проведенных А.Р. Константиновым, П.П. Кузьминым и др., а также статистического анализа данных современных натуральных наблюдений и расчетных данных по испарению на территории РФ. Формулы имеют следующий вид:

для поверхности суши

$$E = 0,44 \Sigma d, \quad (3.4)$$

для поверхности снега

$$E = 0,31 \Sigma d, \quad (3.5)$$

где Σd — сумма среднесуточных значений дефицита влажности воздуха (гПа) за расчетный период [7].

Результаты расчета испарения представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Испарение за теплый период гидрологического года

Гидрологический год	Испарение с поверхности снега, мм слоя (Eс)	Испарение с поверхности суши, мм слоя (Eо)	Сумма испарения в водном эквиваленте за теплый период гидрологического года, мм слоя (E)
2013-2014	1,8	8,6	10
2014-2015	4,1	20,7	25
2015-2016	4,5	24,2	29
2016-2017	5,3	10,8	16
2017-2018	2,5	22,5	25

Продолжение таблицы 3.6

Гидрологический год	Испарение с поверхности снега, мм слоя (E _с)	Испарение с поверхности суши, мм слоя (E _о)	Сумма испарения в водном эквиваленте за теплый период гидрологического года, мм слоя (E)
2018-2019	4,3	15,2	20
2019-2020	4,9	27,7	33
среднее	3,8	19,3	23
максимальное	5,3	27,7	33
минимальное	1,8	8,6	10

С 2024 года в составе воднобалансовых наблюдений на базе ГМО СП «Мыс Баранова» начали проводиться измерения испарения с поверхности снега и суши весовым способом (рисунки 3.21, 3.22), что позволит в дальнейшем сравнить и скорректировать расчеты, в том числе по другим расчетным формулам и методам.



Рисунок 3.21 – Испаромеры ГГИ 500-6



Рисунок 3.22 – Взвешивание почвенного монолита ГГИ-500-50

4 Оценка многолетней изменчивости элементов водного баланса водотоков архипелага Северная Земля и климатические факторы, влияющие на их изменчивость

В таблице 4.1 приведены полученные результаты расчетов составляющих водного баланса для водосбора реки Мушкетова за 7 гидрологических лет и водосбора реки Гремящая за 1 год.

Таблица 4.1 – Результаты расчета водного баланса архипелага Северная Земля

Гидрологический год	Год теплового периода	Сумма осадков в водном эквиваленте, выпавших на водосбор за гидрологический год, мм слоя	Сумма испарения в водном эквиваленте за теплый период гидрологического года, мм слоя	Слой, мм	Невязка, мм	Невязка, %
1976-1977	1977	291		707	-416	59%
2013-2014	2014	307	10,4	313	-16	5%
2014-2015	2015	275	24,8	418	-167	40%
2015-2016	2016	322	28,7	355	-61	17%
2016-2017	2017	203	16,1	258	-71	28%
2017-2018	2018	247	25,0	366	-144	42%
2018-2019	2019	310	19,5	513	-222	43%
2019-2020	2020	272	32,6	540	-300	56%

В результате расчета водного баланса водотоков архипелага Северная Земля была выявлена невязка, где расходная часть (сток) превышает приход-

ную (осадки) в среднем на 33%, в диапазоне 5 – 56% по реке Мушкетова. Подобная невязка, в 59 %, наблюдается по реке Гремящая, что подтверждает схожесть рек по режиму, питанию и влиянию других факторов в пространственном (острова Большевик и Октябрьской Революции) и временном (1977 г. и 2014 – 2020 гг.) масштабах.

Невязка может быть связана со следующими факторами:

1) Недоучет ледникового питания

В Арктике часть стока формируется за счет таяния ледников, которое не учитывается в стандартных формулах водного баланса. Вклад ледникового стока увеличивается при возрастании температур, что не компенсируется данными по атмосферным осадкам и испарению. Также стоит отметить деградацию ледников Северной Земли, которая тоже дает дополнительный приток воды.

2) Деградация многолетней мерзлоты

Благодаря увеличению средней глубины оттаивания мерзлоты, происходит рост инфильтрации осадков и подземного питания рек. Эта зависимость хорошо прослеживается на рисунке 4.1 (средняя глубина оттаивания мерзлоты взята по модулю).

Поскольку водный баланс тесно связан с тепловым балансом и исходя из имеющихся материалов были использованы данные о температурном режиме территории (среднесуточные значения температуры воздуха) и глубине оттаивания мерзлоты для последующего анализа. Была построена зависимость невязки водного баланса в % от суммы положительных температур за теплый период года, которая показана на рисунке 4.1. На рисунке 4.2 представлена зависимость стока и средней глубины оттаивания мерзлоты от суммы положительных температур.

Испарение также зависит от суммы положительных температур за теплый период, так как рассчитывается от суммы среднесуточных значений дефицита влажности воздуха.

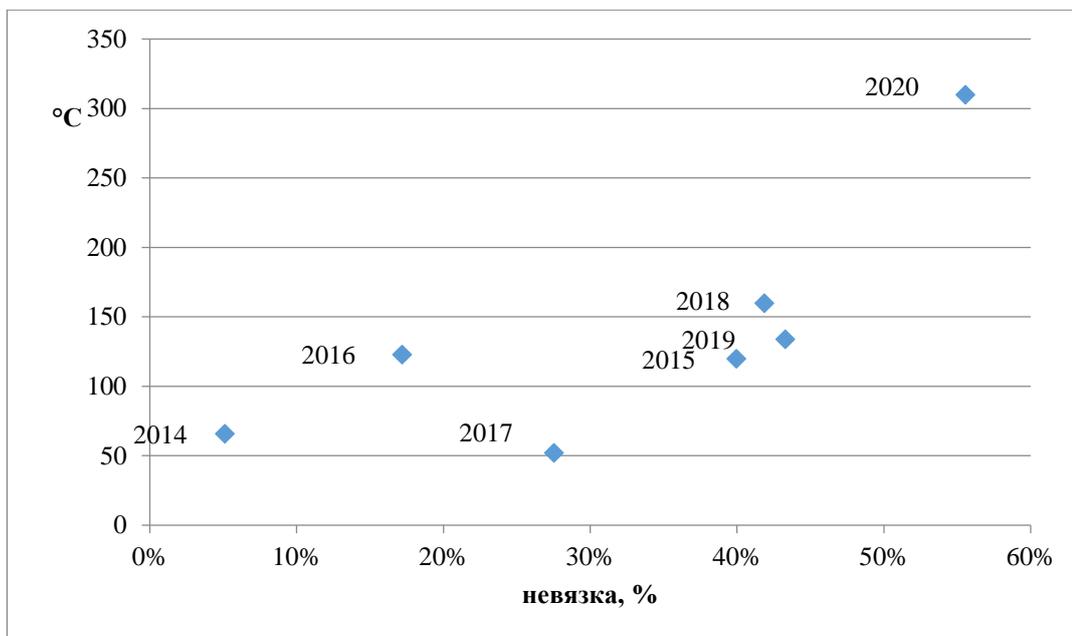


Рисунок 4.1 – Зависимость невязки водного баланса в % от суммы положительных температур за теплый период года

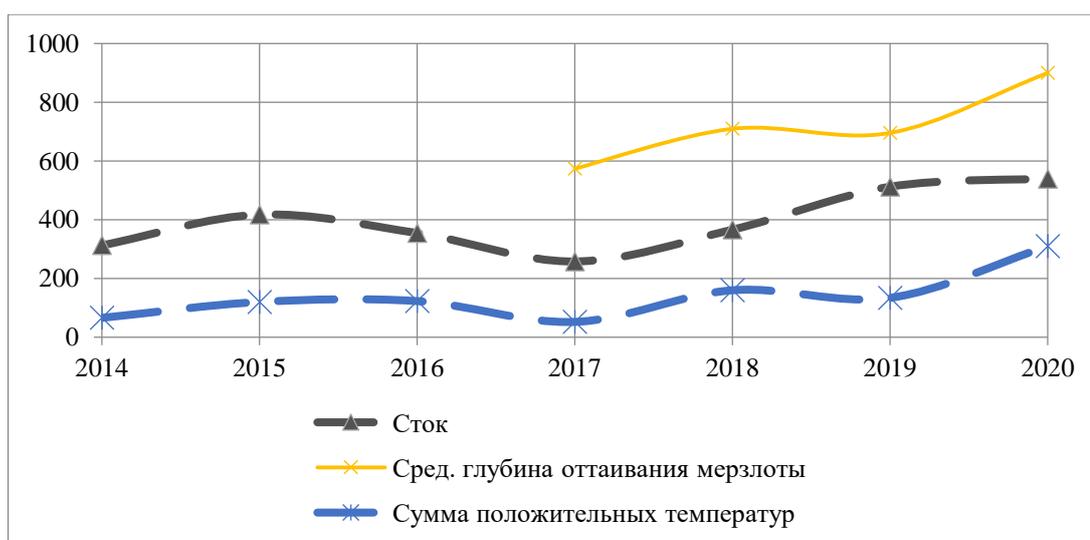


Рисунок 4.2 – Зависимость значений стока и средней глубины оттаивания мерзлоты от суммы положительных температур

Зависимости от температурного режима прослеживаются, но однозначного вывода сделать сложно из-за короткого ряда наблюдений.

Если условно сделать вывод, что таяние ледников и оттаивание мерзлоты, а соответственно водность года во многом определяется температурным режимом теплого периода, межгодовую изменчивость этой гидрологической

характеристики можно оценить по данным о температуре воздуха (температурному режиму территории). Так же в оценке многолетней изменчивости элементов водного баланса водотоков архипелага Северная Земля рассмотрен еще один из элементов, где есть продолжительный ряд наблюдений, – атмосферные осадки.

Метеорологические данные по температуре воздуха и осадкам были взяты из Метеорологических ежемесячников часть 2 выпуск 36 (Диксонского УГМС) по станции МГ-2 Голомянный, расположенной на острове Октябрьской Революции и работающей с 1954 года по сегодняшний день, за теплый период с 1970 по 2020 год.

Таблица 4.2 – Исходные метеорологические данные по станции Голомянный за 1970 – 2020 год (температура воздуха)

Среднемесячная температура воздуха				
Год	июнь	июль	август	сентябрь
1970	-1,1	0,5	-0,5	-5,5
1971	-1,7	1,3	1,5	-1,9
1972	-1,5	-0,1	-0,6	-3,3
1973	-1,4	0,1	-0,6	-5,8
1974	-1,4	0,1	0,1	-4,5
1975	-1,2	1,8	0,5	-0,9
1976	-1,6	-0,4	-1,3	-4,2
1977	-1,2	0,6	-0,6	-4,5
1978	-1,1	1,0	1,2	-2,3
1979	-1,7	0,8	0,2	-3,3
1980	-2,0	1,0	-0,5	-3,4

Продолжение таблицы 4.2

Среднемесячная температура воздуха				
Год	июнь	июль	август	сентябрь
1981	-1,3	0,2	-0,4	-6,7
1982	-2,6	0,0	0,1	-3,2
1983	-2,1	0,7	0,7	-3,5
1984	-1,2	0,7	-0,1	-2,3
1985	-0,8	1,8	0,8	-1,0
1986	-2,1	1,4	-0,6	-6,0
1987	-1,6	0,8	0,2	-4,2
1988	-0,6	0,4	-0,8	-7,2
1989	-2,1	0,0	-0,8	-5,4
1990	-1,1	0,4	0,1	-3,7
1991	-2,1	0,9	0,0	-2,0
1992	-3,2	0,0	-2,0	-6,6
1993	-0,6	-0,2	0,2	-2,6
1994	–	–	–	–
1995	-1,7	1,0	0,7	-1,6
1996	–	–	–	–
1997	-0,9	2,2	1,2	-0,6
1998	–	–	–	–
1999	-1,6	1,0	1,0	-3,1
2000	-2,2	0,2	0,4	-4,1
2001	-1,6	0,9	0,3	-2,0
2002	-1,2	0,2	0,4	-4,6
2003	-1,0	-0,1	0,1	-3,9
2004	-2,7	0,6	-0,3	-2,8
2005	0,0	0,4	0,4	-0,7
2006	-0,5	0,9	-0,8	-4,0

Продолжение таблицы 4.2

Среднемесячная температура воздуха				
Год	июнь	июль	август	сентябрь
2007	-1,2	1,1	0,2	-0,6
2008	-2,6	0,4	0,6	-1,6
2009	-0,8	1,5	-0,2	-1,5
2010	-0,2	0,0	0,0	-1,8
2011	0,4	1,6	1,5	0,5
2012	-0,3	1,0	0,8	0,8
2013	-1,9	0,2	0,3	-1,8
2014	-1,8	0,2	-0,3	-1,7
2015	-0,2	2,0	0,9	-0,7
2016	-0,9	0,1	-0,7	-0,1
2017	-2,0	-0,2	-0,3	-1,9
2018	-0,7	0,0	1,5	-0,4
2019	-0,1	0,3	1,2	-0,8
2020	-0,5	1,9	2,1	4,1

По данным среднемесячной температуры воздуха были рассчитаны тенденции по месяцам (рисунки 4.4 – 4.7) и проведена оценка значимости трендов, результаты представлены в таблице 4.3.

Чтобы оценить значимость трендов, были использованы статистические формулы.

Тренд значим, если:

$$\frac{R}{\sigma_R} > t_{2\alpha}, \quad (4.1)$$

где R – коэффициент корреляции; σ_R – стандартная ошибка, определяемая по формуле:

$$\sigma_R = \sqrt{(1 - R^2)/(n - 2)}; \quad (4.2)$$

$t_{2\alpha}$ – стандартное значение статистики Стьюдента при уровне значимости $2\alpha = 5\%$ и числе степеней свободы $(n-2)$.

