



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

Кафедра Водно-технических изысканий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Методы учета стока**
при свободном русле

Исполнитель Кононов Денис Александрович
(фамилия, имя, отчество)

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

Векшина Татьяна Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«15» 06 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

Содержание

СОКРАЩЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
Глава 1. Физико-географическое описание бассейна р. Чулым.....	10
1.1 Территория и географическое положение.	10
1.2 Почва бассейна.	11
1.3 Климат	11
Глава 2. Сток воды. Структура руслового потока.	14
2.1 Сток воды.....	14
2.2 Изучение режима стока воды.....	15
2.3 Методика измерений скоростей течения на гидрологической сети.	16
2.4 Особенности построения кривых расходов воды.....	17
Глава 3. Методы учета стока при открытом русле	21
3.1 Использование временных кривых при вычисление стока.	21
3.2 Кривые расходов воды в период зарастания водной растительностью	22
3.3 Кривые расходов в расчетах неустановившегося движения воды.	24
Глава 4. Примеры подсчета стока воды за год на постах Томского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно - Сибирское УГМС».....	27
4.1 Подсчет стока при однозначной зависимости на посту ГП-1 р. Чулым - с. Тегульдет.....	27
4.1.1 Подсчет стока при однозначной зависимости на посту ГП-1 р. Чулым - с. Зырянское.....	33
4.2 Подсчет стока с использованием временных кривых Q(H)BP по данным наблюдений ГП-2 р. Четь – с. Конторка.....	38
4.3 Подсчет стока воды в период зарастания водной растительностью ГП-2 р. Латат – с. Ягодное.....	43
4.4 Подсчет стока воды при неустановившемся режиме Q(H)ПЕТЛ («паводочные петли») на ГП-1 р. Чулым – с. Батурино.	49
4.5 Подсчет стока воды при неустановившемся режиме Q(H)ПЕТЛ («паводочные петли») на ГП-2 р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский..	55
Заключение	61
Список использованных источников	63
Приложение А Таблица 1.1 Уровень воды, см р.Чулым - с.Тегульдет	
Приложение А Таблица 1.2 Измеренные расходы воды р. Чулым - с. Тегульдет	
Продолжение Таблицы 1.2 Измеренные расходы воды р. Чулым - с. Тегульдет .	

Приложение А Таблица 1.3 Увязка кривых $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р. Чулым - с. Тегульдет.....	
Приложение А Таблица 1.4 Отклонение измеренных расходов воды от кривой $Q=f(H)$ р. Чулым - с. Тегульдет.....	
Приложение А Таблица 1.5 Координаты , р. Чулым - с. Тегульдет	
Приложение А Рисунок 1.1 Совмещенные профили г/ст. №3 р. Чулым - с. Тегульдет.....	
Приложение Б Таблица 1.1 Уровень воды, см р. Чулым-с. Зырянское.....	
Приложение Б Таблица 1.2 Измеренные расходы воды р. Чулым - с. Зырянское.	
Приложение Б Таблица 1.3 Увязка кривых $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р. Чулым - с. Зырянское.....	
Приложение Б Таблица 1.4 Отклонение измеренных расходов воды от кривой $Q=f(H)$ р. Чулым - с. Зырянское.....	
Приложение Б Таблица 1.5 Координаты $Q = f(H)$ р. Чулым - с. Зырянское.....	
Приложение Б Рисунок 1.1 Совмещенные профили г/ст. №1 р. Чулым - с. Зырянское.....	
Приложение В Таблица 1.1 Уровень воды, см р. Четь - с. Конторка	
Приложение В Таблица 1.2 Таблица измеренные расходы воды р. Четь – с. Конторка.....	
Приложение В Таблица 1.3 Увязка кривых $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р. Четь - с. Конторка.....	
Приложение В Таблица 1.4 Отклонение измеренных расходов воды от кривой $Q=f(H)$ р. Четь – с. Конторка.....	
Приложение В Таблица 1.5 Координаты $Q = f(H)$ р. Четь – с. Конторка.....	
Приложение В Рисунок 1.1 Совмещенные профили г/ст. №1 р. Четь - с. Конторка.....	
Приложение Г Таблица 1.1 Уровень воды, см р. Латат – с. Ягодное. Ошибка! Закладка не определена.	
Приложение Г Таблица 1.2 Измеренные расходы воды р. Латат – с. Ягодное.	
Приложение Г Таблица 1.3 Увязка кривых р. Латат – с. Ягодное.	
Приложение Г Таблица 1.4 Отклонение измеренных расходов воды от кривой $Q=f(H)$ р. Латат – с. Ягодное.	
Приложение Г Таблица 1.5 Вычисление переходных коэффициентов $K_{зим}$, $K_{зар}$. р. Латат – с. Ягодное.	
Приложение Г Таблица 1.6 Координаты р. Латат – с. Ягодное.	
Приложение Г Таблица 1.7 Вычисление расходов воды с применением коэффициентов и поправок р. Латат – с. Ягодное.	

Продолжение таблицы 1.7 Вычисления расходов воды с применением коэффициентов и поправок р. Латат – с. Ягодное.....	
Приложение Г Таблица 1.8 Температура воды, градусы Цельсия р. Латат – с. Ягодное.....	
Приложение Г Рисунок 1.1 Совмещенные профили г/ст. №1 р. Латат – с. Ягодное.....	
Приложение Д Таблица 1.1 Уровень воды, см. р. Чулым - с. Батурино	
Приложение Д Таблица 1.2 Измеренные расходы воды р. Чулым – с. Батурино	
Приложение Д Таблица 1.3 Увязка кривых: $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р. Чулым - с. Батурино	
Приложение Д Таблица 1.4 Отклонение измеренных расходов воды от кривой $Q=f(H)$ р. Чулым - с. Батурино.....	
Приложение Д Таблица 1.5 Координаты $Q = f(H)$ р. Чулым – с. Батурино.....	
Продолжение таблицы 1.5 Координаты $Q = f(H)$ река Чулым – с. Батурино.....	
Приложение Е Таблица 1.1 Уровень воды, см. р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский.....	
Приложение Е Таблица 1.2 Измеренные расходы воды р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский.....	
Приложение Е Таблица 1.3 Увязка кривых: $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский.....	
Приложение Е Таблица 1.4 Отклонение измеренных расходов воды от кривой $Q=f(H)$ р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский.....	
Приложение Е Таблица 1.5 Координаты $Q = f(H)$ р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский.....	
Приложение Е Рисунок 1.1 Совмещенные профили г/с №1 р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский.....	
Приложение Е Рисунок 1.2 Совмещенные профили г/с №2 р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский.....	
Приложение 3 Совмещенные уровни воды по длине р. Чулым на участке с.Тегульдэт-с.Батурино.....	Ошибка! Закладка не определена.

СОКРАЩЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

БС – Балтийская система высот;

БС-77 – Балтийская система высот 1977 г.;

г. – год, город;

ГВВ – горизонт высоких вод;

гидроствор – гидрометрический створ;

ГР-70 - гидрометрическая дистанционная установка;

ИРВ – измеренные расходы воды;

Кзим – зимний коэффициент;

Кзар – коэффициент зарастания;

КР – кривая расходов воды;

кв.км – квадратный километр;

кв.м – квадратный метр;

км – километр;

куб.км – кубический километр;

куб.м – кубический метр;

м – метр;

мм – миллиметр;

млн. – миллион;

пос. – поселок;

р. – река;

с – секунда;

с. – селение, село;

УГМС – управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;

ч – час;

ЦГМС - центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

ВВЕДЕНИЕ

Учет стока воды имеет огромное значение, как для общей оценки водных ресурсов, так и для использования результатов наблюдений в целях научных обобщений, а также для решения прикладных хозяйственных задач. Поскольку различные отрасли народного хозяйства требуют знания ежедневных (среднесуточных), а иногда и более частых значений расходов воды, возникает задача определения ежедневных расходов воды по практически непрерывно измеренным уровням и отдельным измерениям расходов воды.

Огромная роль в этом вопросе отводится обеспечению точности результатов измерений, зависящих от соблюдения методик, программ измерений, используемого гидрометрического оборудования и приборов.

Методика вычисления стока сама по себе может обеспечить наиболее полное и простое использование данных наблюдений, но только в том случае, если она обоснована надежными данными измерений.

Основные задачи работы:

1. Построение кривых зависимостей: $Q = f(H)$; $\omega = f(H)$; $V = f(H)$.
2. Увязка кривых зависимостей: $Q = f(H)$; $\omega = f(H)$; $V = f(H)$.
3. Получение параметров стока.
4. Анализ методов подсчета стока.

Предметом исследования является гидрологический режим реки Чулым, гидравлические особенности потока на участках постов, оказывающие влияние на точность учета стока воды, методы вычисления стока.

Объекты исследования – река Чулым и ее притоки (рисунок 1.1).

Исходными данными послужили материалы наблюдений отдела гидрологии Томского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

В таблице 1.1 приводится список постов, данные наблюдений которых использованы в работе.

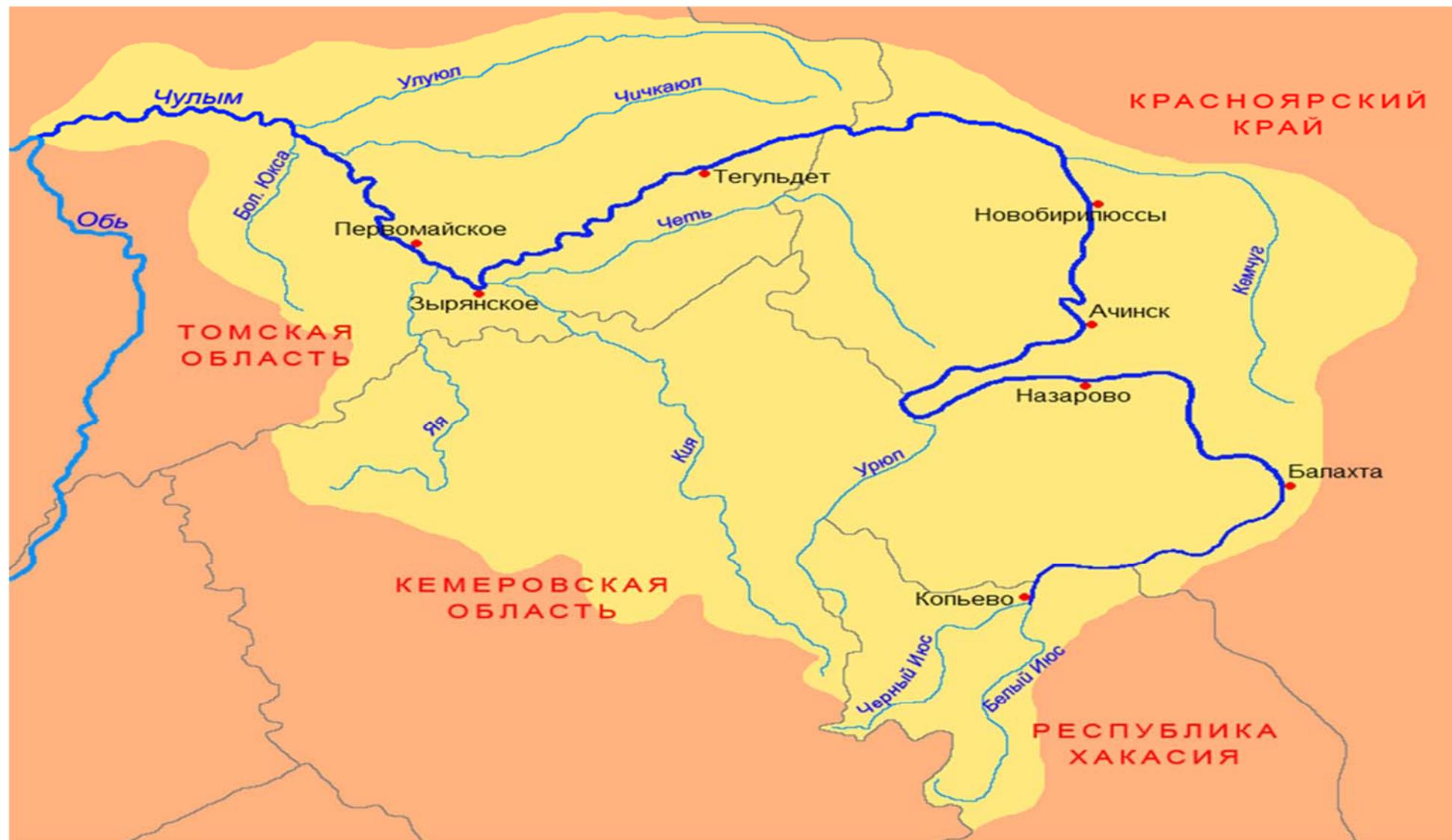


Рисунок 1.1 Бассейн реки Чулыма

Схема сети наблюдений

Томский ЦГМС - филиал ФГБУ "Западно-Сибирское УГМС"

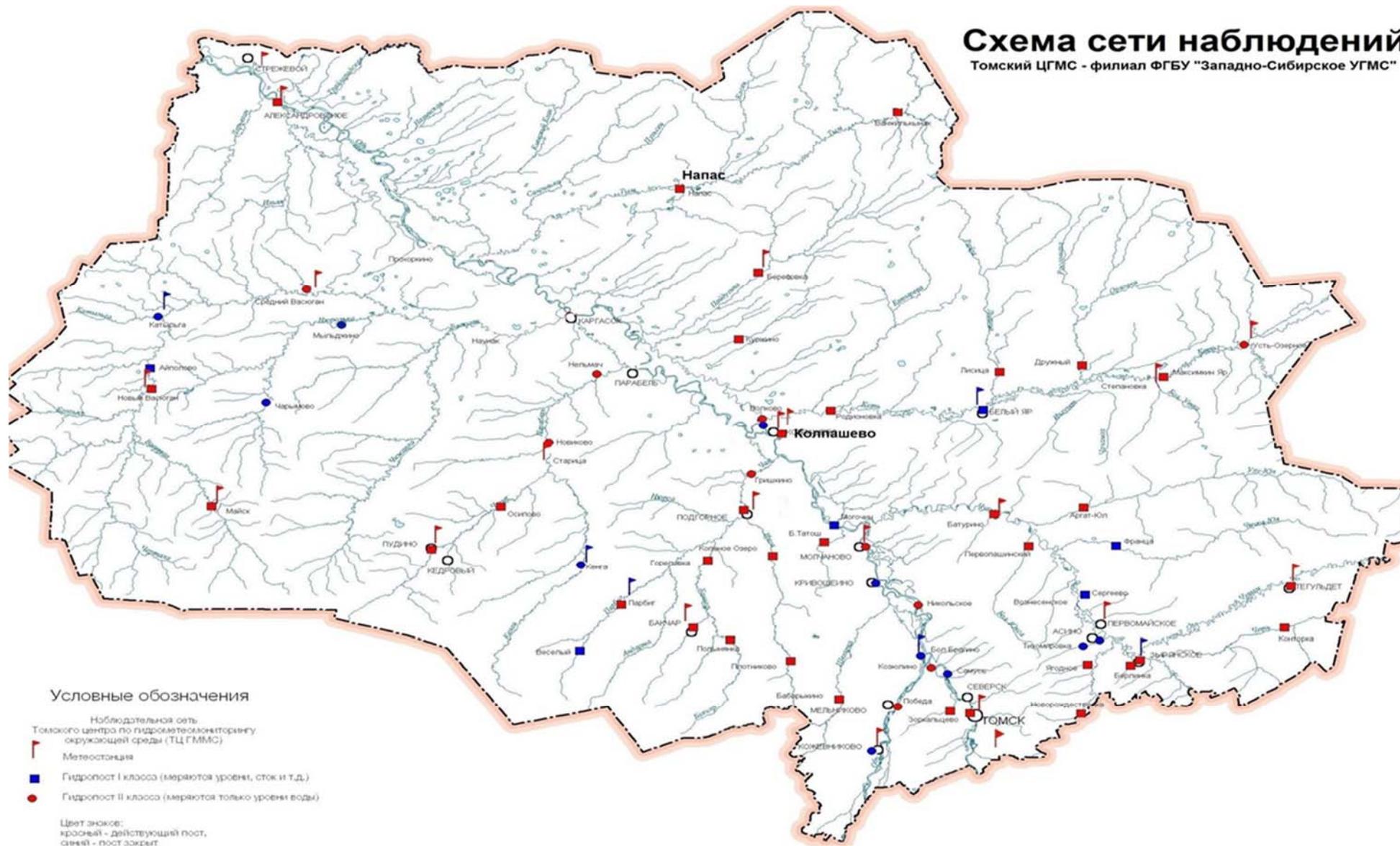


Рисунок 1.2 Схема сети наблюдений Томского ЦГМС – Филиал ФГБУ “ Западно – Сибирское УГМС ”

Таблица 1.1 - Список гидрологических постов Томского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС», данные по которым приведены в работе

Код поста	Река	Пост	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста	Дата открытия поста	Куда впадает, принадлежность бассейну
10328	Чулым	с.Тегульдет	55300	123,48 м БС.	01.01.1954	р. Обь (п)
10329	Чулым	с.Зырянское	92500	97,19 м БС	04.12.1893	р. Обь (п)
10331	Чулым	с.Батурино	131000	71.19 м БС	25.04.1936	р. Обь (п)
10402	Четь	с.Конторка	11500	118.75 м БС	08.09.1960	р. Кии (п)
10423	Большая Юкса	пос.Перво-Пашинский	2620	44.50 м усл.	23.07.1959	р. Чулым (л)
10586	Латат	с.Ягодное	340	101.52 м БС-77.	24.10.1978	р. Яя (л)

Глава 1. Физико-географическое описание бассейна р. Чулым

1.1 Территория и географическое положение

Бассейн р. Чулым - одного из крупнейших правых притоков Оби - расположен частью в юго-западном районе Красноярского края, частью в кемеровской области, основная территория приходится на Томскую область, общая площадь бассейна достигает 134 100 кв.км. Река Чулым одна из самых крупных притоков Оби, впадает в нее справа на 2542-м км.

