



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

**Особенности расчета водного
баланса на примере полигона
захоронения промышленных**

На тему **ОТХОДОВ**

Исполнитель Каминская Анастасия Евгеньевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____
(ученая степень, ученое звание)

Гаврилов Илья Сергеевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«10» июня 2019 г.

Санкт-Петербург
2019

Содержание

Введение	2
Глава 1 Физико-географическое положение участка исследований	4
Глава 2 Изученность территории	5
2.1 Гидрологическая (описание гидропостов)	5
2.1.1 Действующие гидрологические посты	5
2.1.1 Временные гидрологические посты	5
2.2 Метеорологическая	14
2.2.1 Метеорологические посты и станции (действующие и закрытые)	14
2.2.2 Установка метеостанции и начало метеорологических наблюдений	16
Глава 3. Внутригодовое распределение стока	19
3.1 Очень многоводный	22
3.2 Средний по водности	22
3.3 Очень маловодный	23
Глава 4 Водный баланс по фондовым данным	24
4.1 Испарение	25
4.2 Осадки	28
4.3 Сток	32
4.4 Водный баланс по фондовым данным	35
Глава 5 Водный баланс исследуемой территории за 2017-2018 гг.	38
5.1 Осадки полученные с установленной метеостанции	38
5.2 Испарение	42
5.3 Подсчет стока воды	42
5.3.1 Построение кривой расходов при однозначной зависимости между расходами и уровнями и подсчет стока руч. Безымянный створ ГП-2	43
5.3.2 Расчленение гидрографов для всех постов	56
5.3.3 Получение характеристик стока	67
5.4 Водный баланс рек и ручьев в районе участка исследований с октября 2017 по октябрь 2018	69
Заключение	72
Список используемой литературы	77
Приложение	

Введение

Водный баланс территории за определенный интервал времени является одной из главных характеристик влагооборота. Он отражает количественные соотношения между приходом, расходом воды и изменением влагозапасов в пределах водосборной площади. Основной целью воднобалансовых работ является проведение первого из многолетних циклов исследований закономерности формирования водного баланса (прихода, расхода и аккумуляции и изменений запаса) воды на водосборной площади.

Для достижения описанных целей поставлены следующие задачи:

- систематизация, обобщение и анализ результатов ранее выполненных работ, в том числе режимных наблюдений, по существующим водотокам, метеонаблюдениям на водосборной площади в районе возможного размещения участка исследований;
- Проведение метеонаблюдений в пределах водосборной площади района возможного размещения участка исследований;
- Проведение наблюдений за поверхностными водами в пределах водосборной площади района возможного размещения участка работ;
- Расчеты внутригодового распределения стока для территории возможного размещения;
- Построение водного баланса территории района возможного размещения по фондовым данным;
- Построение баланса водосборной территории района возможного размещения участка работ по результатам годового цикла наблюдений (за 2017-2018 в/х год);

Территория режимных воднобалансовых наблюдений расположена на правом берегу реки Енисей, в подбассейне реки Енисей между

слиянием Большого и Малого Енисея и впадением Ангары. Основными водными объектами являются реки Шумиха и Байкал, ручьи Безымянный, Меркурьев (Тимофеев), поэтому режимные воднобалансовые наблюдения охватывают водосборные бассейны этих рек и ручьев. Наблюдения за поверхностным стоком этих водотоков организованы с целью установления локальных характеристик, что позволит эффективно оценить расходную часть водного баланса территории за период 2017 - 2018 гг.

В октябре 2017 года сотрудниками СПБОИГЭРАН оборудовано пять гидрологических постов и установлена метеостанция, а 6 октября 2017 года начат годовой цикл регулярных водобалансовых наблюдений. Основным результатом работ можно считать создание локальной сети гидрологических наблюдений на водотоках, которая состоит из пяти гидрологических постов и метеостанции.

Глава 1 Физико-географическое положение участка исследований

В физико-географическом отношении район исследований расположен в пределах юго-западной оконечности Восточно-Сибирского плоскогорья, которое ограничено с запада долиной реки Енисей. На территории исследований плоскогорье представлено южной частью Енисейского кряжа, непосредственно Атамановским хребтом. Орографически территория наблюдений включает водораздельную часть и склоны Атамановского хребта к долине Енисея.

Изучение территории Ангаро-Канской части Енисейского кряжа, к которому относится район исследований, в рамках геологических, экологических и других тематических работ проводилось с 2003 по 2011 гг.

Енисейский кряж - низкогорная возвышенность на юго-западе Среднесибирского плоскогорья, между реками Кан и Подкаменная Тунгуска (Красноярский край). Длина около 700—750 км, ширина до 200 км, максимальная высота 1104 м (г. Енашиминский Полкан). Енисейский кряж включает в себя две области — Южно-Енисейский(Ангаро-Канский) кряж и Заангарье, отделяющиеся друг от друга долиной

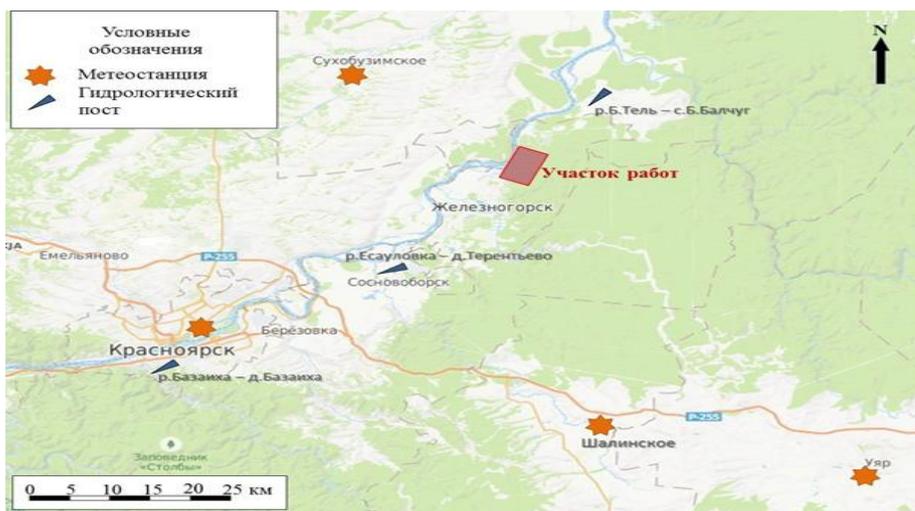


Рис.1.1 Схема расположения участка работ

Глава 2 Изученность территории

2.1 Гидрологическая

2.1.1 Действующие гидрологические посты

В гидрологическом отношении район, охватывающий территорию наблюдений, изучен достаточно хорошо. В относительной близости расположена сеть гидрологических постов, подведомственных Среднесибирскому Управлению по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ. Из имеющихся пунктов гидрологических наблюдений, действующих по настоящее время, в качестве рек-аналогов для исходного определения расчетных гидрологических характеристик водотоков района исследований могут быть использованы следующие посты (Таблица 2.1.1):

- река Есауловка – дер. Терентьево. Площадь водосбора 1460 км². Наблюдения ведутся с 1969 г. по настоящее время, с июля 1995 г. по апрель 1997 г. измерения не проводились.

- река Большой Тель – с. Большой Балчуг. Площадь водосбора 367 км². Наблюдения ведутся с 1945 г. по настоящее время, с сентября 1993 г. по август 2000 г. измерения не проводились;

-река Рыбная-пос.Громадск. Площадь водосбора 3580 км². Наблюдения ведутся с 1988 г. по настоящее время

-река Бузим- с.Малиновка. Площадь водосбора 2230 км². Наблюдения ведутся с 1963 г. по настоящее время

- река Базаиха – г. Базаиха. Площадь водосбора 994 км². Наблюдения ведутся с 1970 г. по настоящее время.

2.1.2 Временные Гидрологические посты

Результаты полевых рекогносцировочных наблюдений в июле 2017 года позволили установить оптимальные участки для обустройства пяти гидрологических постов (Таблица 2.1.2.). Были определены первоначальные морфометрические и гидрологические характеристики участков обустройства гидрологических постов

Таблица 2.1.1 – Перечень оборудованных в 2017 году гидрологических постов

№ п.п.	№ гидропоста	Дата начала наблюдений	Водный объект	Площадь водосбора водотока в створе гидропоста, км ²	Расстояние от устья до гидропоста, км
1.	ГП-1	06.10.2017	Шумиха	8,72	4,87
2.	ГП-2	06.10.2017	Безымянный	2,50	0,83
3.	ГП-3	06.10.2017	Меркурьев	0,16	8,10

4.	ГП-4	06.10.2017	Байкал	19,08	12,74
5.	ГП-5	06.10.2017	Меркурьев	11,53	1,90

Таблица 2.1.2 – Измеренные расходы воды в июле 2017 г.

№	Река/ручей	Пункт, створ	Дата	В, м	h _{ср} , м	h _{max} , м	V _{ср} , м/с	V _{max} , м/с	F, м ²	Q, м ³ /с
1	Байкал	ГП-4	27.07.2017	2,00	0,09	0,15	0,61	0,80	0,20	0,12
2	Меркурьев	ГП-3	25.07.2017	0,25	0,05	0,06	0,30	0,35	0,01	0,004
3	Меркурьев	ГП-3	26.07.2017	0,30	0,05	0,06	0,40	0,50	0,02	0,006
4	Меркурьев	ГП-5	26.07.2017	1,25	0,23	0,33	0,32	0,46	0,31	0,10
5	Меркурьев	ГП-5	27.07.2017	1,50	0,20	0,35	0,24	0,36	0,31	0,09
6	Шумиха	верхнее течение	25.07.2017	1,35	0,26	0,36	0,19	0,20	0,37	0,06
8	Шумиха	ГП-1	25.07.2017	1,75	0,23	0,35	0,17	0,25	0,44	0,07
9	Шумиха	выше насыпи	26.07.2017	1,50	0,28	0,38	0,12	0,14	0,45	0,05
10	Шумиха	ГП-1	26.07.2017	1,50	0,25	0,36	0,24	0,35	0,41	0,07

Примечания: Q – расход воды, м³/с; F – площадь живого сечения, м²; V_{ср} – средняя скорость течения, м/с; V_{max} – максимальная скорость течения, м/с; В – ширина потока, м; h_{ср} – средняя глубина потока, м; h_{max} – максимальная глубина потока, м.

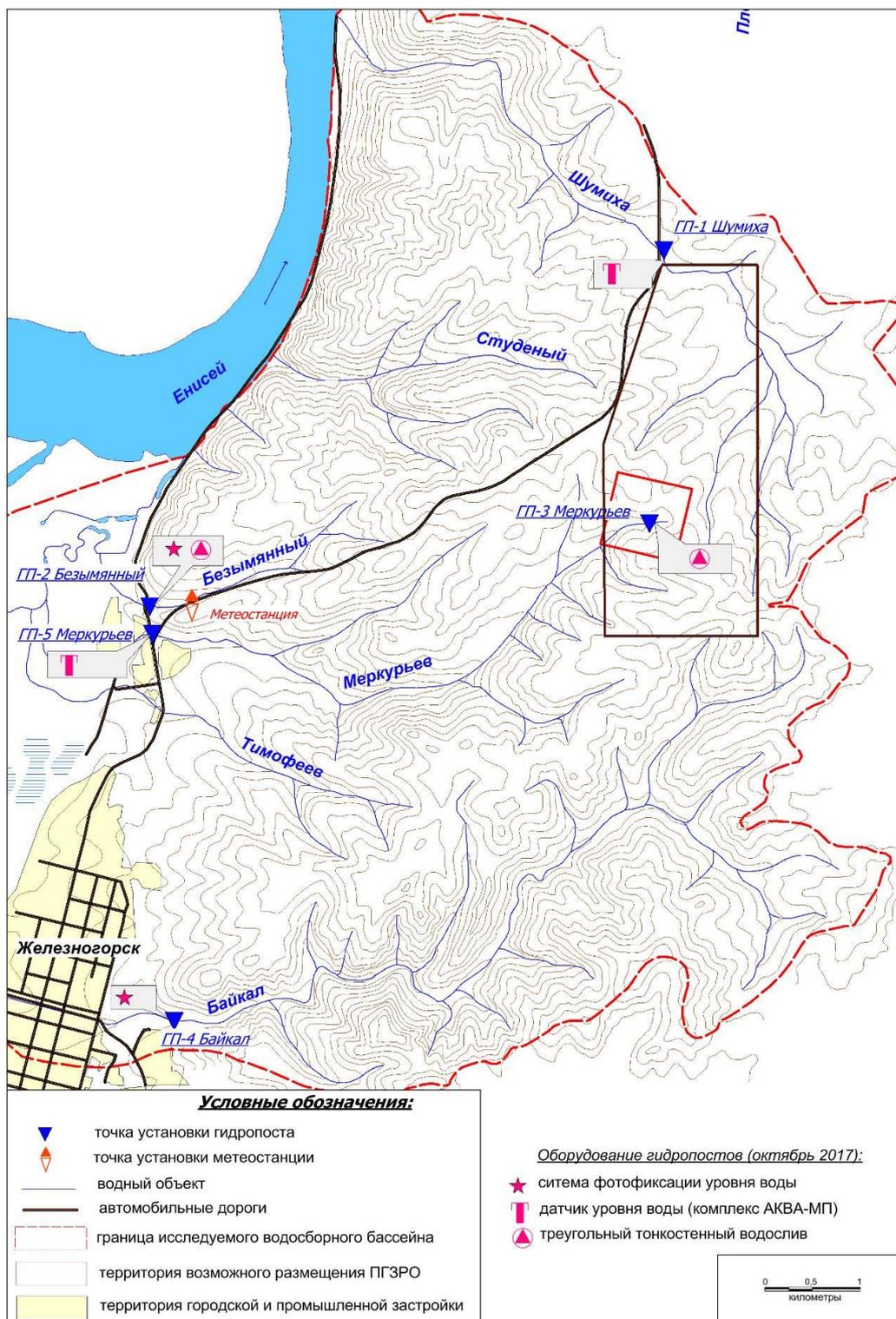


Рисунок 2.1.1– Карта-схема размещения гидрологических постов (Масштаб 1:50 000)

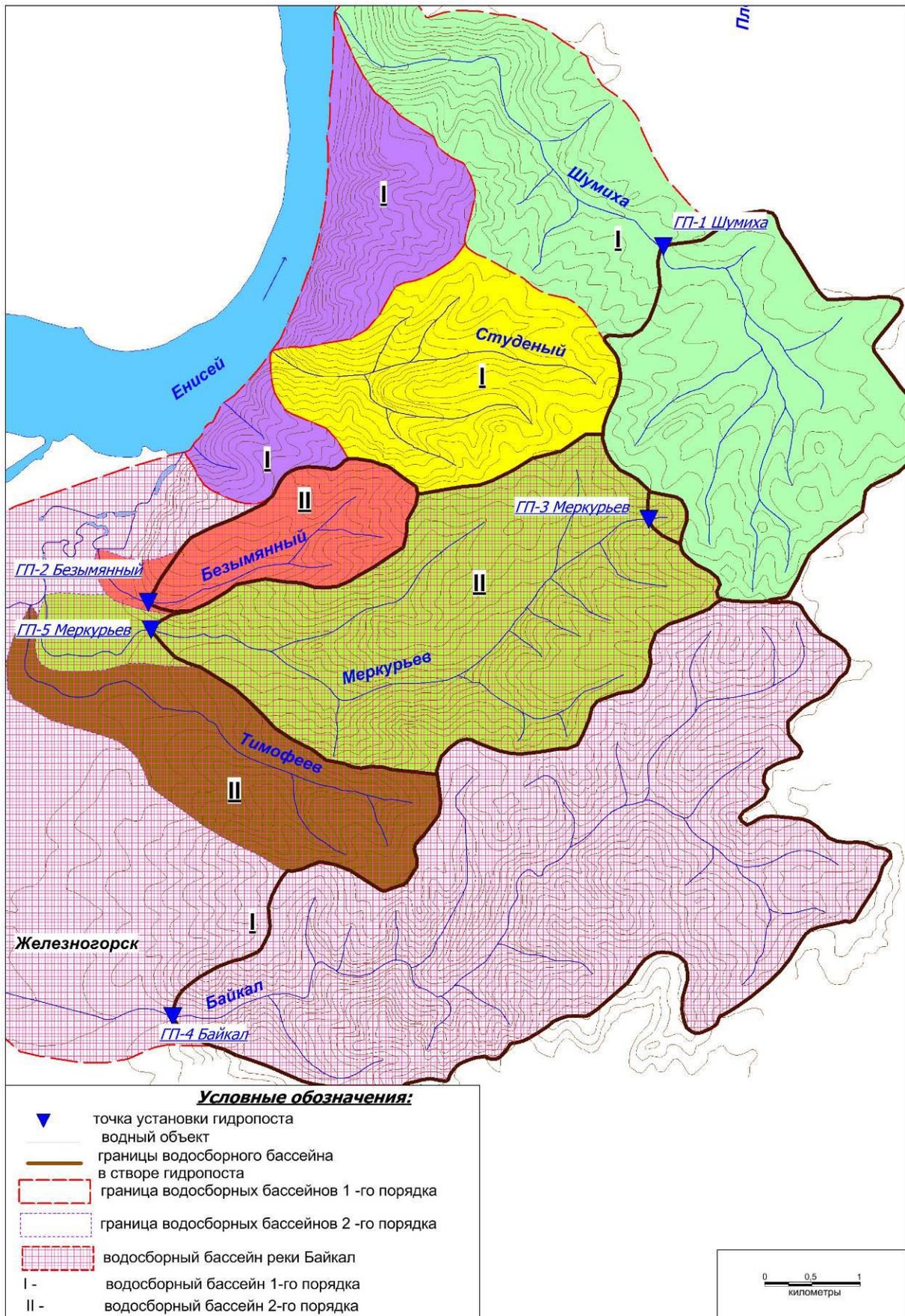


Рисунок 2.1.2– Карта-схема водосборных бассейнов (Масштаб 1:50 000)

Описание временных гидропостов

Гидропост 1 (ГП-1).

По результатам рекогносцировочного гидрографического обследования реки Шумиха было принято решение об обустройстве гидрологического поста ГП-1 в среднем течении реки Шумиха выше по течению от автомобильного моста. Створ ГП-1 установлен на расстоянии 4,87 км от устья, площадь водосбора реки Шумиха в створе ГП-1 составляет 4,87 км². Регулярные режимные наблюдения были начаты 6 октября 2017 года. Гидропост № 1 (ГП-1) оборудован сваей с закрепленной нивелирной рейкой, расположенной в гидрометрическом створе, гидрометрическим мостиком и установкой для автоматической регистрации уровней воды. Регистрация уровней воды в период открытого русла происходит с помощью датчиков уровня (аппаратный комплекс АКВА-МП) с временным разрешением 0,5 часа.

В результате регулярных режимных наблюдений получен ряд значений глубины водотока за период с 06 октября 2017 до 14.11.2017 года. В октябре и ноябре 2017 года уровни водотока демонстрировали волнообразные повышения, связанные с выпадением осадков. В конце октября и ноябре произошло существенное падение уровней воды в реке, появления льда. Расходы воды в водотоке снижались от 0,116 м³/с в октябре и до 0,033 м³/с в ноябре под подвешенным льдом.