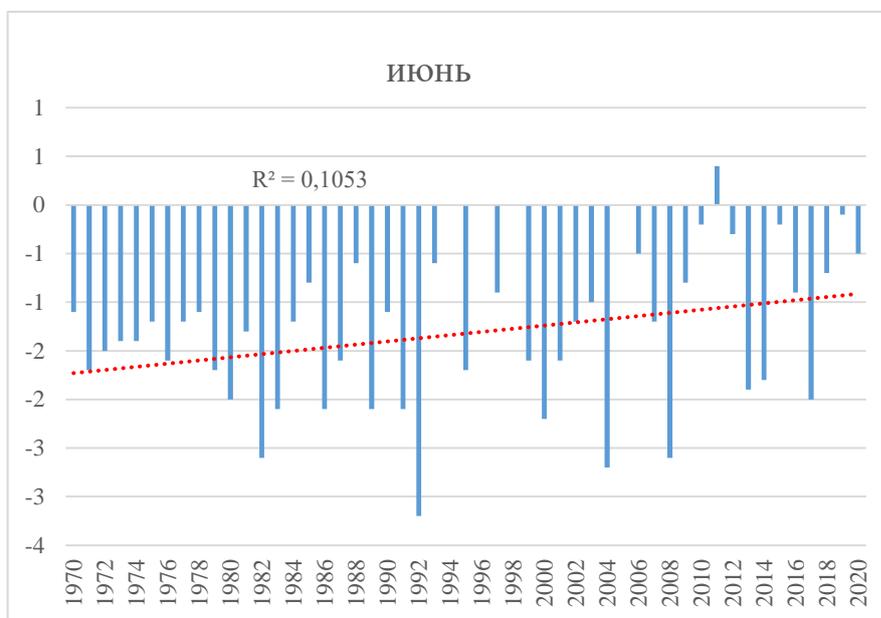


Рисунок 4.4 – Тенденция ряда среднемесячных температур воздуха за июнь в период с 1970 по 2020 год

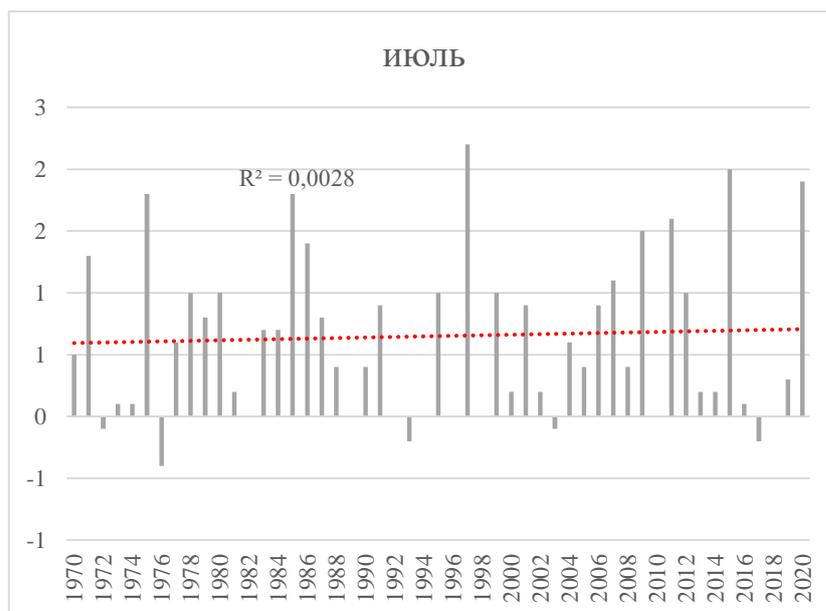


Рисунок 4.5 – Тенденция ряда среднемесячных температур воздуха за июль в период с 1970 по 2020 год

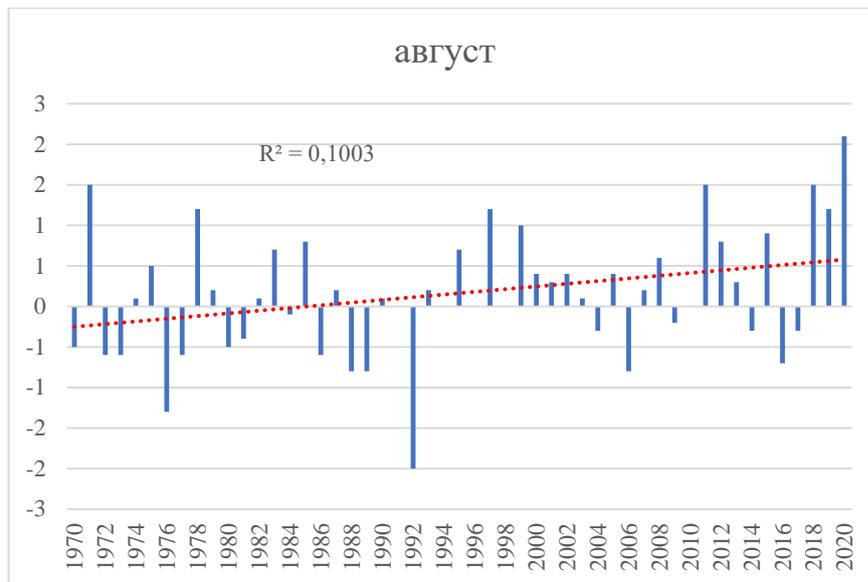


Рисунок 4.6 – Тенденция ряда среднемесячных температур воздуха за август в период с 1970 по 2020 год

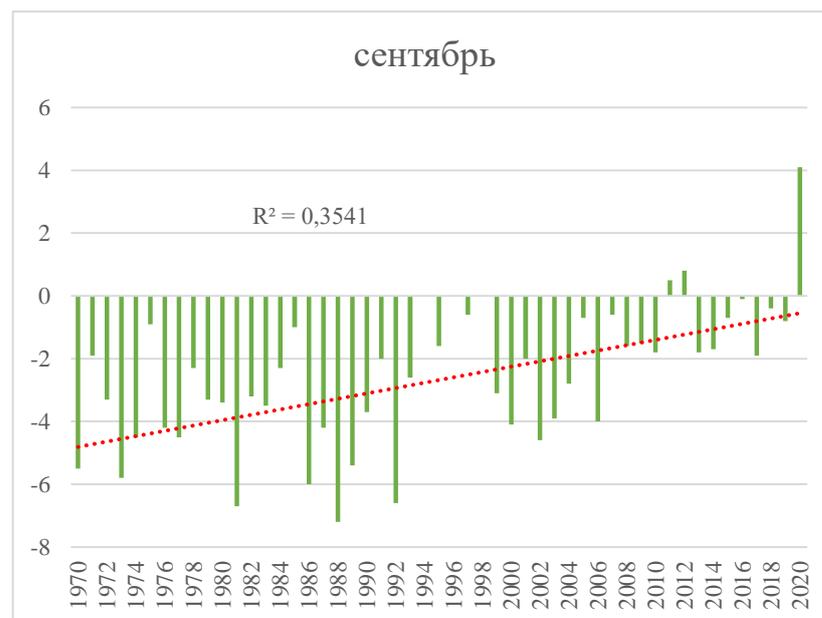


Рисунок 4.7 – Тенденция ряда среднемесячных температур воздуха за сентябрь в период с 1970 по 2020 год

Таблица 4.3 – Оценка значимости трендов

Месяц	n	R ²	σ_R	$t_{2\alpha}$	R	R/ σ_R	R/ $\sigma_R > t_{2\alpha}$
июнь	48	0,1053	0,139	2,01	0,32	2,33	значим
июль	48	0,0028	0,147	2,01	0,05	0,36	не значим
август	48	0,1003	0,140	2,01	0,32	2,26	значим
сентябрь	48	0,3541	0,118	2,01	0,60	5,02	значим

Примечание: n – количество элементов в рассматриваемом ряде.

Проведенное исследование выявило статистически значимые положительные тренды среднемесячных температур воздуха в июне, августе и сентябре на архипелаге Северная Земля за период 1970 – 2020 годов. Это указывает на существенное потепление теплого периода гидрологического года, а соответственно и водность года.

По данным сумм скорректированных смешанных и жидких осадков за теплый период года (июнь-сентябрь) были рассчитаны тенденции (рисунок 4.8) и проведена оценка значимости тренда, результаты представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Исходные метеорологические данные по станции Голомянный за 1970-2020 год по осадкам

Сумма скорректированных смешанных и жидких осадков за теплый период года (июнь-сентябрь)	
Год	июнь-сентябрь
1970	75,0
1971	82,2
1972	120,1
1973	59,5

Продолжение таблицы 4.4

Сумма скорректированных смешанных и жидких осадков за теплый период года (июнь-сентябрь)	
Год	июнь-сентябрь
1974	62,7
1975	–
1976	–
1977	56,7
1978	59,1
1979	70,1
1980	44,1
1981	63,0
1982	115,1
1983	65,7
1984	58,9
1985	60,7
1986	19,2
1987	50,2
1988	44,8
1989	60,1
1990	23,3
1991	54,1
1992	86,7
1993	56,6
1994	56,5
1995	129,5
1996	31,6
1997	127,5
1998	22,9

Продолжение таблицы 4.4

Сумма скорректированных смешанных и жидких осадков за теплый период года (июнь-сентябрь)	
Год	июнь-сентябрь
1999	119,2
2000	51,3
2001	71,1
2002	51,1
2003	129,4
2004	33,7
2005	129,4
2006	61,2
2007	111,6
2008	76,7
2009	67,3
2010	51,5
2011	107,2

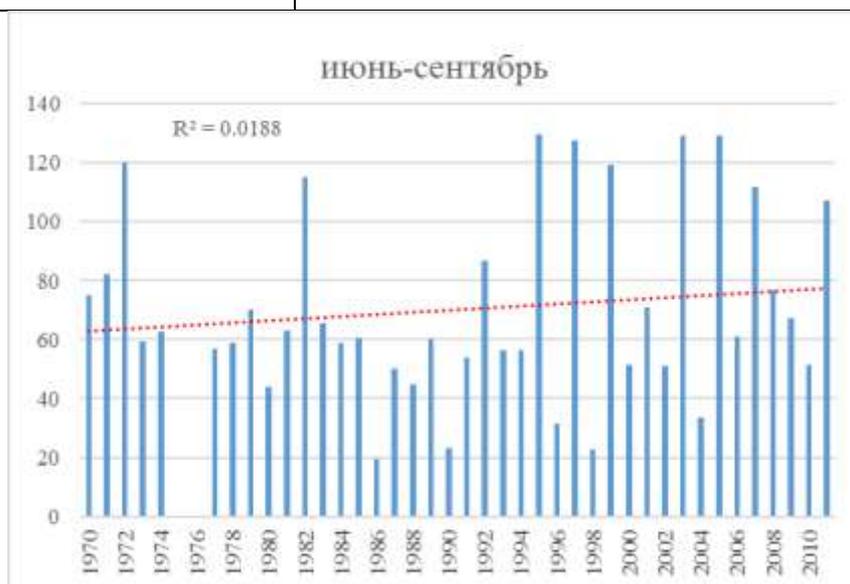


Рисунок 4.8 – Тенденция ряда суммы скорректированных смешанных и жидких осадков за теплый период года (июнь-сентябрь)

Таблица 4.5 – Оценка значимости тренда

Месяц	n	R^2	σ_R	$t_{2\alpha}$	R	R/σ_R	$R/\sigma_R > t_{2\alpha}$
июнь-сентябрь	40	0,0188	0,161	2,02	0,14	0,85	не значим

Ряд наблюдений за осадками за 1970 – 2020 гг. не показал статистически значимого тренда, из чего можно сделать вывод о незначительном увеличении осадков за рассматриваемый период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученная значимая невязка водного баланса обусловлена, в первую очередь, недоучетом аккумуляционных элементов водного баланса, таких, как, в первую очередь, баланс массы ледников и снежников, расположенных в истоке рек и ее притоков (по р. Мушетова площадь оледенения водосбора составляет 17,8 %, по р. Гремящая – 22,4%), а также изменений запасов влаги в верхнем слое почвогрунтов до горизонта оттаивания вечной мерзлоты. Эти элементы водного баланса в данном случае входят в невязку ΔR и могут играть существенную роль при составлении детальных водных балансов по развернутому уравнению, предложенному в работе.

В условиях отсутствия значимых трендов по осадкам и малой выборки по стоку, данные по температуре воздуха становятся единственным надежным показателем климатических изменений.

Несмотря на то, что температура воздуха не является прямым элементом водного баланса, на основе представленных выше зависимостей можно сделать вывод, что температурный режим теплого периода является основным климатическим фактором, влияющим на изменения элементов водного баланса.

В результате проведенного исследования были установлены основные гидрометеорологические тенденции:

- 1) Статистически значимое повышение среднемесячных температур в июне, августе и сентябре за период 1970 – 2020 годов;
- 2) Значимых изменений в количестве атмосферных осадков не обнаружено, но отмечен рост доли жидких осадков;
- 3) На данный момент составление долгосрочных выводов о стоке невозможно. Рассматриваемый ряд длиной всего 7 лет идет на увеличение, но

для достоверной оценки требуются более длинные ряды. В перспективе рассмотрение ряда стока от 10 лет (наблюдения на ГМО СП «Мыс Баранова» ведутся до сих пор).

Проведенное исследование позволило выявить проблемы недостаточной освещенности наблюдениями Арктических регионов, подтвердило необходимость пересмотра традиционных подходов к оценке водного баланса в быстроменяющихся климатических условиях Арктики и организации сети специальных гидрологических (воднобалансовых) наблюдений.

Установленное потепление теплого периода – ключевой фактор трансформации гидрологического режима водотоков Северной Земли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Архипелаг Северная Земля оледенение, история развития природной среды. – Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1995. – С. 10-29
2. Воднобалансовые экспедиционные исследования: задачи, организация и методика исследования / В. Е. Водогрецкий, О. И. Крестовский. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1975.
3. Геоинформационная система "Карта 2011". Комплекс гидрологических задач: руководство пользователя. Версия 4.1. – Ногинск: Панорама, 1991-2013. – [Электронный ресурс]. – URL: www.gisinfo.ru (дата обращения: 07.11.2024)
4. ГИС "Панорама" ПАРБ.00046-03 98 03 ЛУ: программное изделие. Прикладные задачи. Расчеты по карте. Версия 14. – Ногинск: Панорама, 2020. – 60 с. – [Электронный ресурс]. – URL: www.gisinfo.ru (дата обращения: 07.11.2024)
5. Гляциологические исследования в полярных странах / под ред. канд. геогр. наук Л. С. Говорухи и Ю. А. Кручинина. – Т.294. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1970.
6. Институт ААНИИ. Арктический и антарктический научно-исследовательский институт. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.aari.ru/about> (дата обращения: 26.05.2025)
7. Исследование природной среды высокоширотной Арктики на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» / под общей ред. д-ра физ.-мат. наук А. П. Макштаса и В. Т. Соколова. – Санкт-Петербург: ААНИИ, 2021.
8. Исследования ледникового покрова и перигляциала Северной Земли / под ред. д-ра геогр. наук Е. С. Короткевича, канд. геогр. наук И. В. Семенова, канд. геогр. наук Л. С. Говорухи. – Т.367. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1981.