В Томской области это вторая река по величине. Ее длина 1799 км. Образуется от слияния рек Белого и Черного Июса, берущий начало в Кузнецком Алатау. Река Чулым также как и река Томь, в верховьях примерно до г. Ачинска носит горный характер и течет среди возвышенных берегов в устойчивом русле, сложенном гравием и галькой. На участке от г. Ачинска до поселка Тегульдета река носит черты перехода от гор к равнине. На этом участке Чулым многоводен, течет в невысоких берегах, сложенных мягкими породами, которые разрушаются течением и дают реке обильный материал в виде наносов. Русло часто перемещается. Имеются перекаты. От пос. Тегульдета до устья река течет в широкой пойме, которая достигает 10 км. Ширина реки у устья 1200 м. Русло извилистое, сложено песчаными и глинисто-песчанными отложениями, делится на рукава. Пойма изобилует озерами и старицами.

Рельеф поверхности сложный, в бассейне хорошо различаются горная, холмистая и равнинная части. Широкое распространение в горных районах имеют карстовые формы рельефа, и там, где реки глубоко врезаны в известковое плато, имеются сухие и слепые долины с провальными воронками карстового типа.

Река Обь делит область на относительно возвышенную (до 193 м) правобережную часть и пониженную левобережную. Наиболее возвышенным является Томь-Яйское междуречье, куда заходят отроги Кузнецкого Алатау. Здесь расположена высшая точка Томской области — 264 м. Отсюда поверхность понижается в северо-западном направлении. Минимальная высота равна 30 м и приурочена к урезу воды р. Обь на северной границе области.

Равнинная часть бассейна Чулыма представляет собой плоскую слегка всхолмленную аккумулятивную равнину. Чулымская наклонная равнина расположена в бассейне среднего и нижнего течения р. Чулым и его правых притоков – Чичкаюла и Улююла. Поверхность равнины полого-увалистая с небольшими плоскими участками, абсолютные высоты изменяются от 120 до 190 м. Высшая точка - 191 м — приурочена к верховьям рек Улююла и Чичкаюла.

1.2 Почва бассейна.

Значение почвенного покрова и подстилающих его материнских пород в формировании природных вод территории определяется их влиянием на процессы инфильтрации атмосферных осадков, на создание влагозапасов в зоне аэрации и на процессы испарения. Одновременно почвенный покров и материнские породы и являются одним из важных факторов, определяющих характер развития эрозионных процессов, формирования стока наносов.

Большая часть бассейна занята дерново – подзолистыми и слабоподзолистыми почвами, сезонного переувлажнения. Почвенно-грунтовые воды залегают, как правило, ниже 2-2,5.

1.3 Климат

Географическое положение рассматриваемой территории определяется ее климатическими особенностями. Барьером на пути воздушных масс,двигающихся с

запада, служит Уральский хребет, с Востока – Восточно-Сибирская возвышенность. Над территорией осуществляется меридиональная форма циркуляции, вследствие которой периодически происходит смена диаметрально противоположных воздушных масс и отмечается существенные нарушения в распределении давления.

Зимой в южной половине бассейна Средней Оби располагаются область повышенного давления в виде отрога сибирского антициклона; на северную половину в это время направлена ложбина западных циклонов, проходящие по крайнему северу Западной Сибири.

Летом бассейн находится под воздействием области пониженного давления, связанной с обширной областью континентальной азиатской термической депрессии, которая является результатом циклонической деятельности арктического и полярного фронтов. Морской воздух, поступающий с запада в антициклонах, также преобразуется в континентальный. Таким образом над рассматриваемой территорией как летом, так и зимой преобладают континентальные воздушные массы, что ведет к повышению температуры воздуха летом и понижению зимой. Разность между приходом и расходом лучистой энергии формирует радиационный баланс подстилающей поверхности. В северной части территории радиационный баланс отрицателен с октября по март, в центральных районах – с ноября по март. Максимальные его значения отмечаются в июне-июле.

Самые большие затраты тепла - до 85-90 % в лесной зоне - расходуются на испарение и лишь 10-15 % - на турбулентный теплообмен. В результате, несмотря на максимальные величины радиационного баланса в июне-июле, лето умеренно теплое, влажное, зима — умеренно суровая, снежная.

Зимой основными центрами действия атмосферы, влияющими на погоду Западной Сибири, является исландский минимум (глубокий циклон над Исландией) и азиатский максимум (мощный антициклон в Азии с центром над Тувой и Монголией). Формирование азиатского антициклона начинается в октябре, но наибольшего развития он достигает в декабре, январе, феврале.

В январе в центре азиатского максимума среднее многолетнее давление составляет 783,8 мм рт. ст. Томская область подвержена влиянию его западного отрога. В пределах области давление повышается с СЗ на ЮВ от 765,8 мм рт. ст. до 771 мм рт. ст. Большие барические градиенты увеличивают роль в формировании погоды в зимнее время, что приводит к частой смене воздушных масс и большой изменчивости погоды во времени и пространстве.

Весной, по мере прогревания континента, давление над ним падает, а в апреле азиатский максимум разрушается. Летом над областью отмечается размытое барическое поле с давлением 756,2-756 мм рт.ст. в июне, а в июле - 755,3 мм рт.ст. В связи с этим летом увеличивается повторяемость северных ветров, которые понижают среднюю суточную температуру воздуха в южной тайге.

Летом на юге Западной Сибири возникает высокое давление в случае распространения на континент отрога азорского антициклона. Это способствует формированию на юге области малооблачной и жаркой погоды.

Равнинный рельеф не препятствует проникновению холодного и сухого арктического воздуха. Он поступает на территорию области с севера и северо-востока в тыловых частях циклонов. Ночью наблюдается малооблачная погода. Летом и в переходные сезоны возможны заморозки, интенсивность которых усиливается под влиянием местных физико-географических условий.

Равнинная поверхность, ее открытость с севера и юга благоприятны для свободного проникновения воздушных масс как с Арктики, так и из Средней Азии. Это является одной из причин неустойчивости погоды. Вторая причина неустойчивости погоды — ее положение в центре Евразии, область подвергается влиянию как материка, так и океана.

Влияние р. Оби сказывается на увеличении скорости ветра в ее долине, некоторым отепляющим воздействием, особенно в переходные сезоны. Это обуславливает увеличение продолжительности безморозного периода. Водная поверхность Оби летом способствует размыванию восходящих токов, из-за

чего количество осадков в долине несколько меньше, чем на окружающих пространствах.

На юго-востоке области, куда заходят отроги Кузнецкого Алатау, наблюдается увеличение количества осадков вследствие развития восходящих токов при приближении воздушных масс к этим поднятиям. В орографической тени количество осадков убывает (Зырянский район).

Средняя годовая температура воздуха на территории области отрицательна и изменяется от $-0,6^{\circ}\text{C}$ на юге до $-3,5^{\circ}\text{C}$ на северо-востоке области. Это на $4-5^{\circ}$ ниже, чем в тех же широтах Русской равнины. В отдельные годы температура может изменяться в значительных пределах. Минимум температуры приходится на январь, хотя январь и не всегда является самым холодным месяцем. Средняя температура января изменяется по территории от $-19,2^{\circ}\text{C}$ до $-20,5^{\circ}\text{C}$ на юге, от $-21,5^{\circ}\text{C}$ до -23°C - на севере.

Максимум температуры воздуха приходится на июль. Летом температурный режим более устойчив, чем зимой. В июле температурные различия по территории области невелики: от $16,8-17^{\circ}\text{C}$ на северо-востоке и заболоченных западных районах до $18,2^{\circ}$ на юго-востоке.

Годовое количество осадков по территории изменяется в среднем от 400 до 570 мм. Больше всего осадков выпадает на западе области, а также на востоке и северо-востоке при приближении к Среднесибирскому плоскогорью.

2. Сток воды. Структура руслового потока

2.1 Сток воды

Сток воды – одно из основных и наиболее широких понятий гидрологии суши. Как одна из наиболее важных характеристик водных ресурсов, сток воды выражает количество воды, протекающее в створе за единицу времени: сутки, декаду, месяц, год. Выражается в осредненных за эти периоды значениях расходов воды в куб. м/с ($\text{м}^3/\text{с}$) или км³.

Представление о расходе воды вытекает непосредственно из принципа неразрывности жидкости. В реках может протекать равный объем воды в равные промежутки времени, несмотря на различные длины, ширины, глубины и уклоны русла.

Кинематическая структура водного потока очень сложна. Она связана с взаимодействием потока и русла. В размываемых руслах происходят непрерывные деформации (размывы и намывы), вызывающие изменение структуры потока.

В естественных и искусственных руслах формы движения потока разделяются на два основных вида – установившееся и неустойчивое. Установившееся движение в свою очередь имеет две формы – равномерное и неравномерное. Следовательно, в общем случае имеется три формы движения потока: равномерное, неравномерное и неустойчивое.

Равномерное движение – это движение, при котором гидравлические элементы потока (живое сечение, глубина, средняя скорость течения и пр.) не изменяются по его длине.

Неравномерное движение воды - это такое движение, при котором элементы потока изменяются по его длине. Уклоны отличны друг от друга. Применительно к естественным потокам, изменяются площади живых сечений, средние скорости и средние глубины.

Неустойчивое движение – это такое движение, при котором происходит изменение расхода, живых сечений и скоростей течения во времени и по длине потока. Неустойчивый режим имеет место на зарегулированных водотоках и естественных при прохождении по ним паводков, половодья, попусков из вышележащих водохранилищ.

2.2 Изучение режима стока воды.

По характеру водного режима исследуемая река относится к рекам с весенним половодьем и паводками в теплое время года. Основным источником

питания являются твердые осадки. Формирования стока основной фазой является половодье, в период которого проходит 60 – 90 % годового стока.

Точность результатов наблюдений довольно часто снижается из-за нарушения методики измерений: из-за несоблюдения распределения скоростных вертикалей по ширине реки, из – за неучета: отношения троса при недостаточной массе груза в период половодья и паводков, косоструйности на участках гидростворов и др. Гидростворы имеют широкие, часто заросшие, затопляемые поймы. Из-за сложности условий измерения стока воды на поймах, сток воды по ним в большинстве не учитывается, вследствие чего точность максимальных расходов воды значительно снижается.

В период открытого русла сток вычисляется по ежегодным однозначным кривым расхода. Однозначность зависимости расхода от уровня $Q = f(H)$ может нарушаться в периоды влияния подпора от кустарниковой растительности или скопления карчей в русле. Река Чулым характеризуется малыми уклонами, широкими заболоченными поймами, характерно образование петлеобразных кривых расходов, присущих потокам с неустановившимся режимом. В период летней межени на малых и средних реках бассейна, зарастающих водной растительностью, учет стока производится с помощью способа переходных коэффициентов $K_{зар}$.

2.3 Методика измерений скоростей течения на гидрологической сети

Для изучения гидрологического режима на гидрологических постах Томского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» сток учитывается на основе измерений расходов воды в гидростворах в течение года методом скорость-площадь. Скорости течения измеряются в отдельных точках живого сечения, расход определяется как сумма частных расходов, отнесенных к площадям между смежными вертикалями. При этом скорость течения измеряется вертушкой, а площади сечения определяются на основе выполненного перед измерением скорости промера глубин.

В соответствии с Наставлением, вып. 6, ч. I, измерения расходов воды на всех постах производятся основным способом, предусматривающим измерение расхода воды при наименьшем возможном количестве вертикалей (но не менее 5) и точек на вертикали (2 или 3).

При наличии в русле водной растительности эпюра скоростей: в придонной зоне на высоте, соответствующей границе растений, начинает проявляться тормозящее действие потока растительностью, приводящее к существенному уменьшению скоростей в этой зоне. В этом случае применение 2-точечного способа измерения приводит к большим погрешностям, поэтому в соответствии с рекомендациями Наставлений, вып. 6, ч. I, измерение скоростей течения на зарастающих реках производится в 3 точках, на $0.15h$, $0.5h$, $0.85h$ или в точке $0.5h$, если глубина недостаточна (менее $5d_l$ – диаметра лопасти вертушки).

2.4 Особенности построения кривых расходов воды

Внутри годового цикла приходится выделить, как правило, несколько периодов с различными условиями, определяющими применение соответственно различных способов вычисления стока. Границы этих периодов определяются возникновением и исчезновением сезонных явлений, влияющих на режим потока (ледовые явления, зарастание русла), изменениями водоносности (паводочный период, межень), порядком работы искусственных сооружений, в подпоре от которых находится створ, и другими факторами.

Для правильного выбора и применения способа вычисления стока за рассматриваемый период предварительно собираются и всесторонне анализируются все имеющиеся данные наблюдений, сведения о режиме потока на участке наблюдений, обращая пристальное внимание на особенности (приборы, условия, метод) измерений, полноту учета стока на поймах, в рукавах.

Основными рабочими материалами, используемыми при установлении

способа вычисления стока, являются графики расположения точек измеренных расходов, площадей водного сечения и средних скоростей в системе координат (Q,H) , (F,H) , (V,H) , (B,H) , график колебания уровня, комплексный график результатов гидрометнаблюдений.

Кривые расходов являются наиболее простой характеристикой пропускной способности русла (и поймы) в данном створе и поэтому широко используются при учете речного стока и гидравлических расчетах.

При устойчивом не заросшем русле и отсутствии переменного подпора между расходами и уровнями воды существует однозначная зависимость, при которой определенному значению уровня соответствует только одно значение расхода воды. В этом случае, 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 $Q=f(H)$. Подсчет стока при однозначной зависимости рассмотрим на постах ГП-1 р. Чулым с. Тегульдет – с. Зырянское. (см. п. 4.1, 4.1.1)

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. Пример составления таблицы ИРВ и ЕУВ представлены в приложении А-Е таблица 1.1, 1.2.

Так как для каждого расхода воды имеем равенство $Q=FU_{\text{ср}}$, то оказывается удобным производить дальнейший анализ измеренных расходов графическим путем. На листе миллиметровой бумаги строят три кривые: кривую расходов воды $Q=f(H)$, кривую площадей поперечных сечений $F=f(H)$ и кривую средних скоростей $U_{\text{ср}}=f(H)$.

При построении кривых по вертикальной оси откладываются уровни для всех трех элементов в одном масштабе, а по горизонтальной оси – расход воды, площадь поперечного сечения и средняя скорость. Посредине полосы нанесенных точек (Q, H) , (F, H) , $(U_{\text{ср}}, H)$ проводятся плавные кривые $Q=f(H)$, $Q=f(H)$ и $U_{\text{ср}}=f(H)$.

Свойства кривых: 1) кривая расхода должна быть выпуклой к оси ординат; 2) кривая площади должна быть выпуклой к оси уровней; 3) кривая скорости может иметь различную форму; 4) в местах резкого перелома поперечного сечения – изменяется форма кривой. В результате анализа материалов наблюдений выясняются особенности режима реки и выбираются способы вычисления ЕРВ.

Необходимо произвести увязку трех кривых, для этого через каждые 10% амплитуды уровня, а на более изогнутых отрезках чаще с кривых снимаются значения расходов воды, площадей и скоростей и подставляются в формулу $Q=F U_{\text{ср}}$. если расхождение между произведением $F U_{\text{ср}}$ и расходом, снятым с кривой, не более 1%, то кривые проведены правильно (пример составления таблицы увязку трех кривых представлены в приложении А-Е таблица 1.3). В противном случае необходимо исправить те кривые, которые отклоняются от среднего положения. Обычно требуется несколько раз вводить исправления и увязывать кривые.

Для подсчета средних суточных расходов воды составляется таблица координат КР. Сначала в ее нулевую графу выписываются координаты опорных точек, за которые принимаются значения расходов, снятые с кривой $Q=f(H)$ при высшем и низшем уровнях, и значения расходов через 2см, или 1см, или 0,5 см на графике (в зависимости от кривизны отдельных участков кривой и масштаба уровня). Обычно значения расходов снимаются с кривой через интервалы уровня от 5 до 20 см, а при мелком масштабе и при пологой кривой эти интервалы можно увеличить до 50 см, затем путем линейной интерполяции вычисляются промежуточные значения расходов для каждого сантиметра уровня. Примеры составления таблиц увязки кривых и таблиц координат

представлены в приложениях А-Е таблица 1.3, таблица 1.5

Расходы, вычисленные путем интерполяции, не должны отклоняться от кривой более чем на 1,5% в верхней и средних частях и на 3% в ее нижней части. При снятии координат опорных точек необходимо следить, чтобы приращение расхода для каждого последующего интервала уровня было больше предыдущего или оставалось без изменения. ЕРВ определяются непосредственно по этой таблице как значения, отвечающие среднему суточному уровню, который принимается по таблице ЕУВ.

Далее проводится проверка зависимости $Q=f(H)$. Среднее вероятное отклонение от кривой расхода: производится по всем измеренным расходам по формуле:

$$\sigma = \pm 0,674 \sqrt{\sum (\Delta \sigma)^2 / n}$$

где $\Delta \sigma$ – отклонения, в %;

n- число измеренных расходов.

Полученную зависимость $Q=f(H)$ можно считать надежной, если среднее вероятное отклонение находится в пределах 2-4%. Кривая расходов воды $Q=f(H)$ строится на миллиметровой бумаге в прямоугольной системе координат совместно с кривыми $F=f(H)$ и $U_{\text{ср}}=f(H)$. Масштабы для построения кривых подбираются в зависимости от амплитуды уровней, расходов, площадей и скоростей течений с таким расчетом, чтобы хорда кривой расходов расположилась примерно под углом 45° , а хорды кривых площади и средних скоростей под углом 60° к оси абсцисс.

Чтобы кривые не пересекались, нули шкал площадей и скоростей сдвигают вправо. Точки с координатами (Q, H) , (F, H) , $(U_{\text{ср}}, H)$ обводятся кружками диаметром 1,5-2 мм; против точек расходов на расстоянии 3-5 см от них (по горизонтали) выписываются даты измерения. Кривая расходов воды проводится по середине полосы рассеивания точек (Q, H) сначала от руки, а затем по лекало. При наличии большого количества измеренных расходов кривая $Q=f(H)$ может быть проведена по центрам тяжести групп точек. Таким же способом проводятся кривые площади и скорости.

При значительной амплитуде расходов, когда отношения наибольшего расхода к наименьшему составляет 20 и более, нижняя часть кривой расходов в пределах 20-30% амплитуды уровней вычерчивается в увеличенном масштабе (обычно в 5-10 раз крупнее). Такое построение позволяет вычислить сток воды при низких уровнях значительно точнее.