Гидропост 2 (ГП-2). Ручей Безымянный

Обустройство гидрологического поста. По результатам рекогносцировочного гидрографического обследования ручья Безымянный было принято решение об обустройстве гидрологического поста ГП-2 в нижнем течении ручья вблизи автомобильной дороги (см. карту-схему Рисунок 7.1.1). Створ ГП-2 установлен на расстоянии 0,83 км

от устья, площадь водосбора ручья Безымянный в створе ГП-2 составляет 2,50 км². Регулярные режимные наблюдения были начаты 6 октября 2017 года. Гидропост № 2 (ГП-2) установленный на ручье Безымянный оборудован треугольным водосливом (угол при вершине 90°) и системой фотофиксации уровня воды по нивелирной рейке. На гидрологическом посту начаты регулярные режимные наблюдения 06.10.2017 г (Таблица 2.1.1). Система фотофиксации уровня воды позволяет фиксировать уровни с временным разрешением 2 час. Таким образом, на настоящий момент получен ряд данных с 06 октября по 01 ноября 2017 года, затем произошло промерзание и образование льда в водосливе. Поэтому, начиная с 1 ноября уровни воды на ГП-2 не фиксируются из-за перемерзания водотока

Предварительные результаты наблюдений на гидропосту ГП-2. Для отработки методики режимных наблюдений выполнен расчет расходов воды через водослив на гидропосту ГП-2 за октябрь 2017 г. с временным разрешением 2 часа. В октябре 2017 г. водность ручья Безымянный постепенно снижалась. На фоне снижения водности возникали краткосрочные паводки, связанные с выпадениями атмосферных осадков. Всего за октябрь месяц зафиксировано 5 паводков с расходами на пике более 0,007 м³/с. Средний расход воды за месяц составил 0,005 м³/с, максимальный – 0,008 м³/с (11 и 25 октября), минимальный – 0,003 м³/с (10, 15 и 23 октября).

Анализ полученных данных показывает, что прохождение наивысших паводков связано с выпадением слоя жидких атмосферных осадков более 4 мм/сутки. Наиболее выраженными являлись паводки 11 и 25 октября.

Полученные данные предварительно, говорят о том, что нарастание волны паводка на ручье Безымянный происходит относительно быстро.

Далее происходит достаточно плавный спад расходов воды до предпаводочного уровня.

Гидропост 3 (ГП-3). Ручей Меркурьев

Результаты рекогносцировочных работ. Рекогносцировочное обследование долины в верховьях ручья Меркурьев производилось 26 и 27 июля 2017 года. Маршрут был проложен от водораздельного участка и вниз по течению ручья, начиная от истоков. На этом участке, ручей протекает в хорошо выраженной пологонаклонной корытообразной. Берега и русло сильно заросшее, на отдельных интервалах русло перекрыто стволами поваленных деревьев.

Обустройство гидрологического поста. По результатам рекогносцировочного обследования, выбран плоский участок в верхнем течении ручья Меркурьев, свободный от растительности и поваленных деревьев. Предложено организовать гидропост № 3 (ГП-3) для характеристики стока непосредственно на территории исследований. Створ ГП-3 установлен на расстоянии 8,10 км от устья, площадь водосбора ручья Меркурьев в створе ГП-3 составляет 0,16 км². Регулярные режимные наблюдения были начаты 6 октября 2017

Гидропост 4 (ГП-4). Река Байкал

Обследование реки Байкал в пределах территории городской застройки Железногорска от ул. Свердлова и выше по течению производилось 23.07.2017 г и 27.07.2017 г. Ручей в пределах города протекает на дне слабо выраженной корытообразной долины. Берега заросли кустарником. Выше по течению, от городской территории, реки располагается городской парк с прогулочной дорожкой, которая пересекает реку Байкал. Состояние русла реки в среднем течении представлено на рисунках.

Оборудование гидрологического поста. По результатам рекогносцировочного гидрографического обследования реки Байкал было принято решение об установке гидропоста № 4 (ГП-4) в нижнем течении реки, но выше по течению территории городской застройки. Выбран участок с удобным пешеходным доступом по пешеходной дорожке от улицы Андреева. Створ ГП-4 установлен на расстоянии 12,74 км от устья, площадь водосбора реки Байкал в створе ГП-4 составляет 19,08 км². Регулярные режимные наблюдения были начаты 6 октября 2017 года.

Гидропост 5 (ГП-5). Ручей Меркурьев

Результаты рекогносцировочных работ. Рекогносцировочное обследование долины ручья Меркурьев в нижнем течении, производилось 24.07.2017 г и 25.07.2017 г. Маршрут был проложен от пересечения ручьем улицы Загородной в пределах городской черты ЗАТО Железногорск и выше по течению. На этом участке, река протекает на дне хорошо выраженного оврага. После пересечения с улицей Загородной ручей уходит в подземные сети. Общая протяженность маршрута рекогносцировочного гидрографического обследования составила от 150 до 200 метров. Русло ручья, на участке наблюдений, частично заросшее, с резкими обрывистыми подмываемыми берегами. Для русла характерна значительная извилистость.

Оборудование гидрологического поста. По результатам рекогносцировочного гидрографического обследования нижнего течения ручья Меркурьев было принято решение об обустройстве гидрологического поста № 5 (ГП-5) на участке выше по течению от автомобильного моста и пересечением с улицей Загородная. Створ ГП-5 установлен на расстоянии 1,90 км от устья ручья, площадь водосбора ручья Меркурьев в створе ГП-5 составляет 11,53 км². Регулярные

режимные наблюдения были начаты 4 октября 2017 года. Гидропост ГП-5 оборудован сваей с закрепленной нивелирной рейкой, расположенной в гидрометрическом створе, гидрометрическим мостиком и установкой для автоматической регистрации уровней воды. Регистрация уровней воды в период открытого русла происходит с помощью датчиков уровня (аппаратный комплекс АКВА-МП) с временным разрешением 0,5 часа.

2.2 Метеорологическая

2.2.1 Метеорологические посты и станции (действующие и закрытые)

В метеорологическом отношении район наблюдений изучен достаточно хорошо. Наиболее близкими к территории исследований являются четыре метеостанции с многолетними рядами наблюдений:

- метеостанция Сухобузимское – расположена в 30 км к северо-западу от района исследований на высоте 160 м над уровнем моря, действует с 1936 г. по настоящее время;

- метеостанция Шалинское – расположена в 60 км к югу от района исследований на высоте 403 м над уровнем моря, действует с 1935 г. по настоящее время. До 1978 года метеостанция имела наименование Шало;

- метеостанция Красноярск, Опытное поле – расположена в 52 км к юго-западу от района исследований на высоте 275 м над уровнем моря, действует с 1914 г. по настоящее время;

- метеостанция Уяр – расположена в 69 км к юго-востоку от района исследований на высоте 374 м над уровнем моря, действует с 1924 г. по настоящее время.

Проведенный анализ архивных данных и сравнение с первыми полученными результатами метеонаблюдений показывает, что для общей климатической характеристики района наиболее подходит метеостанция

Сухобузимское, расположенная в сходных климатических условиях, примерно на одной высоте. В данной дипломной работе приводится анализ климатических условий района по многолетним данным (ряды не менее 30 лет. Однако ранее, в отчетах прошлых лет, отмечались существенные микроклиматические различия между существующими метеостанциями и территорией воднобалансовых наблюдений.

Таблица 2.2.1 – Перечень метеостанций и гидрологических постов, ближайших к району исследований

Станция	Координаты		Высота метеоплощадки (нуля графика поста) над уровнем моря, м
	Широта	Долгота	
Метеорологические наблюдения			
Красноярск, опытное поле	56°02′	92°45′	277
Сухобузимское	56°30′	93°17′	164
Уяр	55°48′	94°20′	374
Шалинское	55°43′	93°45′	403
Гидрологические наблюдения			
р. Базаиха – д. Базаиха	55°57′	92°49′	149,25
р. Б.Тель– с. Б.Бальчуг	56°26′	93°43′	125,69
р. Есауловка – д. Терентьево	56°05′	93°16′	133,71
р. Кача – с. Емельяново	56°11′	92°37′	200,24

Наиболее близкими к рекам изучаемой территории, по физико-географическим и гидрографическим условиям, являются реки Большой Тель и Есауловка. Они могут быть приняты в качестве рек-аналогов для первоначального определения расчетных гидрологических характеристик, а также для сравнительного анализа фактических данных.

2.2.2 Установка метеостанции и начало метеорологических наблюдений

В рамках выполнения задач планирования и проведения режимных метеонаблюдений выполнены следующие виды работ:

- рекогносцировочные работы в июле 2017 года для определения места установки метеостанции;
- разработка программы режимных метеонаблюдений
- установка метеостанции и запуск режимных метеонаблюдений;
- регулярные посещения метеостанции, контроль работы метеостанции и копирование записанных в консоли метеорологических данных;
- накопление полученных данных и их анализ, сравнение первоначальных полученных данных с данными ближайших метеостанций сети УГМС.

Установка метеостанции. Перед началом регулярных метеонаблюдений выполнены рекогносцировочные полевые работы, в том числе и для выбора участка расположения метеостанции. Выбор участка учитывал следующие требования:

- возможность выполнить методические требования для метеонаблюдений (открытая территория и т.д.);
- типичность ландшафтно-геоморфологических условий по отношению к общей территории воднобалансовых наблюдений. Участок размещения метеостанции должен соответствовать средним высотам территории наблюдений;
- относительная близость расположения метеостанции к гидрологическим постам;

- транспортная и техническая доступность участка метеонаблюдений в любой сезон года;

- возможности для обеспечения сохранности оборудования метеостанции.

Был выбран оптимальный вариант размещения метеостанции, максимально удовлетворяющий всем перечисленным критериям. Метеостанция расположена в пределах изучаемого водосборного бассейна, на ровном открытом участке, на характерной для водосборного бассейна высоте около 190 метров над ур.м., вблизи от гидропостов ГП-2 и ГП-5 (Рисунок 2.2.1).



Рисунок 2.2.1 – Установленная метеостанция DAVIS Instruments Vantage Pro2 6152EU. Общий вид.

Регулярные метеонаблюдения были начаты 6 октября 2017, синхронно с началом гидрологических наблюдений на водных объектах.

Измерения метеорологических показателей проводятся по утвержденной программе (Приложения Б) с помощью метеостанции беспроводной модели DAVIS Instruments Vantage Pro2 6152EU (Приложение Д). Методические особенности метеорологических измерений с использованием этой метеостанции описаны в разделе 3, настоящего Отчета. На момент подготовки данного Отчета получен ряд измерений метеорологических показателей за период с 06 октября по 14 ноября 2017 года. Все показатели измерены в временном разрешении в 30 минут. Сохранение и первичная обработка метеорологических данных выполняется в программе WeatherLink 6.0.3, которая поставляется в комплекте с метеостанцией и является свободным программным продуктом. Затем результаты метеонаблюдений обобщаются в виде электронных таблиц и объединяются в базу данных метеонаблюдений.

Глава 3 Расчет внутригодового распределения стока

Расчет внутригодового распределения стока представляет собой количественную оценку распределения речного стока по сезонам и месяцам года. Сведения о внутригодовом распределении стока необходимы при проектировании водохранилищ, для оценки баланса притока и потребления воды, при разработке проектов промышленного и хозяйственного водоснабжения.

При расчете внутригодового распределения стока рассматриваются среднемесячные расходы за водохозяйственные годы. За начало водохозяйственного года принимается наиболее ранняя дата наступления многоводной фазы с округлением до месяца. На практике за начало водохозяйственного года принимают первый месяц, для которого средняя многолетняя величина месячного расхода превышает норму годового стока.

Для большей части территории России наиболее многоводной фазой является весеннее половодье, и, следовательно, водохозяйственный год начинается с началом весны. В отличие от календарного года, водохозяйственный год начинается в разные сроки в различных климатических зонах. Так на большей части северо-запада ЕТР водохозяйственный год начинается с 1 апреля, а в Восточной Сибири - с 1 мая.

Водохозяйственный год делится не на четыре, а на три сезона – два смежных сезона, со сходными условиями формирования стока, объединяются в один составной. Для северо-запада ЕТР сходные условия формирования стока наблюдаются летом и осенью. В эти сезоны сток рек формируется за счет грунтового питания и жидких осадков. Поэтому для данной территории составным сезоном является сезон «лето-осень». Весной река питается главным образом за счет таяния снега, а зимой

переходит преимущественно на грунтовое питание. Границы сезонов назначаются едиными для всех лет.

Два смежных сезона, когда сток лимитирует потребление, объединяются в лимитирующий период, следовательно, не лимитирующий период всегда состоит из одного сезона.

Внутри лимитирующего периода выбирается лимитирующий сезон. Следовательно, лимитирующий период состоит из лимитирующего и не лимитирующего сезонов.

Назначение лимитирующего периода и сезона зависит от конкретной задачи. Так для сельского хозяйства лимитирующим сезоном в большинстве случаев является «лето-осень», а для нужд водоснабжения лимитирующим будет самый маловодный сезон в году (для многих регионов России – это зима).

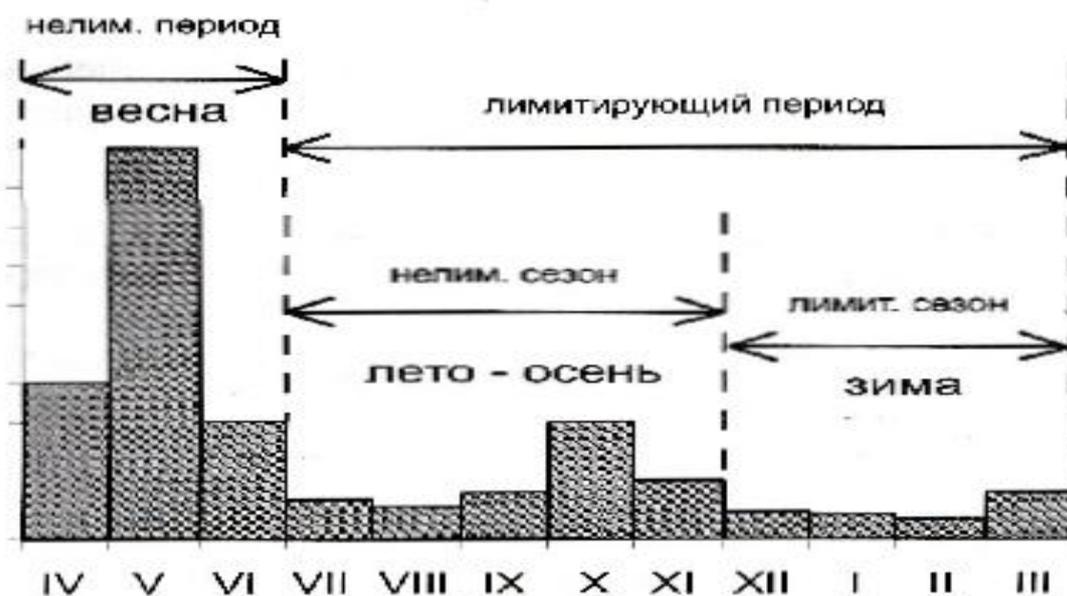


Рис.3.1 Схема разбивки водохозяйственного года на сезоны и периоды при расчете внутригодового распределения стока

Расчет внутригодового распределения стока в соответствии с действующими нормативными документами можно производить одним из трех методов:

- 1) компоновки сезонов;
- 2) реального года;
- 3) среднего распределения стока за годы характерной градации водности.

Помимо хронологического описания внутригодового распределения стока (календарное распределение), в практике расчетов используется и некалендарное распределение в форме кривых продолжительности суточных расходов воды. Эти кривые показывают продолжительность стояния внутри года расходов воды, равных или превышающих заданную величину. В данной дипломной работе был использован метод реального года для произведения вычислений.

Как уже отмечалось выше, распределение стока в течение года отличается большой неравномерностью. До 70 – 90 % объема речного стока проходит в теплую часть года. В зимние месяцы реки района маловодны, а на малых реках и ручьях сток отсутствует из-за промерзания русла реки.

3.1 Очень многоводный

Таблица 3.1.1. – Внутригодовое распределение стока р. Б. Тель – с. Б. Балчуг

№ п/п	в/х год	НЕ ЛИМИТИРУЮЩИЙ ПЕРИОД				ЛИМИТИРУЮЩИЙ ПЕРИОД								Год
						Не лимитирующий сезон				Лимитирующий сезон				
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
год модель	2008/09	1.98	1.88	3.03	18.4	24.4	9.93	5.91	5.13	4.34	5.33	2.53	2.1	84.96
Rp%		2.33	2.21	3.57	21.6	28.72	11.69	6.96	6.04	5.11	6.27	2.98	2.47	100.0
P=90%		1.33	1.26	2.04	12.3	16.41	6.68	3.97	3.45	2.92	3.58	1.70	1.41	57.14

3.2 Средний по водности

Таблица 3.2.1. – Внутригодовое распределение стока р. Б. Тель – с. Б. Балчуг

№ п/п	в/х год	НЕ ЛИМИТИРУЮЩИЙ ПЕРИОД				ЛИМИТИРУЮЩИЙ ПЕРИОД								год
						Не лимитирующий сезон				Лимитирующий сезон				
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
год модель	2011/12	1.48	0.98	2.35	19.1	14.4	11.4	7.05	6.3	4.67	3.14	1.88	1.07	73.82
Rp%		2.0	1.3	3.2	25.9	19.5	15.4	9.6	8.5	6.3	4.3	2.5	1.4	100.0
P=90%		1.1	0.8	1.8	14.8	11.1	8.8	5.5	4.9	3.6	2.4	1.5	0.8	57.1

3.3 Очень маловодный

Таблица 3.3.1. – Внутригодовое распределение стока р. Б. Тель – с. Б. Балчуг

№ п/п	в/х год	НЕ ЛИМИТИРУЮЩИЙ ПЕРИОД				ЛИМИТИРУЮЩИЙ ПЕРИОД								год
						Не лимитирующий сезон				Лимитирующий сезон				
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
год модель	2003/04	3.43	18.7	10.4	5.67	5.08	4.4	2.77	2.26	1.32	1.26	1.35	1.16	57.8
Rp%		5.9	32.4	18.0	9.8	8.8	7.6	4.8	3.9	2.3	2.2	2.3	2.0	100.0
P=90%		3.4	18.5	10.3	5.6	5.0	4.3	2.7	2.2	1.3	1.2	1.3	1.1	57.1

Глава 4 Водный баланс по фондовым данным

Основные черты климата в пределах изучаемой территории определяются радиационным режимом, своеобразной циркуляцией атмосферы над данным районом, расположенным в центральной области Евразийского материка, а также характером рельефа. Климат района отличается резко выраженной континентальностью, суровостью продолжительных зим и жарким коротким летом.

Процессы циркуляции атмосферы над изучаемой территорией различны в зависимости от сезона года. В зимний период территория находится под воздействием азиатского антициклона, преобладают низкие температуры воздуха при незначительном его влагосодержании. Циркуляционные процессы способствуют ослаблению ветровой деятельности, застою холодного воздуха в вогнутых формах рельефа и формированию инверсий температуры воздуха. На общем фоне высокого давления отмечаются выходы циклонических образований с северо-запада, запада и юго-запада, сопровождающиеся усилением скорости ветра, резкими перепадами температуры воздуха и выпадением осадков.

В переходные сезоны происходит перестройка барического поля, усиливается влияние западного переноса, возрастает интенсивность влияния и повторяемость циклонов. На фоне общего повышения температуры весной и понижения ее осенью наблюдаются частые вторжения более теплых или более холодных воздушных масс, которые приводят к резким колебаниям температуры и влажности воздуха, усилениям скорости ветра, выпадениям осадков.

Летом циклоническая деятельность выражена менее интенсивно, преобладает континентальный умеренный воздух, менее устойчивый, чем зимний. Прохождение циклонов, особенно юго-западных траекторий,

сопровождается интенсивными осадками, которые формируют летний их максимум.