9. Каталог ледников СССР. – Т.16: Ангаро-Енисейский район. Вып.1. Енисей. – 1980. – С. 6-10.
10. Комплекс программных средств обработки, накопления, обобщения и подготовки к распространению результатов наблюдений на сети гидрологических станций и постов Росгидромета, расположенных на реках и каналах: руководство пользователя. – 2016.
11. Ландшафтно-гидрологический анализ территории / под ред. канд. геогр. наук А. Н. Антипов, Л. М. Коротный. – Новосибирск: “Наука” Сибирское отделение, 1992.
12. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы / Б. П. Ткачев, В. И. Булатов. – Новосибирск. 2002. – 39 с.
13. Методические указания Управлениям Гидрометслужбы № 89: составление водных балансов речных бассейнов / А. П. Бочков, В. И. Бабкин. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. — 96 с.
14. Методические указания управлениям гидрометслужбы №89: составление Водных балансов речных бассейнов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1974.
15. Методы изучения и расчета водного баланса. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1981.
16. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Составление и подготовка к печати гидрологического ежегодника. – Вып.6. Ч. 3. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1958. С. 163-176.
17. Научно-технический информационный отчет Высокоширотной Североземельской гляциологической экспедиции (эксп. А-162): труды ААНИИ. – 1977-1978гг. – С.120-127.
18. Научно-технический информационный отчет Североземельской гляциологической экспедиции (эксп. А-162): труды ААНИИ. – 1979-1980гг. – С. 6-7.

19. Научно-технический информационный отчет Североземельской гляциогеографической экспедиции (эксп. А-162): труды ААНИИ. – 1975г. – 35 с.
20. Определение гидрографических характеристик картографическим способом. Р 52.08.874-2018. – Санкт-Петербург. 2018. – 172 с.
21. Природные комплексы Арктики и вопросы их охраны / под ред. д-ра геогр. наук Е. С. Короткевича, д-ра биол. наук С. М. Успенского. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – С. 39-40.
22. Рабочая программа курса повышения квалификации: автоматизация сбора, контроля и обработки данных гидрологических наблюдений системой «Реки-Режим». Ведение и использование электронных архивов обобщенных гидрологических характеристик по рекам и каналам. –2018. – [Электронный ресурс]. – URL: http://ipk.meteorf.ru/sveden/files/dpo_programs/2.2.1.01.pdf (дата обращения: 11.02.2025)
23. РД 52.19.857 – 2016: подготовка и занесение гидрологической информации по рекам и каналам на технический носитель. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ–МЦД», 2016.
24. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. – Т.16: Ангара-Енисейский район. Вып.1. Енисей / Краснояр. упр. гидрометеорол. службы. – 1967.
25. Таймыро-Североземельская область. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. – С. 260-265

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Годовой ход уровней и расходов воды, полученные с использованием различных методов для р. Мушкетова за 2015 – 2020 г.

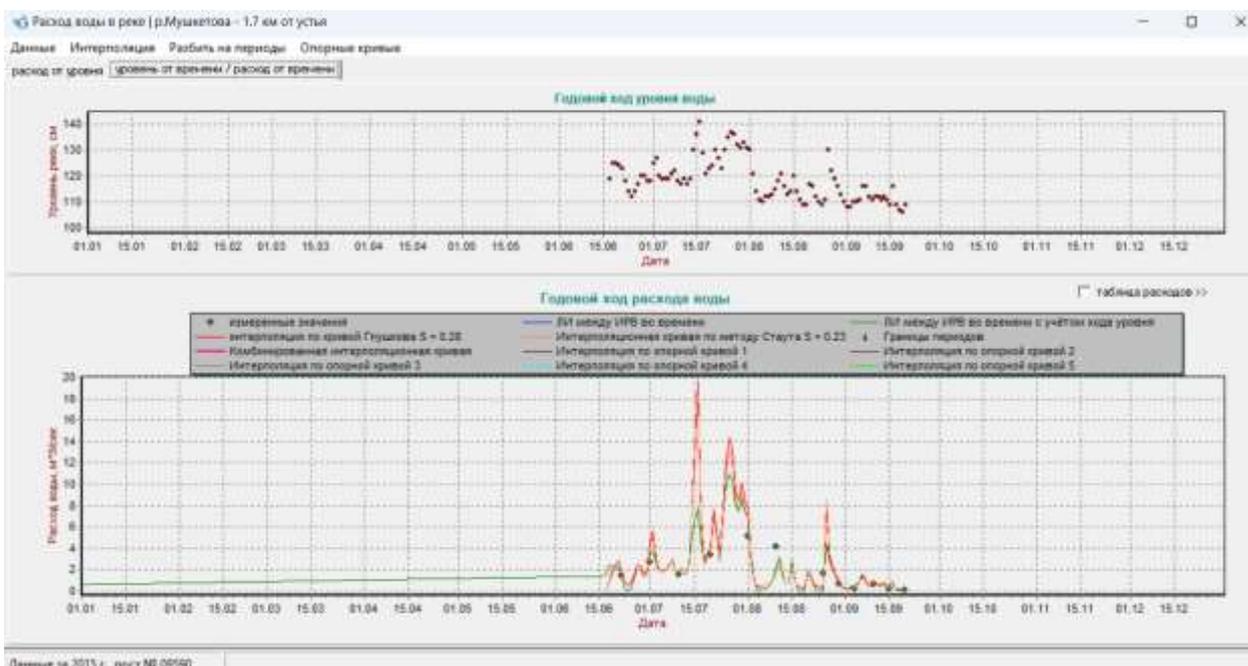


Рисунок А.1 – Годовой ход уровней и расходов воды, полученные с использованием различных методов для р. Мушкетова за 2015 г.

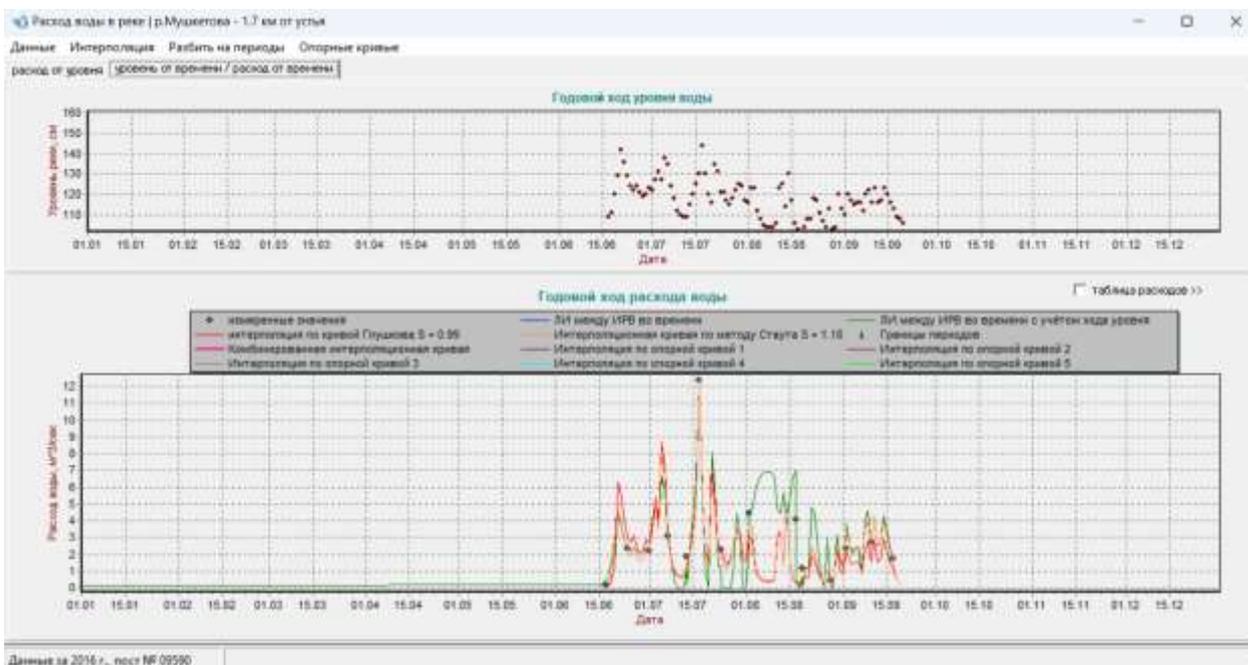


Рисунок А.2 – Годовой ход уровней и расходов воды, полученные с использованием различных методов для р. Мушкетова за 2016 г.

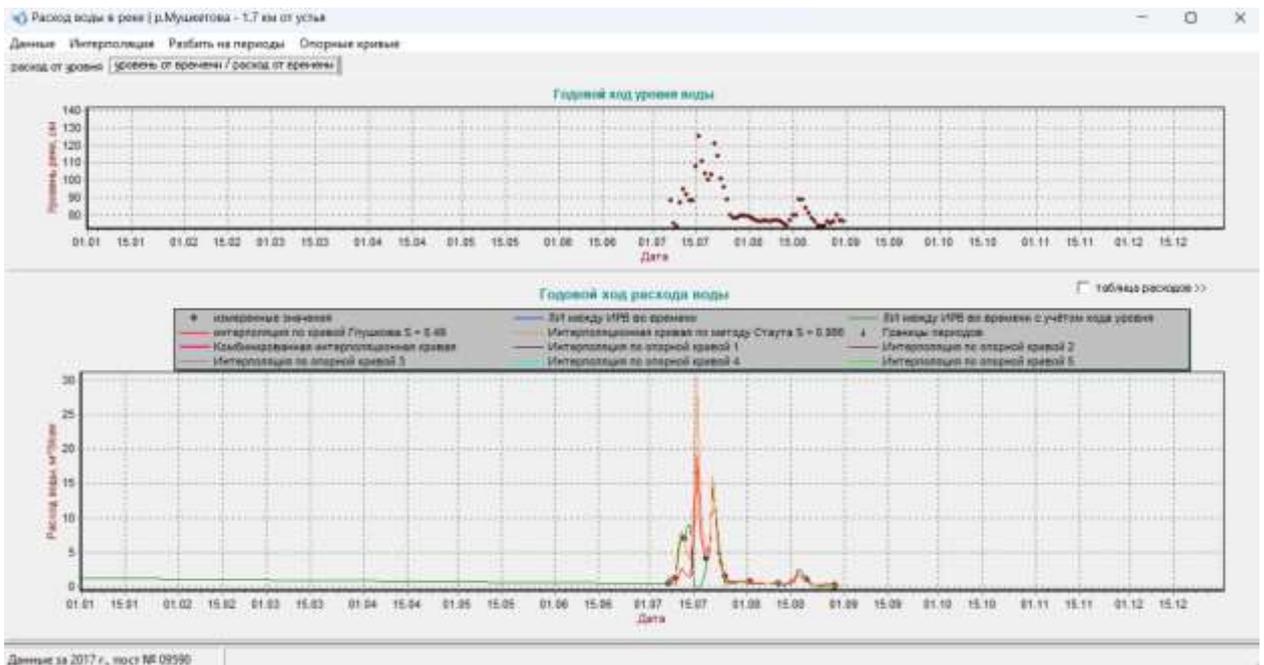


Рисунок А.3 – Годовой ход уровней и расходов воды, полученные с использованием различных методов для р. Мушкетова за 2017 г.



Рисунок А.4 – Годовой ход уровней и расходов воды, полученные с использованием различных методов для р. Мушкетова за 2018 г.

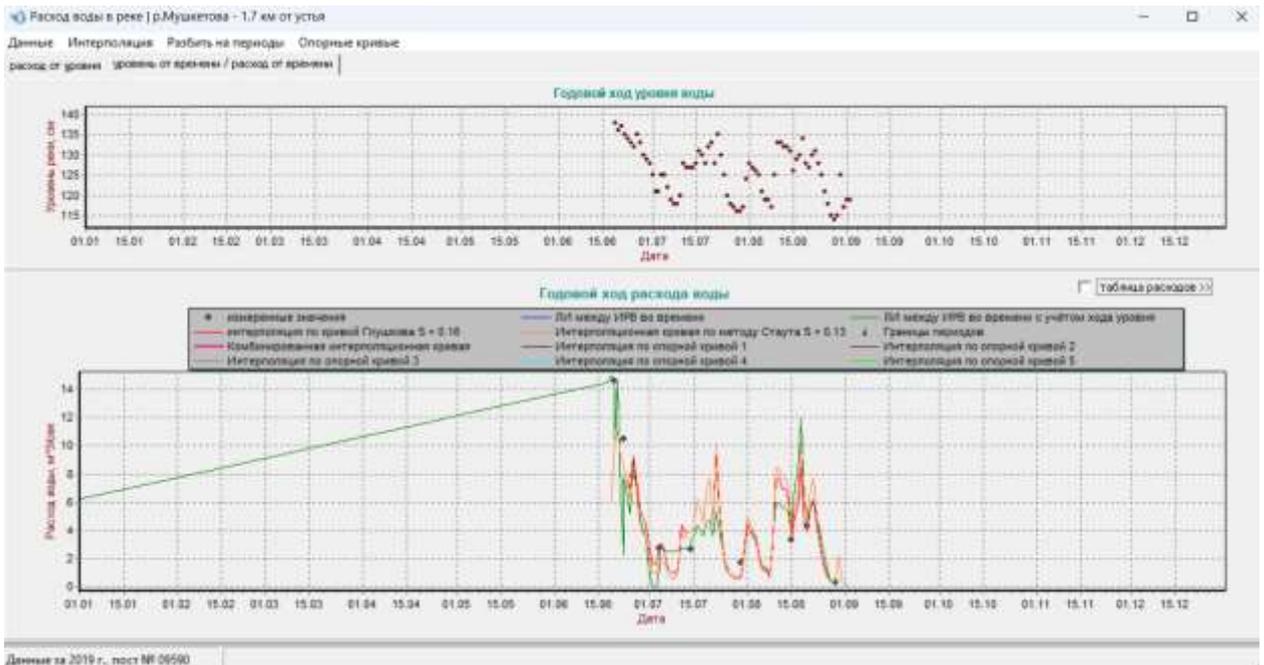


Рисунок А.9 – Годовой ход уровней и расходов воды, полученные с использованием различных методов для р. Мушкетова за 2019 г.