Экстраполяция кривых расходов. Экстраполяция вверх производится непосредственным продолжением обоснованной части кривой вверх до 10% амплитуды колебаний уровня; по элементам расхода производится с помощью кривых площади и средней скорости. Сначала достраивается до высшего уровня кривая площадей. Площади в пределах экстраполируемого участка определяются по профилю поперечного сечения, затем экстраполируем кривую скоростей, соответственно направлению обоснованной части с учетом шероховатости склонов берегов. Экстраполяция вниз производится непосредственным продолжением обоснованной части кривой до 5% амплитуды уровня.

Глава 3. Методы учета стока при открытом русле

3.1 Использование временных кривых при вычисление стока.

Система временных кривых – это совокупность временных кривых, последовательно смыкающихся друг с другом в точках, отвечающих моментам перехода с одной кривой на другую.

ВКР могут быть:

- однозначные, соответствующие временно устойчивому состоянию русла, могут действовать в период, включающий несколько фаз уровня; они должны иметь вид плавных кривых, с выпуклостью, обращенной к оси уровней;
- переходные временные кривые, выражающие неустойчивую связь между расходом и уровнем и соответствующие периодам деформации русла; могут иметь произвольный вид – вогнутость, обращенную в любую сторону и

перегибы.

Переходы с одной кривой на другую всегда происходят на максимумах и минимумах графика уровня. На границах между устойчивым и неустойчивым состоянием уровня русла переход от однозначной кривой к переходной и наоборот происходит обычно в момент начала резко выраженного подъема или окончания крутого спада значительного паводка, часто при уровнях, близких к наивысшим. Пример подсчета стока по двум ВКР представлен в данной работе по данным наблюдений ГП-2 р. Четь – с. Конторка (см.п.4.2).

3.2 Кривые расходов воды в период зарастания водной растительностью

При зарастании русла в случаях резко выраженного паводочного режима основным является способ кривых расходов, при этом последние могут быть следующих видов:

а) кривые однозначной связи, выражающие временно устойчивую, но изменённую по сравнению со свободным состоянием русла связь между расходом и уровнем. Такие кривые свойственны периоду относительно стабильного состояния водной растительности;

б) кривые неустойчивой связи – переходные кривые зарастания; они могут иметь не правильный вид. Период действия переходных кривых всегда соответствует одной фазе изменения уровня – подъёму или спаду, а границы периода отвечают переломным точкам графика уровня – максимумам и минимумам. Такие кривые обычно свойственны периодам роста и отмирания водной растительности, но могут иметь место и при стабильном её состоянии, или при прохождении паводков.

При построении кривых их вид и сроки действия определяются положением точек (Q, H) измеренных расходов.

Для анализа расположения точек одновременно рассматривается график колебаний уровня, на котором отмечены даты и выписаны номера. Метод переходных коэффициентов $K_{зар}$, рекомендуемый для условий зарастания как

основной, применим при достаточном количестве измерений в каждом отдельном году, позволяющих уверенно строить график $K_{зар}=f(T)$.

Таким образом, в речной гидрометрии $K_{зар}$ играет роль основной характеристики пропускной способности русла, которая всегда снижается при зарастании, т.е. $K_{зар}$ всегда меньше единицы. Это условие предполагает положение кривой $Q_0(H)$ правее точек измеренных при зарастании расходов воды. На самом же деле, положение кривой $Q_0(H)$ в этой зоне всегда остается неопределенным, так как именно при зарастании русла оно не бывает свободным.

Кривую в зоне низких уровней строят, экстраполируя вниз верхнюю её ветвь, полученную до начала зарастания. В соответствии с вышесказанным, $K_{зар}$ является во многом иллюзорной характеристикой, ведущей к заблуждениям относительно реальных условий движения потока в заросшем русле. И если в практике гидрометрии использование $K_{зар}$ не ведет к заметным искажениям результатов, то это только потому, что интерполируемые значения $K_{зар}$ устанавливаются на основе измеренных расходов воды, чем и компенсируется условность кривой, особенно при достаточно большой частоте наблюдений.

Само применение поправочных коэффициентов, в том числе $K_{зар}$, как функции времени связано с тем, что при неоднозначных зависимостях $Q(H)$ совокупность измеренных расходов воды, представленная в виде временной последовательности этих коэффициентов, позволяет зафиксировать тенденцию их изменений в интервале между измерениями. Но если при этом производится простая линейная интерполяция или более сложная, но формальная математическая интерполяция, не опирающаяся на гидравлические закономерности изменения пропускной способности русла, никакого уточнения результатов расчета не достигается.

Большинство малых и средних рек равнинной части Западной Сибири, подвержены зарастанию водной растительностью. Пропускная способность русла рек при этом уменьшается, так как растительность увеличивает местные

сопротивления потоку воды.

Характерным признаком зарастания является отклонение точек ИРВ (Q , H) и средних скоростей $V(H)$ влево от кривых свободного русла.

$$K_{\text{зар}} = \frac{Q_{\text{зар}}}{Q_{\text{св}}}$$

где $Q_{\text{зар}}$ - измеренный расход при зарастании;

$Q_{\text{св}}$ – расход с кривой свободного русла при том же уровне.

Полученные значения наносятся на график, всесторонне анализируются и с учетом анализа гидрометеозаэментов проводится хронологический график ($K_{\text{зар}}$, t). Начало и конец периода зарастания определяется по расположению точек расходов на графике кривой расходов и по состоянию водного объекта. Учитываются сведения о температуре воды: весной - повышение температуры до 10 °С и выше, осенью – переход через 10 °С в сторону снижения, приводящий к отмиранию растительности (см. приложение Г таблица 1.8). В случае значительного влияния зарастания на пропускную способность русла $K_{\text{зар}}$ в осенний период переходит в $K_{\text{зим}}$. Пример заполнения

Кривые расходов воды при зарастании русла водной растительностью рассмотрим на примере ГП-2 р. Латат – с. Ягодное (см.п.4.3)

3.3 Кривые расходов в расчетах неустановившегося движения воды.

Основным способом учета стока при паводочной петле применяемый на сети является вычисление стока по кривым расходов подъема и спада, образующим в совокупности петлеобразную кривую. Кривые подъема и спада, которые строятся для каждого паводка, выражают неустойчивую во времени связь между расходом и уровнем для периода данного подъема или спада уровня.

При освещении измерениями расходов всей амплитуды колебаний уровня, как на подъеме, так и на спаде при состоянии русла, свободном от ледяных образований, влияющих на связь между расходом и уровнем,

построение кривых подъема и спада определяется расположением точек измеренных расходов (Q , H). Требования, которым должно удовлетворять проведение указанных кривых, сводятся к следующему: кривая должна представлять плавную линию; точки измеренных расходов должны распределяться равномерно по обе стороны кривой.

На практике при построении паводочных петель часто приходится считаться с недостаточной освещенностью хода уровня измерениями расходов вследствие того, что на подъеме ледоход воспрепятствовал проведению гидрометрических работ, хотя в то же время и не влиял на связь между расходом и уровнем, что для ледохода средней и малой густоты на больших реках является обычным.

При построении петлеобразных кривых в условиях недостаточной освещенности необходимо иметь в виду изложенные ниже положения, которые облегчают построение кривой на неосвещенном участке и ее экстраполяцию. Указанные положения могут также помочь при оценке надежности вызывающих сомнение измеренных расходов при сокращенном числе вертикалей. Все нижеследующие положения относятся к случаю отсутствия деформаций русла и переменного подпора.

В нижних частях ветви подъема и спада смыкаются в одну кривую, являющуюся нижней частью кривой установившегося режима. Под кривой установившегося режима подразумевается кривая, выражающая однозначную связь между расходом и уровнем, которая имела бы место, если бы колебания расхода и уровня происходили настолько медленно, что не вызвали бы ощутимой разности уклонов на подъеме и спаде. Заметим, что эта кривая в общем случае не проходит посередине между ветвями подъема и спада. Точки ответвления кривых подъема и спада от кривой установившегося режима соответствуют началу ясно выраженного подъема и концу ясно выраженного спада паводка. Так как на практике переход от зимней межени к подъему и от спада к летней межени зачастую имеет постепенный характер, то соответственно этому и указанные точки на петлеобразной кривой часто

обозначаются не четко. Однако затруднений в построении кривой это обстоятельство обычно не вызывает. Положение кривой спада, как правило, на всем протяжении ее определяется точками измеренных расходов, а в отыскании точки ответвления кривой подъема в большинстве случаев нет необходимости в связи с тем, что начало подъема, относится к периоду сплошного ледостава или густого ледохода, влияющего на связь между расходами и уровнями. Сток за этот период вычисляется методами, основанными на построении зимних кривых расходов воды или переходных коэффициентах ($K_{\text{зим.}}$).

В верхней части кривые подъема и спада сопрягаются плавным закруглением. Наивысшая точка петлеобразной кривой – точка сопряжения кривых подъема и спада – должна лежать на кривой установившегося режима, что имеет значение для экстраполяции петлеобразных кривых. Точка наибольшего расхода должна лежать на ветви подъема несколько ниже наивысшего уровня. Соответственно этому срок наступления наибольшего расхода должен опережать срок наступления наивысшего уровня. При небольшой относительной ширине петли это последнее положение на практике нередко не оправдывается и наибольший расход оказывается соответствующим наивысшему уровню.

Каждому данному паводку и каждой волне многократного паводка в общем случае отвечает самостоятельная петлеобразная кривая.

При построении недостаточно освещенных кривых подъема в семействе паводочных петель можно ориентировочно руководствоваться следующим правилом: отклонение по абсциссе ветви петлеобразной кривой от кривой установившегося режима тем больше, чем больше величина интенсивности изменения уровня. Последняя величина может быть оценена по углу наклона линии подъема или спада уровня, или отдельных участков этой линии к горизонтальной оси. Чем круче наклон указанной линии, тем дальше от кривой установившегося режима должна лежать соответствующая ветвь петлеобразной кривой.

Наличие деформаций русла или переменного подпора нарушает

справедливость изложенных положений. В этих условиях кривые установившегося режима для различных паводков могут смещаться относительно друг друга, а положение ветвей может быть не связано с интенсивностью изменения уровня.

В условиях слабовыраженной неустойчивости русла или переменного подпора (например, если эти условия проявляются только в отдельные годы) изложенные правила могут использоваться для ориентировки при обязательном учете имеющихся данных о деформациях русла или причинах переменного подпора [Т.В.Векшина, Гидрология].

Кривые расходов в расчетах неустановившегося движения воды рассмотрим на примере на ГП-1 р. Чулым – с. Батурино (см. п. 4.4) и на ГП-2 р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский (см. п. 4.4.1).

Глава 4. Примеры подсчета стока воды за год на постах Томского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно - Сибирское УГМС»

4.1 Подсчет стока при однозначной зависимости на посту ГП-1 р. Чулым - с. Тегульдет

Гидрологический пост р. Чулым - с. Тегульдет расположен в 3.0 км к западу от села, в 2.0 км от бывшей нефтебазы. Прилегающая местность равнинная. Склоны долины пологие, не нарушающие общий плоский характер местности, покрыты смешанным лесом, изрезаны долинами притоков и сухими балками. Ширина долины 6.0-7.0 км.

Пойма двухсторонняя: правобережная шириной 6.0-7.0 км, левобережная - до 0.6 км, в присклоновой части заболоченная, в прирусловой - изрезанная старицами и озерами. Затопление поймы начинается при уровне воды 500 см (уточнено) над нулем поста.

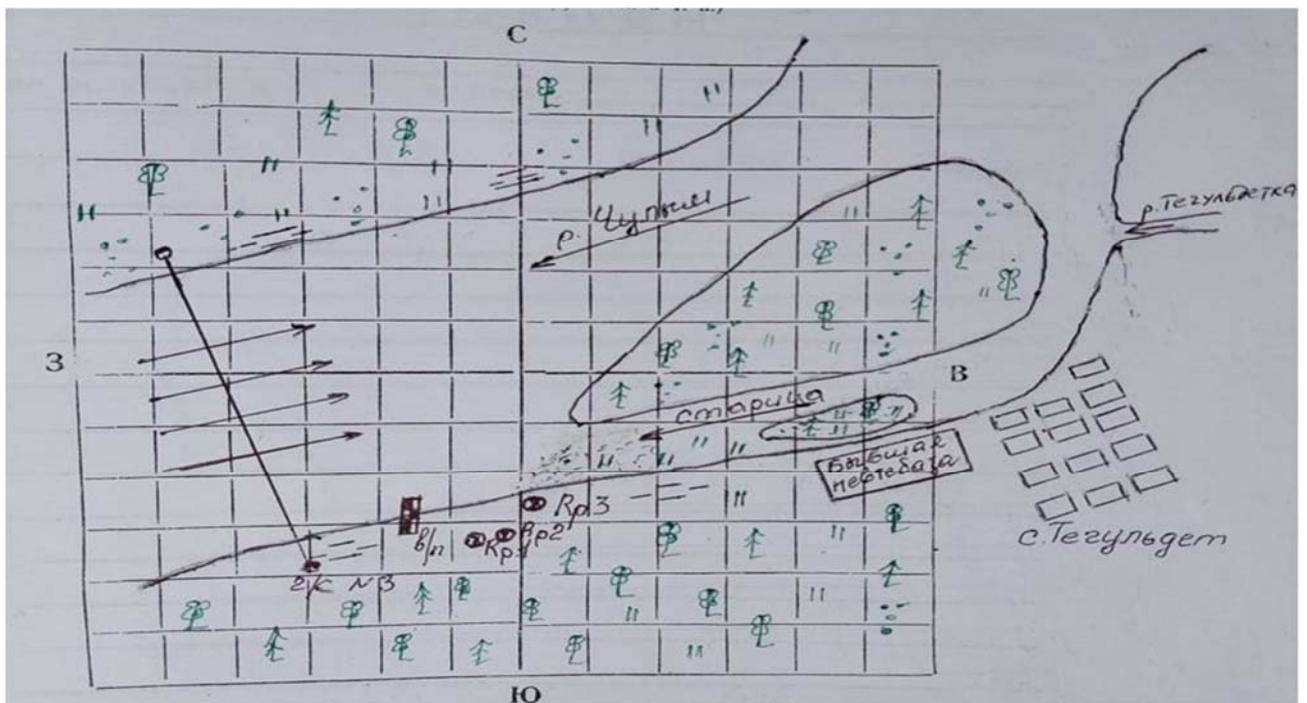


Рисунок 4.1 Схема расположения гидрологического поста р. Чулым - с. Тегульдет.

Русло реки извилистое, песчано-илистое, деформирующееся. Берега крутые, поросшие кустарниковой и древесной растительностью. В районе гидроствора наблюдается размыв левого берега и намыв песка в русле, особенно значительный на правом берегу. Ширина реки на участке поста изменяется от 130 м в межень до 300 м в половодье.

Зимой возможны полыньи, пропарины, зажоры, наледь, ярусный лед; в период весеннего ледохода - заторы льда. Пост свайный, расположен на левом берегу. Отметка нуля поста 123,48 м БС.

Гидроствор №3 расположен в 280 м ниже основного поста, оборудован створными вехами. Расстояния до скоростных и промерных вертикалей определяются GPS-навигатором.

Температура воды измеряется в створе поста в 3-4 м от берега, толщина льда в створе поста, на середине реки.

Для построения зависимости $Q(H)_{2021}$ использовано 23 измерения, освещающие 99 % амплитуды. Среднее отклонение ИРВ от кривой составляет $\pm 1.9\%$ (см. приложение А Таблица 1.4).

Кривая экстраполирована вверх на 1 см для $Q \geq 1690$ куб.м/с, вниз на 2 см (1%) для $Q \leq 163$ куб.м/с.

Сток воды вычислен: 01.01-09.03 – по интерполяции, 10.03-01.05 - КР Кзим, 02.05-02.11 - Q(H)2021, 03.11-31.12 - КР Кзим.

График Кзим за 10.03–01.05 построен по 4 измерениям, за 03.11-31.12 по 3 измерениям.

Для интерполяции расходов воды за 01.01-09.03 использован один вычисленный расход за 2020 год, 5 измерений и вычисленный расход за 10.03.

Сток воды считать приближенным за 11.04-01.05 из-за отсутствия измерений, за 21.08-15.09 из-за сомнительных уровней, за 03.11-31.12 из-за низкого качества измерений.

06.05-05.06 потери воды на заполнение поймы.