Описание метеорологических параметров в пределах водосборной территории района исследований дается по результатам наблюдений стационарных метеостанций УГМС (Сухобузимское, Красноярск Опытное поле, Шалинское, Уяр). Ближайшей по природным условиям и расстоянию к участку работ метеостанцией является м/с Сухобузимское.

4.1 Испарение

Испарение – главный источник поступления водяного пара в атмосферу и основная составляющая водного баланса территории различных размеров. В настоящее время определение испарения приобретает огромное значение при оценке водных ресурсов отдельных районов, проектирования и эксплуатации систем осушения, орошения и пр.

Различают следующие показатели: испаряемость и испарение. Испаряемость – это максимально возможное при данных условиях испарение с хорошо увлажненной подстилающей поверхности. Ее определяют с помощью испарителя ГГИ-3000 (за рубежом – наземный сосуд класса А и пр.) или расчетом (формулы Будыко, Пенмана, Торнтвейна). Испарение – это количество влаги, потерянной с поверхности почвы или снега (физическое испарение, или эвапорация), либо растительным покровом (Биологическое испарение, или транспирация). Его определяют с помощью испарителей ГГИ-500-50, ГГИ-500-100 (за рубежом – трубка Пиша, лизиметры и пр.) или расчетом (формулы и графики Багрова, Будыко, Зейберлиха, Константинова, Конторщикова, Кузина, Полякова, Шихлинского, Вундта, Гамона, Котегне, Майера, Торнтвейта, Тюрка, Шрейбера и др.). При расчете

месячного испарения с континентов используется комплексный метод М.И. Будыко, основанный на совместном решении уравнений теплового и водного балансов с учетом зависимости скорости испарения от влажности почвы.

Режим испарения определяется метеорологическими условиями (дефицит влажности воздуха, интенсивность вертикального переноса водяного пара) и состоянием подстилающей поверхности (влажность и водно-физические свойства почв и горных пород) .

Оценка величины испарения показала что, минимальное значение испарения составило 6,2 мм в январе 2018 года, а максимальные значения испарения характерны для июня и месячная сумма испарения в июне составила 52,1 мм. В апреле, июне, августе и октябре 2018 года месячное испарение превышало месячную сумму атмосферных осадков. Причем наиболее значительное превышение наблюдалось в августе 2018 года, когда испарение в 1,8 раза превысило месячную сумму атмосферных осадков. Это отразилось в установлении меженных наименьших уровней в водных объектах территории воднобалансовых наблюдений. Однако, годовая сумма атмосферных осадков превысила величину годового испарения в 1,33 раза, то есть коэффициент увлажнения за период режимных наблюдений был >1 , что соответствует условиям избыточного увлажнения для средней тайги Красноярского края.

В данной бакалаврской работе расчет испарения проводился по трем формулам: Э.М. Оделькопа, Тюрка и Постникова

Уравнение Э.М. Оделькопа

$$E = E_0 t h (P / E_0), \quad (4.1.1)$$

где $\text{th}(P/E_0)$ -гиперболический тангенс отношения годовой суммы осадков к годовой величине испаряемости E_0 , рассчитанной по формуле

$$E_0 = 329 + 62T + 2,14T^2 \quad (4.1.2)$$

где T -среднегодовая температура воздуха

2) по зависимости Тюрка, идентичной формуле

$$E_0 = 300 + 25T^2 + 0.05T^3 \quad (4.1.3)$$

Формула Постникова

$$E_0 = (350 + 5.5T)E^{0.07T} \quad (4.1.4)$$

Таблица 4.1.1 Расчет испарения по формуле Оделькопа.

год	год	Е,мм
многоводный	2002/03	355
средний	2010/11	294
маловодный	2012/13	282

Таблица 4.1.2 Расчет испарения по формуле Тюрка.

год	год	Е,мм
многоводный	2002/03	330
средний	2010/11	273
маловодный	2012/13	262

Таблица 4.1.3 Расчет испарения по формуле Постникова.

год	год	Е,мм
многоводный	2002/03	337
средний	2010/11	303
маловодный	2012/13	289

В данной выпускной квалификационной работе за рабочую формулу Постникова, т.к она дает наименьшую погрешность в расчетах.э

Таблица 4.1.4 Расчет испарения по формуле Постникова.

год	год	Е,мм
многоводный	2002/03	337
средний	2010/11	303
маловодный	2012/13	289

4.2 Осадки

По количеству выпадающих осадков район исследований относится к зоне с избыточным увлажнением, т.е. количество выпадающих осадков значительно превышает величину испарения с подстилающей поверхности. В районе исследований в теплое время года (с апреля по октябрь) осадков выпадает больше, чем в холодный период. Доля жидких осадков в годовом их количестве составляет, в среднем по району, 65 – 68 %. Среднемноголетний годовой ход сумм осадков по метеостанциям района приведен в таблице 3.2.1

Таблица 4.2.1. – Среднее месячное и годовое количество осадков, мм

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Сухобузимское	14	11	9	17	36	48	68	62	43	26	21	18	373
Красноярск, опытное поле	14	11	12	24	44	60	81	75	47	38	29	19	454
Уяр	16	14	13	24	40	48	71	66	50	31	30	22	425
Шалинское	13	12	12	26	41	56	76	73	50	31	25	20	435

Рассматривая годовые суммы осадков за последние 30 лет (Рисунок 4.2.1), отмечается тенденция к их суммарному увеличению.

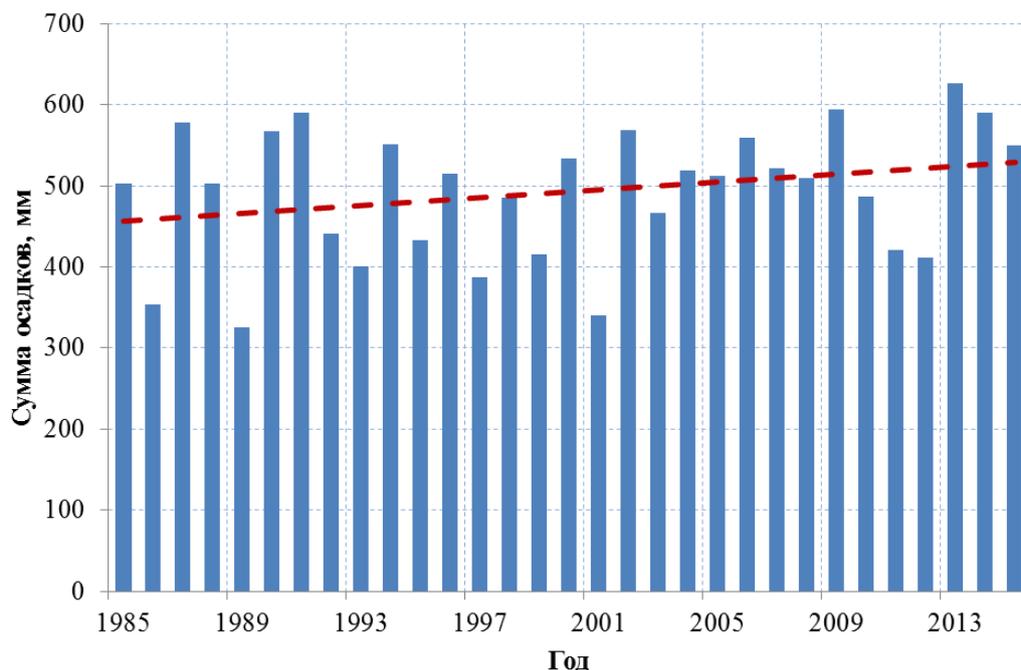


Рисунок 4.2.1. – Годовые суммы осадков на м/с Красноярск, опытное поле в период 1985–2015 гг. (красной линией обозначена линия тренда)

Наибольшее количество осадков выпадает в июле-августе, наименьшее – в феврале-марте.

Общее количество жидких атмосферных осадков за весь период наблюдений составил 374,83 мм. Для дальнейших расчетов водного баланса взята сумма осадков за годичный цикл наблюдений с 6 октября 2017 по 6 октября 2018 года, которая составила 356,32 мм. За период с декабря по март 2018 года жидкие осадки зафиксированы 3 раза и в сумме составили 0,75 мм. Количество атмосферных осадков за период с декабря по март получено по данным снеговой съемки и составило 138 мм. Таким образом, суммарное годовое количество осадков составило 494,32 мм, доля жидких атмосферных осадков составила 72% от годовой суммы осадков.

Годовое распределение атмосферных осадков за период наблюдений характеризуется минимумом в ноябре и апреле, затем нарастанием количества осадков с мая по июнь и летним максимумом в июле 2018 года. Количество осадков в августе составило 26,08 мм и было почти в три раза ниже среднемноголетнего количества осадков. Максимальная месячная сумма осадков за период наблюдений зафиксирована в сентябре 2018 года и составила 138,2 мм и была почти в три раза выше среднемноголетнего количества осадков за сентябрь.

В данной выпускной квалификационной работе сумма осадков была определена по картам построенных изолиний. Метод применяют для крупных речных бассейнов и при наличии большого количества метеорологических станций, расположенных в бассейне реки. На карту наносят все метеостанции, выписывают количество осадков на каждой из них и проводят изогеты. Среднее количество осадков для бассейна находят как средневзвешенное значение.

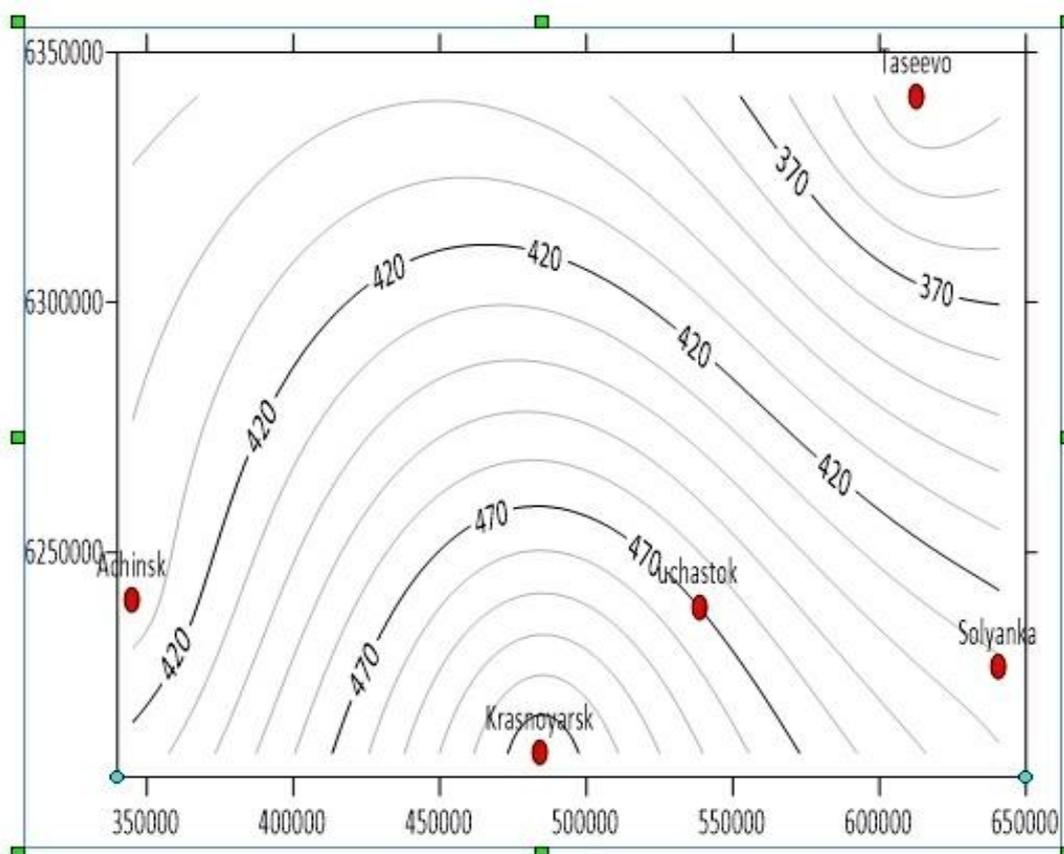


Рис.4,2.2 Карта изогьет за многоводный год 2002/03

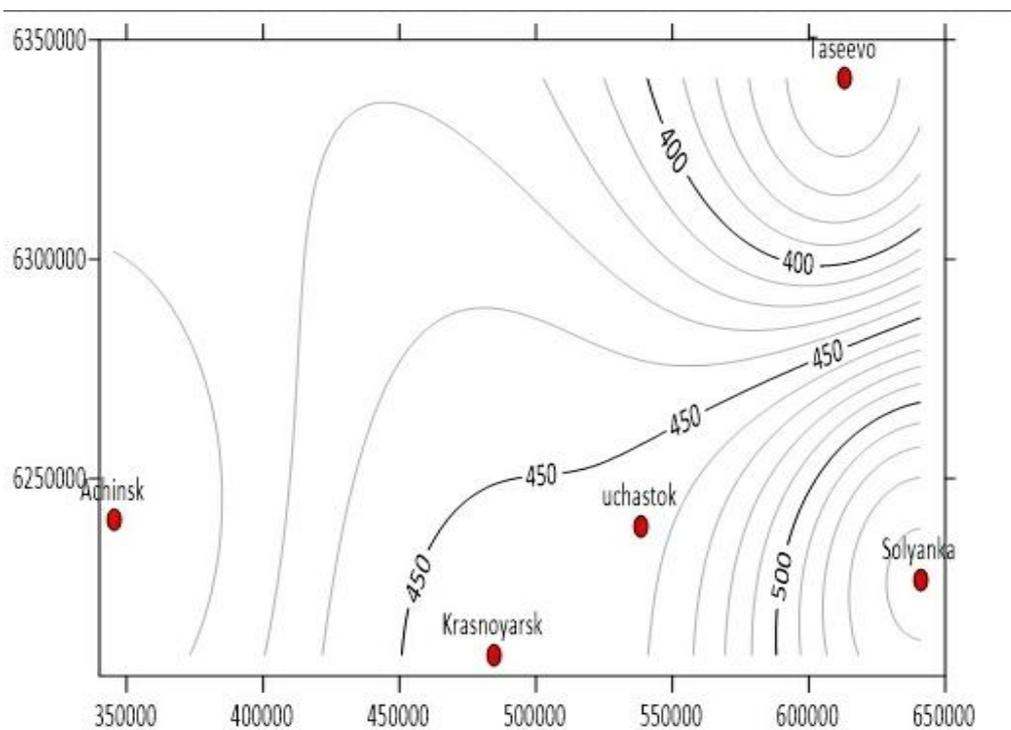


Рис. 4.2.3 Карта изогьет за средний по водности год 2010/11

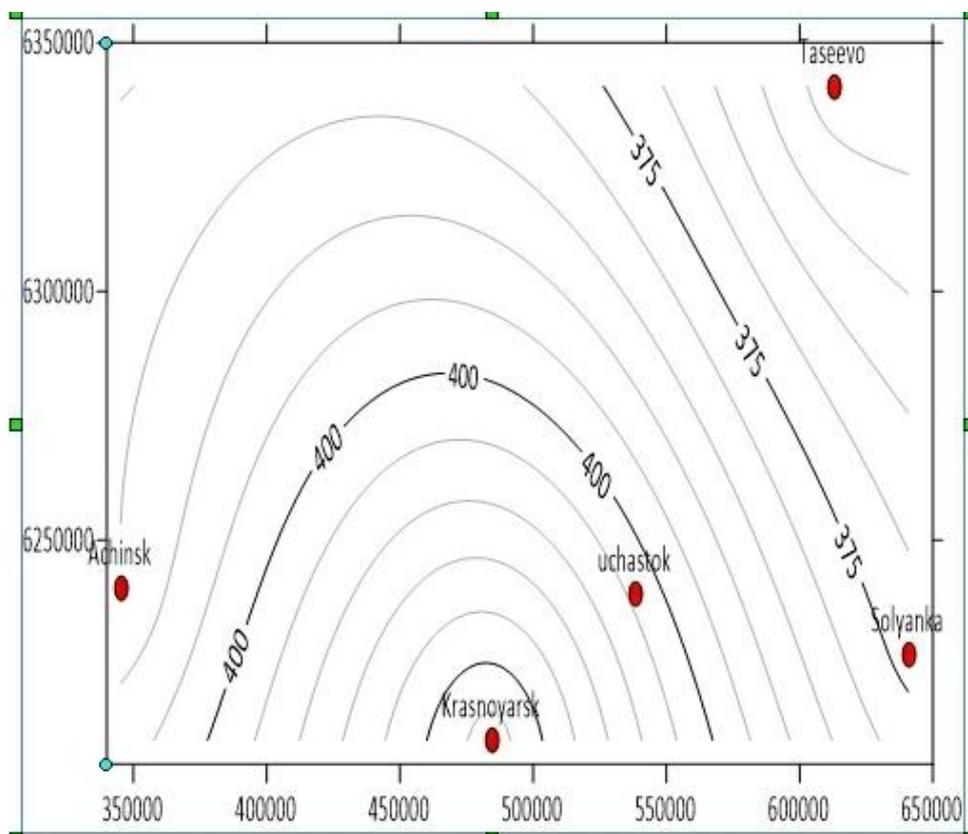


Рис.4.2.4 Карта изогийет за средний по водности год 2012/13

Таблица 4.2.2 Итоговая таблица значения осадков для участка работ

год	год	X,мм
многоводный	2002/03	470
средний	2010/11	455
маловодный	2010/13	409

4.3 СТОК

В значения среднего многолетнего стока (нормы), определенные по районной карте, следует вводить поправки на влияние местных азональных факторов, которые учитывают неполное дренирование реками подземных вод, наличие карста, выходов подземных вод, особенности геологического строения бассейна, характер почв (грунтов), промерзание и пересыхание рек, различие средних высот водосборов и другие особенности. Поправки определяют путем построения зависимостей среднего многолетнего стока от азональных факторов.

Среднее многолетнее значение стока (в модулях или слоях стока) для расчетного пункта (центра тяжести водосбора) на равнинной территории или при незначительно меняющемся рельефе определяют линейной интерполяцией между изолиниями стока [8].

Значения коэффициента вариации неисследованных рек следует определять по карте изолиний этого параметра или по районным эмпирическим формулам, в которые вводят поправки на азональные факторы [8].

Коэффициенты вариации по районным эмпирическим формулам определяют в зависимости от среднего многолетнего значения стока,

площади водосбора реки или средней высоты бассейна (в случае горных районов) [8].