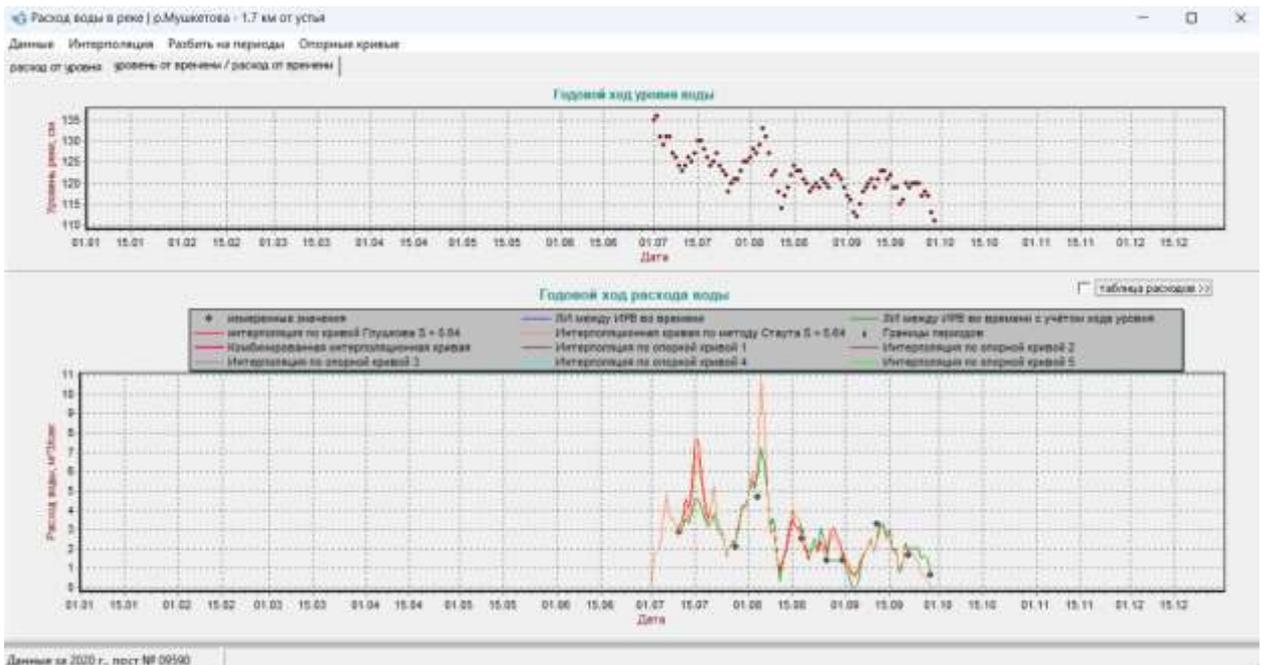


Рисунок А.10 – Годовой ход уровней и расходов воды, полученные с использованием различных методов для р. Мушкетова за 2020 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Ежедневные уровни и расходы воды, полученные расчетом по методу Стаута для р. Мушкетова за 2015 – 2020 года

Таблица Б.1 – Ежедневные уровни и расходы воды, полученные расчетом по методу Стаута для р. Мушкетова за 2015 г.

Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав-густ	сентябрь	июнь	июль	ав-густ	сентябрь
1		125	130	108		4,01	6,98	0,28
2		127	121	108		5,06	2,38	0,21
3		120	114	110		2,06	0,73	0,37
4		119	111	110		1,77	0,37	0,37
5		119	110	111		1,77	0,28	0,47
6		119	112	116		2,06	0,59	1,51
7		121	112	116		2,73	0,59	1,51
8		122	113	112		3,12	0,73	0,73
9		118	115	111		1,77	1,07	0,73
10		117	118	112		1,51	1,77	0,89
11		119	121	112		2,06	2,73	0,89
12		117	116	111		1,51	1,27	0,59
13		119	113	112		2,06	0,73	0,73
14		130	114	111		7,71	0,89	0,47
15		136	120	109		12,2	2,38	0,28
16		141	114	116		18,3	0,89	1,02
17		129	111	109		6,29	0,47	0,17
18	125	121	109	107	0,8	2,38	0,37	0,044
19	125	123	109	106	1,6	3,12	0,37	0,015
20	124	124	117		2,13	3,55	1,77	
21	123	130	116		2,5	6,98	1,51	

Продолжение таблицы Б.1

Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав-густ	сентябрь	июнь	июль	ав-густ	сентябрь
22	118	127	112		1,51	5,06	0,73	
23	114	123	110		0,73	3,12	0,47	
24	112	130	109		0,47	6,98	0,37	
25	114	135	111		0,73	11,2	0,59	
26	117	137	130		1,27	13,3	8,50	
27	120	136	122		2,06	12,2	3,55	
28	120	132	119		2,06	8,5	2,38	
29	118	131	116		1,51	7,71	1,51	
30	118	133	113		1,51	9,35	0,89	
31		131	110			7,71	0,47	

Таблица Б.2 – Ежедневные уровни и расходы воды, полученные расчетом по методу Стаута для р. Мушкетова за 2016 г.

Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав-густ	сентябрь	июнь	июль	ав-густ	сентябрь
1		122	116	110		2,23	1,85	1,24
2		127	123	120		3,42	3,71	3,42
3		131	123	117		4,67	3,71	2,66
4		127	112	115		3,42	1,24	2,23
5		138	108	116		8,13	0,79	2,44
6		135	105	116		6,67	0,54	2,44
7		124	104	112		2,9	0,48	1,68
8		118	104	120		1,68	0,41	3,42
9		112	104	122		0,89	0,41	4,01

Продолжение таблицы Б.2

Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав-густ	сентябрь	июнь	июль	ав-густ	сентябрь
10		110	106	116		0,70	0,54	2,44
11		109	123	123		0,62	3,15	4,33
12		109	125	116		0,62	3,42	2,44
13		115	114	117		1,24	1,24	2,66
14		120	130	123		2,03	5,03	4,01
15		125	117	120		3,15	1,68	3,15
16		130	106	116		5,03	0,41	2,23
17		144	103	113		12,5	0,26	1,68
18	111	130	101	109	0,051	5,03	0,31	0,53
19	120	120	104	108	0,36	2,03	0,70	0,31
20	129	116	108	106	1,25	1,38	1,00	0,12
21	142	135	108		4,63	6,23	1,00	
22	136	131	118		3,84	4,67	2,44	
23	129	121	117		2,94	1,85	2,03	
24	124	121	111		2,23	1,85	1,11	
25	122	117	107		1,85	1,38	0,62	
26	124	115	104		2,44	1,11	0,36	
27	121	118	113		1,85	1,68	1,11	
28	119	122	103		1,52	2,66	0,26	
29	120	125	104		1,68	3,42	0,36	
30	123	124	120		2,44	3,42	2,44	
31		117	113			2,03	1,52	

Таблица Б.3 – Ежедневные уровни и расходы воды, полученные расчетом по методу Стаута для р. Мушкетова за 2017 г.

Число	Уровень воды, см		Расход воды, м ³ /с	
	июль	август	июль	август
1		79		0,74
2		78		0,74
3		77		0,66
4		76		0,53
5		76		0,53
6		77		0,6
7	88	76	0,43	0,48
8	75	76	0,38	0,48
9	73	77	1,1	0,53
10	87	77	3,9	0,48
11	95	76	7,82	0,43
12	92	75	6,86	0,43
13	88	74	4,51	0,38
14	88	77	3,9	0,6
15	108	80	12,9	0,82
16	125	80	30,6	0,90
17	111	89	12,9	2,06
18	104	89	7,33	2,24
19	100	84	4,85	1,45
20	103	81	5,59	1,21
21	121	78	16,2	0,74
22	114	76	9,48	0,48
23	101	74	3,61	0,3
24	96	73	2,24	0,2
25	89	74	1,1	0,15

Продолжение таблицы Б.3

Число	Уровень воды, см		Расход воды, м ³ /с	
	июль	август	июль	август
26	80	76	0,48	0,15
27	78	75	0,43	0,099
28	78	76	0,48	0,084
29	79	80	0,53	0,11
30	80	77	0,66	0,32
31	79	76	0,66	0,14

Таблица Б.4 – Ежедневные уровни и расходы воды, полученные расчетом по методу Стаута для р. Мушкетова за 2018 г.

Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав- густ	сентябрь	июнь	июль	ав- густ	сентябрь
1		122	114	110		4,57	1,50	0,42
2		118	116	107		2,87	1,96	0,22
3		114	113	102		1,72	1,3	0,069
4		112	116	103		1,3	1,96	0,062
5		108	119	100		0,72	2,87	0,021
6		107	123	100		0,61	4,57	0,01
7		112	123			1,3	4,57	
8		118	120			2,87	3,24	
9		125	121			6,33	3,64	
10		125	120			6,33	2,87	
11		120	120			3,64	2,87	
12		115	118			1,96	2,23	
13		112	122			1,3	3,64	
14		110	120			0,97	2,87	

Продолжение таблицы Б.4

Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав-густ	сентябрь	июнь	июль	ав-густ	сентябрь
15		108	119			0,72	2,54	
16	127	105	115		1,76	0,36	1,50	
17	133	105	111		6,3	0,36	0,97	
18	126	108	111		4,75	0,61	0,97	
19	126	114	110		6,33	1,5	0,84	
20	123	111	113		4,57	0,97	1,3	
21	118	109	119		2,54	0,72	2,87	
22	122	107	123		4,09	0,52	4,57	
23	127	105	122		7,02	0,36	4,57	
24	124	112	119		5,11	1,13	3,24	
25	121	121	123		3,64	3,64	5,11	
26	127	120	122		7,77	3,24	4,57	
27	126	119	121		7,02	2,87	3,35	
28	125	118	114		6,33	2,54	1,25	
29	126	114	111		7,02	1,5	0,73	
30	129	115	107		9,47	1,72	0,35	
31		114	105			1,5	0,21	

Таблица Б.5 – Ежедневные уровни и расходы воды, полученные расчетом по методу Стаута для р. Мушкетова за 2019 г.

Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав-густ	сентябрь	июнь	июль	ав-густ	сентябрь
1		125	128	119		2,26	4,97	0,29
2		121	127			0,95	4,41	

Продолжение таблицы Б.5

Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав- густ	сентябрь	июнь	июль	ав- густ	сентябрь
3		121	126			0,95	3,9	
4		125	125			1,93	3,43	
5		125	121			1,93	1,93	
6		122	119			1,38	1,38	
7		119	119			0,77	1,38	
8		118	117			0,62	0,95	
9		118	125			0,62	3,43	
10		120	133			1,15	8,43	
11		128	133			3,9	8,43	
12		127	132			3,43	7,64	
13		127	132			3,9	7,64	
14		127	131			3,9	6,9	
15		128	126			4,41	3,9	
16		131	129			6,21	5,57	
17		130	130			5,57	6,21	
18		128	134			4,41	10,2	
19	138	132	128		6,1	6,9	5,57	
20	136	135	127		10,2	7,64	4,97	
21	137	128	130		11,1	4,41	6,9	
22	135	135	131		9,28	10,2	7,64	
23	134	130	128		8,43	6,21	4,97	
24	133	125	125		7,64	3,43	3,43	
25	132	120	121		6,21	1,64	1,93	
26	135	118	118		8,43	1,15	1,15	
27	133	117	115		6,9	0,95	0,48	

Продолжение таблицы Б.5

Число	Уровень воды, см				Расход воды, м ³ /с			
	июнь	июль	ав-густ	сентябрь	июнь	июль	ав-густ	сентябрь
28	130	116	114		4,41	0,77	0,37	
29	129	116	115		3,9	0,77	0,48	
30	128	117	125		3,43	0,95	2,25	
31		124	117			3,00	0,39	

Таблица Б.6 – Ежедневные уровни и расходы воды, полученные расчетом по методу Стаута для р. Мушкетова за 2020 г.

Число	Уровень воды, см			Расход воды, м ³ /с		
	июль	август	сентябрь	июль	август	сентябрь
1		126	117		4,64	1,19
2	136	128	116	1,72	5,97	1,03
3	131	127	113	1,9	5,27	0,65
4	129	129	112	2,23	6,76	0,56
5	131	133	115	3,8	10,9	0,88
6	131	131	118	4,83	8,63	1,58
7	127	127	119	3,53	5,27	1,82
8	126	122	120	3,62	2,75	2,09
9	124	123	121	3,19	3,14	2,4
10	123	118	119	2,75	1,58	1,82
11	124	114	121	3,14	1,03	2,4
12	126	117	123	4,08	1,58	3,14
13	125	119	123	3,58	2,09	3,14
14	127	122	121	4,64	3,14	2,4
15	130	124	122	6,76	4,08	2,75
16	130	123	119	6,76	3,58	1,82

Продолжение таблицы Б.6

Число	Уровень воды, см			Расход воды, м ³ /с		
	июль	август	сентябрь	июль	август	сентябрь
17	128	123	119	5,27	3,58	1,82
18	126	121	115	4,08	2,75	1,03
19	124	120	116	3,14	2,4	1,19
20	125	118	120	4,08	1,82	2,09
21	127	119	119	5,27	1,82	1,82
22	124	120	120	3,58	2,09	1,84
23	123	119	120	3,14	1,82	1,57
24	122	121	120	2,75	2,09	1,32
25	118	120	117	1,58	1,82	0,69
26	120	119	118	2,09	1,58	0,6
27	121	122	117	2,4	2,4	0,34
28	121	123	113	2,4	2,75	0,095
29	123	122		3,14	2,4	
30	125	121		4,08	2,09	
31	125	119		4,08	1,58	

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Комплексные графики гидрологических наблюдений для р. Мушкетова за 2015 – 2020 года