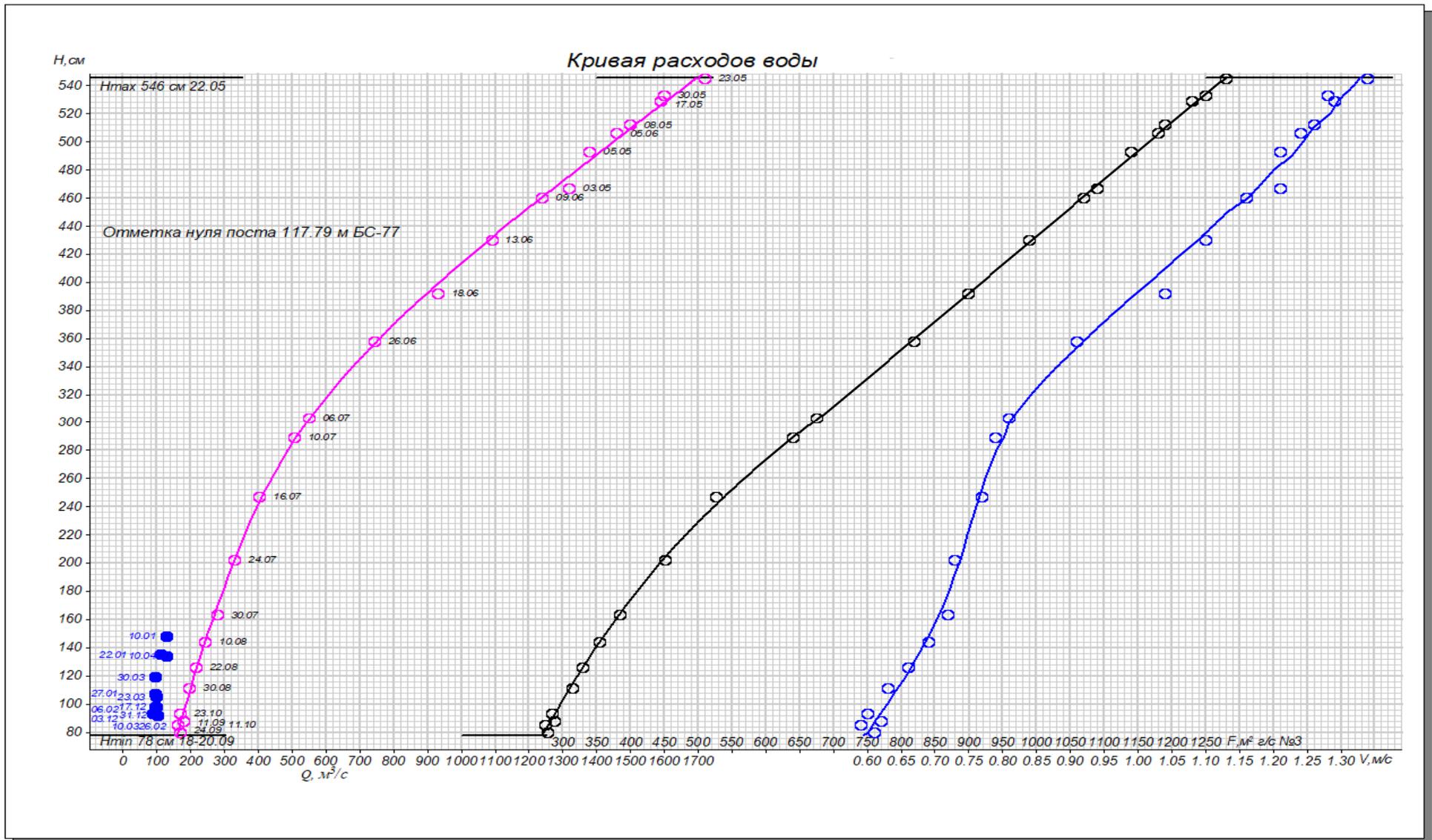


Рисунок 4.2 кривая расходов воды $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р.Чулым - с.Тегульдет

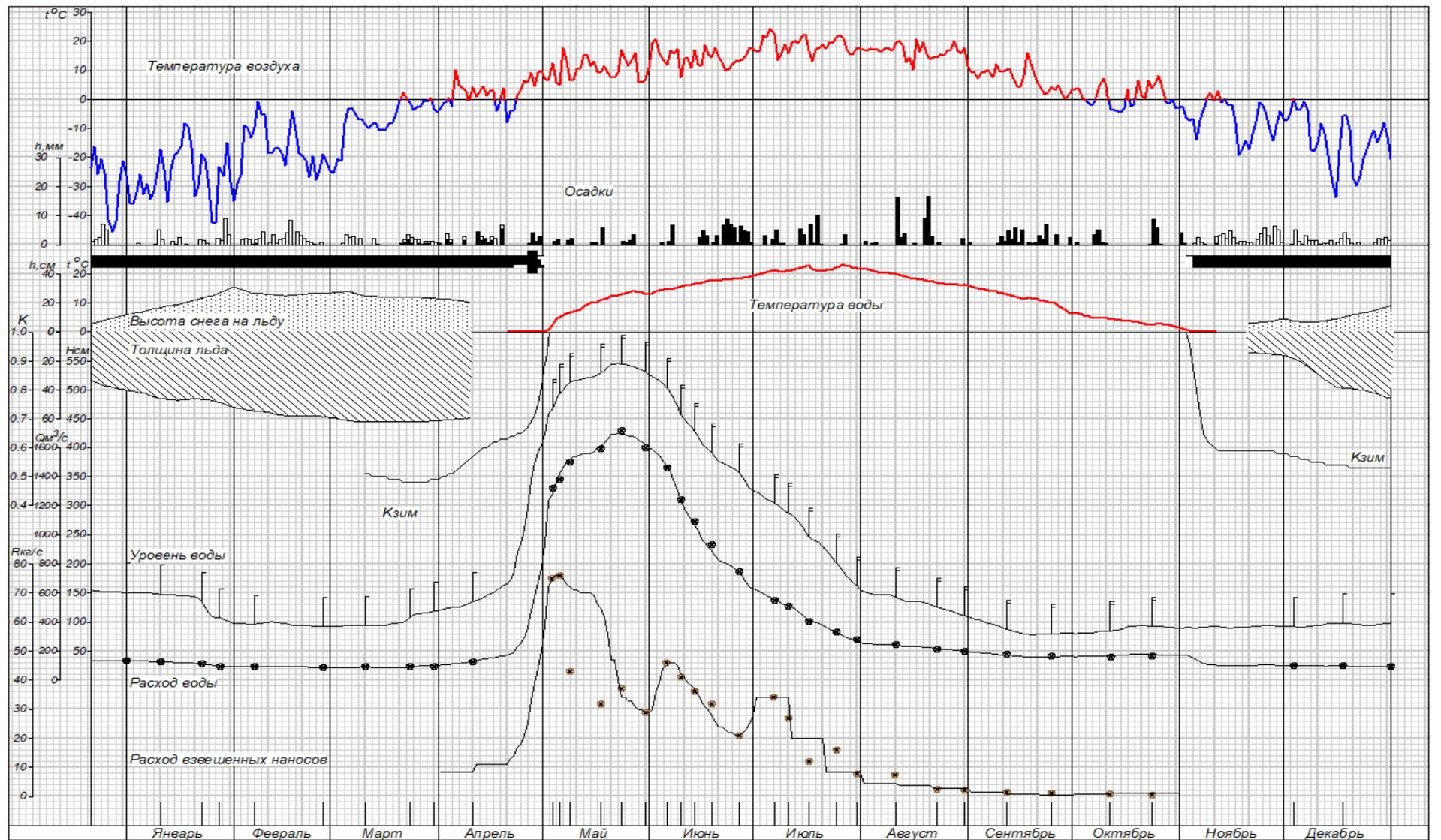


Рисунок 4.3 Комплексный график наблюдений р.Чулым - с.Тегульдэт

Таблица 4.1 Расход воды, куб.м/с, р.Чулым - с.Тегульдэт

W = 11.4 куб.км		M = 6.53 л/с кв.км					H = 206 мм			F = 55300 кв.км					
Месяц		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
число	Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	=61	133	94.6	90.4	106	936	1580	620	254	194	163	174	102		
2	=62	132	94.7	90.5	108	1230	1560	606	251	192	164	175	100		
3	=63	132	94.7	90.6	110	1280	1540	593	250	191	164	168	100		
4	=64	131	94.8	90.7	111	1360	1500	577	248	188	165	153	99.8		
5	=65	131	94.8	90.8	114	1420	1470	568	248	186	165	139	98.0		
6	=66	131	94.9	90.9	116	1460	1430	555	247	184	165	126	98.0		
7	=67	130	94.7	91.0	119	1500	1360	543	247	181	166	114	98.6		
8	=68	130	94.4	91.1	123	1520	1300	529	248	179	167	109	97.9		
9	=69	129	94.2	91.2	127	1540	1230	518	245	176	167	107	98.5		
10	=70	129	93.9	91.3	132	1540	1180	510	241	174	169	106	99.0		
11	=71	128	93.7	91.3	135	1550	1140	502	238	172	169	104	99.0		
12	=72	127	93.5	89.5	139	1560	1110	488	234	171	170	103	97.7		
13	=73	125	93.2	89.5	144	1560	1070	468	232	169	171	103	98.3		
14	=74	124	93.0	89.5	147	1560	1030	452	232	166	172	103	98.3		
15	=75	123	92.7	89.5	153	1570	972	431	232	164	174	103	99.4		
16	=76	122	92.5	90.0	156	1600	943	410	231	162	176	103	99.4		
17	=77	120	92.3	88.7	160	1610	915	402	231	162	178	103	99.4		
18	=78	119	92.0	89.2	166	1630	892	398	229	160	178	103	98.3		
19	=79	118	91.8	90.2	170	1660	856	390	228	160	179	103	96.5		
20	=80	117	91.5	90.7	173	1690	824	376	224	162	179	103	95.9		
21	=81	115	91.3	89.3	181	1690	816	365	221	162	179	104	95.9		
22	=82	114	91.1	90.2	195	1700	807	353	219	162	178	104	95.9		
23	=83	110	90.8	93.1	233	1690	794	340	216	163	178	105	95.4		
24	=84	106	90.6	96.5	252	1690	777	328	214	163	178	106	95.4		
25	=85	102	90.3	97.4	289	1680	760	318	212	163	176	106	95.4		
26	=86	98.2	90.1	98.4	356	1680	740	306	210	163	176	106	95.4		
27	=87	94.3	90.2	98.9	475	1670	712	294	207	164	175	106	95.9		
28	=88	94.4	90.3	98.9	576	1650	677	285	205	164	175	103	95.9		
29	=89	94.4		102	672	1640	641	276	202	164	175	103	96.5		
30	=90	94.5		103	772	1620	627	268	199	164	174	103	97.5		
31	=91	94.5		103		1600		259	197		174		97.5		
Сумма	=92														
Декада															
1	=93	131	94.6	90.9	117	1380	1420	562	248	185	166	137	99.2		
2	=94	122	92.6	89.8	154	1600	975	432	231	165	175	103	98.2		
3	=95	102	90.6	97.3	400	1660	735	308	209	163	176	105	96.1		
Средн.	=96	118	92.7	92.8	224	1550	1040	430	229	171	172	115	97.8		
Наиб.	=97	133	94.9	103	787	1700	1590	620	254	194	179	175	102		
Дата	=98	1	6	303102	30	22	1	1	1	1	192103	2	1		
Наим.	=99	94.3	90.1	88.7	106	900	624	258	196	160	163	103	95.4		
Дата	=100	27	26	17	1	1	30	31	31	182003	10202	123012	232604		
	Средний расход воды	Номер строки	Наибольший			Наименьший периода открытого русла (или за год)				Признак устойчивого ледостава	Наименьший зимнего периода				
			расход	Дата		Число случаев	расход	Дата			Число случаев	расход	Дата		Число случаев
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
За год	361	=101	1700	22.05		1	160	18.09	20.09	3		79.5	29.11 2020		1
1932-34, 1936-45, 1948-2021	297		2050*	22.05.34		1	90.8	03.09.96		1		26.5	19.03.69		1

4.1.1 Подсчет стока при однозначной зависимости на посту ГП-1 р.

Чулым - с. Зырянское

Гидрологический пост р. Чулым - с. Зырянское расположен у села, в 2.23 км ниже впадения р. Кии. Прилегающая местность равнинная, поросшая отдельными колками березового леса.

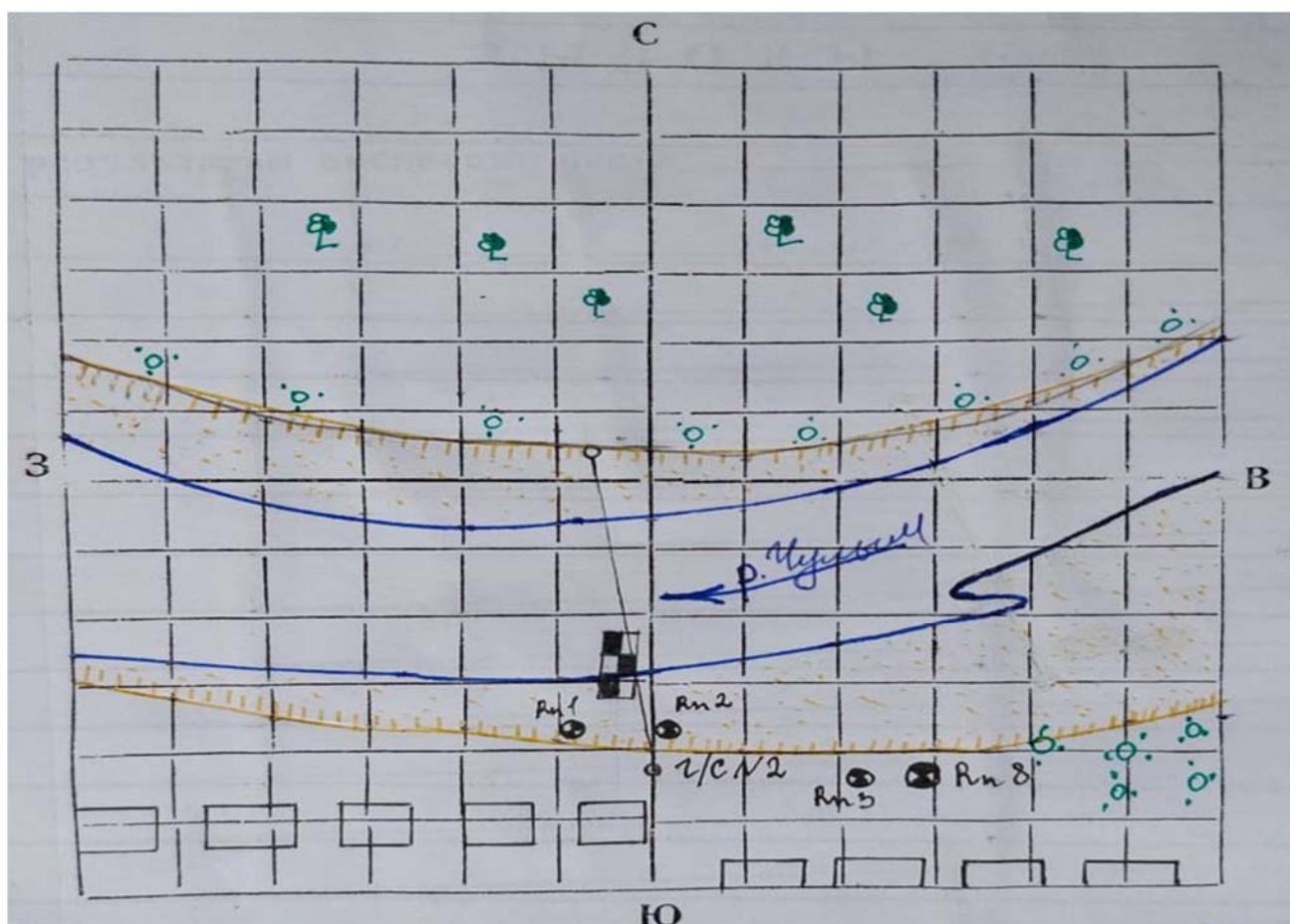


Рисунок 4.4. Схема расположения ГП-1 р. Чулым-с. Зырянское.

Долина реки ящикообразная, шириной до 11 км, изрезана старицами и озерами. Склоны долины высокие, крутые, задернованные, открытые.

Пойма правобережная, шириной до 8 км, поросшая кустарником, местами заболоченная, пересеченная большим количеством стариц, частично затопляется при уровне воды 360 см, полностью - при уровне 505 см над нулем поста.

Русло реки слабоизогнутое, песчаное, деформирующееся. Правый берег реки низкий, обрывистый, песчаный, слабозадернованный, подвержен размыву. Левый берег – высокий, до 9.0 м, крутой, в период половодья размывается.

Выше поста в 0.7-0.8 км у левого берега находится песчаная коса, обнажающаяся при низких уровнях воды и затапливаемая в паводок. Из года в год наблюдается медленное продвижение косы вниз по течению.

Пост свайный, расположен на левом берегу. Отметка нуля поста 97.19 м БС. Температура воды измеряется в створе поста в 2-3 м от берега, толщина льда - в створе основного поста, на середине реки.

Для построения зависимости $Q(H)_{2021}$ использовано 24 измерения, освещающие 98 % амплитуды колебания уровня. Среднее отклонение ИРВ от кривой составляет ± 2.2 % (см. приложение Б таблица 1.4). Кривая экстраполирована вверх на 6 см (1 %) для $Q \geq 2610$ куб.м/с, вниз на 6 см (1 %) для $Q \leq 327$ куб.м/с.

Сток воды вычислен: 01.01-30.03 - по интерполяции, 31.03-01.05 – КР Кзим, 02.05-02.11 – $Q(H)_{2021}$, 03.11-21.12 - КР Кзим. 22-31.12 – по интерполяции.

Хронологический график Кзим за 31.03-01.05 построен по одному измерению, за 03.11-21.12 - по одному.

Для интерполяции за 01.01-30.03 использован один вычисленный расход за 2020 год, 8 измерений и вычисленный расход за 31.03.

Для интерполяции за 22-31.12 использован вычисленный расход за 21.12 и одно измерение.

Сток воды за 11.04-01.05, 03.11-20.12 считать приближенным из-за отсутствия измерений.

15.04-01.05 потери воды на заполнение поймы.