Расчет модуля стока по фрагменту карты изолиний нормы годового стока (Модуль стока) рек России. При отсутствии наблюдений за стоком в расчетном створе (отсутствие данных наблюдений подразумевает отсутствие данных минимум за 6 лет [8]) среднее значение (модуль стока (норма стока)), коэффициент вариации C_v и отношения коэффициента асимметрии C_s к коэффициенту вариации определяются с использованием карты изолиний [8]. Следует отметить, что этот метод относительно простой, и в тоже время дает общее представление о модуле стока в районе исследований. Фрагменты карт предоставлены на рисунках ниже

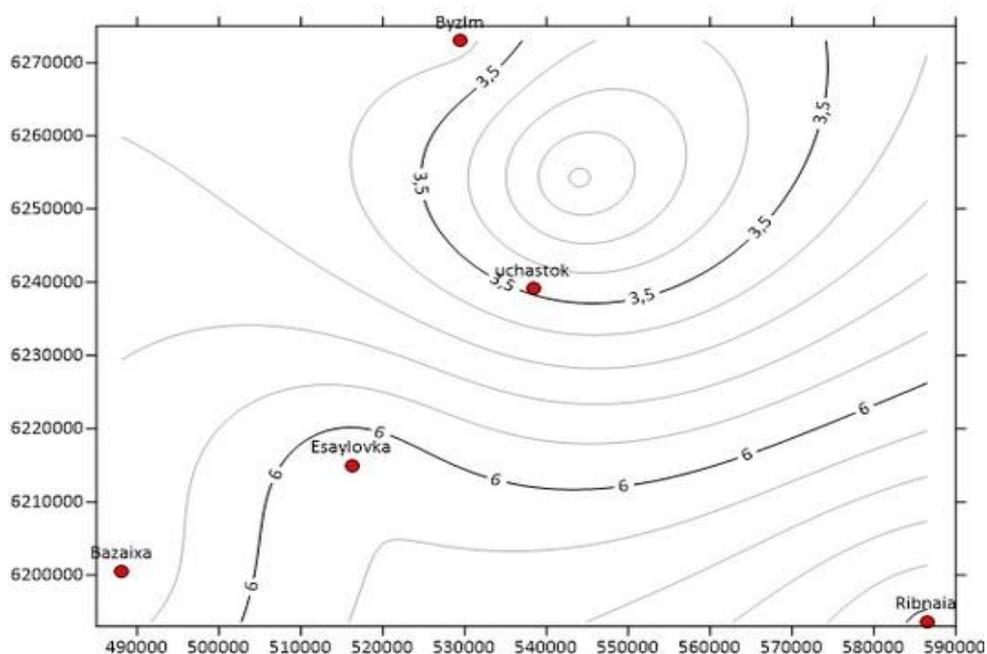


Рис.4.3.4 Карта стока за средний по водности год 2012/13

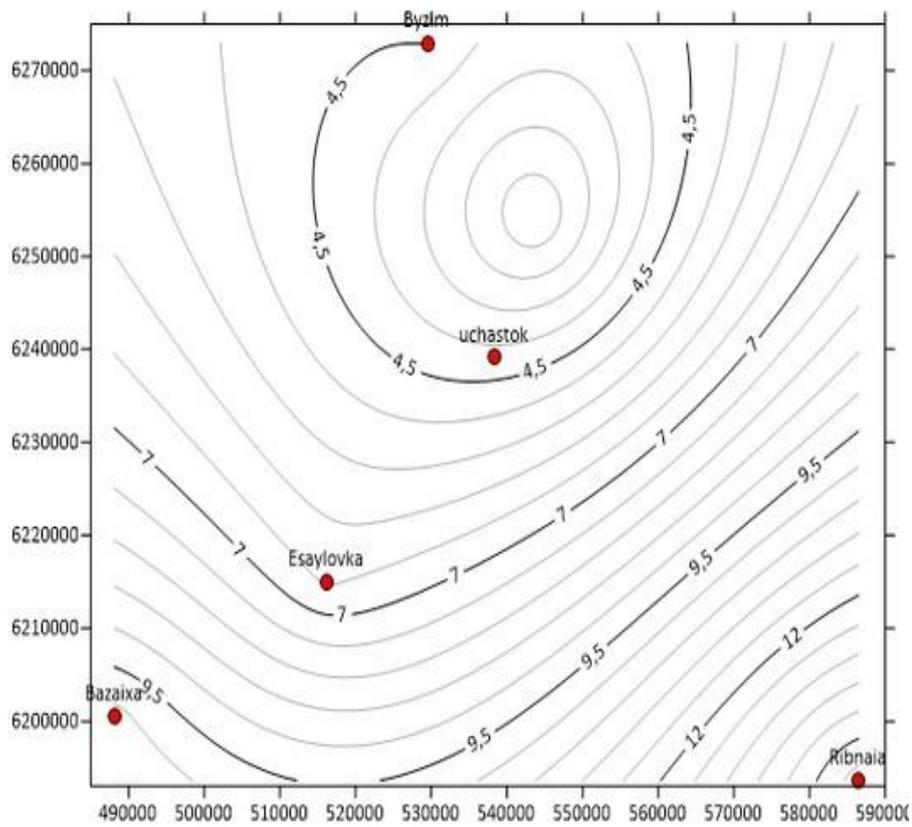


Рис.4.3.4 Карта стока за средний по водности год 2012/13

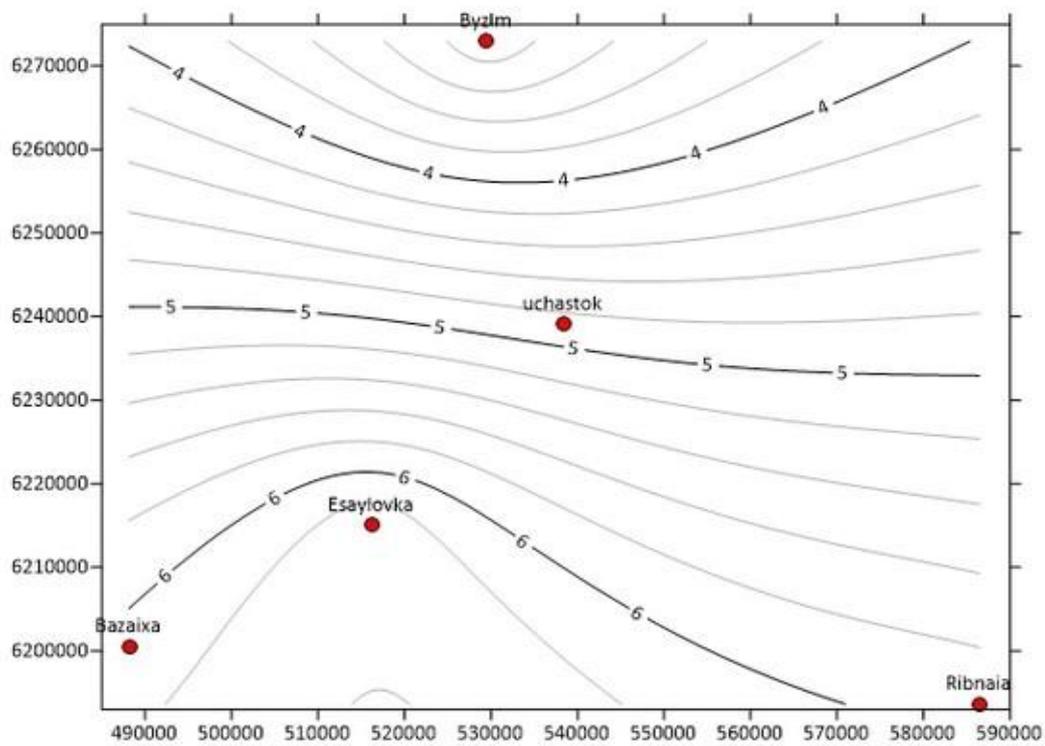


Рис.4.3.4 Карта стока за средний по водности год 2012/13

По данным этих карт, снято значения модуля стока для территории воднобалансовых наблюдений, которое составило 5.52 л/с км². Были получены гидрологические характеристики рек и ручьев в районе участка работ

Таблица 4.3.1 – Гидрологические показатели стока для рек и ручьев территории воднобалансовых наблюдений (по результатам построения карты изолиний)

Водный объект	F, км ²	M, л/с км ²	Q _{ср} , м ³ /с	W, м ³	Y, мм
Шумиха	15,81	5,52	0,0873	2434740	154
Студеный	5,894	5,52	0,0325	907676	154
Безымянный	2,851	5,52	0,0157	439054	154
Меркурьев	12,66	5,52	0,0699	1949640	154
Тимофеев	5,124	5,52	0,0283	789096	154
Байкал	39,96	5,52	0,2206	6153840	154

4.4 Водный баланс по фондовым данным

Водный баланс территории за определенный интервал времени является одной из главных характеристик влагооборота. Он отражает количественные соотношения между приходом, расходом воды и изменением влагозапасов в пределах водосборной площади.

Для водосборной площади формирование водного баланса начинается с момента поступления осадков на поверхность, одна часть из которых стекает в виде поверхностного стока, просачивается, пополняя запасы влаги зоны аэрации и подземные воды, другая – расходуется на испарение с поверхности суши и снежного покрова. Наряду с этим в пределах бассейна происходит накопление и расходование поверхностных и подземных влагозапасов в зависимости от обеспеченности в конкретный год. Формирование водного баланса происходит в результате сочетания и

взаимодействия большого числа факторов, действующих в атмосфере, на поверхности почвы и приповерхностной толщии литосферы.

Один из наиболее крупных водотоков в пределах исследуемой водосборной территории является р. Шумиха. Это правый приток первого порядка реки Енисей. Река протекает по горной ложбине с каменистым дном и имеет горный характер. Общая длина реки от истока до устья около 9,44 км, площадь водосбора 15,81 км².

Для анализа полученных фактических данных, в Отчете выполнена оценка среднего за многолетний период водного баланса, составленного для р. Шумиха по гидрологическим показателям реки Большая Тель, которая выбрана в качестве реки-аналога. Основными элементами водного баланса являются объемы (или слои) осадков (приходная часть), стока с бассейна и испарения с поверхности водосбора (расходная часть водного баланса). За определенный расчетный интервал времени водный баланс количественно выражается равенством алгебраической суммы приходных, расходных и результирующих элементов и может быть описан с помощью уравнения [7]:

$$\pm\Delta S = P - Y - E, \quad (4.4.1)$$

где $\pm\Delta S$ – невязка водного баланса, P – атмосферные осадки, выпавшие на водосбор за расчетный интервал времени, Y – речной сток в замыкающем створе, E – суммарное испарение с бассейна. Положительная величина ΔS соответствует накоплению влагозапасов, отрицательная – их сработке, в многолетнем разрезе невязка водного баланса стремится к нулю.

Для оценки годового количества осадков на территории наблюдений использованы данные м/с Сухобузимское, параметры стока оценивались по реке-аналогу р. Шумиха – реке Большая Тель (гидрологический пост

р. Б.Тель – с. Б.Балчуг). В расчете водного баланса использованы средние месячные значения стока за многолетний период на гидрологическом посту р. Б.Тель – с. Б.Балчуг, пересчитанные в модуль стока. Полученные модули стока переведены в слои стока для водосбора р. Шумиха ($F = 15,81 \text{ км}^2$) за каждый месяц [5].

Суммарное испарение – это общее количество влаги, которая испарилась с поверхности речного бассейна за рассматриваемый интервал времени. Данная величина отражает интегральное значение влаги, испарившейся с участков всех ландшафтных выделов территории наблюдений [7]. Данные о влажности почвы в метровом слое для исследуемого водосбора отсутствуют, поэтому невозможно выполнить расчет испарения тепловоднобалансовым методом, поэтому для расчёта суммарного испарения использовались схемы и графики, предложенные П.С. Кузиным и Б.В. Поляковым [4]

По фондовым данным был рассчитан водный баланс представленный в таблице 4.4.1

Таблица 4.4.1 Водный баланс по фондовым данным

Баланс	сток	испарение	осадки	невязка
2002/03	153	355	470	-38
2010/11	133	330	458	-5
2012/13	107	337	404	-40

Глава 5 Водный баланс исследуемой территории за 2017-2018

гг

5.1 Осадки полученные с метеостанции

Количество атмосферных осадков измерялось на установленной метеостанции с интервалами 1 раз в 30 минут, таким образом, что с частотой 1 раз в 30 минут фиксировалось накопленный за предыдущие 30 минут объем жидких атмосферных осадков. Измеренные значения приведены в базе данных в электронной версии настоящего Отчета, а суточные суммы атмосферных осадков приведены в Приложении Г. Общее количество жидких атмосферных осадков за весь период наблюдений составил 374,83 мм. Для дальнейших расчетов водного баланса взята сумма осадков за годичный цикл наблюдений с 6 октября 2017 по 6 октября 2018 года, которая составила 356,32 мм. За период с декабря по март 2018 года жидкие осадки зафиксированы 3 раза и в сумме составили 0,75 мм. Количество атмосферных осадков за период с декабря по март получено по данным снеговой съемки и составило 138 мм. Таким образом, суммарное годовое количество осадков составило 494,32 мм, доля жидких атмосферных осадков составила 72% от годовой суммы осадков.

Годовое распределение атмосферных осадков за период наблюдений характеризуется минимумом в ноябре и апреле, затем нарастанием количества осадков с мая по июнь и летним максимумом в июле 2018 года. Количество осадков в августе составило 26,08 мм и было почти в три раза ниже среднегодового количества осадков. Максимальная месячная сумма осадков за период наблюдений зафиксирована в сентябре

2018 года и составила 138,2 мм и была почти в три раза выше среднемноголетнего количества осадков за сентябрь.

Таблица 5.1.1. Атмосферные осадки по данным полученным на метеостанции участка исследований

	2017 год			2018 год										Го д
	Месяцы			Месяцы										
	X	XI	XI I	I	II	III	IV	V	VI	VII	VI II	IX	X	
Сумма осадков, мм	28,3	4,8	138,75				3,3	45,4	49,2	58,1	26,1	138,2	20,8	494,3
Максимальное количество осадков за 30 мин., мм	1,3	0,5	-				0,76	3,3	6,9	8,38	7,4	5,6	1,8	8,4
Максимальное суточное количество осадков, мм	7,6	1,3	-				1,77	14,5	26,9	11,2	7,9	41,1	8,1	41,1
Максимальная интенсивность осадков, мм/час	8,9	0,0	-				7,9	100,3	35,1	174,2	99,6	61,5	4,8	174,2
Испарение суммарное, мм	16,3	14,8	11,3	6,2	6,7	23,6	41,3	45,9	52,1	48,0	48,2	30,2	26,2	370,8

Описание метеорологических параметров в пределах водосборной территории района исследований дается по результатам наблюдений стационарных метеостанций УГМС (Сухобузимское, Красноярск Опытное поле, Шалинское, Уяр). Как уже отмечалось ранее ближайшими по природным условиям и расстояниям к участку работ являются метеостанции с длинными рядами наблюдений Сухобузимское, Красноярск Опытное поле, Шалинское, Уяр [25, 28, 30]. В таблице 2.4.1. приведены абсолютные отметки метеоплощадок метеостанций и расстояния до района исследований.

Таблица 5.1.2 – Абсолютные отметки метеоплощадок метеостанций и расстояния до района исследований

Метеостанция	Высота метеоплощадки над уровнем моря, м	Расстояние до района исследований, км
Сухобузимское	164	30
Опытное поле (Красноярск)	277	52
Уяр	374	69
Шалинское	403	60
Участок работ	193	0

Сравнение метеорологических параметров определенных в пределах водосборной территории района исследований с результатами наблюдений стационарных метеостанций УГМС (Сухобузимское, Опытное поле, Шалинское, Уяр) приводится для периода наблюдений с 6 октября 2017 года по 24 октября 2018 года.

Как видно из представленных данных характер изменения среднемесячных температур на рассматриваемых метеостанциях практически одинаковый, только на метеостанции Сухобузимское отмечены более низкие температуры в январе 2018 г.

В таблице 5.1.3 представлены результаты сравнения измеренного давления, приведенного к среднему уровню моря, по метеостанциям в период с октября 2017 г. по октябрь 2018г., мм ртутного столба.

Таблица 5.1.3 – Сравнение измеренного давления приведенного к среднему уровню моря по метеостанциям в период с октября 2017 г. по октябрь 2018г., мм рт. столба

Метеостанция	Давление, приведенное к среднему уровню моря, мм рт. столба		
	Среднее	Максимальное	Минимальное
Участок работ	766,0	797,3	743,5
Опытное поле, Красноярск	765,1	795,5	746,0
Сухобузимская	765,2	796,4	745,4
Уяр	765,4	795,8	745,8
Шалинское	765,1	795,8	745,6

Как видно из данных среднее приведенное давление практически одинаковое, однако на метеостанции участка работ отмечена несколько большая амплитуда его изменения.

С распределением атмосферного давления и его сезонными изменениями связан ветровой режим. Над изучаемой территорией большую часть года преобладают юго-западные воздушные течения.

Как видно из представленных данных при общей тенденции преобладания юго-западных направлений ветра, повторяемость (%) существенное отличается только по метеостанции Опытное поле (Красноярск).

Наиболее существенным для водобалансовых наблюдений является сопоставление режима и количества выпадающих осадков. В таблице 5.1.3 приведены суммы выпавших осадков в период с 6 октября 2017 года по 24 октября 2018 года.

Таблица 5.1.4 – Суммы выпавших осадков в период с 6 октября 2017 года по 24 октября 2018 года

Метеостанция	Сухобузимская	Опытное поле	Уяр	Шалинское	Участок работ
Сумма осадков, мм	296	426	447	348	375

Поскольку на автоматической метеостанции змерялись только жидкие осадки, то приведенная цифра является заниженной. С учетом результатов снеговой съемки в районе участка работ за рассматриваемый период выпало 494 мм осадков. Это несколько выше, чем измерено за тот же период на метеостанциях УГМС, однако при этом следует учитывать, что снеговая съемка проводилась на естественном рельефе на высотах с абсолютными отметками 400–450 метров.

Из представленных данных видно, что при общей тенденции с небольшим количеством осадков в апреле и октябре, и большим количеством в сентябре, конкретные цифры по метеостанциям существенно различаются. Так в сентябре в районе исследований выпало практически в два раза больше осадков чем на ближайших метеостанциях Сухобузимская и Шалинское, в тоже время по другим месяцам наблюдается обратная картина.

Данные результаты показывают, что для построения водного баланса водосборной территории важны результаты метеонаблюдений непосредственно в районе исследований.

5.2 Испарение

Испарение было посчитано аналогичным способом как в главе 4.1 по формуле Постникова

Оценка величины испарения показала что, минимальное значение испарения составило 6,2 мм в январе 2018 года, а максимальные значения испарения характерны для июня и месячная сумма испарения в июне составила 52,1 мм. В апреле, июне, августе и октябре 2018 года месячное испарение превышало месячную сумму атмосферных осадков. Причем наиболее значительное превышение наблюдалось в августе 2018 года, когда испарение в 1,8 раза превысило месячную сумму атмосферных осадков. Это отразилось в установлении меженных наименьших уровней в водных объектах территории воднобалансовых наблюдений. Однако, годовая сумма атмосферных осадков превысила величину годового испарения в 1,33 раза, то есть коэффициент увлажнения за период режимных наблюдений был >1 , что соответствует условиям избыточного увлажнения для средней тайги Красноярского края.

5.3.Сток

В результате анализа полученных гидрологических и метеорологических данных были выполнены расчеты приходной и расходной статей водного баланса. К приходным составляющим относятся атмосферные осадки, а к расходным относятся поверхностный сток и суммарное испарение (испарение, эвоотранспирация). Выполнен подсчет стока воды, на основании методики определения зависимости между расходами воды и уровнями водотоков ($Q=f(H)$). Были выполнены определения количества атмосферных осадков и величины испарения на

изучаемую территорию, которые получены по результатам измерений на метеостанции участка исследований.

5.3.1 Построение кривой расходов при однозначной зависимости между расходами и уровнями и подсчет стока руч. Безымянный створ ГП-2

Кривая расходов строится в прямоугольной системе координат. Зависимость $Q = f(H)$ может выражаться графически в виде одной плавной кривой. В этом случае определенному значению уровня соответствует одно определенное значение расхода воды. Такая зависимость называется однозначной. Следует иметь в виду, что в данном случае мы имеем дело с приближенно однозначной зависимостью, так как она не является функциональной: точки измеренных расходов всегда ложатся на графике с некоторым разбросом, что связано как с погрешностями измерений расходов и уровней, так и влиянием ряда причин, нарушающих связь расходов и уровней [1].