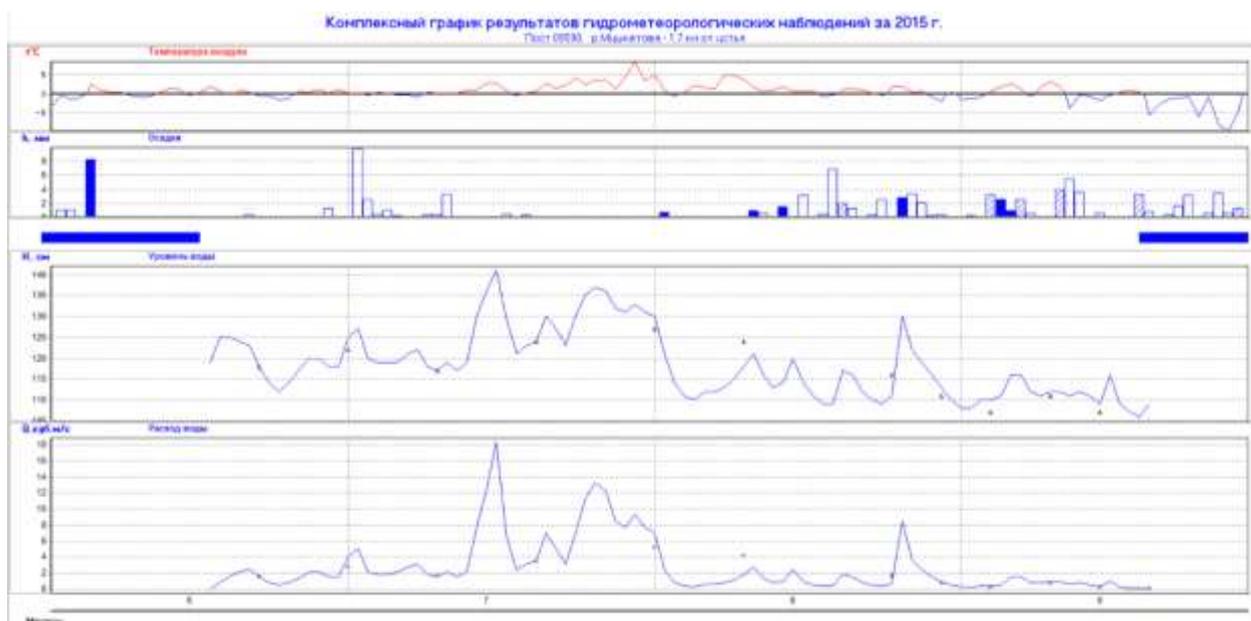
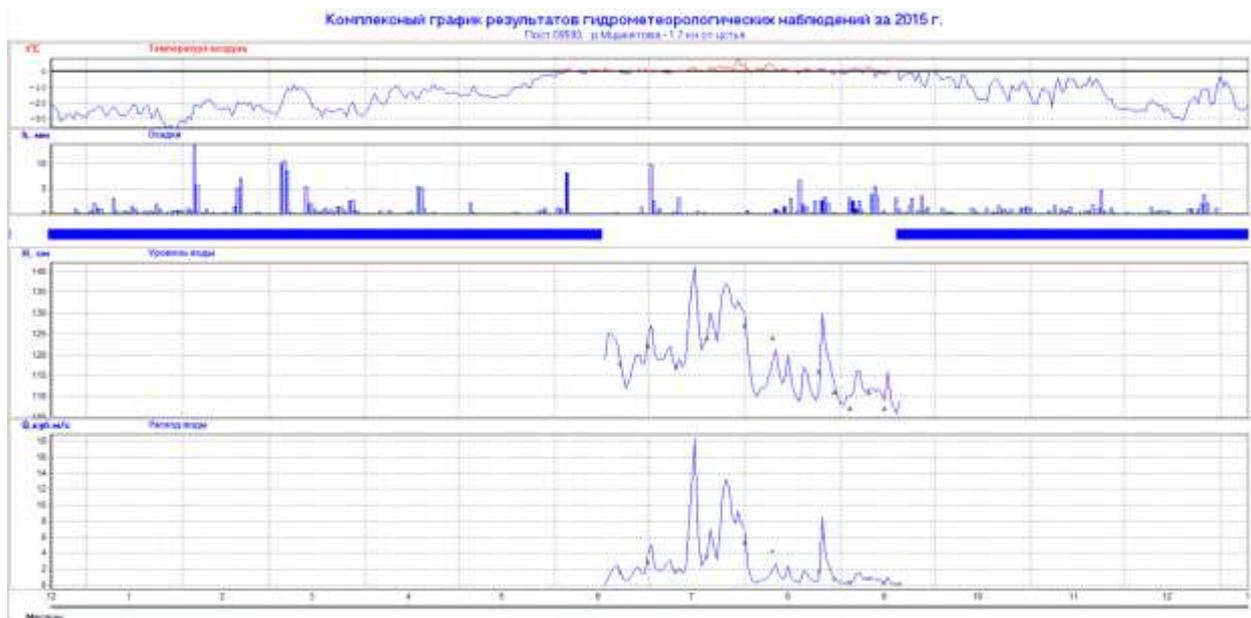


Рисунок В.1 – Комплексный график для р. Мушкетова за 2015 г.

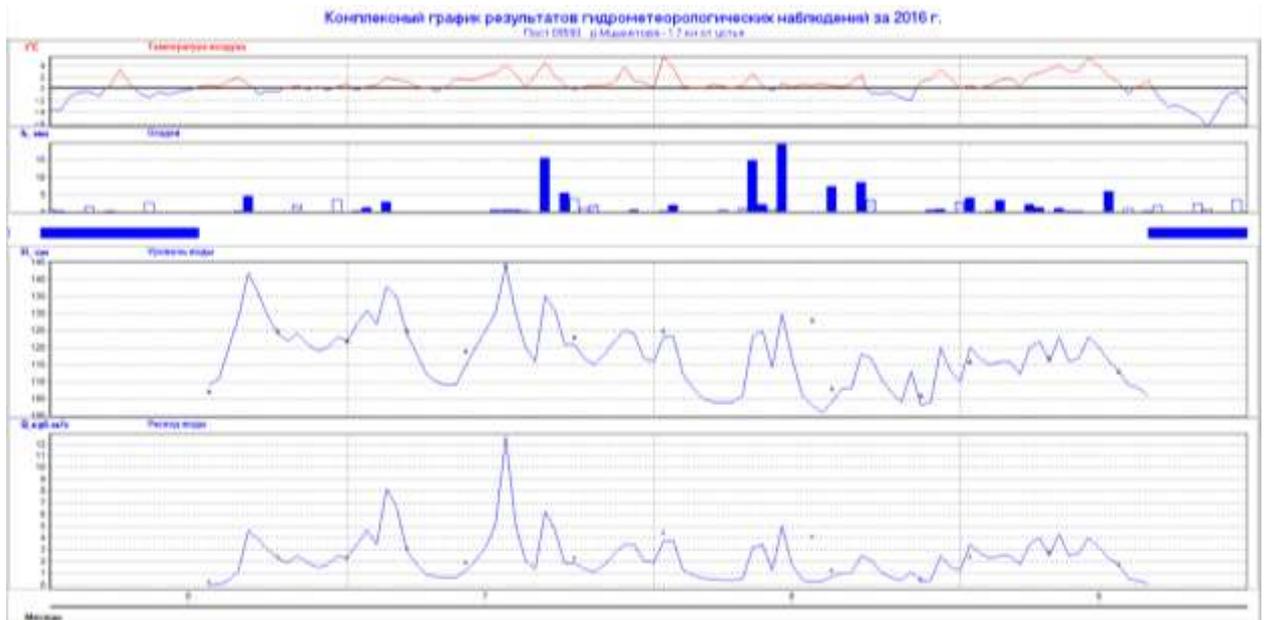
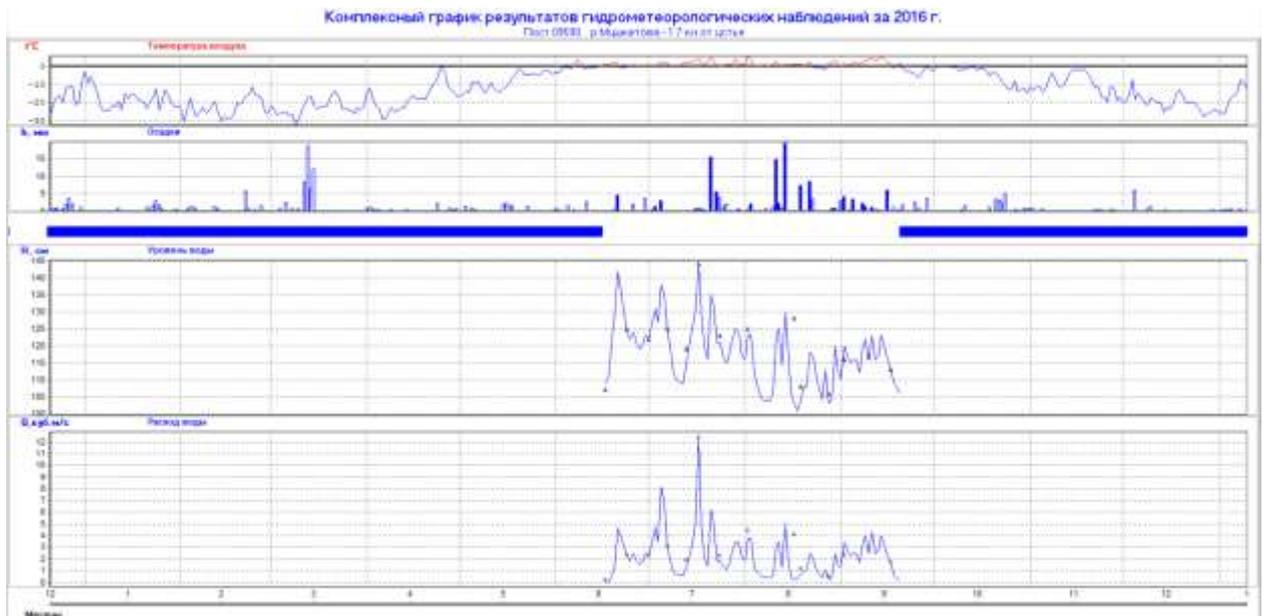


Рисунок В.2 – Комплексный график для р. Мушкетова за 2016 г.

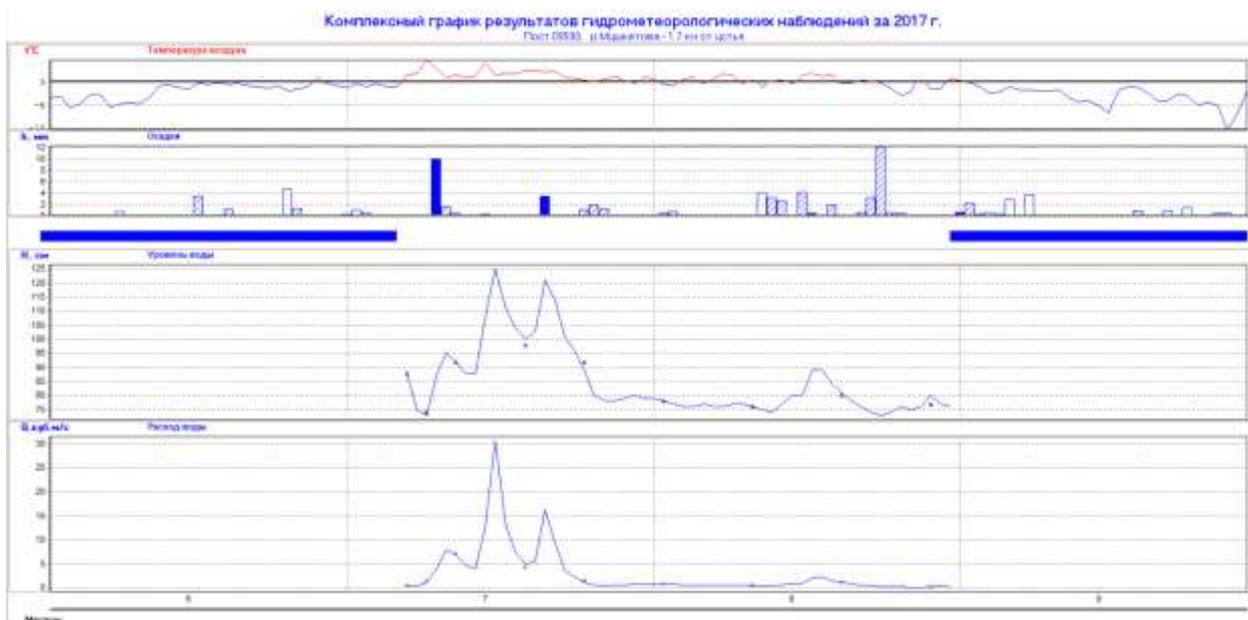
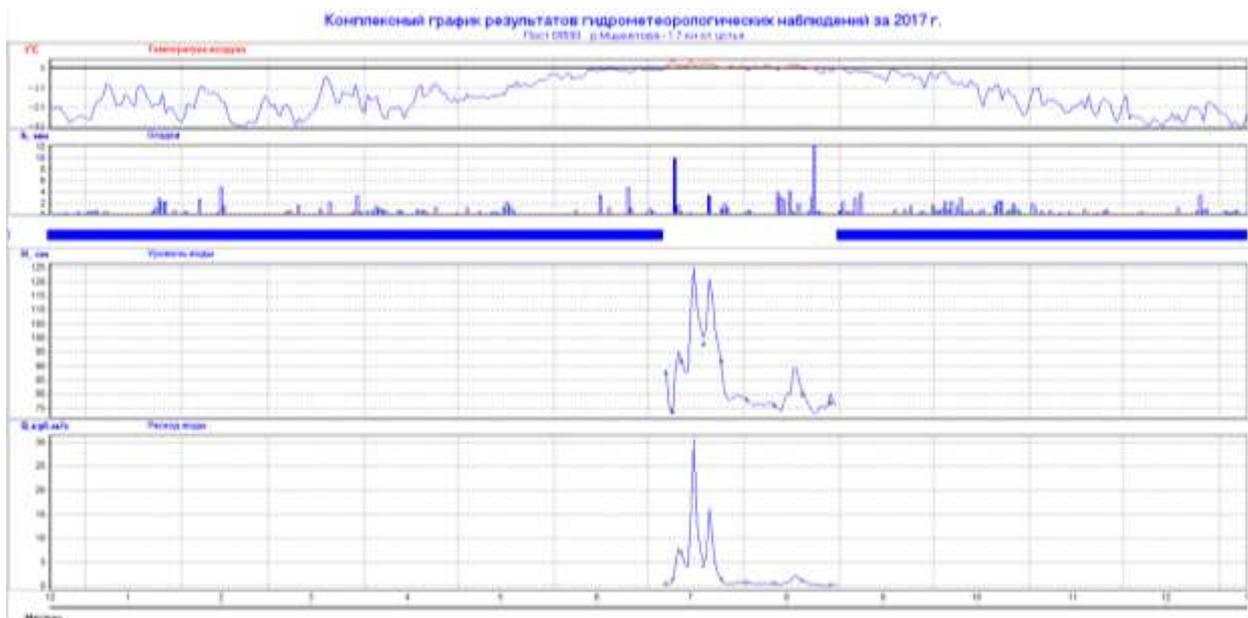


Рисунок В.3 – Комплексный график для р. Мушкетова за 2017 г.