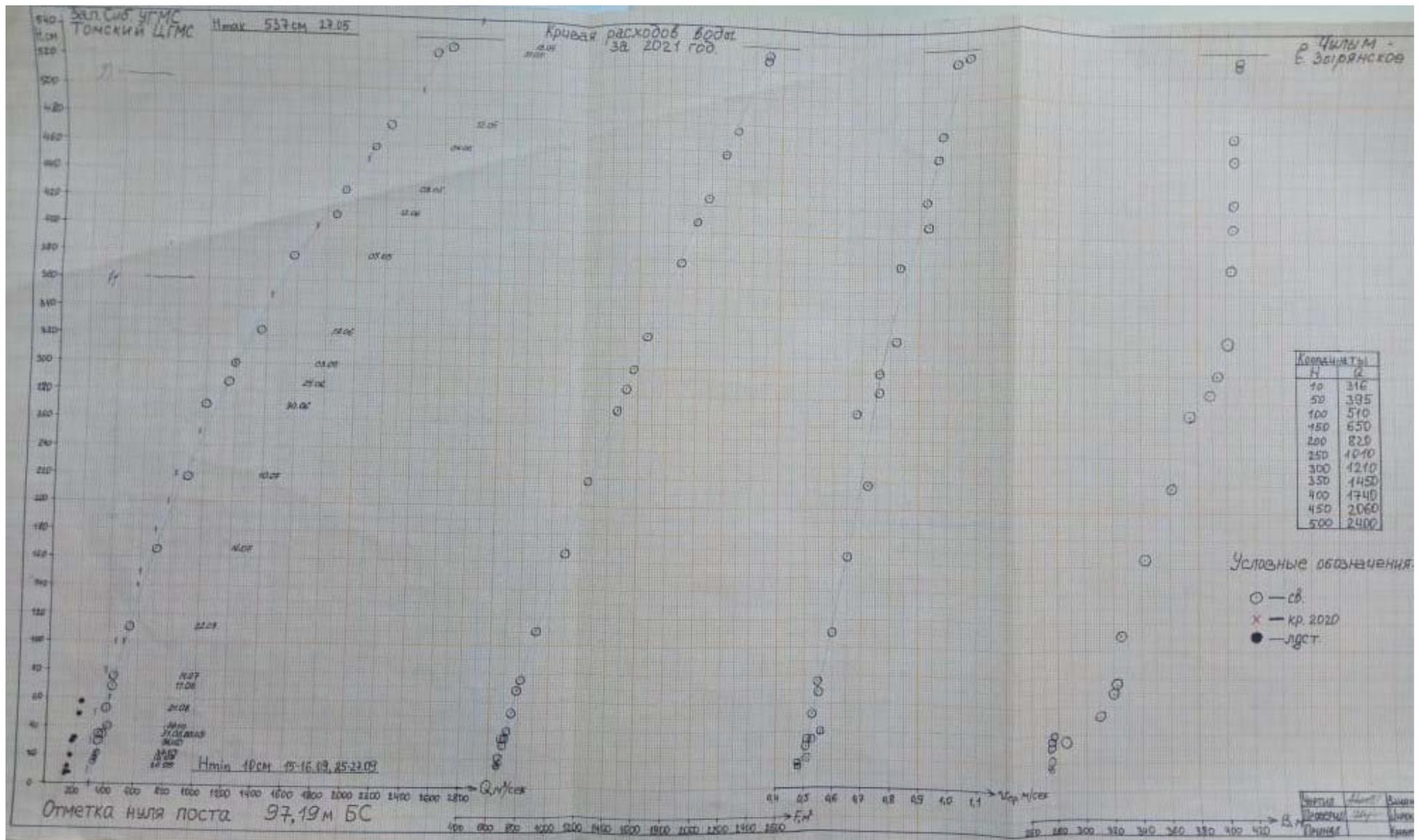


Рисунок 4.5 Кривая расходов воды $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р. Чулым - с. Зырянское.

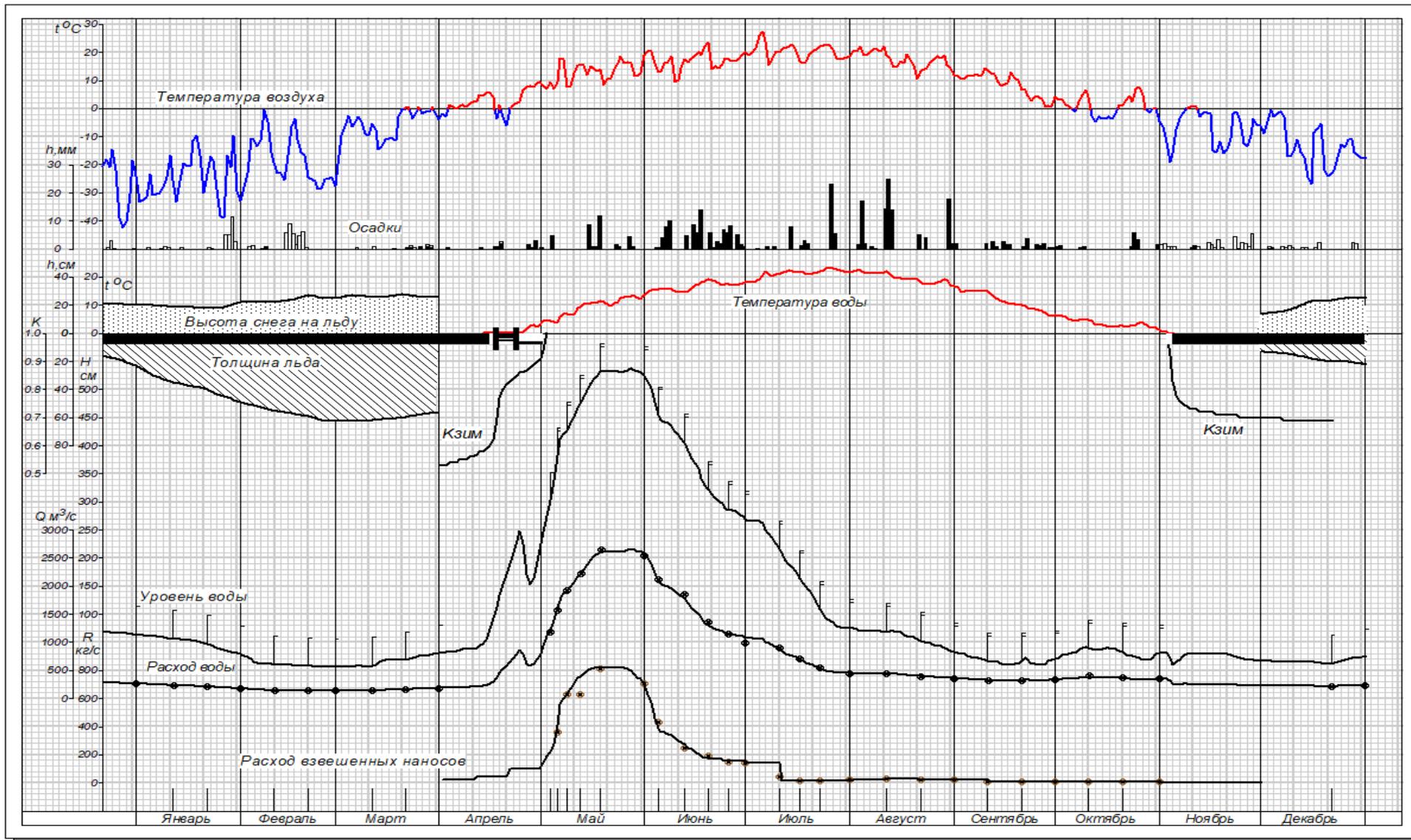


Рисунок 4.6 Комплексный график наблюдений р. Чулым - с. Зырянское

Таблица 4.2 Расход воды, куб.м/с, р. Чулым - с. Зырянское

W = 18.7 куб.км		M = 6.41 л/с кв.км					H = 202 мм			F = 92500 кв.км					
Месяц		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
число	Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	=61	264	176	137	190	939	2500	1080	451	356	341	356	232		
2	=62	262	172	138	191	1110	2410	1080	446	354	350	356	230		
3	=63	259	169	139	195	1220	2240	1070	441	352	350	312	230		
4	=64	256	165	140	195	1400	2090	1070	441	348	352	262	229		
5	=65	253	162	141	197	1630	2030	1060	439	345	356	254	229		
6	=66	251	159	143	201	1810	2010	1010	439	341	358	255	229		
7	=67	248	155	144	204	1870	2000	983	439	341	368	260	226		
8	=68	245	152	145	204	1910	1960	961	439	337	374	262	226		
9	=69	242	148	146	208	2000	1900	919	439	333	378	258	226		
10	=70	240	145	147	208	2070	1860	881	437	329	374	258	226		
11	=71	237	145	148	213	2180	1820	839	437	327	372	258	226		
12	=72	235	144	150	220	2230	1780	801	439	327	368	255	226		
13	=73	233	144	152	226	2300	1690	778	439	326	368	253	225		
14	=74	231	143	153	240	2390	1610	760	437	320	370	253	225		
15	=75	229	143	155	269	2480	1550	736	434	316	374	253	225		
16	=76	227	142	157	306	2540	1500	693	425	318	376	253	225		
17	=77	225	142	159	380	2580	1410	665	418	318	372	250	224		
18	=78	223	141	161	463	2620	1350	647	416	320	370	250	224		
19	=79	221	141	162	530	2620	1310	627	414	322	366	250	222		
20	=80	219	140	164	584	2620	1270	601	408	329	362	250	222		
21	=81	217	140	166	649	2620	1240	571	401	339	350	249	222		
22	=82	213	139	168	721	2620	1220	534	397	335	348	247	224		
23	=83	209	139	171	794	2620	1200	510	395	322	346	245	226		
24	=84	206	138	173	869	2610	1160	493	393	320	345	239	227		
25	=85	202	138	175	790	2620	1150	484	387	318	339	236	229		
26	=86	198	137	178	622	2640	1150	476	382	316	335	235	231		
27	=87	194	137	180	580	2650	1140	462	380	320	335	233	233		
28	=88	190	136	182	614	2640	1120	457	376	331	335	233	235		
29	=89	187		184	714	2620	1110	453	370	335	339	232	236		
30	=90	183		187	798	2610	1080	453	366	337	352	232	238		
31	=91	179		189		2580		453	362		356		240		
Сумма	=92														
Декада															
1	=93	252	160	142	199	1600	2100	1010	441	344	360	283	228		
2	=94	228	143	156	343	2460	1530	715	427	322	370	253	224		
3	=95	198	138	178	715	2620	1160	486	383	327	344	238	231		
Средн.	=96	225	148	159	419	2240	1600	729	416	331	357	258	228		
Наиб.	=97	264	176	189	877	2650	2510	1080	451	356	378	356	240		
Дата	=98	1	1	31	24	27	1	10202	1	1	9	10202	31		
Наим.	=99	179	136	137	190	910	1080	451	360	316	335	232	222		
Дата	=100	31	28	1	10202	1	30	31	31	152705	262904	293002	192103		
	Средний расход воды	Номер строки	Наибольший			Наименьший периода открытого русла (или за год)				Признак устойчивого ледостава	Наименьший зимнего периода				
			расход	Дата		Число слу-чаев	расход	Дата			Число слу-чаев	расход	Дата		Число слу-чаев
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
За год	593	=101	2650	27.05		1	316	15.09	27.09	5		136	28.02		1
1931-42, 1944-2021	577		4730*	19.05 2010		1	142	30.09.45		1		43.9	02.12.78		1

4.2 Подсчет стока с использованием временных кривых $Q(H)_{BP}$ по данным наблюдений ГП-2 р. Четь – с. Конторка

Гидрологический пост р. Четь- с. Конторка расположен в 0.6 км на юго-запад от села. Прилегающая местность равнинная, сильно заболоченная, поросшая хвойным лесом. Водоразделы заняты верховыми болотами с отдельными возвышенностями – «гривами» до 10-15 м высотой, покрытыми сосновым лесом.

Пойма двухсторонняя, шириной до 3 км, сильно заболочена, изрезана озерами, поросшая смешанным лесом. Частичное затопление левобережной поймы происходит при уровне 506 см, полное - при 700 см над нулем поста. При уровне 310 см над нулем поста вода выходит в старицу правобережной поймы, при уровне 520 см начинается сток по правобережной старице.

Русло реки извилистое, песчаное, с высокими до 4 м берегами, подвержено сильной деформации. В районе поста периодически отмечается размыв и намыв русла у правого берега. Ширина русла в межень составляет 50-70 м, в половодье до 90-100 м. Русло реки сильно захламлено топляками от старых заготовок леса, поваленных деревьев при размыве берегов.

На ледово-термический режим в последние годы оказывает влияние гниение в русле топляков. Зимой возможны пропарины, промоины.

Пост свайный, расположен на правом берегу. Отметка нуля поста 118.75 м БС. Гидроствор №1 совмещен с основным постом, оборудован гидрометрической установкой ГР-70.

Температура воды измеряется в створе поста в 2-3 м от берега, толщина льда - в 50 м ниже поста, на середине реки.

Сток воды вычислен: 01.01–30.03 по интерполяции, 31.03–20.04 - КР Кзим, 21.04–29.05 – $Q(H)_{2021}$, 30-31.05 – по интерполяции, 01.06-20.07 – $Q(H)_{\text{Врем1}}$, 21-30.07 – по интерполяции, 31.07-31.10 - $Q(H)_{\text{Врем2}}$, 01.11-31.12 – КР Кзим.

Хронологический график Кзим за 31.03–20.04 построен по 2 измерениям, за 01.11-31.12 – по 1 измерению.

Для интерполяции: 01.01–30.03 использован один вычисленный расход за 2020 год, 8 измерений и вычисленный расход за 31.03. С 30-31.05 использованы вычисленные расходы за 29.05 и 01.06. С 21-30.07 использованы вычисленные расходы за 20.07 и 31.07.

Сток воды за 01-19.04, 01.11-30.12 считать приближенным из-за отсутствия измерений.

28.04-02.06 потери воды на заполнение поймы.

04-21.05 не учтен сток в правобережной протоке.

Использование Временных кривых и метода интерполяции в период открытого русла вызвано нарушением зависимости $Q(H)$ вследствие деформации и захламленности русла.

Амплитуда колебания уровня воды освещена ИРВ на 100 %. Для построения зависимости $Q(H)_{2021}$ использовано 10 измерений. Среднее отклонение ИРВ от кривой составляет ± 1.3 %. Кривая $Q(H)_{2021}$ экстраполирована вверх на 3 см для $Q \geq 403$ м.куб/с.

Для построения $Q(H)$ Врем1 использовано 6 измерений. Среднее отклонение ИРВ составляет ± 1.4 %. Временная кривая 1 экстраполирована вверх на 20 см для $Q \geq 110$ м.куб/с.

Для построения $Q(H)$ Врем2 использовано 10 измерений. Среднее отклонение ИРВ составляет ± 1.4 % (см. приложение В таблица 1.4).

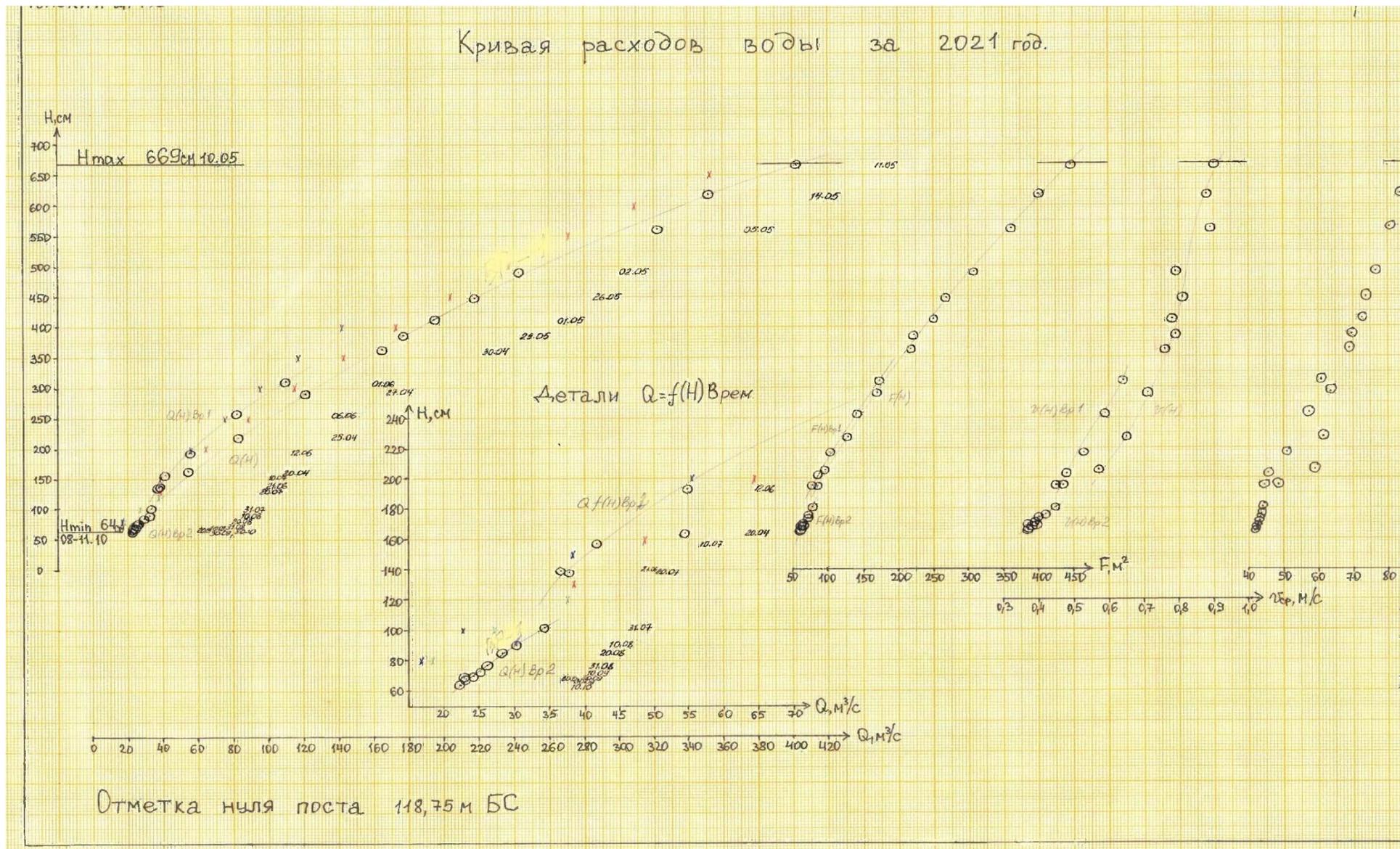


Рисунок 4.7 Кривая расходов воды $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р. Четь - с. Конторка