Однозначная связь охватывает нередко только ограниченный период времени. Для некоторых рек она может сохраняться в течение года или нескольких лет. Однозначная кривая расходов всегда направлена выпуклостью вверх. Во многих случаях зависимость $Q=f(H)$ приобретает весьма сложный вид. Это объясняется влиянием различных причин, искажающих эту зависимость. К их числу относятся: 1) неустановившееся движение воды, 2) ледяные образования в русле, 3) зарастание русла водной растительностью, 4) неустойчивость русла — размывы и аккумуляция наносов, 5) переменный подпор. В подобных случаях однозначная зависимость нарушается: одному и тому же уровню соответствуют разные расходы воды. Например, при ледяном покрове при

одном и том же уровне расход меньше, чем в открытом русле; при прохождении паводка при одном и том же уровне расход на подъеме больше, чем на спаде. Такая связь уровней и расходов называется неоднозначной. Определение зависимости $Q=f(H)$ при этом бывает сопряжено с большими трудностями [1].

При устойчивом незаросшем русле и отсутствии переменного подпора между расходами и уровнями воды существует однозначная зависимость, при которой определенному значению уровня соответствует только одно значение расхода воды. Имея достаточное количество расходов воды, измеренных при различных уровнях, можно установить зависимость между этими элементами и определить значение расхода за каждый день по наблюдаемым на водомерном посту уровням. Связь между расходами и уровнями воды обычно устанавливается графически в виде кривой $Q = f(H)$ [1].

Чтобы установить характер связи между расходами и уровнями, необходимо тщательно проверить и проанализировать исходные материалы. К ним относятся: 1) таблица «Измеренные расходы воды» (ИРВ); 2) таблица «Ежедневные уровни воды» (ЕУВ); Анализ материалов наблюдений следует начинать с таблицы ИРВ; при этом нужно произвести: 1) арифметическую проверку величин средней скорости и средней глубины; 2) проверку соответствия уровня воды в день измерения расхода уровню того же дня в таблице ЕУВ; 3) сопоставление записей о состоянии реки в таблице ИРВ с теми же данными в таблице ЕУВ [1].

Для построения кривой расходов в координатной системе (Q , H) наносят на график точки измеренных расходов, которые обычно располагаются узкой полосой. Кривую расходов проводят на глаз плавной линией, по середине полосы рассеивания точек расходов, измеренных при свободном состоянии русла, то есть при отсутствии ледяного покрова и водной

растительности. Затем, пользуясь построенной кривой расходов, составляют расчетную таблицу расходов. Эта таблица используется в дальнейшем для определения средних суточных расходов воды. Для составления таблицы значения расходов снимают с кривой $Q = f(H)$ через определенные интервалы уровня, например, через 10 см, с таким расчетом, чтобы отрезки кривой в пределах интервала можно было бы принимать за прямые для прямолинейной интерполяции промежуточных значений расхода. Снятые с кривой значения расходов проставляют в графу «0» против соответствующих уровней. Значения расходов для промежуточных уровней вычисляют по интерполяции и заносят в соответствующие графы [1]. Для построения кривой расхода использовались данные об измеренных расходах воды ручья Безымянный створ ГП-2 с октября 2017 по октябрь 2018 г.

Таблица 5.3.1 Фрагмент Таблицы измеренных расходов воды (ТГ-8) ручья Безымянный створ ГП-2

№ расхода	Дата	Состояние реки	Уровень воды, см	Расход воды, м ³ /с
25	17.10.2017	СВ	20	0.00650
26	01.11.2017	СВ	19	0.00375
27	14.11.2017	ЗАБ		0.00200
28	29.11.2017	ЗАБ		0.00175
29	26.12.2017	ЛДСТ		0.00483
30	17.01.2018	ЛДСТ		0.00050
31	31.05.2018	СВ	20	0.00250
32	14.06.2018	СВ	19	0.00400
33	25.06.2018	СВ	19	0.00400
34	17.07.2018	СВ	18	0.00400

35	31.07.2018	СВ	19	0.00400
36	17.08.2018	СВ	18	0.00510
37	21.08.2018	СВ	18	0.00390
38	05.09.2018	СВ	22	0.00860
39	25.09.2018	СВ	20	0.00500

ГП-2 оборудован тонкостенным треугольным водосливом (водослив Томпсона). Расходы воды, через такой водослив, рассчитываются по формуле 3.1.

$$Q = 1.4 * H^{5/2}, \quad (5.3.1)$$

где: Q , м³/с – расход воды, H , м – Напор на водосливе.

При построении кривой следует учитывать только измеренные расходы в период, свободный ото льда; значения расходов зимнего периода и периода зарастания наносятся для сопоставления [3].

Кривая расходов $Q=f(H)$ для руч. Безымянный створ ГП-2 приведена на рисунке 5.3.1.

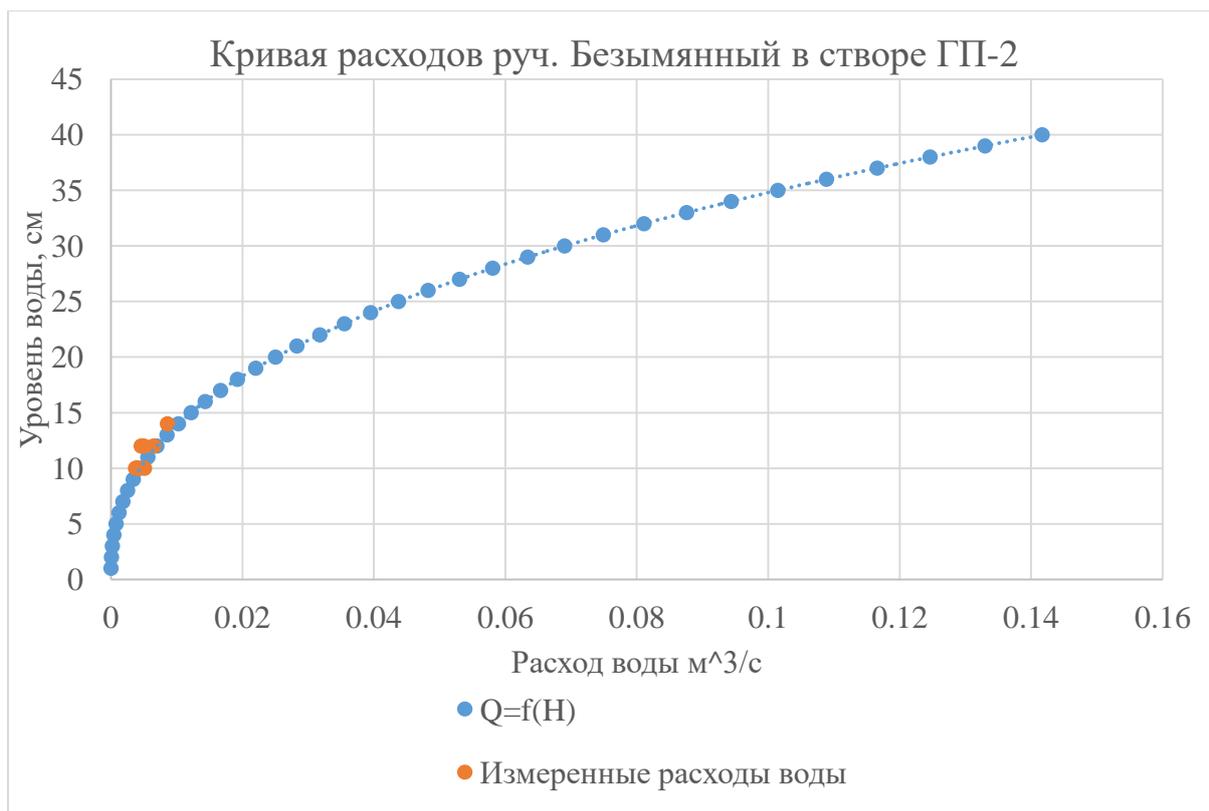


Рисунок 5.3.1 Кривая зависимости $Q=f(H)$ для руч. Безымянный створ ГП-2

Таблица 5.3.2 Ежедневные уровни воды руч. Безымянный створ ГП-2

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1		19						30	20	18	19	18	20
2								32	20	18	19	18	20
3								27	20	18	21	19	20
4	19						18	24	20	20	20	29	19
5	19							24	19	20	19	22	20
6	19							25	21	20	20	20	20
7	20							23	20	19	20	20	20
8	19							24	19	19	20	20	19
9	19							26	19	19	19	19	19
10	18							24	19	18	20	20	19
Ср. дек. I	19							26	20	19	20	21	20
11	19							23	19	18	19	21	19
12	20							23	19	18	18	20	19

13	20							24	19	18	18	21	19
14	18						53	23	19	18	18	26	19
15	18						51	23	25	18	18	24	22
16	18						38	23	21	17	18	23	20
17	20						32	23	20	18	18	23	20
18	18						30	22	20	18	18	21	20
19	18						29	21	20	18	18	20	19
20	19						29	22	20	18	18	20	19
Ср. дек. II	19						38	23	20	18	18	22	20
21	18			19			27	21	20	21	18	20	19
22	19						27	25	19	19		20	20
23	18						40	22	19	19	18	20	20
24	18						39	22	19	19	18	20	20
25	19						36	21	19	19	18	20	
26	18						39	20	18	18	18		
27	18						36	21	18	19	18	20	
28	18						31	21	18	19	18	20	
29	18						29	21	17	20	18	20	
30	18						30	21	20	19	18	20	
31	19							20		19	18		
Ср. дек. III	18						33	21	19	19	18	20	
Ср. мес.	19						34	23	20	19	19	21	20
Высший	20						53	32	25	21	21	29	22
Низший	18						18	20	17	17	18	18	19

1		0.00562	0.00170	0.00200	0.00150	0.00100	0.00200	0.03340	0.00698	0.00443	0.00562	0.00443	0.00698	Табл ица 5.3.3 Еже днев ные расх оды вод ы р. Без ымя нны й Расх оды вод
2		0.00528	0.00170	0.00200	0.00150	0.00100	0.00220	0.04156	0.00698	0.00443	0.00562	0.00443	0.00698	
3		0.00493	0.00170	0.00200	0.00150	0.00100	0.00230	0.02161	0.00698	0.00443	0.00853	0.00562	0.00698	
4	0.00604	0.00459	0.00170	0.00200	0.00150	0.00100	0.00443	0.01500	0.00698	0.00698	0.00698	0.02829	0.00562	
5	0.00555	0.00425	0.00170	0.00200	0.00150	0.00100	0.00450	0.01500	0.00562	0.00698	0.00562	0.01027	0.00698	
6	0.00562	0.00391	0.00170	0.00200	0.00150	0.00100	0.00510	0.01747	0.00853	0.00698	0.00698	0.00698	0.00698	
7	0.00698	0.00357	0.00170	0.00200	0.00150	0.00100	0.00600	0.01275	0.00698	0.00562	0.00698	0.00698	0.00698	
8	0.00562	0.00323	0.00170	0.00200	0.00150	0.00100	0.00800	0.01385	0.00562	0.00562	0.00698	0.00698	0.00562	
9	0.00562	0.00288	0.00170	0.00150	0.00150	0.00100	0.01200	0.02017	0.00562	0.00562	0.00562	0.00562	0.00562	
10	0.00443	0.00220	0.00170	0.00150	0.00150	0.00100	0.02200	0.01385	0.00562	0.00443	0.00698	0.00698	0.00562	
Ср. дек. I	0.00569	0.00405	0.00170	0.00190	0.00150	0.00100	0.00685	0.02047	0.00659	0.00555	0.00659	0.00866	0.00644	
11	0.00562	0.00200	0.00170	0.00150	0.00150	0.00100	0.03500	0.01171	0.00562	0.00443	0.00562	0.00853	0.00562	
12	0.00698	0.00200	0.00170	0.00150	0.00150	0.00100	0.08600	0.01275	0.00562	0.00443	0.00443	0.00698	0.00562	
13	0.00698	0.00200	0.00170	0.00150	0.00150	0.00100	0.15000	0.01500	0.00562	0.00443	0.00443	0.00853	0.00562	
14	0.00443	0.00190	0.00170	0.00150	0.00150	0.00100	0.19018	0.01275	0.00562	0.00443	0.00443	0.01924	0.00562	
15	0.00443	0.00190	0.00180	0.00150	0.00150	0.00100	0.16975	0.01275	0.01668	0.00443	0.00443	0.01434	0.01027	
16	0.00443	0.00190	0.00185	0.00150	0.00150	0.00100	0.07057	0.01275	0.00853	0.00340	0.00443	0.01220	0.00698	
17	0.00698	0.00185	0.00190	0.00150	0.00150	0.00100	0.03942	0.01177	0.00698	0.00443	0.00443	0.01220	0.00698	
18	0.00443	0.00185	0.00200	0.00150	0.00150	0.00100	0.03153	0.01072	0.00698	0.00443	0.00443	0.00853	0.00698	
19	0.00443	0.00185	0.00210	0.00150	0.00150	0.00100	0.02972	0.00889	0.00698	0.00443	0.00443	0.00698	0.00562	
20	0.00562	0.00183	0.00250	0.00150	0.00150	0.00100	0.02972	0.00978	0.00698	0.00443	0.00443	0.00698	0.00562	
Ср. дек. II	0.00543	0.00191	0.00190	0.00150	0.00150	0.00100	0.08319	0.01189	0.00756	0.00432	0.00455	0.01045	0.00649	
21	0.00443	0.00180	0.00250	0.00150	0.00150	0.00150	0.02311	0.00889	0.00698	0.00853	0.00443	0.00698	0.00562	
22	0.00562	0.00180	0.00250	0.00150	0.00150	0.00150	0.02311	0.01621	0.00562	0.00562	0.00443	0.00698	0.00698	
23	0.00443	0.00180	0.00300	0.00150	0.00150	0.00160	0.07899	0.01017	0.00562	0.00562	0.00443	0.00698	0.00698	
24	0.00443	0.00180	0.00300	0.00150	0.00150	0.00160	0.07275	0.00950	0.00562	0.00562	0.00443	0.00698	0.00698	
25	0.00562	0.00180	0.00380	0.00150	0.00150	0.00180	0.05849	0.00886	0.00562	0.00562	0.00443	0.00698		
26	0.00443	0.00175	0.00483	0.00150	0.00150	0.00180	0.07583	0.00765	0.00473	0.00443	0.00443	0.00698		
27	0.00443	0.00175	0.00350	0.00150	0.00150	0.00180	0.05849	0.00886	0.00443	0.00562	0.00443	0.00698		
28	0.00443	0.00175	0.00320	0.00150	0.00150	0.00190	0.03534	0.00886	0.00443	0.00562	0.00443	0.00698		
29	0.00443	0.00175	0.00280	0.00150		0.00190	0.02972	0.00886	0.00340	0.00698	0.00443	0.00698		
30	0.00443	0.00172	0.00250	0.00150		0.00200	0.03153	0.00886	0.00698	0.00562	0.00443	0.00698		
31	0.00562		0.00200	0.00150		0.00200		0.00698		0.00562	0.00443			
Ср. дек. III	0.00475	0.00177	0.00306	0.00150	0.00150	0.00176	0.04874	0.00943	0.00534	0.00590	0.00443	0.00698	0.00644	
Ср. мес.	0.00523	0.00258	0.00224	0.00163	0.00150	0.00125	0.04626	0.01378	0.00650	0.00528	0.00516	0.00870	0.00649	
Высший	0.00698	0.00562	0.00483	0.00200	0.00150	0.00150	0.19018	0.04156	0.01668	0.00853	0.00853	0.02829	0.01027	
Низший	0.00443	0.00172	0.00170	0.00150	0.00150	0.00100	0.00200	0.00698	0.00340	0.00340	0.00443	0.00443	0.00562	

ы в зимний период со 2 ноября 2017 г. по 16 апреля 2018 г. получены по эпизодическим наблюдениям за расходами воды в течении этого периода (Таблица 5.3.1) и с учетом грунтового питания, плавно уменьшающемся к концу зимней межени [2].

По данным таблицы 5.3.3 получены основные характеристиками годового стока приведенные в таблице 5.3.4

Река-створ	F, км ²	Q _{ср} , м ³ /с	W, м ³	M, л/с км ²	Y, мм
руч. Безымянный створ ГП-2	2,513	0,008	263376	3,4	105

Для построения кривой расхода использовались данные об измеренных расходах воды р. Шумиха створ ГП-1 с октября 2017 по октябрь 2018 г. Таблица измеренных расходов воды (ТГ-8) приведена в Приложении 1 настоящего отчета. Часть данных о расходах приведены в Таблице 5.3.5

Таблица 5.3.4 Фрагмент Таблицы измеренных расходов воды (ТГ-8) р. Шумиха створ ГП-1

№ расхода	Дата	Состояние реки	Уровень воды, см	Расход воды, м ³ /с	Ширина реки, м	Площадь водного сечения, м	Средняя глубина, м	Средняя скорость, м/с
1	17.10.2017	СВ	34	0.120	1.50	0.331	0.22	0.363
2	01.11.2017	СВ	26	0.069	1.50	0.301	0.20	0.229
3	14.11.2017	ЗАБ		0.031	1.50	0.204	0.14	0.152
4	29.11.2017	ЗАБ		0.037	1.00	0.166	0.17	0.223
5	14.12.2017	ЗАБ		0.035	1.20	0.181	0.15	0.193
6	26.12.2017	ЗАБ		0.006	0.80	0.126	0.16	0.048
7	17.01.2018	ЛДСТ		0.058	1.50	0.144	0.10	0.403
8	06.02.2018	ЛДСТ		0.006	0.40	0.024	0.06	0.250
9	14.02.2018	ЛДСТ		0.006	0.40	0.024	0.06	0.250
10	01.03.2018	ЛДСТ		0.010	0.40	0.040	0.10	0.250

№ расхода	Дата	Состояние реки	Уровень воды, см	Расход воды, м ³ /с	Ширина реки, м	Площадь водного сечения	Средняя глубина, м	Средняя скорость, м/с
-----------	------	----------------	------------------	--------------------------------	----------------	-------------------------	--------------------	-----------------------

						я, м		
11	27.03.2018	ЛДСТ		0.015	0.40	0.080	0.20	0.188
12	03.04.2018	ЛДСТ		0.039	1.40	0.212	0.15	0.184
13	17.04.2018	СВ	50	0.292	1.50	0.487	0.32	0.600
14	24.04.2018	СВ	63	0.535	1.50	0.690	0.46	0.775
15	15.05.2018	СВ	33	0.093	1.50	0.345	0.23	0.270
16	31.05.2018	СВ	29	0.093	1.50	0.322	0.21	0.289
17	14.06.2018	СВ	25	0.061	1.50	0.241	0.16	0.253
18	25.06.2018	СВ	24	0.051	1.50	0.200	0.13	0.255
19	17.07.2018	СВ	23	0.031	1.50	0.200	0.13	0.155
20	31.07.2018	СВ	24	0.029	1.50	0.193	0.13	0.150
21	10.08.2018	СВ	23	0.021	1.50	0.180	0.12	0.117
22	21.08.2018	СВ	22	0.021	1.40	0.168	0.12	0.125
23	05.09.2018	СВ	28	0.067	1.50	0.272	0.18	0.246
24	25.09.2018	СВ	24	0.038	1.40	0.204	0.15	0.186

При построении кривой следует учитывать только измеренные расходы в период, свободный ото льда; значения расходов зимнего периода и периода зарастания наносятся для сопоставления [3].

Кривая расходов $Q=f(H)$ для р. Шумиха створ ГП-1 приведена на рисунке 5.3.2 .

Кривая зависимости $Q=f(H)$ р. Шумиха створ ГП-1 за X.2017-X.2018 г.