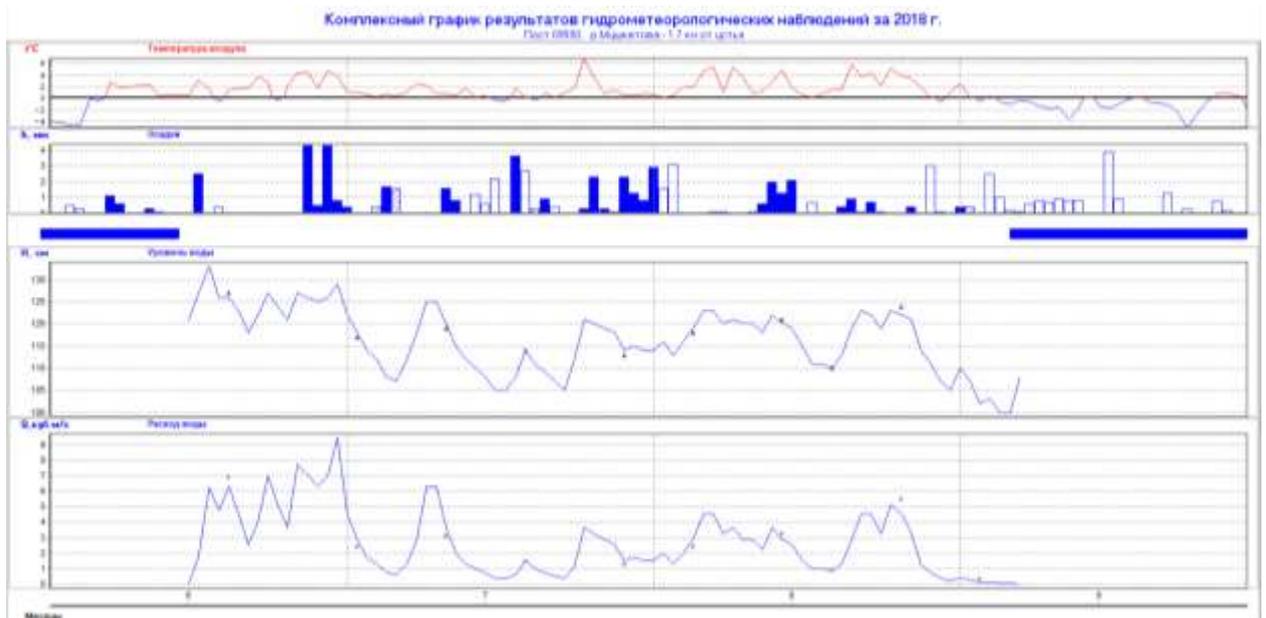
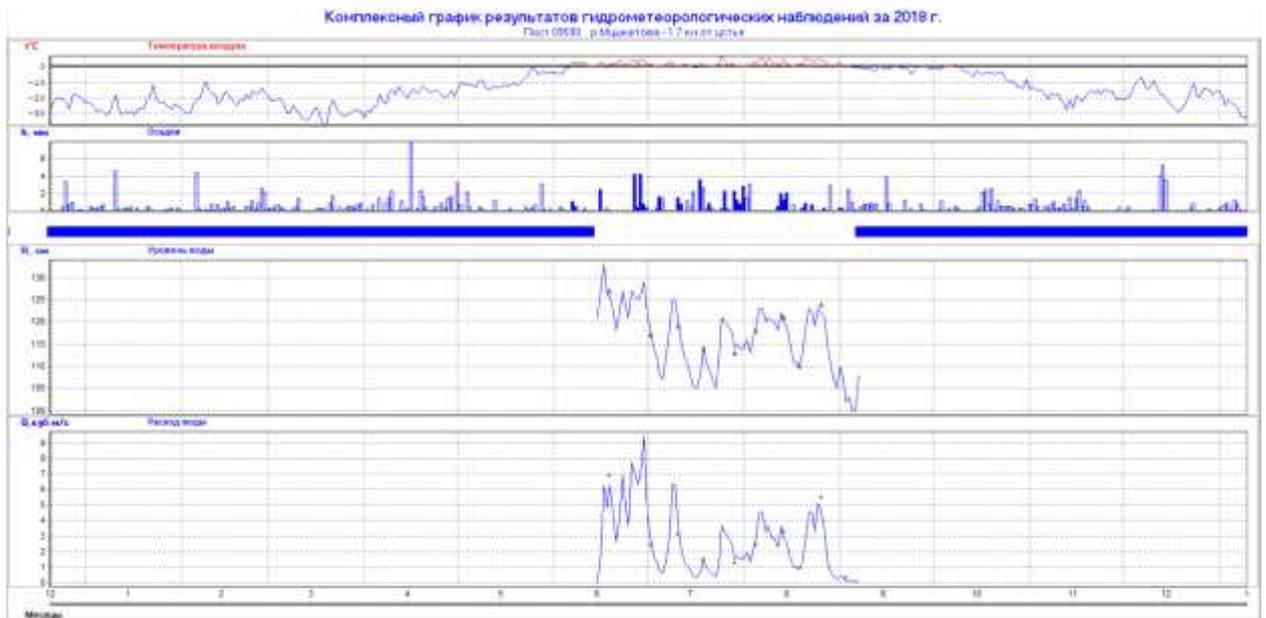


Рисунок В.4 – Комплексный график для р. Мушкетова за 2018 г.

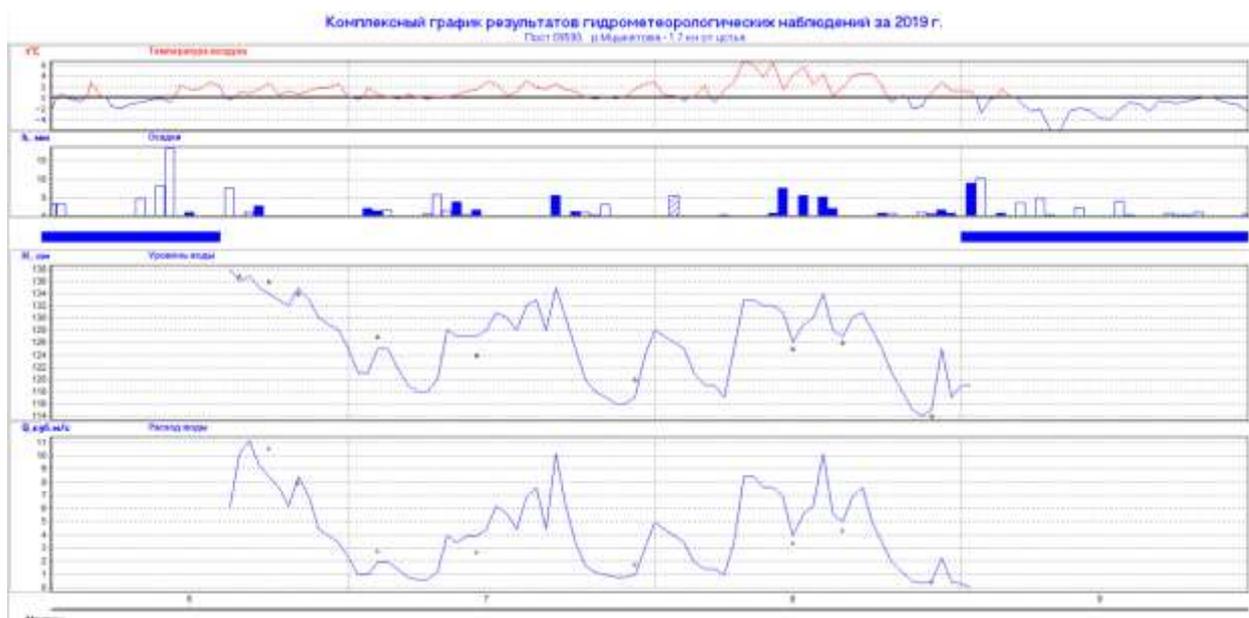
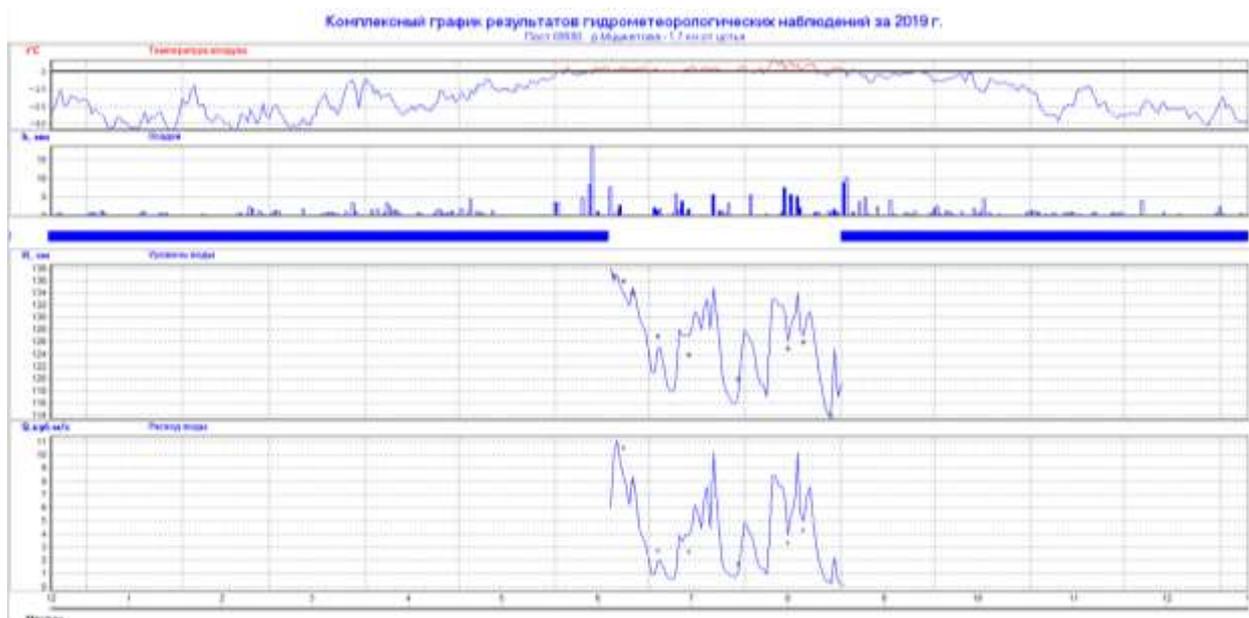


Рисунок В.5 – Комплексный график для р. Мушкетова за 2019 г.

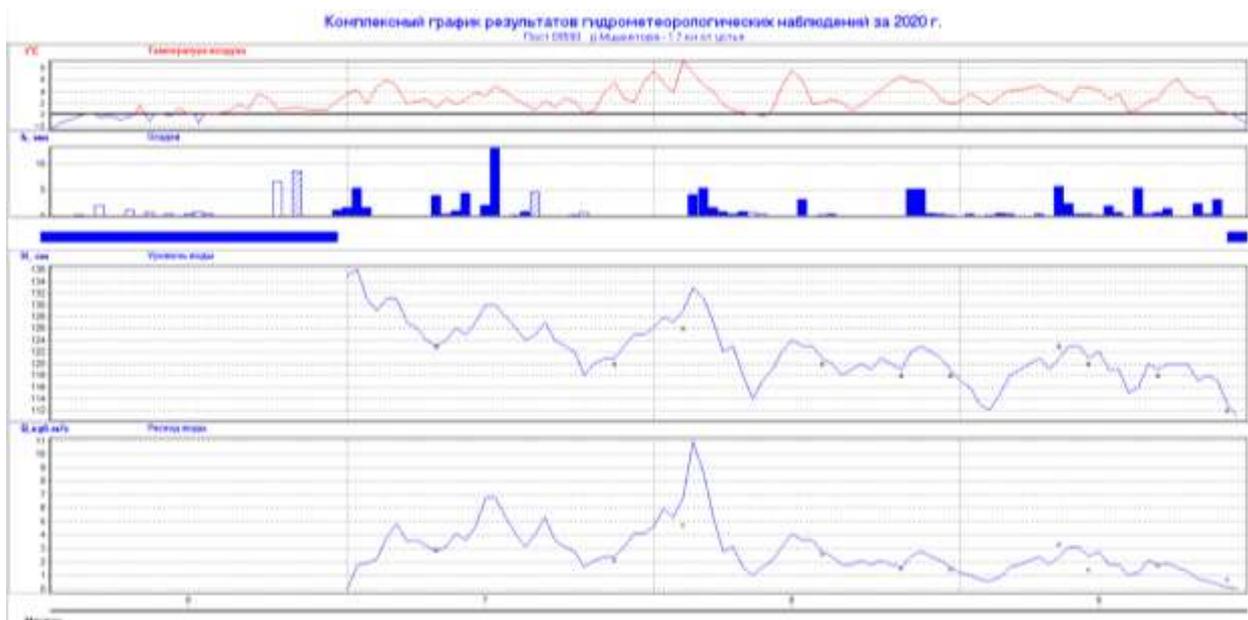
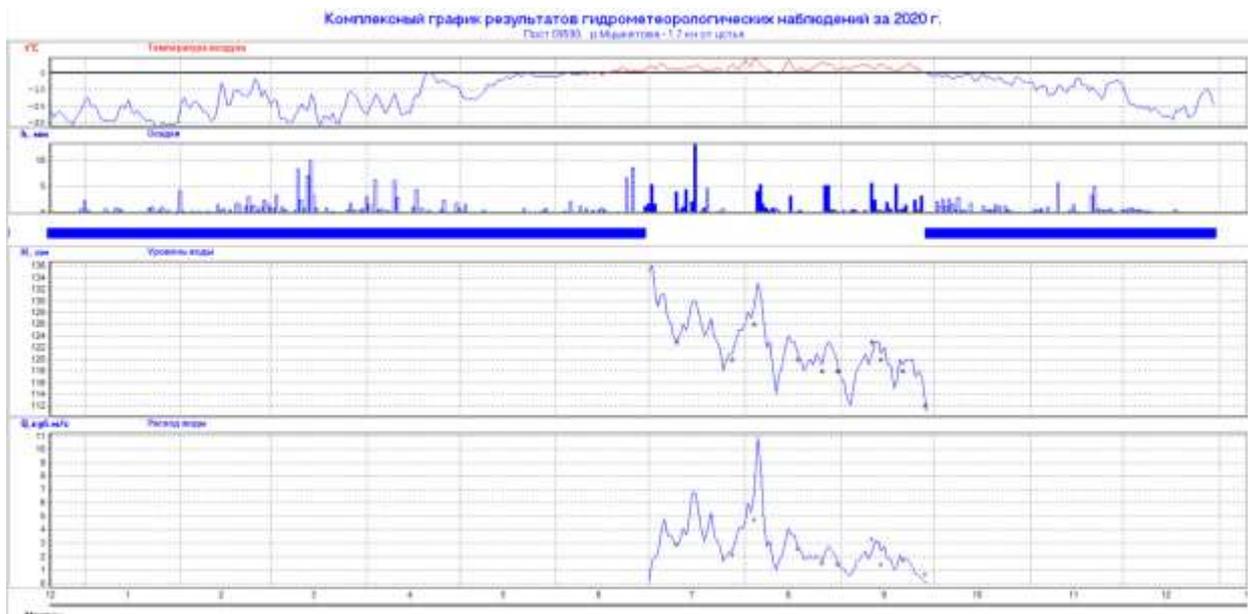


Рисунок В.5 – Комплексный график для р. Мушкетова за 2020 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Результаты расчета стока для р. Мушкетова за 2015 – 2020 года

Таблица Г.1 – Результаты расчета стока для р. Мушкетова за 2015 г.