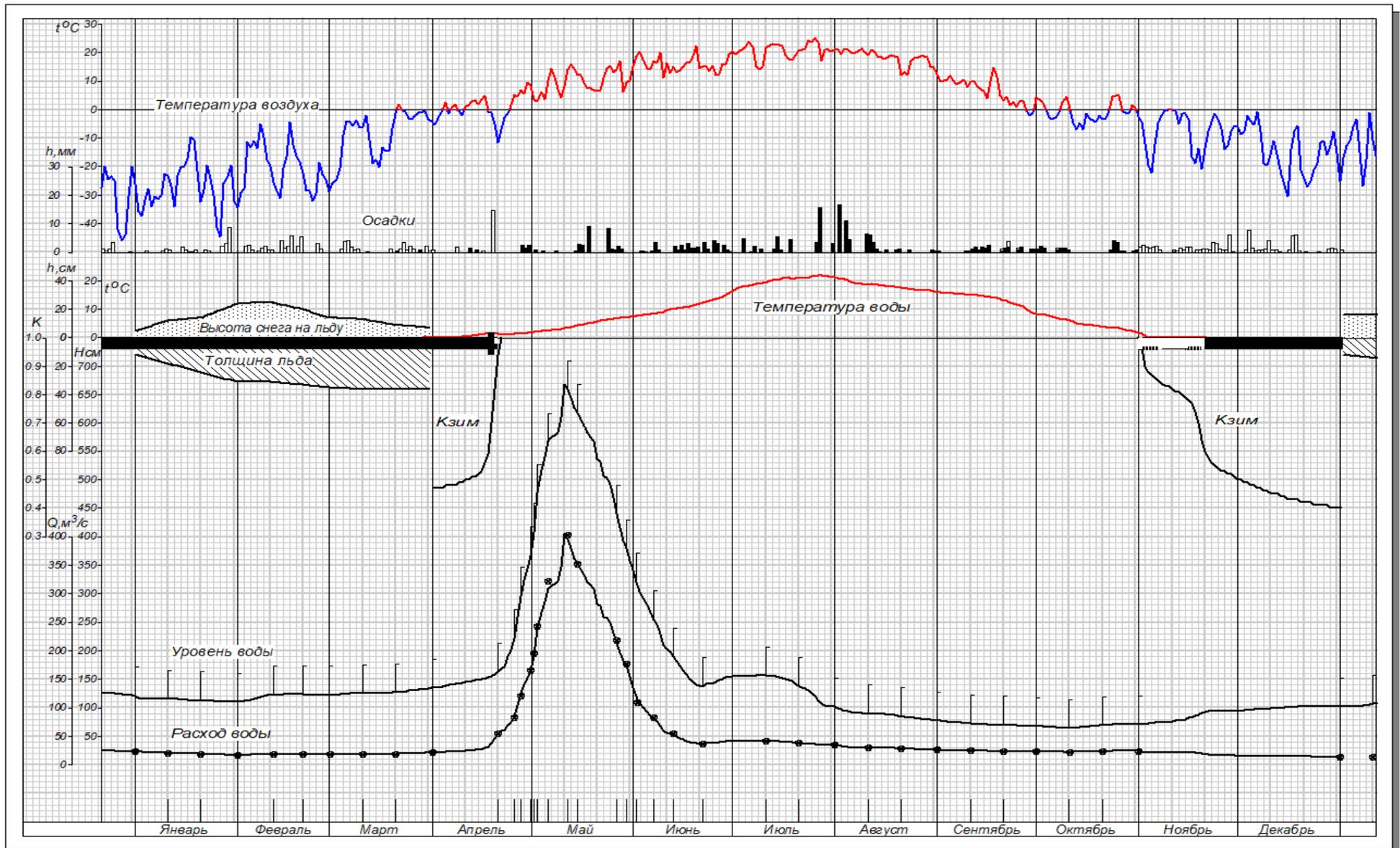


Рисунок 4.8 Комплексный график наблюдений, р. Четь – с. Конторка

Таблица 4.3 Расход воды, куб.м/с, р. Четь - с. Конторка

W = 1.57 куб.км		M = 4.34 л/с кв.км					H = 137 мм			F = 11500 кв.км						
Месяц		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
число	Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	=61		17.3	18.0	21.6	192	116	41.5	33.7	26.2	23.6	24.1	16.0			
2	=62		17.5	18.1	21.8	239	106	41.8	32.7	25.9	23.6	22.3	15.8			
3	=63		17.6	18.1	22.0	268	100	41.8	32.0	25.9	23.4	22.1	15.8			
4	=64		17.8	18.1	22.8	285	93.5	41.8	31.6	25.7	23.4	21.8	15.5			
5	=65		18.0	18.2	23.0	308	86.5	41.8	30.9	25.7	23.4	21.8	15.7			
6	=66		18.2	18.2	23.2	314	80.5	41.8	30.6	25.4	23.4	21.6	15.4			
7	=67		18.4	18.2	23.4	317	76.0	42.1	30.6	25.4	22.8	21.3	15.5			
8	=68		18.6	18.2	24.1	322	68.5	42.1	30.6	25.1	22.8	21.3	15.2			
9	=69		18.7	18.3	24.3	346	59.6	42.1	30.2	25.1	22.5	21.3	15.2			
10	=70		18.9	18.3	25.0	405	57.2	42.1	30.2	25.1	22.5	21.2	15.0			
11	=71	20.7	19.1	18.4	25.2	396	55.3	41.8	30.2	24.8	22.8	21.2	15.2			
12	=72	20.6	19.0	18.5	25.9	380	52.5	41.8	30.2	24.8	22.8	21.2	15.2			
13	=73	20.4	19.0	18.6	26.1	361	49.7	41.5	29.9	24.8	23.1	21.2	14.8			
14	=74	20.2	18.9	18.7	26.8	353	46.9	41.2	29.9	24.5	23.1	21.4	15.0			
15	=75	20.1	18.8	18.8	27.6	343	44.5	40.6	29.9	24.5	23.4	21.6	14.7			
16	=76	19.9	18.8	18.9	29.3	333	42.4	40.3	29.6	24.2	23.6	21.6	14.7			
17	=77	19.7	18.7	19.0	31.4	321	40.3	39.5	29.6	24.2	23.6	21.5	14.7			
18	=78	19.5	18.6	19.1	38.2	315	38.8	39.3	29.3	24.2	23.6	20.7	14.8			
19	=79	19.4	18.6	19.2	45.9	309	37.8	38.3	29.0	24.2	23.9	19.6	14.5			
20	=80	19.2	18.5	19.3	54.2	283	37.3	37.3	28.7	24.2	23.9	18.8	14.5			
21	=81	19.0	18.4	19.5	59.9	279	37.1	37.0	28.3	23.9	23.9	18.3	14.5			
22	=82	18.8	18.4	19.7	61.7	259	38.0	36.8	28.0	23.9	24.2	17.7	14.5			
23	=83	18.6	18.3	19.9	69.8	257	38.3	36.5	28.0	23.9	24.5	17.4	14.1			
24	=84	18.4	18.3	20.1	75.1	249	38.3	36.3	27.7	23.9	24.5	17.1	14.1			
25	=85	18.2	18.2	20.3	85.6	232	39.0	36.0	27.4	23.6	24.5	17.0	14.1			
26	=86	18.1	18.1	20.6	104	213	39.5	35.8	27.4	23.6	24.5	17.0	14.1			
27	=87	17.9	18.1	20.8	125	197	40.3	35.5	27.1	23.6	24.5	16.6	14.1			
28	=88	17.7	18.0	21.0	141	183	40.9	35.3	27.1	23.6	24.5	16.6	13.8			
29	=89	17.5		21.2	152	174	41.2	35.0	26.8	23.6	24.5	16.3	13.8			
30	=90	17.3		21.4	166	155	41.5	34.8	26.5	23.6	24.5	16.0	13.8			
31	=91	17.1		21.6		135		34.5	26.2		24.5		13.8			
Сумма	=92															
Декада																
1	=93		18.1	18.2	23.1	300	84.4	41.9	31.3	25.6	23.1	21.9	15.5			
2	=94	20.0	18.8	18.9	33.1	339	44.6	40.2	29.6	24.4	23.4	20.9	14.8			
3	=95	18.1	18.2	20.6	104	212	39.4	35.8	27.3	23.7	24.4	17.0	14.1			
Средн.	=96	19.0	18.4	19.2	53.4	281	56.1	39.2	29.4	24.6	23.7	19.9	14.8			
Наиб.	=97	20.7	19.1	21.6	171	406	122	42.1	34.1	26.2	24.5	24.1	16.0			
Дата	=98	1	11	31	30	10	1	71004	1	1	233109	1	1			
Наим.	=99	17.1	17.3	18.0	21.6	135	36.9	34.5	26.2	23.6	22.5	16.0	13.8			
Дата	=100	21	1	1	10202	31	21	31	31	253006	81104	30	283104			
	Средний расход воды	Номер строки	Наибольший			Наименьший периода открытого русла (или за год)				Признак устойчивого ледостава	Наименьший зимнего периода					
			расход	Дата		Число случаев	расход	Дата			Число случаев	расход	Дата		Число случаев	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
За год	49.9	=101	406	10.05		1	22.5	08.10	11.10	4			17.1	31.01		1
1961-2021	12.2		430	01.05 2010		1	0.82	17.09	29.09.82	13			0.41	28.03.93		1

4.3 Подсчет стока воды в период зарастания водной растительностью ГП-2 р. Латат – с. Ягодное

Гидрологический пост р. Латат – с. Ягодное расположен в плесовой ложине, севернее центральной части села. Местность, прилегающая к долине равнинная, слабовсхолмленная.

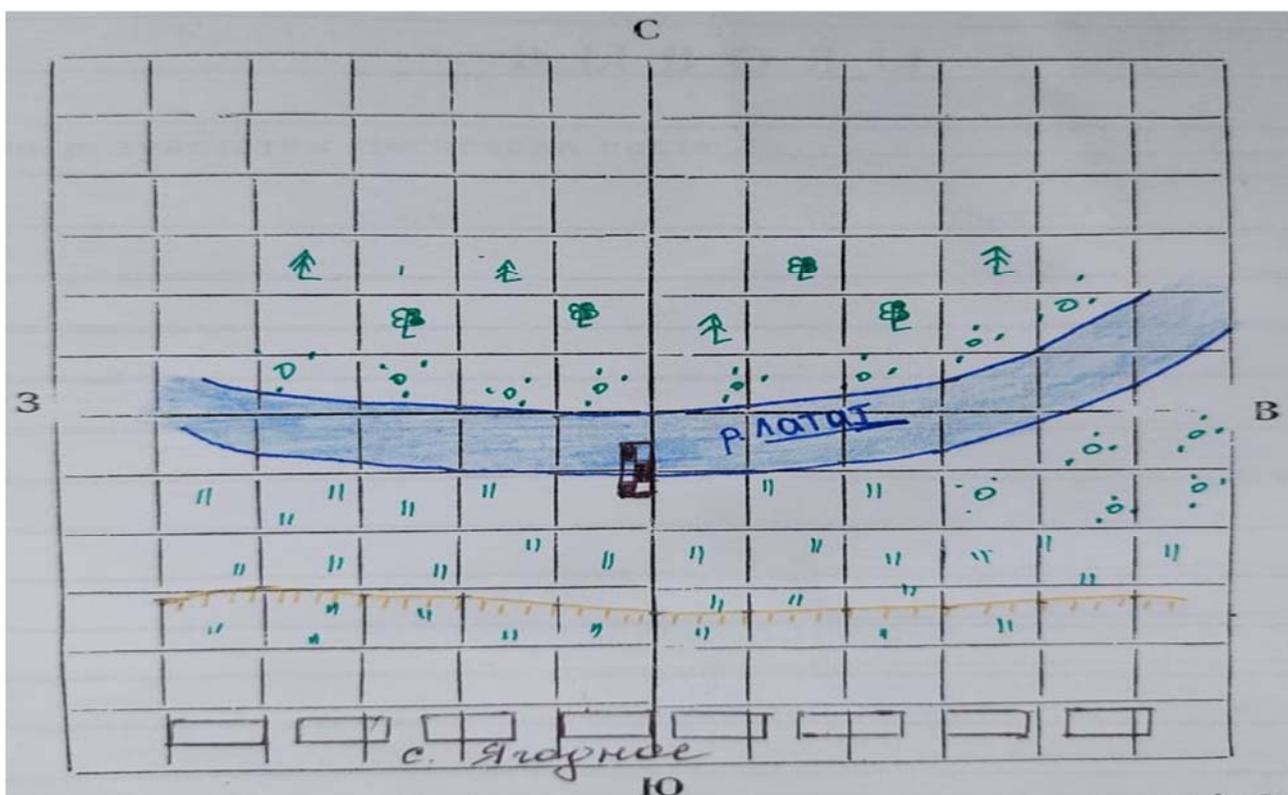


Рисунок 4.9 Схема расположения гидрологического поста р.Латат-с.Ягодное.

Долина реки трапецидальной формы, шириной до 400 м, сложена суглинками и глинами, покрыта древесной, кустарниковой и луговой растительностью. На правом склоне долины и прилегающей к нему террасе расположено село.

Пойма реки двухсторонняя: правобережная луговая, сухая; левобережная - заболоченная, изрезана озерами, староречьями, покрыта кустарниковой и древесной растительностью. Ширина поймы до 350 м. Уровень выхода воды на пойму 420 см, полностью пойма затопляется при уровне 650 см над нулем

поста.

Русло реки неразветвленное, меандрирующее, слабо деформирующееся. Склоны берегов задернованы. Берега высокие, до 6 м, местами обрывистые, покрыты луговой и кустарниковой растительностью. Ложе реки сложено суглинками и супесями, на перекатах местами прослеживается мелкоокатанная галька. Ширина русла в межень 5-7 м, в половодье до 25-30 м между бровками. В русле интенсивно развивается водная растительность.

На ледово-термический режим оказывают влияние выходы грунтовых вод. В зимнее время возможны пропарины, полыньи, наледь. Весной в основном лед тает на месте, в отдельные годы может наблюдаться кратковременный ледоход.

Температура воды измеряется в створе поста в 2-3 м от берега. Толщина льда измеряется в створе поста, при неустойчивом ледоставе место измерения толщины льда может смещаться вниз по течению до 120 м.

Пост свайный, расположен на правом берегу. Отметка нуля поста 101.52 м БС-77.

Гидроствор № 4 (паводочный) расположен в 50 м выше основного поста, оборудован тросовой переправой и лодкой.

Гидроствор № 1 (меженный) расположен в 120 м ниже поста, оборудован мостиком.

Сток воды вычислен: 01.01-18.03 по интерполяции, 19.03-17.04 – КР Кзим, 18.04-01.06 – Q(H)2021, 02.06-13.10 – КР Кзар, 14.10-01.12 – КР Кзим, 02-31.12 – по интерполяции.

Для построения зависимости Q(H)2021 использовано 10 измерений, освещающих 97 % амплитуды колебания уровня воды. Среднее отклонение ИРВ от кривой составляет ± 2.3 % (см. приложение Г таблица 1.4). Кривая экстраполирована вверх на 6 см (2 %) для $Q \geq 21.9$ м.куб/с, вниз на 4 см (1 %) для $Q \leq 1.20$ куб.м/с.

Для построения хронологического графика Кзим за 19.03-17.04 использовано 5 измерений, за 14.10-01.12 – 5 измерений.

Для построения хронологического графика Кзар за 02.06–13.10 использовано 11 измерений (см. приложение Г таблица 1.5). 13.10 Кзар при значении 0.66 переходит в Кзим.

Для интерполяции за 01.01-18.03 использован один вычисленный расход за 2020 год, 5 измерений и вычисленный расход за 19.03.

Для интерполяции за 02-31.12 использован один вычисленный расход за 01.12 и два измерения.

19-20.04 редкая снегура влияния на сток не оказала.

На комплексном графике гидрометеорологических наблюдений на гидрологическом посту р. Латат – с. Ягодное хронологический график Кзар отражает изменение пропускной способности русла в зависимости от влияния на растительность дождевых паводков и изменения температуры воды (Кзар увеличивается с повышением уровня в период паводков). В начале сезона вегетации растительности, при достижении температуры 10 °С, происходит снижение значений Кзар от 1.0 до 0.4, что свидетельствует о влиянии растительности на пропускную способность малой реки - водосбор в районе с. Ягодное 340 км². В течение вегетационного периода Кзар сохраняется в пределах 0.4 – 0.5. При снижении температуры воды и повышении уровня в начале октября влияние растительности на пропускную способность потока уменьшается, происходит возрастание (см. приложение Г таблица 1.8). При значении 0.66 Кзар переходит в Кзим (рисунок 4.10).

Кривая расходов воды за 2021 год.

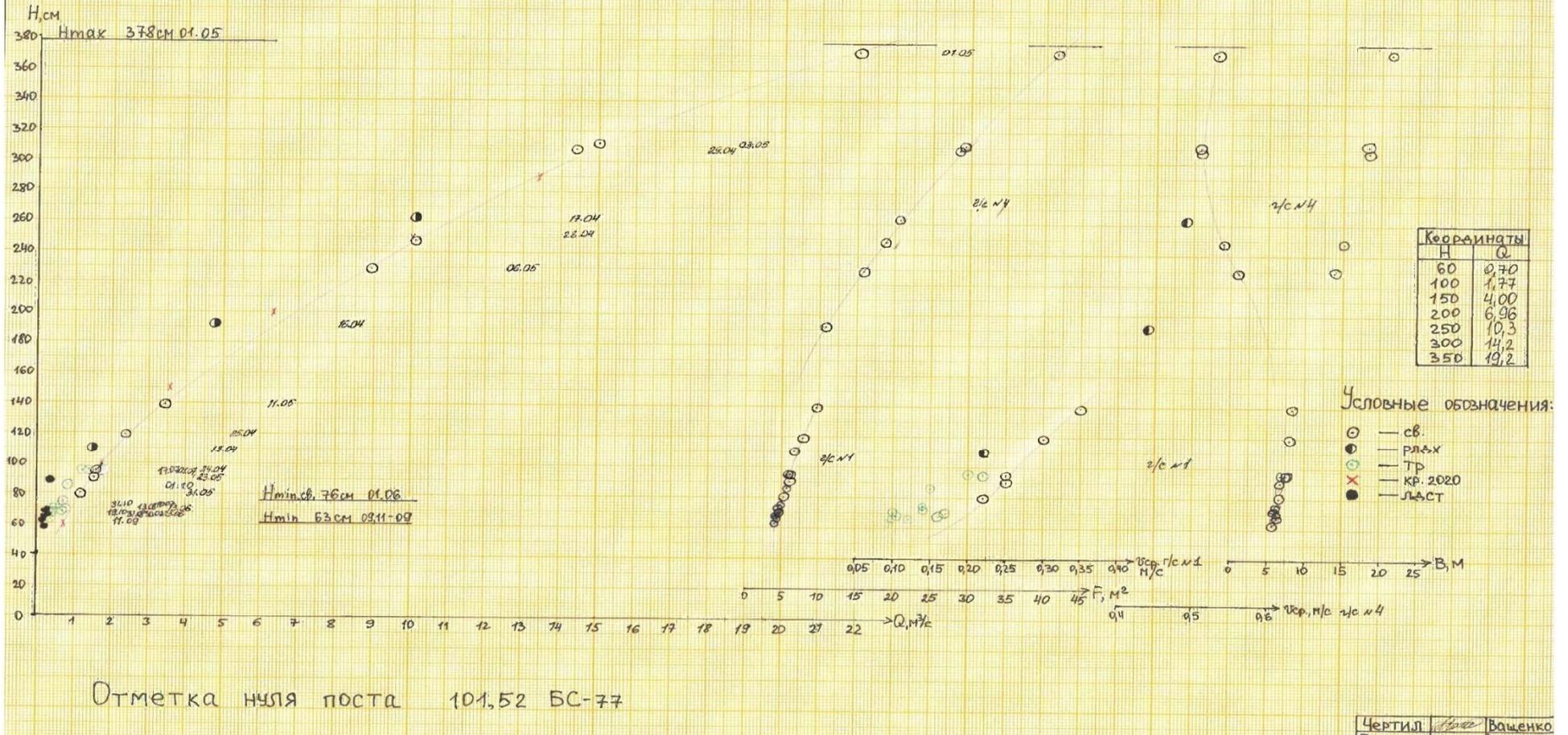


Рисунок 4.9 Кривая расходов воды $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р. Латат – с. Ягодное.