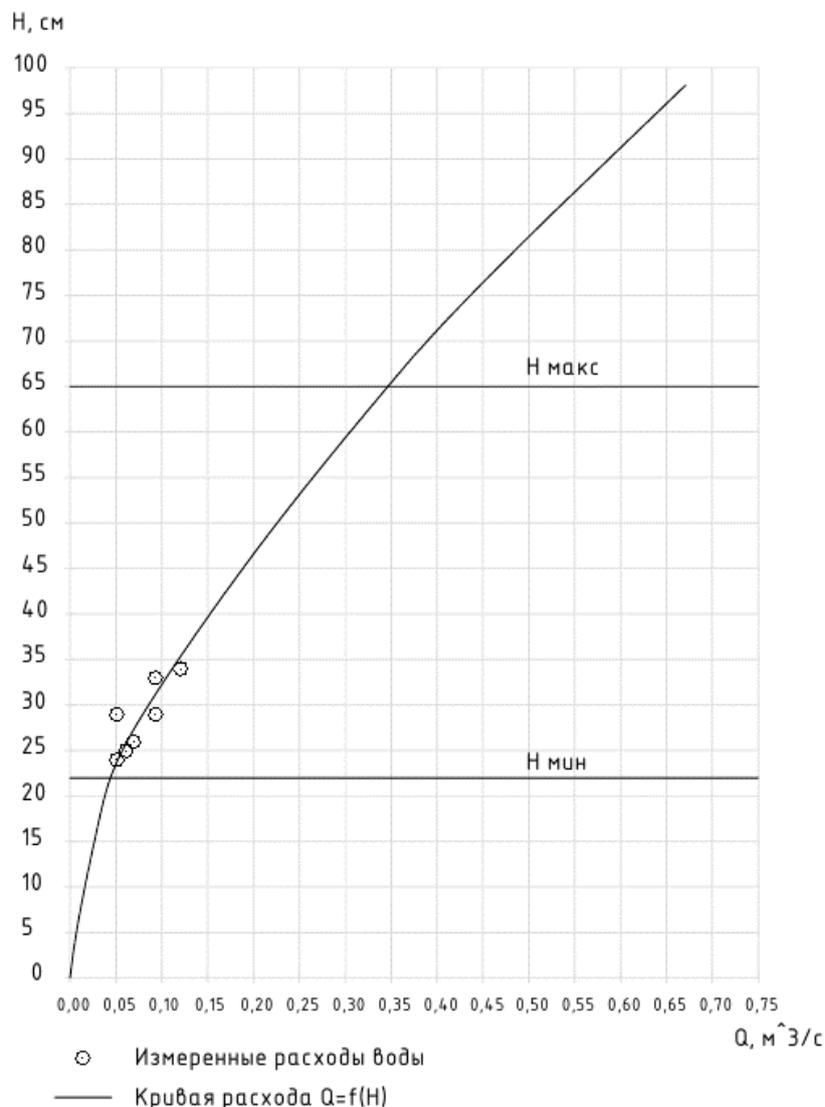


Рисунок 5.3.2 Кривая зависимости $Q=f(H)$ для р. Шумиха створ ГП-1

Полученная кривая $Q — f (H)$ используется для определения расхода воды по уровню, для чего составляется расчетная таблица. При составлении таблицы с кривой снимаются значения расходов через интервалы уровня от 5 до 20 см, а промежуточные значения расходов через 1 см определяются по способу прямолинейной интерполяции между расходами, снятыми с кривой. Интервалы уровня, при которых значения

расходов снимаются с кривой, принимаются в зависимости от кривизны отдельных участков с тем, чтобы расходы, определенные интерполяцией, отклонялись от кривой не более чем на 1,0—1,5 % в верхней и средней частях кривой и не более чем на 2—3 % в нижней части [3].

По результатам построения получены опорные значения для составления расчетной таблицы (таблицы координат) (таблица 2.2) кривой $Q=f(H)$. Интервалы для всей кривой $Q=f(H)$ приняты равными 10 см. Приращение расходов по отдельным интервалам должно равномерно увеличиваться с увеличением уровня. Между опорными значениями произведена прямолинейная интерполяция.

Таблица 5.3.5 Расчетная таблица $Q=f(H)$ за период X.2017-X.2018 р. Шумиха створ ГП-1

H, см	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.0001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.009	0.011	0.012	0.014
10	0.015	0.017	0.020	0.022	0.024	0.027	0.029	0.031	0.033	0.036
20	0.038	0.043	0.047	0.052	0.057	0.062	0.066	0.071	0.076	0.080
30	0.085	0.092	0.099	0.105	0.112	0.119	0.126	0.133	0.139	0.146
40	0.153	0.160	0.167	0.174	0.181	0.188	0.194	0.201	0.208	0.215
50	0.222	0.230	0.238	0.247	0.255	0.263	0.271	0.279	0.288	0.296
60	0.304	0.313	0.322	0.330	0.339	0.348	0.357	0.366	0.374	0.383
70	0.392	0.401	0.411	0.420	0.430	0.439	0.448	0.458	0.467	0.477
80	0.486	0.496	0.506	0.517	0.527	0.537	0.547	0.557	0.568	0.578
90	0.588									

Таблица 5.3.6 Ежедневные уровни воды р. Шумиха створ ГП-1

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1		26						47	30	23	24	22	24
2								51	29	23	24	22	24
3								40	28	22	27	23	24
4	26						23	35	28	25	24	42	24
5	31							35	27	25	24	28	24
6	31							37	29	25	24	25	24

7	30							33	28	24	24	24	24
8	29							34	28	24	23	23	24
9	29							39	27	24	23	23	23
10	28							34	27	23	23	23	23
Ср. дек. I	29							39	28	24	24	26	24
11	30							32	26	23	23	25	23
12	35							33	26	23	22	24	23
13	32							35	26	23	23	26	23
14	31							33	25	22	23	39	23
15	29							33	42	22	22	40	29
16	30							33	34	22	22	36	26
17	34						50	32	29	23	22	32	25
18	32						46	31	27	23	22	28	24
19	31						45	29	26	23	22	26	24
20	30						45	30	26	23	22	25	24
Ср. дек. II	31						47	32	29	23	22	30	24
21	31						41	29	26	31	22	25	24
22	32						41	36	25	25		24	26
23	31						65	40	24	24	22	24	27
24	29						63	34	23	24	22	24	25
25	30						58	33	24	24	23	24	
26	29						64	30	23	23	22		
27	28						58	34	24	23	22	26	
28	28						48	34	24	25	22	26	
29	28						45	31	23	29	22	25	
30	28						46	29	23	25	22	24	
31	28							29		24	22		
Ср. дек. III	29						53	33	24	25	22	25	26
Ср. мес.	30						49	34	27	24	23	27	24
Высший	35						65	51	42	31	27	42	29
Низший	26						23	29	23	22	22	22	23

Таблица 5.3.7 Ежедневные расходы воды р. Шумиха створ ГП-1 с 4 октября 2017 по 30 сентября 2018 г.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1		0.06 6	0.03 6	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.03 9	0.20 1	0.08 5	0.05 2	0.05 7	0.04 3	0.052
2		0.06 3	0.03 6	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.04 2	0.23 0	0.08 0	0.05 2	0.05 7	0.04 3	0.052
3		0.06 0	0.03 6	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.04 5	0.15 3	0.07 6	0.04 7	0.07 1	0.05 2	0.052
4	0.06 6	0.05 7	0.03 6	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.04 7	0.11 9	0.07 6	0.06 2	0.05 7	0.16 0	0.052
5	0.09 2	0.05 5	0.03 6	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.04 9	0.11 9	0.07 1	0.06 2	0.05 7	0.07 6	0.052
6	0.09 2	0.05 2	0.03 6	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.05 0	0.13 3	0.08 0	0.06 2	0.05 7	0.06 2	0.052
7	0.08 5	0.04 9	0.03 5	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.05 1	0.10 5	0.07 6	0.05 7	0.05 7	0.05 7	0.052
8	0.08 0	0.04 6	0.03 5	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.05 0	0.11 2	0.07 6	0.05 7	0.05 2	0.05 2	0.052
9	0.08 0	0.04 3	0.03 5	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.05 0	0.14 6	0.07 1	0.05 7	0.05 2	0.05 2	0.047
10	0.07 6	0.04 0	0.03 5	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.05 0	0.11 2	0.07 1	0.05 2	0.05 2	0.05 2	0.047
Ср. дек. I	0.08 2	0.05 3	0.03 6	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.04 7	0.14 3	0.07 6	0.05 6	0.05 7	0.06 5	0.051
11	0.08 5	0.03 9	0.03 5	0.00 5	0.00 6	0.00 7	0.05 2	0.09 9	0.06 6	0.05 2	0.05 2	0.06 2	0.047
12	0.11 9	0.03 6	0.03 5	0.00 5	0.00 6	0.00 9	0.05 4	0.10 5	0.06 6	0.05 2	0.04 7	0.05 7	0.047
13	0.09 9	0.03 4	0.03 5	0.00 5	0.00 6	0.01 1	0.05 2	0.11 9	0.06 6	0.05 2	0.05 2	0.06 6	0.047
14	0.09 2	0.03 1	0.03 5	0.00 5	0.00 6	0.01 2	0.05 5	0.10 5	0.06 2	0.04 7	0.05 2	0.14 6	0.047
15	0.08 0	0.02 9	0.03 5	0.00 5	0.00 6	0.01 4	0.06 0	0.10 5	0.16 7	0.04 7	0.04 7	0.15 3	0.080
16	0.08 5	0.02 6	0.03 5	0.00 5	0.00 6	0.01 6	0.07 9	0.10 5	0.11 2	0.04 7	0.04 7	0.12 6	0.066
17	0.11 2	0.02 3	0.03 5	0.00 5	0.00 6	0.01 8	0.22 2	0.09 9	0.08 0	0.05 2	0.04 7	0.09 9	0.062
18	0.09 9	0.02 1	0.03 4	0.00 5	0.00 6	0.02 0	0.19 4	0.09 2	0.07 1	0.05 2	0.04 7	0.07 6	0.057

19	0.09 2	0.01 8	0.03 4	0.00 5	0.00 6	0.02 1	0.18 8	0.08 0	0.06 6	0.05 2	0.04 7	0.06 6	0.057
20	0.08 5	0.01 3	0.03 4	0.00 5	0.00 6	0.02 5	0.18 8	0.08 5	0.06 6	0.05 2	0.04 7	0.06 2	0.057
Ср. дек. II	0.09 5	0.02 7	0.03 5	0.00 5	0.00 6	0.01 5	0.11 4	0.09 9	0.08 2	0.05 1	0.04 9	0.09 1	0.057
21	0.09 2	0.01 1	0.03 0	0.00 6	0.00 6	0.02 5	0.16 0	0.08 0	0.06 6	0.09 2	0.04 7	0.06 2	0.057
22	0.09 9	0.01 1	0.02 1	0.00 6	0.00 6	0.02 6	0.16 0	0.12 6	0.06 2	0.06 2	0.04 7	0.05 7	0.066
23	0.09 2	0.01 2	0.01 4	0.00 6	0.00 6	0.02 7	0.34 8	0.15 3	0.05 7	0.05 7	0.04 7	0.05 7	0.071
24	0.08 0	0.01 4	0.01 0	0.00 6	0.00 6	0.02 8	0.33 0	0.11 2	0.05 2	0.05 7	0.04 7	0.05 7	0.062
25	0.08 5	0.01 9	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.02 9	0.28 8	0.10 5	0.05 7	0.05 7	0.05 2	0.05 7	
26	0.08 0	0.02 5	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.03 1	0.33 9	0.08 5	0.05 2	0.05 2	0.04 7	0.06 2	
27	0.07 6	0.02 9	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.03 2	0.28 8	0.11 2	0.05 7	0.05 2	0.04 7	0.06 6	
28	0.07 6	0.03 1	0.00 6	0.00 6	0.00 6	0.03 3	0.20 8	0.11 2	0.05 7	0.06 2	0.04 7	0.06 6	
29	0.07 6	0.03 7	0.00 6	0.00 6		0.03 4	0.18 8	0.09 2	0.05 2	0.08 0	0.04 7	0.06 2	
30	0.07 6	0.03 6	0.00 6	0.00 6		0.03 6	0.19 4	0.08 0	0.05 2	0.06 2	0.04 7	0.05 7	
31	0.07 6		0.00 6	0.00 6		0.03 7		0.08 0		0.05 7	0.04 7		
Ср. дек. III	0.08 2	0.02 3	0.01 1	0.00 6	0.00 6	0.03 1	0.25 0	0.10 4	0.05 6	0.06 3	0.04 8	0.06 0	0.064
Ср. мес.	0.08 7	0.03 4	0.02 6	0.00 6	0.00 6	0.01 8	0.13 7	0.11 5	0.07 2	0.05 7	0.05 1	0.07 2	0.056
Высший	0.11 9	0.06 6	0.03 6	0.00 6	0.00 6	0.03 7	0.34 8	0.23 0	0.16 7	0.09 2	0.07 1	0.16 0	0.080
Низший	0.06 6	0.01 1	0.00 6	0.00 5	0.00 6	0.00 6	0.03 9	0.08 0	0.05 2	0.04 7	0.04 7	0.04 3	0.047

Расходы воды в зимний период со 2 ноября 2017 г. по 16 апреля 2018 г. получены по эпизодическим наблюдениям за расходами воды в течении этого периода и с учетом грунтового питания, плавно уменьшающемуся к концу зимней межени [2].

Река-створ	F, км ²	Q _{ср} , м ³ /с	W, м ³	M, л/с км ²	Y, мм
Р. Шумиха створ ГП-1	8,754	0,057	1772604	6,5	202

5.3.2 Расчленение гидрографов для всех постов

По данным гидрометрических измерений для каждого года можно получить гидрограф - график изменения расхода воды за год $Q=f(t)$, который отражает сложные процессы водообмена поверхностных и подземных вод. Количественная оценка доли различных видов питания в формировании стока обычно осуществляется с помощью графического расчленения гидрографа по видам питания. Этот метод применяется для графического выделения объемов воды, сформированных различными источниками питания. В этом случае доля того или иного вида питания (например, снегового, дождевого, подземного) определяется пропорционально соответствующим площадям на гидрографе. В результате расчетов можно получить количественную оценку каждого источника питания за год и, что особенно важно, выделить подземную составляющую общего годового стока [29].

Наибольшие трудности возникают при выделении подземного питания в период половодья или крупных паводков. В зависимости от характера взаимодействия поверхностных и подземных вод Б.В. Поляковым, Б.И. Куделиным, К.В. Воскресенским, М.И. Львовичем, О.В.

Поповым и другими исследователями предложен ряд схем расчленения гидрографа [29].

При расчленении гидрографа учитываются следующие, наиболее общие закономерности. При отсутствии гидравлической связи речных и грунтовых вод, что обычно характерно для горных рек; подземное питание в период половодья или паводка в общих чертах повторяет ход гидрографа, но в более сглаженном виде и с некоторым запаздыванием максимума подземного питания по сравнению с максимумом расхода воды [29]. При наличии постоянной или временной гидравлической связи речных и грунтовых вод на подъеме половодья в результате подпора рекой грунтовых вод подземное питание уменьшается и достигает минимума при наивысшем уровне воды в реке. На практике при недостатке сведений о взаимосвязи речных и грунтовых вод часто для равнинных рек условно принимают величину подземного питания в момент пика половодья, равной нулю [29]. При длительном стоянии высоких уровней, что более свойственно крупным рекам, происходит фильтрация речных вод в грунт - «отрицательное подземное питание», а на спаде половодья или в начале межени эти воды возвращаются в реку. Водоносные горизонты, гидравлически связанные с рекой имеют иной режим и противоположную направленность фаз стока по сравнению с поверхностными водами. При повышении уровня воды в реке происходит уменьшение гидравлических уклонов и расхода подземного стока в реку, то есть наблюдается явления подпора. В восходящей стадии весеннего половодья в прибрежной зоне образуются обратные гидравлические уклоны гидравлического потока, и происходит инфильтрация речных вод в берега. При спаде половодья зеркало грунтового потока вновь приобретает наклон к реке и начинается обратный сток в реку инфильтрующейся в берега речной воды. Однако во многих случаях, особенно на малых и средних реках, границу подземного

питания на гидрографе проводят просто по прямой линии, соединяющей точки начала и конца половодья [29].

По данным о ежедневных расходах воды на гидропостах ГП-1, ГП-2, ГП-3, ГП-4 и ГП-5 были построены гидрографы стока, приведенные на рисунках 5.3.1 – 5.3.5.

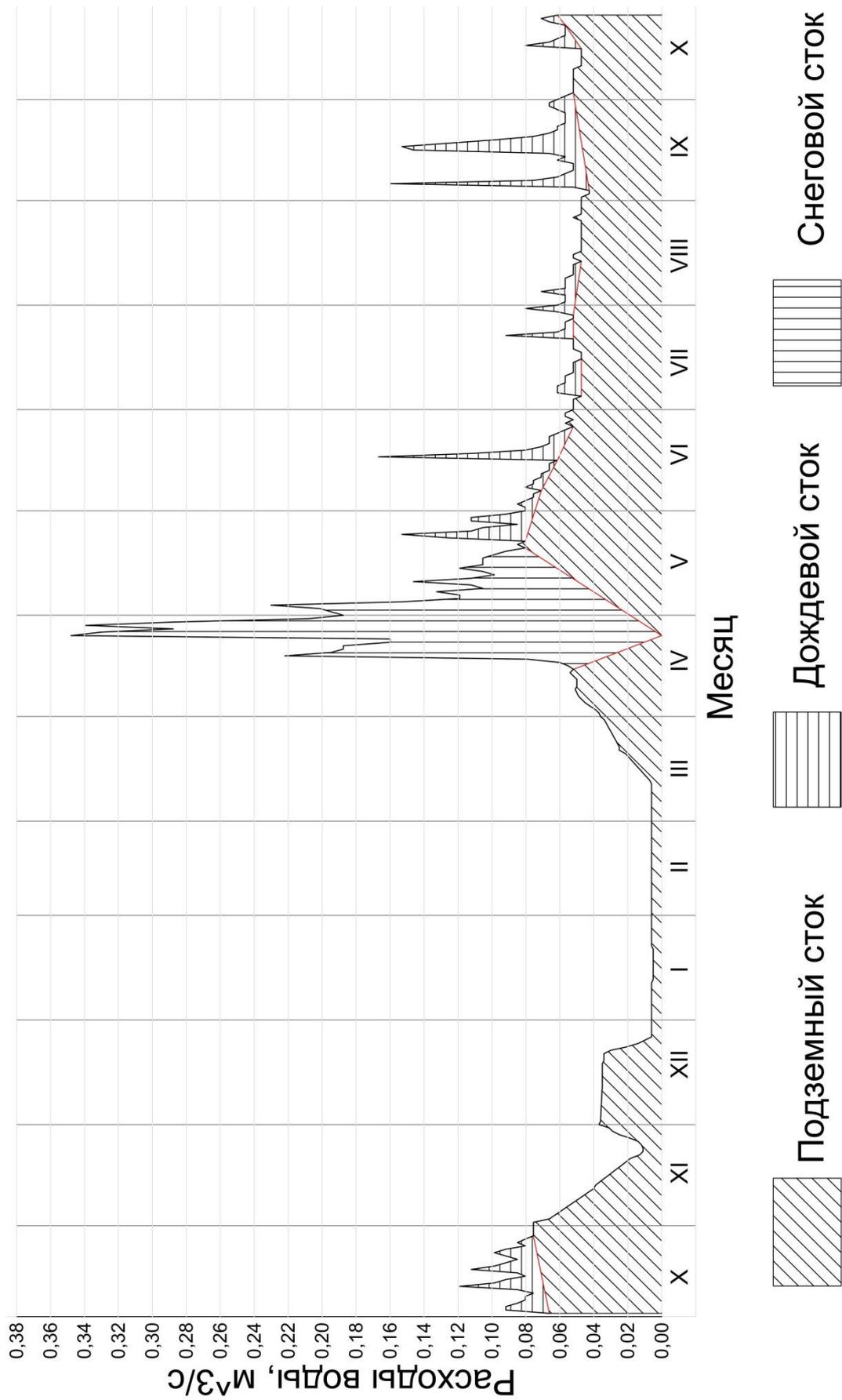


Рисунок 5.3.2 – Расчленение гидрографа стока р. Шумиха в створе ГП-1 за 2017-2018 гг.