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
18.06.2015	0,80	69120	0,00006912	1,31
19.06.2015	1,6	138240	0,00013824	2,61
20.06.2015	2,13	184032	0,000184032	3,48
21.06.2015	2,5	216000	0,000216	4,08
22.06.2015	1,51	130464	0,000130464	2,47
23.06.2015	0,73	63072	0,000063072	1,19
24.06.2015	0,47	40608	0,000040608	0,77
25.06.2015	0,73	63072	0,000063072	1,19
26.06.2015	1,27	109728	0,000109728	2,07
27.06.2015	2,06	177984	0,000177984	3,36
28.06.2015	2,06	177984	0,000177984	3,36
29.06.2015	1,51	130464	0,000130464	2,47
30.06.2015	1,51	130464	0,000130464	2,47
01.07.2015	4,01	346464	0,000346464	6,55
02.07.2015	5,06	437184	0,000437184	8,26
03.07.2015	2,06	177984	0,000177984	3,36
04.07.2015	1,77	152928	0,000152928	2,89
05.07.2015	1,77	152928	0,000152928	2,89
06.07.2015	2,06	177984	0,000177984	3,36
07.07.2015	2,73	235872	0,000235872	4,46
08.07.2015	3,12	269568	0,000269568	5,10
09.07.2015	1,77	152928	0,000152928	2,89
10.07.2015	1,51	130464	0,000130464	2,47
11.07.2015	2,06	177984	0,000177984	3,36

Продолжение таблицы Г.1

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
12.07.2015	1,51	130464	0,000130464	2,47
13.07.2015	2,06	177984	0,000177984	3,36
14.07.2015	7,71	666144	0,000666144	12,59
15.07.2015	12,20	1054080	0,00105408	19,93
16.07.2015	18,30	1581120	0,00158112	29,89
17.07.2015	6,29	543456	0,000543456	10,27
18.07.2015	2,38	205632	0,000205632	3,89
19.07.2015	3,12	269568	0,000269568	5,10
20.07.2015	3,55	306720	0,00030672	5,80
21.07.2015	6,98	603072	0,000603072	11,40
22.07.2015	5,06	437184	0,000437184	8,26
23.07.2015	3,12	269568	0,000269568	5,10
24.07.2015	6,98	603072	0,000603072	11,40
25.07.2015	11,20	967680	0,00096768	18,29
26.07.2015	13,30	1149120	0,00114912	21,72
27.07.2015	12,20	1054080	0,00105408	19,93
28.07.2015	8,50	734400	0,0007344	13,88
29.07.2015	7,71	666144	0,000666144	12,59
30.07.2015	9,35	807840	0,00080784	15,27
31.07.2015	7,71	666144	0,000666144	12,59
01.08.2015	6,98	603072	0,000603072	11,40
02.08.2015	2,38	205632	0,000205632	3,89
03.08.2015	0,73	63072	0,000063072	1,19
04.08.2015	0,37	31968	0,000031968	0,60
05.08.2015	0,28	24192	0,000024192	0,46
06.08.2015	0,59	50976	0,000050976	0,96

Продолжение таблицы Г.1

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
07.08.2015	0,59	50976	0,000050976	0,96
08.08.2015	0,73	63072	0,000063072	1,19
09.08.2015	1,07	92448	0,000092448	1,75
10.08.2015	1,77	152928	0,000152928	2,89
11.08.2015	2,73	235872	0,000235872	4,46
12.08.2015	1,27	109728	0,000109728	2,07
13.08.2015	0,73	63072	0,000063072	1,19
14.08.2015	0,89	76896	0,000076896	1,45
15.08.2015	2,38	205632	0,000205632	3,89
16.08.2015	0,89	76896	0,000076896	1,45
17.08.2015	0,47	40608	0,000040608	0,77
18.08.2015	0,37	31968	0,000031968	0,60
19.08.2015	0,37	31968	0,000031968	0,60
20.08.2015	1,77	152928	0,000152928	2,89
21.08.2015	1,51	130464	0,000130464	2,47
22.08.2015	0,73	63072	0,000063072	1,19
23.08.2015	0,47	40608	0,000040608	0,77
24.08.2015	0,37	31968	0,000031968	0,60
25.08.2015	0,59	50976	0,000050976	0,96
26.08.2015	8,50	734400	0,0007344	13,88
27.08.2015	3,55	306720	0,00030672	5,80
28.08.2015	2,38	205632	0,000205632	3,89
29.08.2015	1,51	130464	0,000130464	2,47
30.08.2015	0,89	76896	0,000076896	1,45
31.08.2015	0,47	40608	0,000040608	0,77
01.09.2015	0,28	24192	0,000024192	0,46

Продолжение таблицы Г.1

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
02.09.2015	0,21	18144	0,000018144	0,34
03.09.2015	0,37	31968	0,000031968	0,60
04.09.2015	0,37	31968	0,000031968	0,60
05.09.2015	0,47	40608	0,000040608	0,77
06.09.2015	1,51	130464	0,000130464	2,47
07.09.2015	1,51	130464	0,000130464	2,47
08.09.2015	0,73	63072	0,000063072	1,19
09.09.2015	0,73	63072	0,000063072	1,19
10.09.2015	0,89	76896	0,000076896	1,45
11.09.2015	0,89	76896	0,000076896	1,45
12.09.2015	0,59	50976	0,000050976	0,96
13.09.2015	0,73	63072	0,000063072	1,19
14.09.2015	0,47	40608	0,000040608	0,77
15.09.2015	0,28	24192	0,000024192	0,46
16.09.2015	1,02	88128	0,000088128	1,67
17.09.2015	0,17	14688	0,000014688	0,28
18.09.2015	0,04	3801,6	3,8016E-06	0,07
19.09.2015	0,02	1296	0,000001296	0,02
Сумма		22087210	0,0221	418

Таблица Г.2 – Результаты расчета стока для р. Мушкетова за 2016 г.

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
18.06.2016	0,05	4406,4	4,4064E-06	0,08
19.06.2016	0,36	31104	0,000031104	0,59
20.06.2016	1,25	108000	0,000108	2,04

Продолжение таблицы Г.2

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
21.06.2016	4,63	400032	0,000400032	7,56
22.06.2016	3,84	331776	0,000331776	6,27
23.06.2016	2,94	254016	0,000254016	4,80
24.06.2016	2,23	192672	0,000192672	3,64
25.06.2016	1,85	159840	0,00015984	3,02
26.06.2016	2,44	210816	0,000210816	3,99
27.06.2016	1,85	159840	0,00015984	3,02
28.06.2016	1,52	131328	0,000131328	2,48
29.06.2016	1,68	145152	0,000145152	2,74
30.06.2016	2,44	210816	0,000210816	3,99
01.07.2016	2,23	192672	0,000192672	3,64
02.07.2016	3,42	295488	0,000295488	5,59
03.07.2016	4,67	403488	0,000403488	7,63
04.07.2016	3,42	295488	0,000295488	5,59
05.07.2016	8,13	702432	0,000702432	13,28
06.07.2016	6,67	576288	0,000576288	10,89
07.07.2016	2,90	250560	0,00025056	4,74
08.07.2016	1,68	145152	0,000145152	2,74
09.07.2016	0,89	76896	0,000076896	1,45
10.07.2016	0,70	60480	0,00006048	1,14
11.07.2016	0,62	53568	0,000053568	1,01
12.07.2016	0,62	53568	0,000053568	1,01
13.07.2016	1,24	107136	0,000107136	2,03
14.07.2016	2,03	175392	0,000175392	3,32
15.07.2016	3,15	272160	0,00027216	5,14
16.07.2016	5,03	434592	0,000434592	8,22

Продолжение таблицы Г.2

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
17.07.2016	12,50	1080000	0,00108	20,42
18.07.2016	5,03	434592	0,000434592	8,22
19.07.2016	2,03	175392	0,000175392	3,32
20.07.2016	1,38	119232	0,000119232	2,25
21.07.2016	6,23	538272	0,000538272	10,18
22.07.2016	4,67	403488	0,000403488	7,63
23.07.2016	1,85	159840	0,00015984	3,02
24.07.2016	1,85	159840	0,00015984	3,02
25.07.2016	1,38	119232	0,000119232	2,25
26.07.2016	1,11	95904	0,000095904	1,81
27.07.2016	1,68	145152	0,000145152	2,74
28.07.2016	2,66	229824	0,000229824	4,34
29.07.2016	3,42	295488	0,000295488	5,59
30.07.2016	3,42	295488	0,000295488	5,59
31.07.2016	2,03	175392	0,000175392	3,32
01.08.2016	1,85	159840	0,00015984	3,02
02.08.2016	3,71	320544	0,000320544	6,06
03.08.2016	3,71	320544	0,000320544	6,06
04.08.2016	1,24	107136	0,000107136	2,03
05.08.2016	0,79	68256	0,000068256	1,29
06.08.2016	0,54	46656	0,000046656	0,88
07.08.2016	0,48	41472	0,000041472	0,78
08.08.2016	0,41	35424	0,000035424	0,67
09.08.2016	0,41	35424	0,000035424	0,67
10.08.2016	0,54	46656	0,000046656	0,88
11.08.2016	3,15	272160	0,00027216	5,14

Продолжение таблицы Г.2

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
12.08.2016	3,42	295488	0,000295488	5,59
13.08.2016	1,24	107136	0,000107136	2,03
14.08.2016	5,03	434592	0,000434592	8,22
15.08.2016	1,68	145152	0,000145152	2,74
16.08.2016	0,41	35424	0,000035424	0,67
17.08.2016	0,26	22464	0,000022464	0,42
18.08.2016	0,31	26784	0,000026784	0,51
19.08.2016	0,70	60480	0,00006048	1,14
20.08.2016	1,00	86400	0,0000864	1,63
21.08.2016	1,00	86400	0,0000864	1,63
22.08.2016	2,44	210816	0,000210816	3,99
23.08.2016	2,03	175392	0,000175392	3,32
24.08.2016	1,11	95904	0,000095904	1,81
25.08.2016	0,62	53568	0,000053568	1,01
26.08.2016	0,36	31104	0,000031104	0,59
27.08.2016	1,11	95904	0,000095904	1,81
28.08.2016	0,26	22464	0,000022464	0,42
29.08.2016	0,36	31104	0,000031104	0,59
30.08.2016	2,44	210816	0,000210816	3,99
31.08.2016	1,52	131328	0,000131328	2,48
01.09.2016	1,24	107136	0,000107136	2,03
02.09.2016	3,42	295488	0,000295488	5,59
03.09.2016	2,66	229824	0,000229824	4,34
04.09.2016	2,23	192672	0,000192672	3,64
05.09.2016	2,44	210816	0,000210816	3,99
06.09.2016	2,44	210816	0,000210816	3,99

Продолжение таблицы Г.2

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
07.09.2016	1,68	145152	0,000145152	2,74
08.09.2016	3,42	295488	0,000295488	5,59
09.09.2016	4,01	346464	0,000346464	6,55
10.09.2016	2,44	210816	0,000210816	3,99
11.09.2016	4,33	374112	0,000374112	7,07
12.09.2016	2,44	210816	0,000210816	3,99
13.09.2016	2,66	229824	0,000229824	4,34
14.09.2016	4,01	346464	0,000346464	6,55
15.09.2016	3,15	272160	0,00027216	5,14
16.09.2016	2,23	192672	0,000192672	3,64
17.09.2016	1,68	145152	0,000145152	2,74
18.09.2016	0,53	45792	0,000045792	0,87
19.09.2016	0,31	26784	0,000026784	0,51
20.09.2016	0,12	10368	0,000010368	0,20
Сумма		18773942	0,0188	355

Таблица Г.3 – Результаты расчета стока для р. Мушкетова за 2017 г.

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
07.07.2017	0,43	37152	0,000037152	0,70
08.07.2017	0,38	32832	0,000032832	0,62
09.07.2017	1,10	95040	0,00009504	1,80
10.07.2017	3,90	336960	0,00033696	6,37
11.07.2017	7,82	675648	0,000675648	12,77
12.07.2017	6,86	592704	0,000592704	11,20
13.07.2017	4,51	389664	0,000389664	7,37

Продолжение таблицы Г.3

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
14.07.2017	3,90	336960	0,00033696	6,37
15.07.2017	12,90	1114560	0,00111456	21,07
16.07.2017	30,60	2643840	0,00264384	49,98
17.07.2017	12,90	1114560	0,00111456	21,07
18.07.2017	7,33	633312	0,000633312	11,97
19.07.2017	4,85	419040	0,00041904	7,92
20.07.2017	5,59	482976	0,000482976	9,13
21.07.2017	16,20	1399680	0,00139968	26,46
22.07.2017	9,48	819072	0,000819072	15,48
23.07.2017	3,61	311904	0,000311904	5,90
24.07.2017	2,24	193536	0,000193536	3,66
25.07.2017	1,10	95040	0,00009504	1,80
26.07.2017	0,48	41472	0,000041472	0,78
27.07.2017	0,43	37152	0,000037152	0,70
28.07.2017	0,48	41472	0,000041472	0,78
29.07.2017	0,53	45792	0,000045792	0,87
30.07.2017	0,66	57024	0,000057024	1,08
31.07.2017	0,66	57024	0,000057024	1,08
01.08.2017	0,74	63936	0,000063936	1,21
02.08.2017	0,74	63936	0,000063936	1,21
03.08.2017	0,66	57024	0,000057024	1,08
04.08.2017	0,53	45792	0,000045792	0,87
05.08.2017	0,53	45792	0,000045792	0,87
06.08.2017	0,60	51840	0,00005184	0,98
07.08.2017	0,48	41472	0,000041472	0,78
08.08.2017	0,48	41472	0,000041472	0,78

Продолжение таблицы Г.3

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
09.08.2017	0,53	45792	0,000045792	0,87
10.08.2017	0,48	41472	0,000041472	0,78
11.08.2017	0,43	37152	0,000037152	0,70
12.08.2017	0,43	37152	0,000037152	0,70
13.08.2017	0,38	32832	0,000032832	0,62
14.08.2017	0,60	51840	0,00005184	0,98
15.08.2017	0,82	70848	0,000070848	1,34
16.08.2017	0,90	77760	0,00007776	1,47
17.08.2017	2,06	177984	0,000177984	3,36
18.08.2017	2,24	193536	0,000193536	3,66
19.08.2017	1,45	125280	0,00012528	2,37
20.08.2017	1,21	104544	0,000104544	1,98
21.08.2017	0,74	63936	0,000063936	1,21
22.08.2017	0,48	41472	0,000041472	0,78
23.08.2017	0,30	25920	0,00002592	0,49
24.08.2017	0,20	17280	0,00001728	0,33
25.08.2017	0,15	12960	0,00001296	0,24
26.08.2017	0,15	12960	0,00001296	0,24
27.08.2017	0,10	8553,6	8,5536E-06	0,16
28.08.2017	0,08	7257,6	7,2576E-06	0,14
29.08.2017	0,11	9504	0,000009504	0,18
30.08.2017	0,32	27648	0,000027648	0,52
31.08.2017	0,14	12096	0,000012096	0,23
Сумма		13651459	0,0137	258

Таблица Г.4 – Результаты расчета стока для р. Мушкетова за 2018 г.