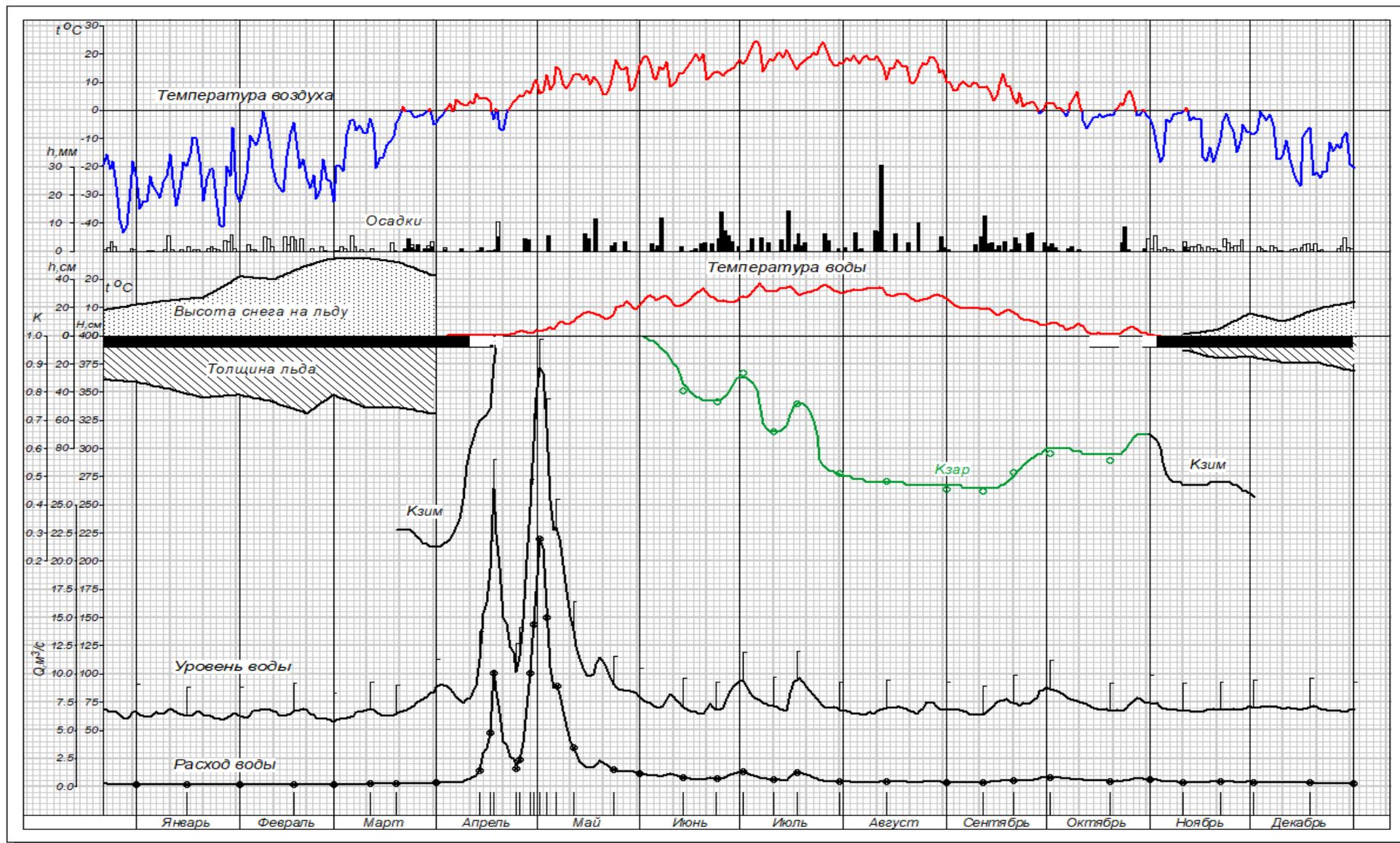


Рисунок 4.10 Комплексный график наблюдений р. Латат – с. Ягодное.

Таблица 4.4 Расход воды, куб.м/с, р. Четь - с. Конторка

W = 35.3 млн.куб.м		M = 3.29 л/с кв.км					H = 104 мм			F = 340 кв.км						
Месяц		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
число	Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	=61	0.22	0.18	0.20	0.37	21.9	1.13	1.35	0.44	0.42	0.83	0.66	0.41			
2	=62	0.22	0.18	0.21	0.38	21.2	1.07	1.22	0.43	0.42	0.82	0.66	0.41			
3	=63	0.22	0.19	0.21	0.39	15.9	1.03	1.08	0.41	0.42	0.80	0.59	0.40			
4	=64	0.21	0.19	0.22	0.39	10.6	0.98	1.00	0.41	0.42	0.79	0.51	0.40			
5	=65	0.21	0.19	0.22	0.38	8.79	0.95	0.93	0.41	0.40	0.75	0.47	0.39			
6	=66	0.21	0.19	0.23	0.38	8.92	0.91	0.86	0.39	0.39	0.72	0.44	0.39			
7	=67	0.21	0.19	0.23	0.40	8.25	0.95	0.72	0.40	0.37	0.69	0.43	0.39			
8	=68	0.21	0.20	0.24	0.44	6.77	1.06	0.69	0.41	0.37	0.67	0.43	0.38			
9	=69	0.21	0.20	0.24	0.62	5.30	1.15	0.66	0.40	0.37	0.65	0.42	0.38			
10	=70	0.21	0.20	0.25	0.71	4.06	1.08	0.66	0.42	0.37	0.64	0.41	0.37			
11	=71	0.21	0.20	0.25	0.87	3.41	1.01	0.65	0.43	0.37	0.61	0.41	0.37			
12	=72	0.20	0.20	0.25	0.96	2.73	0.91	0.61	0.45	0.39	0.60	0.41	0.36			
13	=73	0.20	0.20	0.25	1.56	2.27	0.81	0.60	0.46	0.43	0.58	0.40	0.36			
14	=74	0.20	0.21	0.25	3.00	1.94	0.76	0.60	0.46	0.46	0.55	0.40	0.36			
15	=75	0.20	0.21	0.26	3.40	1.74	0.70	0.92	0.46	0.50	0.54	0.40	0.35			
16	=76	0.20	0.21	0.26	4.82	1.71	0.67	1.17	0.47	0.52	0.52	0.40	0.35			
17	=77	0.20	0.21	0.26	10.3	1.77	0.66	1.23	0.47	0.52	0.52	0.42	0.34			
18	=78	0.20	0.21	0.26	8.52	2.08	0.65	1.25	0.46	0.55	0.54	0.43	0.34			
19	=79	0.20	0.21	0.26	6.58	2.31	0.64	1.19	0.44	0.53	0.51	0.45	0.34			
20	=80	0.19	0.21	0.26	4.00	2.15	0.72	1.07	0.41	0.53	0.51	0.43	0.33			
21	=81	0.19	0.21	0.27	3.73	1.94	0.79	0.98	0.40	0.54	0.52	0.43	0.33			
22	=82	0.19	0.21	0.28	2.68	1.68	0.73	0.86	0.39	0.53	0.51	0.43	0.32			
23	=83	0.19	0.20	0.29	2.46	1.50	0.69	0.75	0.41	0.57	0.52	0.43	0.32			
24	=84	0.19	0.20	0.30	1.84	1.42	0.69	0.60	0.44	0.57	0.57	0.43	0.31			
25	=85	0.19	0.20	0.30	2.34	1.36	0.74	0.54	0.51	0.59	0.64	0.44	0.31			
26	=86	0.19	0.20	0.31	3.89	1.36	0.91	0.50	0.49	0.64	0.70	0.42	0.30			
27	=87	0.19	0.20	0.30	7.02	1.34	1.09	0.49	0.49	0.68	0.77	0.41	0.30			
28	=88	0.18	0.20	0.31	10.2	1.34	1.20	0.51	0.46	0.78	0.75	0.42	0.29			
29	=89	0.18		0.32	14.7	1.31	1.30	0.48	0.44	0.80	0.72	0.43	0.29			
30	=90	0.18		0.32	18.7	1.28	1.35	0.46	0.42	0.85	0.68	0.44	0.28			
31	=91	0.18		0.36		1.20		0.44	0.42		0.68		0.28			
Сумма	=92															
Декада																
1	=93	0.21	0.19	0.23	0.45	11.2	1.03	0.92	0.41	0.40	0.74	0.50	0.39			
2	=94	0.20	0.21	0.26	4.40	2.21	0.75	0.93	0.45	0.48	0.55	0.42	0.35			
3	=95	0.19	0.20	0.31	6.76	1.43	0.95	0.60	0.44	0.66	0.64	0.43	0.30			
Средн.	=96	0.20	0.20	0.26	3.87	4.82	0.91	0.81	0.44	0.51	0.64	0.45	0.35			
Наиб.	=97	0.22	0.21	0.36	19.2	22.6	1.35	1.38	0.51	0.85	0.83	0.66	0.41			
Дата	=98	10303	142209	31	30	1	30	1	25	30	1	10202	10202			
Наим.	=99	0.18	0.18	0.20	0.36	1.18	0.64	0.44	0.38	0.36	0.49	0.37	0.28			
Дата	=100	283104	10202	1	1	31	19	31	7	91102	192202	16	303102			
	Средний расход воды	Номер строки	Наибольший			Наименьший периода открытого русла (или за год)					Признак устойчивого ледостава	Наименьший зимнего периода				
			расход	Дата		Число случаев	расход	Дата		Число случаев		расход	Дата		Число случаев	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
За год	1.12	=101	22.6	01.05		1	0.36	09.09	11.09	2			0.18	28.01	02.02	6
1950-58, 1979-2021	12.2		430	01.05 2010		1	0.82	17.09	29.09.82	13			0.41	28.03.93		1

4.4 Подсчет стока воды при неустановившемся режиме $Q(H)$ ПЕТЛ («паводочные петли») на ГП-1 р. Чулым – с. Батурино.

Гидрологический пост р. Чулым – с. Батурино расположен в 3.0 км севернее пос. Батурино, на левом берегу протоки Батуринская, в 200 м выше слияния протоки с основным руслом. Прилегающая местность имеет равнинный характер с незначительными по высоте и мягко очерченными повышениями, покрыта лесной, преимущественно хвойной растительностью. Пониженные участки заболочены.

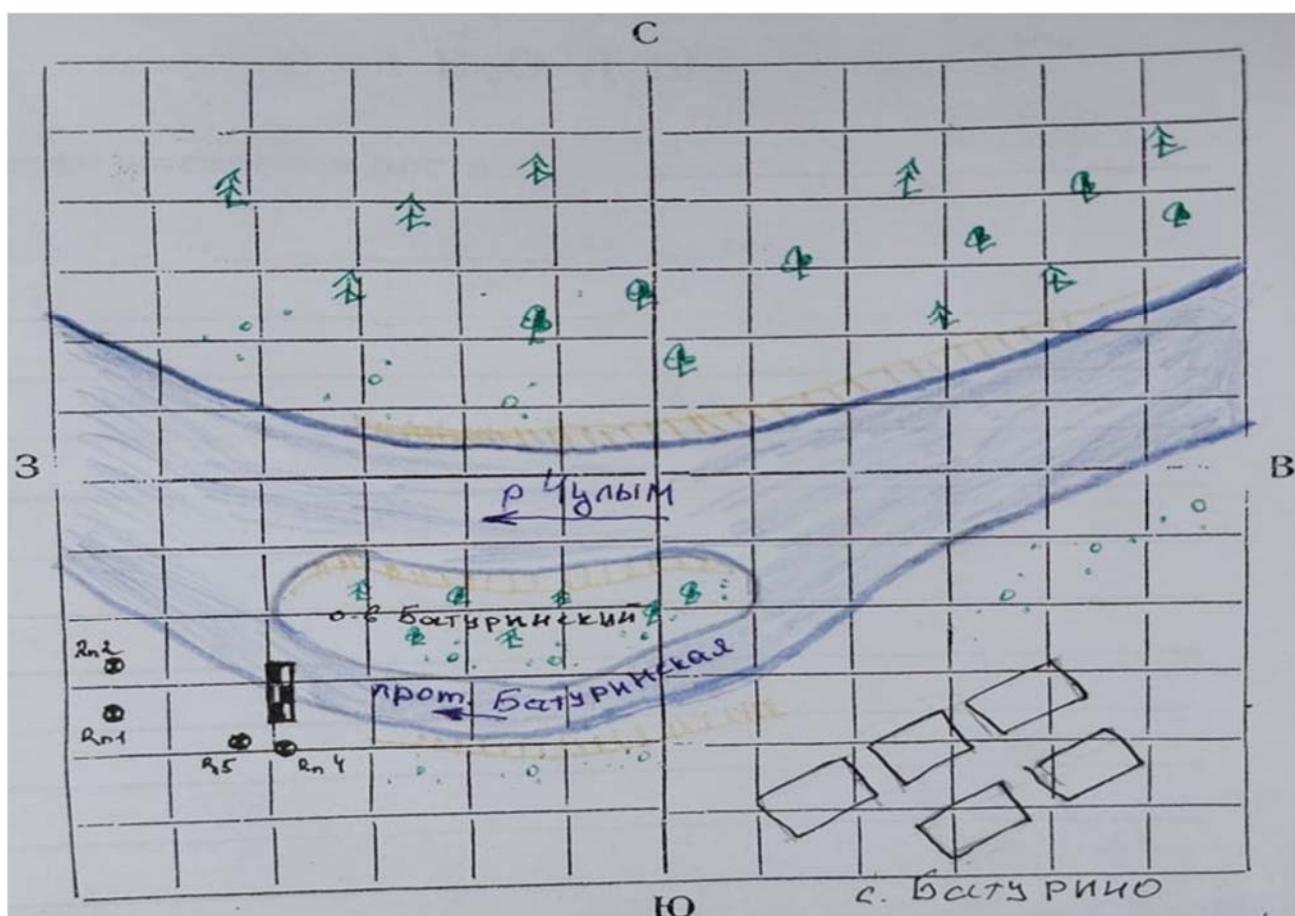


Рисунок 4.11 Схема расположения ГП-1 р. Чулым - с. Батурино.

Долина реки шириной до 8.0 км, поросшая кустарником и лесом, изрезана старицами. Склоны долины пологие, правый высотой до 4.0 м, левый – до 10.0 м.

Пойма двусторонняя, левобережная шириной до 0,6-0,8 км, правобережная до 5,3 км. Затопление левобережной поймы начинается при

уровне 815 см, правобережной – 760 см над нулем поста. Полностью пойма затопляется при уровне 920 см над нулем поста. В районе гидроствора (выше 5.0 км поста) при уровне 700 см над нулем поста затопляется левобережные поймы и старица, начало стока по левобережным пойме и старицы при 750 см над нулем поста. Пойма реки изрезана старицами и озерами, покрыта смешанным и хвойным лесом, местами сильно заболочена. Русло реки извилистое, слаборазветвленное, сложено песчано-илистыми отложениями. Русло деформирующееся.

Левый берег в районе поста крутой, обрывистый, правый пологий, песчаный. В районе гидроствора правый берег крутой, обрывистый, подвержен размыву, левый – пологий.

Напротив поста расположен большой остров (Батурицкий), длиной до 0,5 км., заросший лесом и кустарником. Происходит отклонение Батурицкой протоки от главного русла.

В период осеннего ледообразования отмечается большое количество подледной шуги, которая закупоривает русло и перераспределяет скорости течения. В период весеннего половодья возможны образования скоплений льда, заторов. Ледостав устойчивый, возможно образование наледей.

Амплитуда колебания уровня воды освещена измеренными расходами на 99 %. Среднее отклонение ИРВ от кривой составляет ± 3.3 % (см. приложение Д таблица 1.4). $Q=f(H)$ экстраполирована вниз на 3 см. (1%) для $Q \leq 380$ м³/с. Ветвь подъема $Q=f(H)$ экстраполирована вверх на 8 см. (2%) для $Q \geq 3190$ м³/с.

Сток воды вычислен: 01.01-28.03 по интерполяции, 29.03-30.04 - КР Кзим, 01.05-31.10 – $Q(H)_{2021}$ ПЕТЛ, 01.11-31.12 – КР Кзим.

Для построения зависимости $Q(H)_{2021}$ ПЕТЛ использовано 17 измерений. 01-24.05 действует ветвь подъема, построенная по 3 измерениям. 25.05-31.07 – ветвь спада, построенная по 7 измерениям.

Для построения хронологического графика Кзим за 29.03-30.04 использовано 1 измерение, за 01.11-31.12 – 1 измерение. Для интерполяции расходов воды за 01.01–28.03 использован вычисленный расход за 2020 год, 4

измерения и вычисленный расход за 29.03.

Сток воды за 30.03-30.04, 01.11-10.12 считать приближенным из-за отсутствия измерений (ледовой обстановки).

24.04-06.05, 14.06-15.07 - потери воды на заполнение поймы.

07.05-13.06 не учтен сток в левобережной протоке.