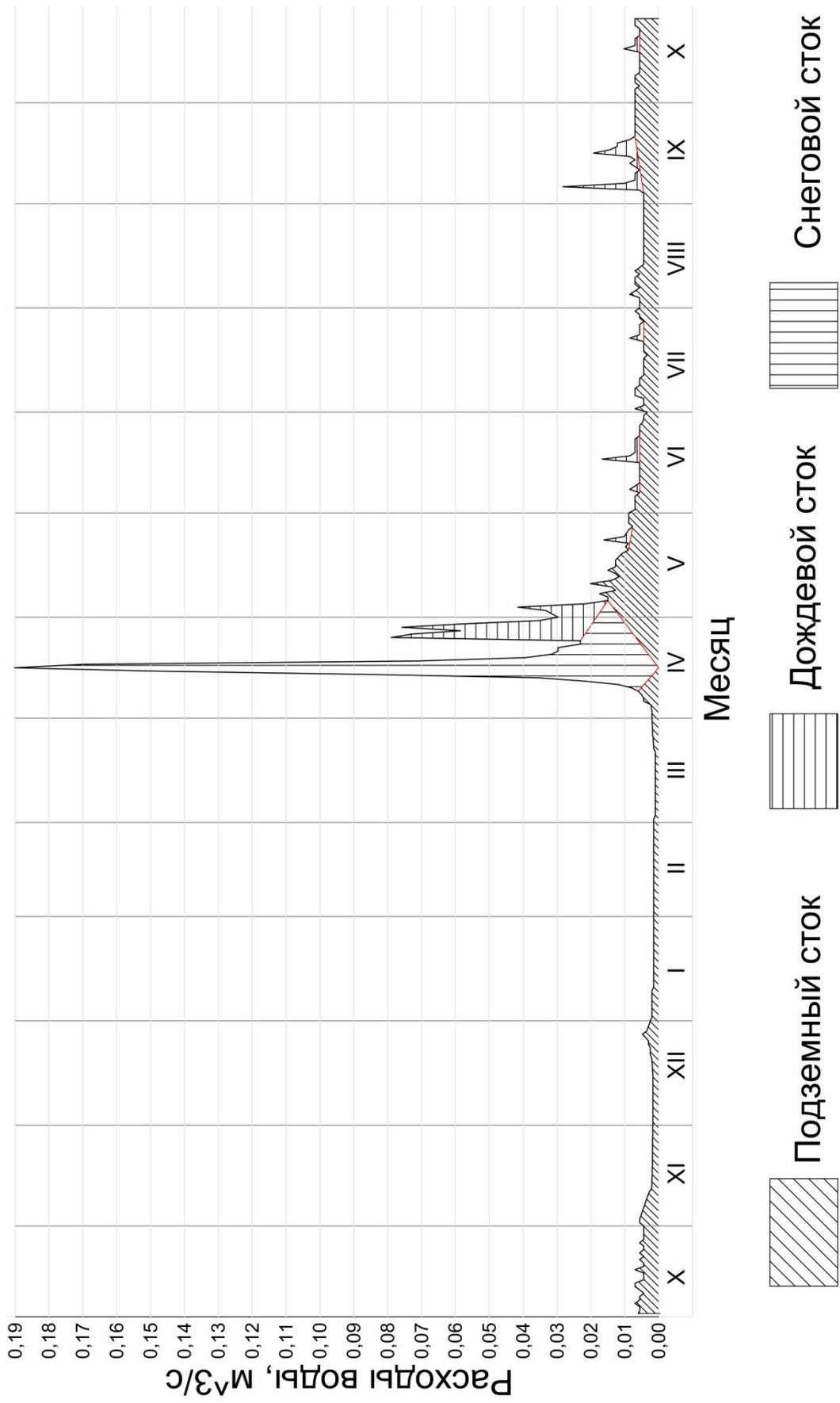


Рисунок 5.3.3– Расчленение гидрографа стока руч. Безьямный в створе ГП-2 за 2017-2018 гг.

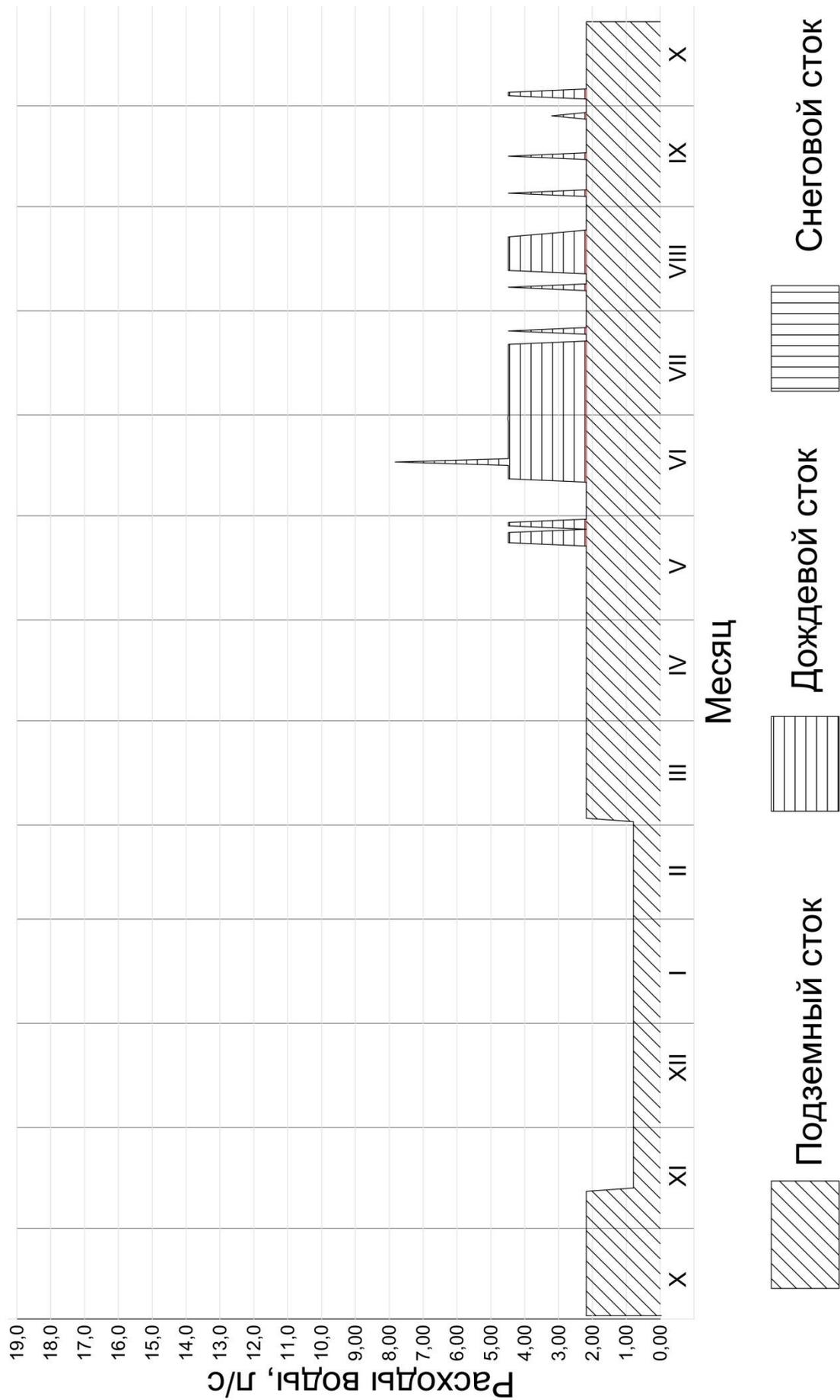


Рисунок 5.3.4 – Расчленение гидрографа стока руч. Меркурьев в створе ГП-3 за 2017-2018 гг.

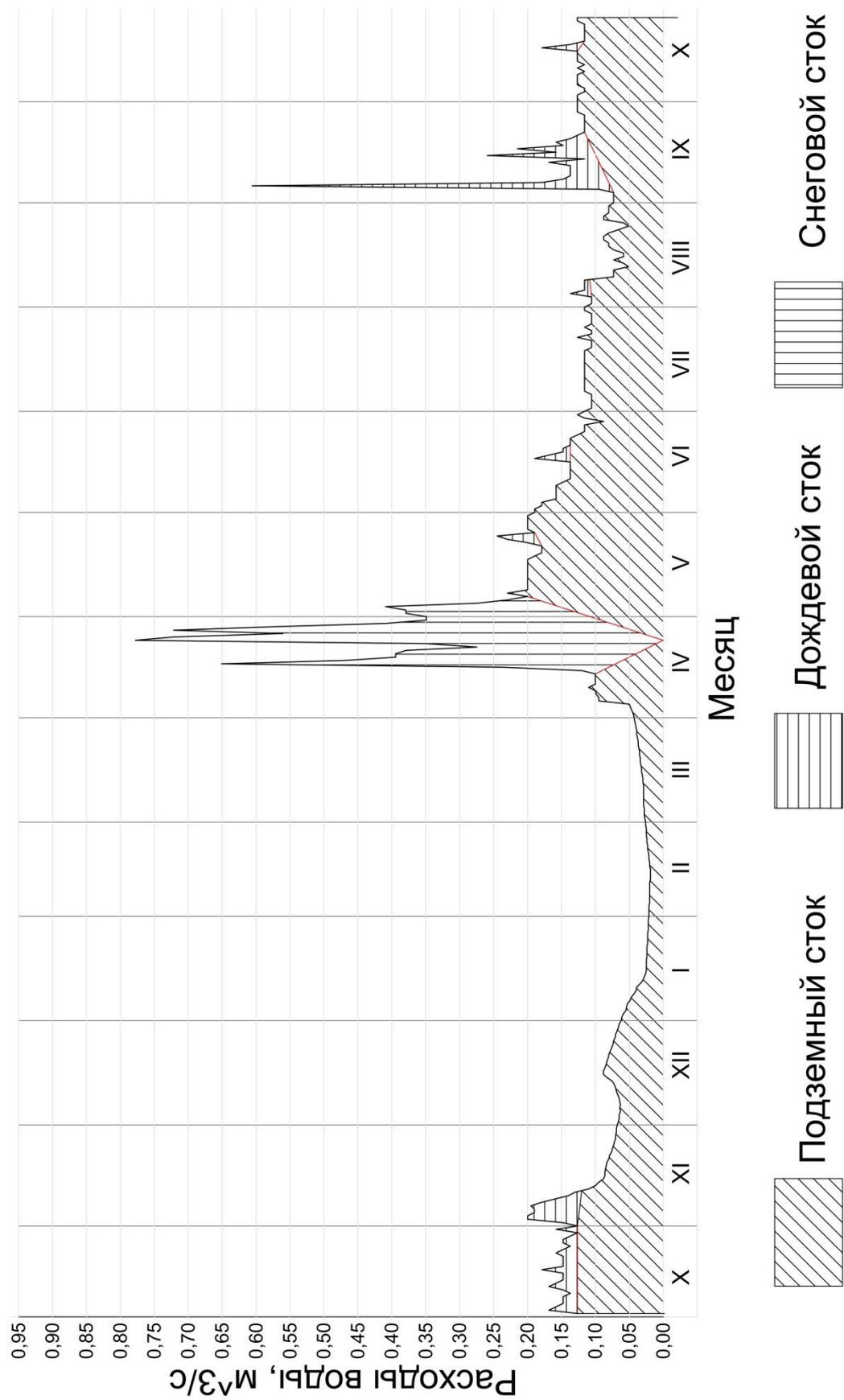


Рисунок 5.3.5 – Расчленение гидрографа стока р. Байкал в створе ГП-4 за 2017-2018 гг.

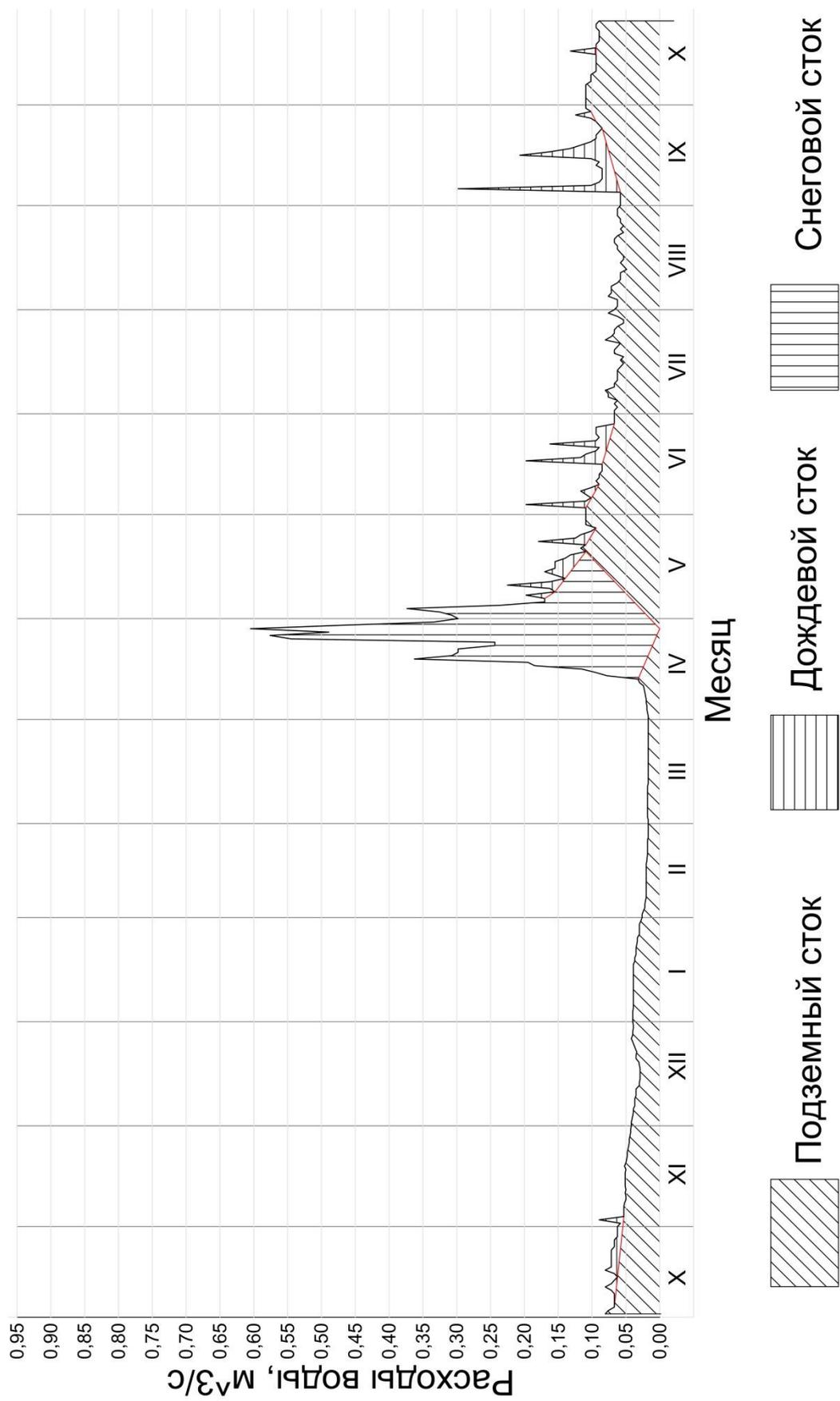


Рисунок 5.3.6– Расчленение гидрографа стока руч. Меркурьев в створе ГП-5 за 2017-2018 гг.

Расчленение представленных на рисунках 5.3.2 – 5.3.6 гидрографов стока, по типам питания проводились по методу Б.В. Полякова. Тип питания реки Шумиха в створе ГП-1 является смешанным: грунтовое питание (59%) - составляет наибольшую долю, снеговое (21%) и дождевое питание (10%). Объем годового стока равен 1768308 м³.

Грунтовое питание отсутствует в момент прохождения пика половодья: в третьей декаде апреля. Уменьшение подземного питания на подъеме половодья и увеличение на спаде идет стремительно, но равномерно. Грунтовый тип питания является преобладающим на протяжении всего года, за исключением весеннего периода, в это время преобладает снеговое питание, т.к. происходит интенсивное снеготаяние. Дождевой тип питания проявляется в основном в летне-осенний период, достигая своего максимума в сентябре. На гидрографе отчетливо прослеживается весеннее половодье (конец апреля и начало мая), где лидирующее положение занимает снеговой тип питания, а также весенне-летняя (конец мая - июнь) и летняя (сентябрь) межени с лидирующим грунтовым питанием. Ледовые явления наблюдаются с начала ноября до середины апреля включительно.

Тип питания ручья Безымянный в створе ГП-2 является смешанным: грунтовое питание (55%) - составляет наибольшую долю, снеговое (31%) и дождевое питание (15%). Объем годового стока равен 263865 м³. Грунтовое питание отсутствует в момент прохождения пика половодья во второй декаде апреля. Уменьшение подземного питания на подъеме половодья и увеличение на спаде идет стремительно, но равномерно. Грунтовый тип питания является преобладающим на протяжении всего года, за исключением весеннего периода, в это время преобладает снеговое питание, так как происходит интенсивное снеготаяние. Дождевой тип питания проявляется в основном в летне-осенний период, достигая своего максимума в сентябре. На гидрографе отчетливо прослеживается

весеннее половодье (вторая и третья декада апреля), где лидирующее положение занимает снеговой тип питания, а также летняя (сентябрь) межень с лидирующим грунтовым питанием. Ледовые явления наблюдаются с начала ноября до середины апреля включительно.

Тип питания ручья Меркурьев в створе ГП-3 характеризуется как смешанный: грунтовое питание составляет наибольшую долю 88% и дождевое питание (18%). Объем годового стока равен 5096,4 м³.

Грунтовый тип питания является преобладающим на протяжении всего года. Дождевой тип питания проявляется в основном в летне-осенний период, достигая своего максимума в августе-сентябре. Ледовые явления наблюдаются с начала ноября до середины апреля включительно.

Тип питания реки Байкал в створе ГП-4 является смешанным: грунтовое питание (77%) - составляет наибольшую долю, снеговое (17%) и дождевое питание (6%). Объем годового стока равен 3736200 м³. Грунтовое питание отсутствует в момент прохождения пика половодья - в третьей декаде апреля. Уменьшение подземного питания на подъеме половодья и увеличение на спаде идет стремительно, но равномерно. Грунтовый тип питания является преобладающим на протяжении всего года, за исключением весеннего периода, в это время преобладает снеговое питание, так как происходит интенсивное снеготаяние. Дождевой тип питания проявляется в основном в летне-осенний период, достигая своего максимума в сентябре. На гидрографе отчетливо прослеживается весеннее половодье (с конца апреля и до начала мая), где лидирующее положение занимает снеговой тип питания, а также весенне-летняя (конец мая - июнь) и летняя (сентябрь) межени с преобладающим грунтовым питанием. Ледовые явления наблюдаются с начала ноября до середины апреля включительно.

Тип питания ручья Меркурьев в створе ГП-5 является смешанным: грунтовое питание составляет 68%, снеговое 25%, а дождевое питание 7%.