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
16.06.2018	1,76	152064	0,000152064	2,87
17.06.2018	6,30	544320	0,00054432	10,29
18.06.2018	4,75	410400	0,0004104	7,76
19.06.2018	6,33	546912	0,000546912	10,34
20.06.2018	4,57	394848	0,000394848	7,46
21.06.2018	2,54	219456	0,000219456	4,15
22.06.2018	4,09	353376	0,000353376	6,68
23.06.2018	7,02	606528	0,000606528	11,47
24.06.2018	5,11	441504	0,000441504	8,35
25.06.2018	3,64	314496	0,000314496	5,95
26.06.2018	7,77	671328	0,000671328	12,69
27.06.2018	7,02	606528	0,000606528	11,47
28.06.2018	6,33	546912	0,000546912	10,34
29.06.2018	7,02	606528	0,000606528	11,47
30.06.2018	9,47	818208	0,000818208	15,47
01.07.2018	4,57	394848	0,000394848	7,46
02.07.2018	2,87	247968	0,000247968	4,69
03.07.2018	1,72	148608	0,000148608	2,81
04.07.2018	1,30	112320	0,00011232	2,12
05.07.2018	0,72	62208	0,000062208	1,18
06.07.2018	0,61	52704	0,000052704	1,00
07.07.2018	1,30	112320	0,00011232	2,12
08.07.2018	2,87	247968	0,000247968	4,69
09.07.2018	6,33	546912	0,000546912	10,34
10.07.2018	6,33	546912	0,000546912	10,34
11.07.2018	3,64	314496	0,000314496	5,95

Продолжение таблицы Г.4

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
12.07.2018	1,96	169344	0,000169344	3,20
13.07.2018	1,30	112320	0,00011232	2,12
14.07.2018	0,97	83808	0,000083808	1,58
15.07.2018	0,72	62208	0,000062208	1,18
16.07.2018	0,36	31104	0,000031104	0,59
17.07.2018	0,36	31104	0,000031104	0,59
18.07.2018	0,61	52704	0,000052704	1,00
19.07.2018	1,50	129600	0,0001296	2,45
20.07.2018	0,97	83808	0,000083808	1,58
21.07.2018	0,72	62208	0,000062208	1,18
22.07.2018	0,52	44928	0,000044928	0,85
23.07.2018	0,36	31104	0,000031104	0,59
24.07.2018	1,13	97632	0,000097632	1,85
25.07.2018	3,64	314496	0,000314496	5,95
26.07.2018	3,24	279936	0,000279936	5,29
27.07.2018	2,87	247968	0,000247968	4,69
28.07.2018	2,54	219456	0,000219456	4,15
29.07.2018	1,50	129600	0,0001296	2,45
30.07.2018	1,72	148608	0,000148608	2,81
31.07.2018	1,50	129600	0,0001296	2,45
01.08.2018	1,50	129600	0,0001296	2,45
02.08.2018	1,96	169344	0,000169344	3,20
03.08.2018	1,30	112320	0,00011232	2,12
04.08.2018	1,96	169344	0,000169344	3,20
05.08.2018	2,87	247968	0,000247968	4,69
06.08.2018	4,57	394848	0,000394848	7,46

Продолжение таблицы Г.4

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
07.08.2018	4,57	394848	0,000394848	7,46
08.08.2018	3,24	279936	0,000279936	5,29
09.08.2018	3,64	314496	0,000314496	5,95
10.08.2018	2,87	247968	0,000247968	4,69
11.08.2018	2,87	247968	0,000247968	4,69
12.08.2018	2,23	192672	0,000192672	3,64
13.08.2018	3,64	314496	0,000314496	5,95
14.08.2018	2,87	247968	0,000247968	4,69
15.08.2018	2,54	219456	0,000219456	4,15
16.08.2018	1,50	129600	0,0001296	2,45
17.08.2018	0,97	83808	0,000083808	1,58
18.08.2018	0,97	83808	0,000083808	1,58
19.08.2018	0,84	72576	0,000072576	1,37
20.08.2018	1,30	112320	0,00011232	2,12
21.08.2018	2,87	247968	0,000247968	4,69
22.08.2018	4,57	394848	0,000394848	7,46
23.08.2018	4,57	394848	0,000394848	7,46
24.08.2018	3,24	279936	0,000279936	5,29
25.08.2018	5,11	441504	0,000441504	8,35
26.08.2018	4,57	394848	0,000394848	7,46
27.08.2018	3,35	289440	0,00028944	5,47
28.08.2018	1,25	108000	0,000108	2,04
29.08.2018	0,73	63072	0,000063072	1,19
30.08.2018	0,35	30240	0,00003024	0,57
31.08.2018	0,21	18144	0,000018144	0,34
01.09.2018	0,42	36288	0,000036288	0,69

Продолжение таблицы Г.4

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
02.09.2018	0,22	19008	0,000019008	0,36
03.09.2018	0,07	5961,6	5,9616E-06	0,11
04.09.2018	0,06	5356,8	5,3568E-06	0,10
05.09.2018	0,02	1814,4	1,8144E-06	0,03
06.09.2018	0,01	864	0,000000864	0,02
Сумма		19379693	0,0194	366

Таблица Г.5 – Результаты расчета стока для р. Мушкетова за 2019 г.

Дата	Расчетные расходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
19.06.2019	6,10	527040	0,00052704	9,96
20.06.2019	10,20	881280	0,00088128	16,66
21.06.2019	11,10	959040	0,00095904	18,13
22.06.2019	9,28	801792	0,000801792	15,16
23.06.2019	8,43	728352	0,000728352	13,77
24.06.2019	7,64	660096	0,000660096	12,48
25.06.2019	6,21	536544	0,000536544	10,14
26.06.2019	8,43	728352	0,000728352	13,77
27.06.2019	6,90	596160	0,00059616	11,27
28.06.2019	4,41	381024	0,000381024	7,20
29.06.2019	3,90	336960	0,00033696	6,37
30.06.2019	3,43	296352	0,000296352	5,60
01.07.2019	2,26	195264	0,000195264	3,69
02.07.2019	0,95	82080	0,00008208	1,55
03.07.2019	0,95	82080	0,00008208	1,55
04.07.2019	1,93	166752	0,000166752	3,15

Продолжение таблицы Г.5

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
05.07.2019	1,93	166752	0,000166752	3,15
06.07.2019	1,38	119232	0,000119232	2,25
07.07.2019	0,77	66528	0,000066528	1,26
08.07.2019	0,62	53568	0,000053568	1,01
09.07.2019	0,62	53568	0,000053568	1,01
10.07.2019	1,15	99360	0,00009936	1,88
11.07.2019	3,90	336960	0,00033696	6,37
12.07.2019	3,43	296352	0,000296352	5,60
13.07.2019	3,90	336960	0,00033696	6,37
14.07.2019	3,90	336960	0,00033696	6,37
15.07.2019	4,41	381024	0,000381024	7,20
16.07.2019	6,21	536544	0,000536544	10,14
17.07.2019	5,57	481248	0,000481248	9,10
18.07.2019	4,41	381024	0,000381024	7,20
19.07.2019	6,90	596160	0,00059616	11,27
20.07.2019	7,64	660096	0,000660096	12,48
21.07.2019	4,41	381024	0,000381024	7,20
22.07.2019	10,2	881280	0,00088128	16,66
23.07.2019	6,21	536544	0,000536544	10,14
24.07.2019	3,43	296352	0,000296352	5,60
25.07.2019	1,64	141696	0,000141696	2,68
26.07.2019	1,15	99360	0,00009936	1,88
27.07.2019	0,95	82080	0,00008208	1,55
28.07.2019	0,77	66528	0,000066528	1,26
29.07.2019	0,77	66528	0,000066528	1,26
30.07.2019	0,95	82080	0,00008208	1,55

Продолжение таблицы Г.5

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
31.07.2019	3,00	259200	0,0002592	4,90
01.08.2019	4,97	429408	0,000429408	8,12
02.08.2019	4,41	381024	0,000381024	7,20
03.08.2019	3,90	336960	0,00033696	6,37
04.08.2019	3,43	296352	0,000296352	5,60
05.08.2019	1,93	166752	0,000166752	3,15
06.08.2019	1,38	119232	0,000119232	2,25
07.08.2019	1,38	119232	0,000119232	2,25
08.08.2019	0,95	82080	0,00008208	1,55
09.08.2019	3,43	296352	0,000296352	5,60
10.08.2019	8,43	728352	0,000728352	13,77
11.08.2019	8,43	728352	0,000728352	13,77
12.08.2019	7,64	660096	0,000660096	12,48
13.08.2019	7,64	660096	0,000660096	12,48
14.08.2019	6,90	596160	0,00059616	11,27
15.08.2019	3,90	336960	0,00033696	6,37
16.08.2019	5,57	481248	0,000481248	9,10
17.08.2019	6,21	536544	0,000536544	10,14
18.08.2019	10,20	881280	0,00088128	16,66
19.08.2019	5,57	481248	0,000481248	9,10
20.08.2019	4,97	429408	0,000429408	8,12
21.08.2019	6,90	596160	0,00059616	11,27
22.08.2019	7,64	660096	0,000660096	12,48
23.08.2019	4,97	429408	0,000429408	8,12
24.08.2019	3,43	296352	0,000296352	5,60
25.08.2019	1,93	166752	0,000166752	3,15

Продолжение таблицы Г.5

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
26.08.2019	1,15	99360	0,00009936	1,88
27.08.2019	0,48	41472	0,000041472	0,78
28.08.2019	0,37	31968	0,000031968	0,60
29.08.2019	0,48	41472	0,000041472	0,78
30.08.2019	2,25	194400	0,0001944	3,67
31.08.2019	0,39	33696	0,000033696	0,64
01.09.2019	0,29	25056	0,000025056	0,47
Сумма		27117504	0,0271	513

Таблица Г.5 – Результаты расчета стока для р. Мушкетова за 2020 г.

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
02.07.2020	1,72	148608	0,000148608	2,81
03.07.2020	1,90	164160	0,00016416	3,10
04.07.2020	2,23	192672	0,000192672	3,64
05.07.2020	3,80	328320	0,00032832	6,21
06.07.2020	4,83	417312	0,000417312	7,89
07.07.2020	3,53	304992	0,000304992	5,77
08.07.2020	3,62	312768	0,000312768	5,91
09.07.2020	3,19	275616	0,000275616	5,21
10.07.2020	2,75	237600	0,0002376	4,49
11.07.2020	3,14	271296	0,000271296	5,13
12.07.2020	4,08	352512	0,000352512	6,66
13.07.2020	3,58	309312	0,000309312	5,85
14.07.2020	4,64	400896	0,000400896	7,58
15.07.2020	6,76	584064	0,000584064	11,04

Продолжение таблицы Г.5

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
16.07.2020	6,76	584064	0,000584064	11,04
17.07.2020	5,27	455328	0,000455328	8,61
18.07.2020	4,08	352512	0,000352512	6,66
19.07.2020	3,14	271296	0,000271296	5,13
20.07.2020	4,08	352512	0,000352512	6,66
21.07.2020	5,27	455328	0,000455328	8,61
22.07.2020	3,58	309312	0,000309312	5,85
23.07.2020	3,14	271296	0,000271296	5,13
24.07.2020	2,75	237600	0,0002376	4,49
25.07.2020	1,58	136512	0,000136512	2,58
26.07.2020	2,09	180576	0,000180576	3,41
27.07.2020	2,40	207360	0,00020736	3,92
28.07.2020	2,40	207360	0,00020736	3,92
29.07.2020	3,14	271296	0,000271296	5,13
30.07.2020	4,08	352512	0,000352512	6,66
31.07.2020	4,08	352512	0,000352512	6,66
01.08.2020	4,64	400896	0,000400896	7,58
02.08.2020	5,97	515808	0,000515808	9,75
03.08.2020	5,27	455328	0,000455328	8,61
04.08.2020	6,76	584064	0,000584064	11,04
05.08.2020	10,90	941760	0,00094176	17,80
06.08.2020	8,63	745632	0,000745632	14,10
07.08.2020	5,27	455328	0,000455328	8,61
08.08.2020	2,75	237600	0,0002376	4,49
09.08.2020	3,14	271296	0,000271296	5,13
10.08.2020	1,58	136512	0,000136512	2,58

Продолжение таблицы Г.5

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
11.08.2020	1,03	88992	0,000088992	1,68
12.08.2020	1,58	136512	0,000136512	2,58
13.08.2020	2,09	180576	0,000180576	3,41
14.08.2020	3,14	271296	0,000271296	5,13
15.08.2020	4,08	352512	0,000352512	6,66
16.08.2020	3,58	309312	0,000309312	5,85
17.08.2020	3,58	309312	0,000309312	5,85
18.08.2020	2,75	237600	0,0002376	4,49
19.08.2020	2,40	207360	0,00020736	3,92
20.08.2020	1,82	157248	0,000157248	2,97
21.08.2020	1,82	157248	0,000157248	2,97
22.08.2020	2,09	180576	0,000180576	3,41
23.08.2020	1,82	157248	0,000157248	2,97
24.08.2020	2,09	180576	0,000180576	3,41
25.08.2020	1,82	157248	0,000157248	2,97
26.08.2020	1,58	136512	0,000136512	2,58
27.08.2020	2,40	207360	0,00020736	3,92
28.08.2020	2,75	237600	0,0002376	4,49
29.08.2020	2,40	207360	0,00020736	3,92
30.08.2020	2,09	180576	0,000180576	3,41
31.08.2020	1,58	136512	0,000136512	2,58
01.09.2020	1,19	102816	0,000102816	1,94
02.09.2020	1,03	88992	0,000088992	1,68
03.09.2020	0,65	56160	0,00005616	1,06
04.09.2020	0,56	48384	0,000048384	0,91
05.09.2020	0,88	76032	0,000076032	1,44

Продолжение таблицы Г.5

Дата	Расчетные рас- ходы	Объем, м ³	Объем, км ³	Слой, мм
06.09.2020	1,58	136512	0,000136512	2,58
07.09.2020	1,82	157248	0,000157248	2,97
08.09.2020	2,09	180576	0,000180576	3,41
09.09.2020	2,40	207360	0,00020736	3,92
10.09.2020	1,82	157248	0,000157248	2,97
11.09.2020	2,40	207360	0,00020736	3,92
12.09.2020	3,14	271296	0,000271296	5,13
13.09.2020	3,14	271296	0,000271296	5,13
14.09.2020	2,40	207360	0,00020736	3,92
15.09.2020	2,75	237600	0,0002376	4,49
16.09.2020	1,82	157248	0,000157248	2,97
17.09.2020	1,82	157248	0,000157248	2,97
18.09.2020	1,03	88992	0,000088992	1,68
19.09.2020	1,19	102816	0,000102816	1,94
20.09.2020	2,09	180576	0,000180576	3,41
21.09.2020	1,82	157248	0,000157248	2,97
22.09.2020	1,84	158976	0,000158976	3,01
23.09.2020	1,57	135648	0,000135648	2,56
24.09.2020	1,32	114048	0,000114048	2,16
25.09.2020	0,69	59616	0,000059616	1,13
26.09.2020	0,60	51840	0,00005184	0,98
27.09.2020	0,34	29376	0,000029376	0,56
28.09.2020	0,10	8208	0,000008208	0,16
Сумма		22039344	0,0220	417