Объем годового стока равен 2476800 м³. Грунтовое питание отсутствует в момент прохождения пика половодья: в третьей декаде апреля. Уменьшение подземного питания на подъеме половодья и увеличение на спаде идет стремительно, но равномерно. Грунтовый тип питания является преобладающим на протяжении всего года, за исключением весеннего периода, в это время преобладает снеговое питание, так как происходит интенсивное снеготаяние. Дождевой тип питания проявляется в основном в летне-осенний период, достигая своего максимума в сентябре. На гидрографе отчетливо прослеживается весеннее половодье (конец апреля и начало мая), где лидирующее положение занимает снеговой тип питания, а также весенне-летняя (конец мая - июнь) и летняя (сентябрь) межени с лидирующим грунтовым питанием. Ледовые явления наблюдаются с начала ноября до середины апреля включительно.

Таким образом, на основании расчленения гидрографов по гидропостам, сделаны предварительные выводы о режимобразующих факторах водного баланса по рекам и ручьям, протекающим в пределах территории воднобалансовых наблюдений.

Таблица 5.3.9 – Типы питания и их количественная оценка для рек и ручьев в районе участка работ

Водный объект	Единицы измерения	Тип питания			Итого
		Снеговое	Дождевое	Подземное	
Шумиха	%	21	10	69	100
	мм	42	20	139	202
	м ³	750116	357198	2464668	1768308
Безымянный	%	31	15	55	100
	мм	33	16	58	105
	м ³	85888	41559	152382	263865
Меркурьев	%	0	18	82	100
	мм	0	6	25	31
	м ³	0	284	1296	5096.4
Байкал	%	17	6	77	100
	мм	33	12	150	195
	м ³	1238550	437135	5609904	3736200
Меркурьев	%	25	7	68	100
	мм	54	15	146	215
	м ³	1331280	372758	3621082	2476800

5.3.3. Получение характеристик стока для всех постов

Ежедневные (средние суточные) расходы воды определяют по средним суточным уровням. При очень резких суточных колебаниях стока вычисление средних суточных расходов производят как среднее арифметическое, взвешенное во времени, из срочных значений расходов воды, вычисленных для моментов, когда измерялся уровень воды. Такой порядок вычисления средних суточных расходов воды применяют, в частности, при подсчете стока с малых водосборов, оборудованных самописцами уровней, например, на стоковых станциях. Полученные значения средних суточных расходов воды записывают в таблицу «Ежедневные расходы воды», сокращенно ЕРВ. В ней помещают значения расходов за весь год, при этом указывают значения средних расходов за сутки, декады, месяцы, год, кроме того, указывают значения наименьшего и наибольшего расходов за месяцы и за год; экстремальные значения расходов за каждый месяц вычисляют по срочным измерениям уровня. Таблицы ЕРВ служат основой для определения стока воды за требуемые периоды времени [1].

Основными характеристиками годового стока являются:

1. Средний годовой расход $Q_{\text{ср}}$ м³/с

$$Q_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{n}, \quad (5.3.1)$$

где Q_i — расход каждого дня; n — число дней в году [3];

2. Модуль стока M л/(с км²)— количество воды, стекающее с единицы площади водосбора в единицу времени,— определяется по формуле:

$$M = Q_{\text{ср}} * 10^3 / F, \quad (5.3.2)$$

где F — площадь водосбора, км² [3];

3. Объем стока за год W (м³/год или км³/год) — количество воды, стекающее с водосбора за год, вычисляется по формулам:

$$W = Q_{\text{ср}} * T \quad (5.3.3)$$

$$W = M * F * T / 1000, \quad (5.3.4)$$

где T — число секунд в году [3];

4. Слой стока за год Y мм — количество воды, стекающее с водосбора за год, равное толщине слоя, равномерно распределенного по всей площади водосбора. Слой стока за любой год можно вычислить по формулам

$$Y = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i * 86.4}{F} \quad (5.3.5)$$

$$Y = Q_{\text{ср}} * \frac{T}{F * 10^3} \quad (5.3.6)$$

$$Y = \frac{W}{F * 10^3} \quad (5.3.7)$$

$$Y = 31.5 * M \quad (5.3.8)$$

где 86,4 — переводной коэффициент; n — число суток в году [3].

5.4 Водный баланс рек и ручьев в районе участка исследований с октября 2017 по октябрь 2018 г.

Уравнение водного баланса речного бассейна является частным случаем рассмотренного выше уравнения общего вида (1.2). Для любого речного бассейна приток поверхностных вод извне отсутствует ($Q_{\text{п}} = 0$). Для подавляющего числа больших и средних речных бассейнов, находящихся в различных природных условиях, а также для большинства малых речных водосборов, расположенных в зонах избыточного и достаточного увлажнения, основной рекой бассейна и ее притоками полностью дренируется сток верхних водоносных горизонтов. Этот подземный сток полностью формируется в пределах данного бассейна, поскольку поверхностный и подземный водоразделы совпадают. Такие речные бассейны, иногда называемые «замкнутыми», не получают, следовательно, притока подземных вод извне ($Q_{\text{п. подз}} = 0$). Отток подземных вод $Q_{\text{о. подз}}$ из бассейнов, речная сеть которых дренирует

полностью подземные воды, происходит лишь через замыкающий створ основной реки (в виде подземной составляющей $Q_{\text{подз}}$ общего речного стока Q) [1].

Уравнение водного баланса замкнутого речного бассейна в естественных условиях имеет вид

$$P - E - Q = \Delta S, \quad (5.4.1)$$

а при расчленении общего речного стока Q на поверхностную $Q_{\text{пов}}$ и подземную $Q_{\text{подз}}$ составляющие оно может быть представлено в виде

$$P - E - Q_{\text{пов}} - Q_{\text{подз}} = \Delta S \quad (5.4.2)$$

Атмосферные осадки (Слой осадков P) получены по результатам обработки данных с метеостанции, расположенной (жидкие осадки) и по результатам снегомерной съемки, выполненной в апреле 2018 года (твердые осадки).

По результатам снегомерной съемки получено значение запаса воды в снеге в мм на конец зимнего периода и составляет 138 мм. По результатам обработки данных по метеостанции получено значение жидких осадков в мм и составляет 354 мм. Итого слой осадков P с октября 2017 по октябрь 2018 г. составляет 492 мм.

Таблица 5.4.1 Расчет испарения по метеостанции

Среднегодовая температура воздуха, °С	Среднегодовые осадки, мм	Суммарное испарение, мм
2,4	494	371

Слой испарения составляет 371 мм.

Исходя из выше сказанного Водный баланс рек и ручьев, расположенных на участке исследований рассчитан по формуле .. Результаты представлены в таблице 5.4.2 в слоях и в таблице 5.4.3 в объемах для рек и ручьев.

Таблица 5.4.2 Водный баланс водосборных бассейнов рек и ручьев, в слоях, мм

Водный объект	Осадки, мм	Испарение, мм	Сток, мм	Невязка, мм
Шумиха ГП-1	492	371	202	-81
Безымянный ГП-2	492	371	105	16
Меркурьев ГП-3	492	371	31	90
Байкал ГП-4	492	371	195	-74
Меркурьев ГП-5	492	371	215	-94

Таблица 5.4.3. Водный баланс водосборных бассейнов рек и ручьев, в объемах, м³

Водный объект	Осадки, м ³	Испарение, м ³	Сток, м ³	Невязка, м ³
Шумиха	4306968	3247734	1768308	-709074
Безымянный	1236396	932323	263865	40208
Меркурьев	80884.8	60992.4	5096.4	14796
Байкал	9426720	7108360	3736200	-1417840
Меркурьев	5667840	4273920	2476800	-1082880

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью выполняемых работ стало выявление закономерностей формирования водного баланса на водосборной площади в районе возможного размещения участка работ (Красноярский край, Нижне-Канский массив). Поэтому, основным результатом работ в 2018 году является реализация годового цикла воднобалансовых наблюдений на территории участка работ. На последнем этапе был проведен годовой цикл режимных воднобалансовых наблюдений на организованной в 2017 году сети состоящей из пяти гидрологических постов и метеостанции. Полученные результаты измерений позволили построить водный баланс водосборной территории участка работ.

В результате систематизации, обобщения и анализа результатов фондовых, справочных, литературных материалов и результатов, выполненных ранее метеонаблюдений, показано что для территории воднобалансовых наблюдений характерна своеобразная циркуляция атмосферы из-за его расположения в центральной области Евразийского материка, а также характером рельефа местности. Климат района отличается резко выраженной континентальностью, суровостью продолжительных зим и жарким коротким летом. Процессы циркуляции атмосферы над территорией воднобалансовых наблюдений несколько различны в зависимости от сезона года. В зимний период территория находится под воздействием Азиатского антициклона. В это время преобладают низкие температуры воздуха при низком влагосодержании в атмосферном воздухе. В переходные сезоны происходит перестройка барического поля, усиливается влияние западного переноса, возрастает интенсивность и повторяемость циклонов. На фоне общего повышения температуры весной и понижения ее осенью наблюдаются частые вторжения более теплых или более холодных воздушных масс, которые приводят к резким колебаниям температуры и влажности воздуха,

усилениям скорости ветра, выпадению осадков. Летом циклоническая деятельность выражена менее интенсивно, преобладает континентальный умеренный воздух, менее устойчивый, чем зимний. Прохождение циклонов, особенно юго-западных траекторий, сопровождается интенсивными осадками, которые формируют летний максимум атмосферных осадков. По количеству выпадающих осадков район исследований относится к зоне с избыточным увлажнением, В районе исследований в теплое время года (с апреля по октябрь) осадков выпадает больше, чем в холодный период. Доля жидких осадков в годовом их количестве составляет, в среднем по территории исследований, 65 - 68 %. Анализ имеющихся фондовых данных показывает, что наибольшее количество осадков выпадает в июле - августе, а наименьшее количество выпадает в феврале - марте.

Для построения предварительного баланса территории по справочным данным получены следующие значения: количество атмосферных осадков получено путем построения карты изогийет и составляет 390 мм; величина поверхностного стока получен путем построения карты изолиний модуля стока и составляет 5,52 л/с км² или в пересчете на слой стока (Q) составляет 154 мм; величина суммарного испарения получена методом осреднения суммарного испарения для ближайших метеостанций и составляет 251 мм. В результате расчета предварительного водного баланса получена невязка, которая составляет примерно минус 15 мм. В значение невязки входит подземная составляющая водного баланса. Эта составляющая соответствует примерно 10% от общего стока по русловой сети.

В результате регулярных режимных метеонаблюдений полученные данные за годовой цикл наблюдений от 06 октября 2017 года по 6 октября 2018 года. Среднегодовая температура воздуха за период наблюдений составила +2,5 °С.

Сумма осадков за годичный цикл наблюдений с 6 октября 2017 по 6 октября 2018 года, которая составила 356,32 мм. Оценка величины испарения показала что, минимальное значение испарения составило 6,2 мм в январе 2018 года, а максимальные значения испарения характерны для июня и месячная сумма испарения в июне составила 52,1 мм. В апреле, июне, августе и октябре 2018 года месячное испарение превышало месячную сумму атмосферных осадков. Годовая сумма атмосферных осадков превысила величину годового испарения в 1,33 раза, то есть коэффициент увлажнения за период режимных наблюдений был >1 , что соответствует условиям избыточного увлажнения для средней тайги Красноярского края.

В результате режимных гидрологических наблюдений на пяти гидропостах (ГП-1, ГП-2, ГП-3, ГП-4 и ГП-5) получены данные о режиме стока основных водных объектов территории. Полученные данные с 06 октября 2017 года по 06 октября 2018 года показали, что в октябре и ноябре 2017 года уровни всех водотоков демонстрировали два волнообразных повышения, связанные с выпадением осадков.

В результате выполненных работ показано, что водный баланс территории по данным годового цикла наблюдений имеет различную невязку на разных гидропостах:

Водный объект	Осадки, мм	Испарение, мм	Сток, мм	Невязка, мм
Шумиха ГП-1	492	371	202	-81
Безымянный ГП-2	492	371	105	16
Меркурьев ГП-3	492	371	31	90
Байкал ГП-4	492	371	195	-74
Меркурьев ГП-5	492	371	215	-94

Эта невязка меняется от избыточного значения +90 мм по гидропосту ГП-3 до нехватки -94 мм по ГП-5. Величина невязки связана с несколькими факторами: величиной и особенностями водосборов, режимом рек и ручьев в период с октября 2017 по октябрь 2018 года,

особенностями распределения осадков. Таким образом, результаты наблюдения показывают необходимость продолжения режимных наблюдений.

Результаты расчета характеристик стока показали сильные различия в показателях, что связано, в первую очередь, с различными площадями водосборов исследованных рек и ручьев. Кроме того, полученные различия выявляют и различия, в точностях измерения расходов и уровней воды на оборудованных гидропостах. Для иллюстрации и анализа различий показателей стока на гидропостах, полученных среднегодовых расходов воды была построена зависимость между среднегодовыми расходами и площадями водосборов для каждого гидрологического поста.

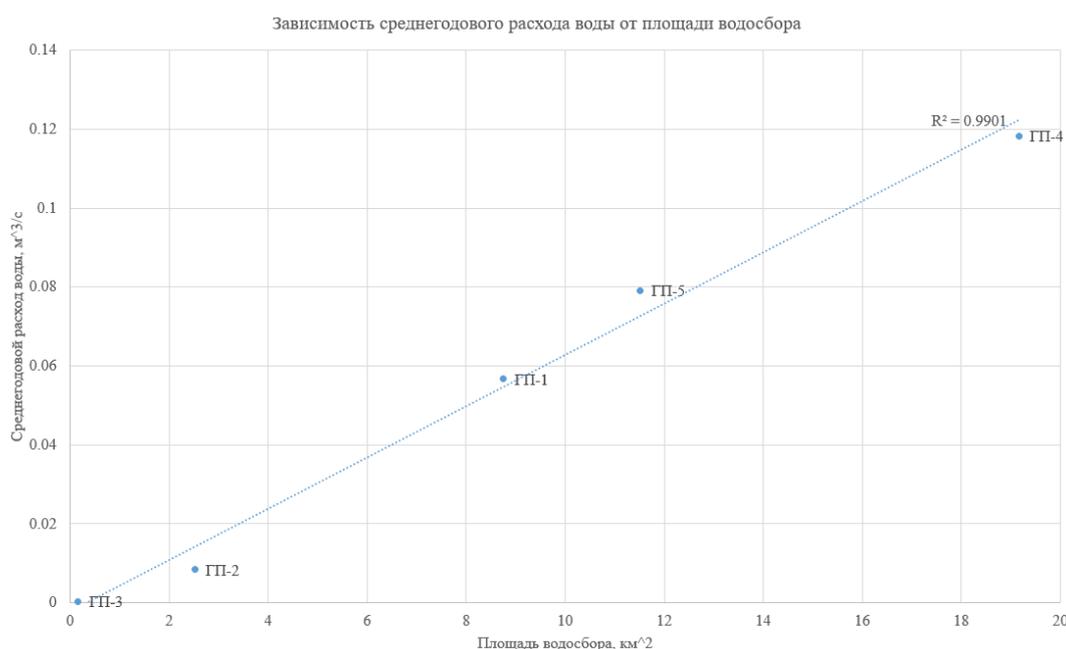


Рисунок 1– Зависимость среднегодовых расходов воды от площади водосбора

Как видно из рисунка 1, наблюдается почти точная линейная зависимость, то есть при увеличении площади водосбора увеличивается и среднегодовой расход воды. При относительно больших площадях водосбора (ГП-1, ГП-5 и ГП-4) получены близкие по значению модули стока и слоя стока. На малых площадях водосбора (ГП-3, ГП-2) получены сравнительно малые значения модулей стока и соответственно слоя воды.

При планировании обустройства новых гидрологических постов, рекомендуется учитывать, что водотоки имеют небольшие площади водосборов. Кроме того, следует учитывать специфическую техногенную ситуацию на территории воднобалансовых наблюдений. Исходя из изложенного выше, рекомендуется продолжить наблюдения на уже существующих гидрологических постах.

Расчленение полученных гидрографов стока, по типам питания, показало что все водотоки территории воднобалансовых наблюдений имеют смешанное питание, с преобладанием грунтового и снегового, и меньшим участием дождевого питания.

Анализ результатов гидрометрических измерений показал, что наблюдается почти точная линейная зависимость, то есть при увеличении площади водосбора увеличивается и среднегодовой расход воды. При относительно больших площадях водосбора (ГП-1, ГП-5 и ГП-4) получены близкие по значению модули стока и слои стока. На малых площадях водосбора (ГП-3, ГП-2) получены сравнительно малые значения модулей стока и соответственно слоя воды. Этот результат рекомендуется учитывать, при планировании обустройства новых гидрологических постов, так как водотоки имеют небольшие площади водосборов. Кроме того, следует учитывать специфическую техногенную ситуацию на территории воднобалансовых наблюдений. Исходя из этого, рекомендуется продолжить наблюдения на участках уже существующих гидрологических постов.

Список используемых источников

1. ВМО–№ 168 Руководство по гидрологической практике. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. Всемирная метеорологическая организация, 1994.
2. Геологическое доизучение масштаба 1:200 000 на Атамановской площади. Листы О-46-XXXIV, О-46-XXVIII (окончательный отчет) / ред. Никулов Л. П. Красноярск. 2003.
3. Геопортал геоинформационной системы органов власти Красноярского края "Енисей-ГИС" <http://24bpd.ru/content/>
4. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты / Л.: Гидрометиздат, 1970.
5. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. Л. Гидрометеиздат, 1983.
6. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1. РСФСР. Выпуск 12. Бассейны Енисея (без бассейна Ангары) и Пясины // Л.: Гидрометеиздат, 1985.
7. МУ Управлениям Гидрометслужбы «Составление водных балансов речных бассейнов» № 89 // Л., Гидрометеиздат, 1974.
8. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 21. Части 1-6 // Л., Гидрометеиздат, 1989.
9. Отчет инженерно-гидрометеорологическим изысканиям под строительство трасс автодорог, водовода, площадок ПГЗРО и водозаборных сооружений, М., ОАО «ВНИПИпромтехнологии», 2013. Арх. №А-267-13
10. Отчёт по Государственному контракту между ФГУП «ГХК» и Государственной корпорацией «Росатом» № Д.4ш.23.03.10.1020 от 12.01.2010 г. Геологические исследования (оценочная стадия) объекта

окончательной изоляции радиоактивных отходов на Нижне-Канском массиве. исп. Озёрский А.Ю., Заблоцкий К.А. Красноярск, 2011.

11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Том 16. Ангаро-Енисейский район. Выпуск 1. Енисей // Л.: Гидрометеиздат, 1967.

12. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 16. Выпуск 1. Ангаро-Енисейский район. Л., Гидрометеиздат, 1973.

13. Сайт Автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов Российской Федерации <https://gmvo.skniivh.ru>

14. Сайт Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/en/>

15. Сайт ФГБУ Среднесибирское Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ, сайт <http://meteo.krasnoyarsk.ru/>

16. Электронный научно-прикладной справочник "КЛИМАТ-РОССИИ" сайт www.meteo.ru

17. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. ВМО-№ 8, Всемирная Метеорологическая Организация, 2008.

18. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration (FAO 56) / Food and Agriculture Organization of the United Nations/ Рим. 1998.

19. Погода в мире, <https://rp5.ru/>

20. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л., Гидрометеиздат, 1984.

21.А.Н. Постников «Об использовании различных уравнений связи для определения норм годового испарения» статья, ученые записки РГГМУ выпуск 46, Санкт-Петербург, 2017