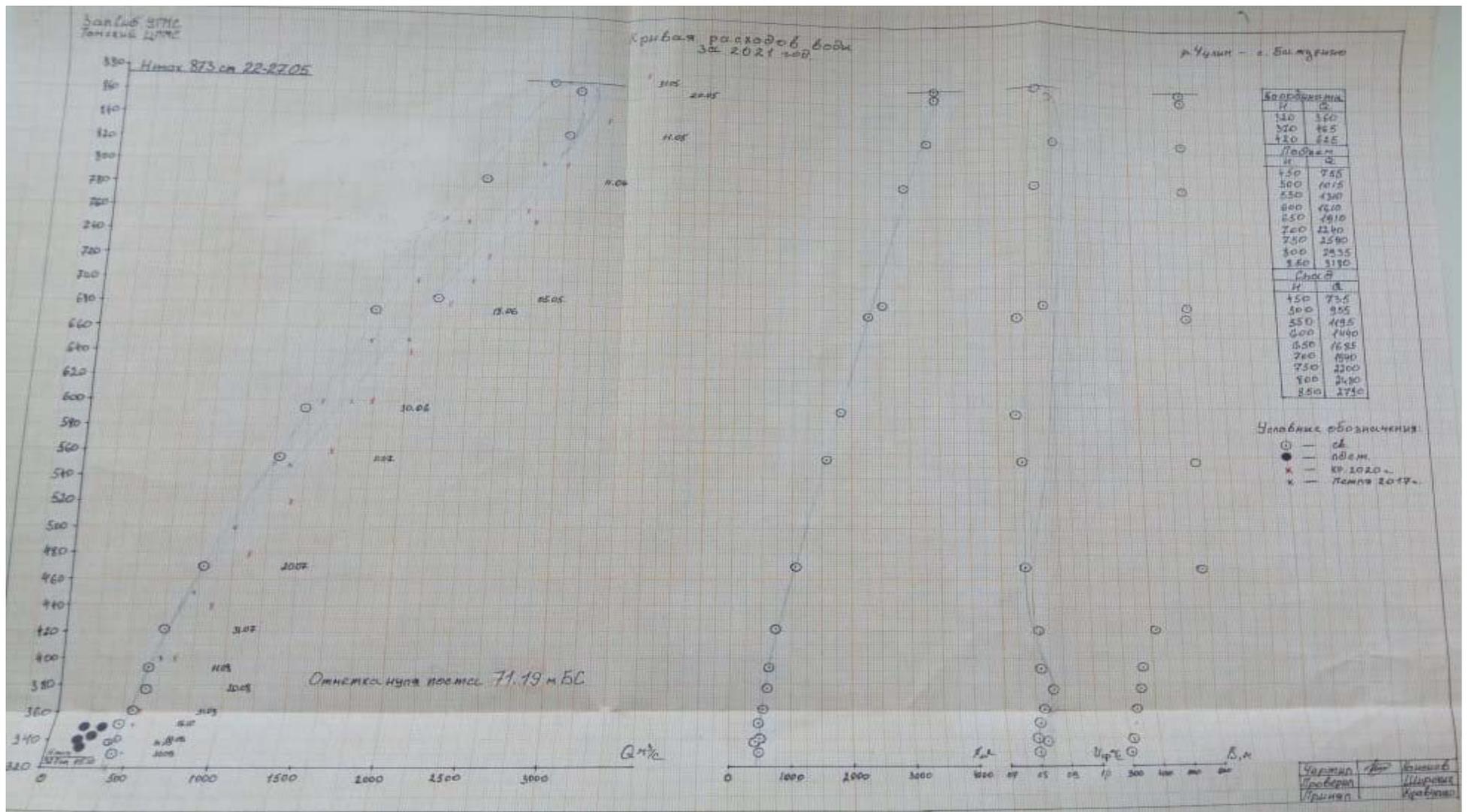


Рисунок 4.12 Кривая расходов воды $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р. Чулым – с. Батурино

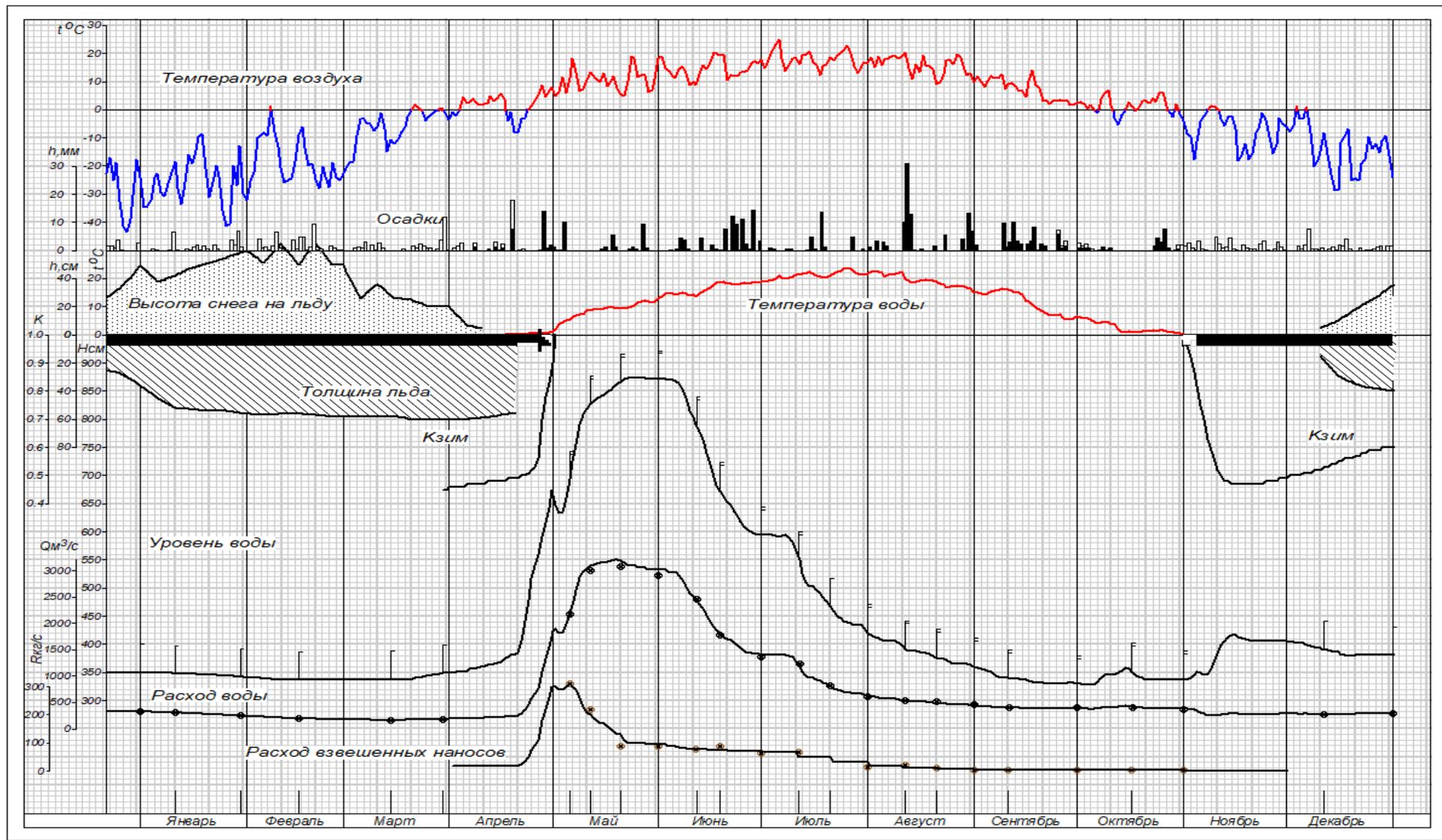


Рисунок 4.13 Комплексный график наблюдений гидрологического поста р.Чулым - с.Батурино

Таблица 4.5 Расход воды, куб.м/с. р.Чулым - с.Батурино

W = 23.7 куб.км		M = 5.73 л/с кв.км					H = 181 мм			F = 131000 кв.км					
Месяц		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
число	Номер строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	=61	326	240	179	193	1900	3020	1410	615	436	380	380	287		
2	=62	324	237	178	194	1810	3020	1410	604	432	378	368	285		
3	=63	322	234	177	194	1820	2970	1410	594	430	378	360	283		
4	=64	320	230	176	195	1980	2970	1410	583	428	376	348	281		
5	=65	318	227	175	201	2190	2960	1400	580	422	378	314	287		
6	=66	316	224	174	203	2420	2910	1410	580	414	388	288	283		
7	=67	314	220	173	204	2630	2830	1410	580	406	402	261	280		
8	=68	312	217	171	206	2870	2710	1390	576	400	414	256	281		
9	=69	310	214	170	207	2980	2570	1360	562	400	414	261	278		
10	=70	308	210	169	208	3040	2510	1280	546	400	414	264	278		
11	=71	305	207	168	215	3090	2420	1200	531	398	414	276	280		
12	=72	302	204	167	216	3110	2360	1080	519	398	418	278	278		
13	=73	299	201	166	217	3130	2280	1000	519	398	428	290	280		
14	=74	296	197	165	220	3150	2150	974	519	396	436	287	279		
15	=75	293	194	167	223	3160	2040	969	513	396	434	289	282		
16	=76	290	193	168	229	3170	1930	942	510	390	424	284	276		
17	=77	287	192	170	240	3190	1850	910	510	386	414	279	279		
18	=78	284	191	171	244	3200	1800	883	504	384	406	276	277		
19	=79	281	190	173	244	3200	1750	852	495	384	400	274	277		
20	=80	277	189	174	250	3190	1710	811	486	384	396	273	284		
21	=81	274	188	176	290	3150	1680	771	480	382	396	273	284		
22	=82	271	186	177	360	3100	1620	739	477	380	396	273	289		
23	=83	268	185	179	459	3100	1570	719	471	380	396	273	289		
24	=84	265	184	180	577	3100	1530	703	463	380	396	278	294		
25	=85	262	183	182	663	3060	1480	692	455	380	396	278	294		
26	=86	259	182	183	762	3060	1450	685	453	382	396	278	294		
27	=87	256	181	185	1090	3060	1440	678	453	384	396	278	294		
28	=88	253	180	186	1330	3020	1430	674	453	384	396	284	299		
29	=89	250		188	1550	3020	1420	674	453	384	396	284	299		
30	=90	247		188	1860	3020	1410	657	450	380	396	284	299		
31	=91	243		193		3020		629	443		396		299		
Сумма	=92														
Декада															
1	=93	317	225	174	201	2360	2850	1390	582	417	392	310	282		
2	=94	291	196	169	230	3160	2030	962	511	391	417	281	279		
3	=95	259	184	183	894	3060	1500	693	459	382	396	278	294		
Средн.	=96	288	203	176	441	2870	2130	1000	515	397	402	290	285		
Наиб.	=97	326	240	193	1900	3200	3020	1420	615	436	436	380	299		
Дата	=98	1	1	31	30	181902	10202	7	1	1	141502	1	283104		
Наим.	=99	243	180	165	193	1790	1410	625	440	380	374	253	276		
Дата	=100	31	28	14	1	3	30	31	31	223005	5	8	16		
	Сред-ний расход воды	Но-мер стро-ки	Наибольший			Наименьший периода открытого русла (или за год)				Признак устойчивого ледостава	Наименьший зимнего периода				
			рас-ход	Дата		Число слу-чаев	расход	Дата			Число слу-чаев	расход	Дата		Число слу-чаев
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
За год	750	=101	3200	18.05	19.05	2	374	05.10		1		165	14.03 2021		1
1936 - 1938 - 2021			8220	02.06	03.06.41	2	229	22.10.43		1		108	03.03	09.03.40	7

4.5 Подсчет стока воды при неустановившемся режиме $Q(H)$ ПЕТЛ («паводочные петли») на ГП-2 р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский

Гидрологический пост р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский расположен в 210 м ниже впадения р. Кайлушки, в 200 м ниже автодорожного моста.

Прилегающая местность равнинная, с незначительными повышениями и понижениями рельефа, покрыта преимущественно хвойным лесом со значительным количеством заболоченных участков.

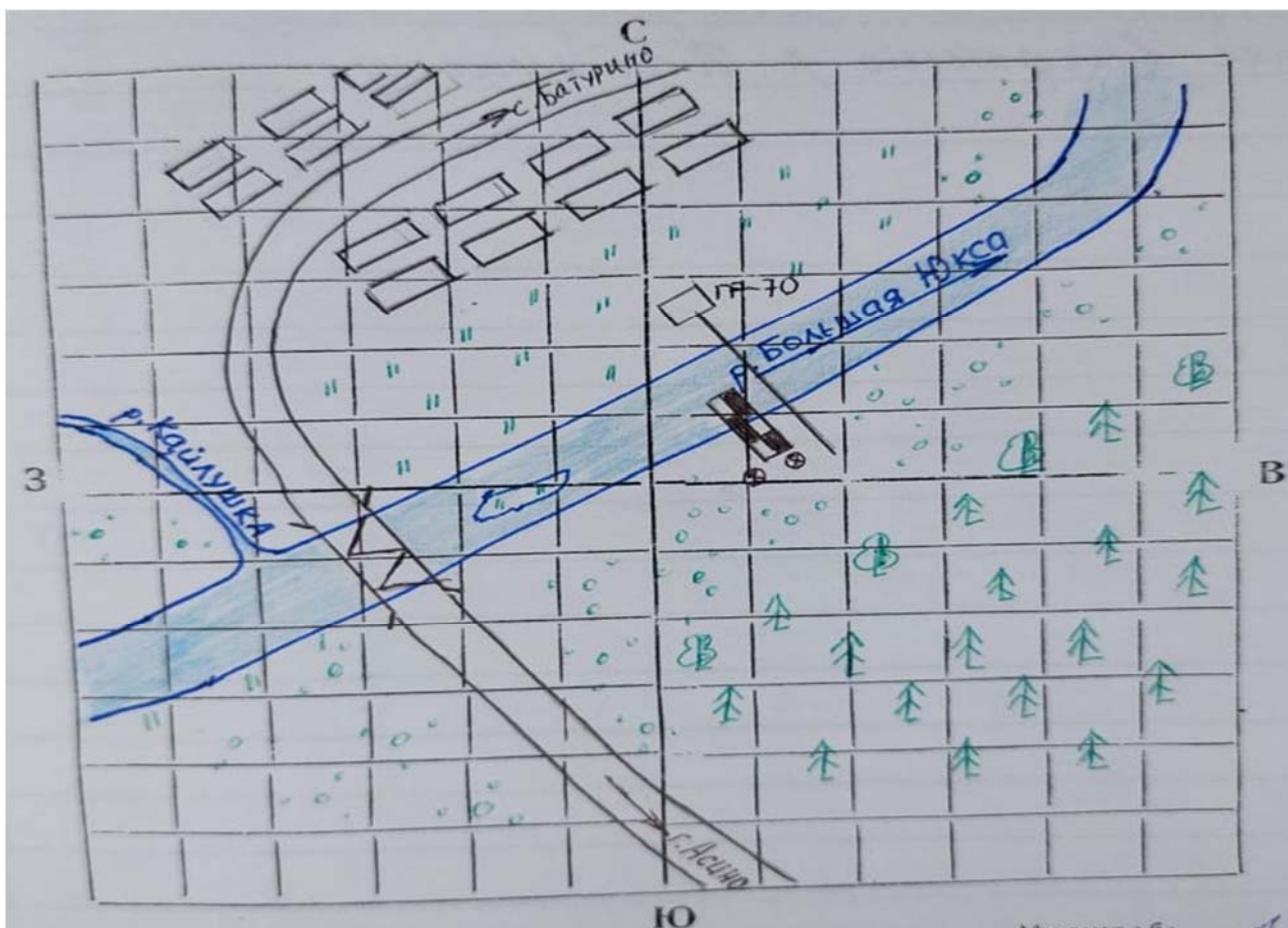


Рисунок 4.14 Схема расположения ГП-2 р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский.

Долина реки пойменная, шириной до 1.6 км, местами рассечена оврагами. Склоны долины крутые, высотой до 10 м. Правобережный склон залесен, левобережный покрыт кустарниковой растительностью, местами распахан.

Пойма двухсторонняя: правобережная шириной до 1.5 км, сильно заболоченная, изрезанная озерами, поросшая смешанным лесом, левобережная - шириной до 100 м, застроена. Пойма начинает затопляться при уровне 430 см над нулем поста, полностью затопляется при уровне 530 см.

Русло реки извилистое, на участке поста прямолинейное, песчано-глинистое, слабо деформирующееся. В отдельные годы в русле наблюдается водная растительность вдоль берегов. Берега крутые, правый берег задернован, левый - местами обрывистый. В 150 м выше поста на середине реки находится небольшой остров, затапливающийся в половодье.

Ледостав устанавливается смерзанием заберегов. Ледостав устойчивый. Весной лед в большинстве случаев тает на месте.

Пост свайный, расположен на правом берегу. Отметка нуля поста 44.50 м усл.

Гидроствор № 1 (зимний) совмещен с постом.

Гидроствор № 2 расположен в 5 м ниже основного поста, оборудован гидрометрической установкой ГР-70(рис. 4.14).

Температура воды измеряется в створе поста в 2-3 м от берега, толщина льда - в створе основного поста, на середине реки.

Сток воды вычислен: 01.01–26.03 по интерполяции, 27.03-29.04 - КР Кзим, 30.04-01.11 – Q(H)2021 ПЕТЛ, 02.11-19.12 – КР Кзим, 20-31.12 – по интерполяции.

Для построения зависимости Q(H)2021 ПЕТЛ использовано 23 измерения, 30.04-11.05 действует ветвь подъема, построенная по 4 измерениям, 12.05-18.06 – ветвь спада, построенная по 8 измерениям.

Амплитуда колебания уровня воды освещена на 99 % . Среднее

отклонение ИРВ от кривой составляет $\pm 4.4 \%$. Кривая экстраполирована, вниз на 3 см (1 %) для $Q \leq 7.31$ куб. м/с.

Для построения хронологического графика Кзим за 27.03-29.04 использовано 2 измерения, за 02.11-19.12 - 3 измерения.

Для интерполяции за 01.01–26.03 использован вычисленный расход за 2020 год, 6 измерений и вычисленный расход за 27.03.

Для интерполяции за 20–31.12 использован вычисленный расход за 19.12 и 1 измерение.

Сток воды за 06-29.04, 02.11-03.12 считать приближенным из-за отсутствия измерений.

04-18.05 потери воды на заполнение поймы.

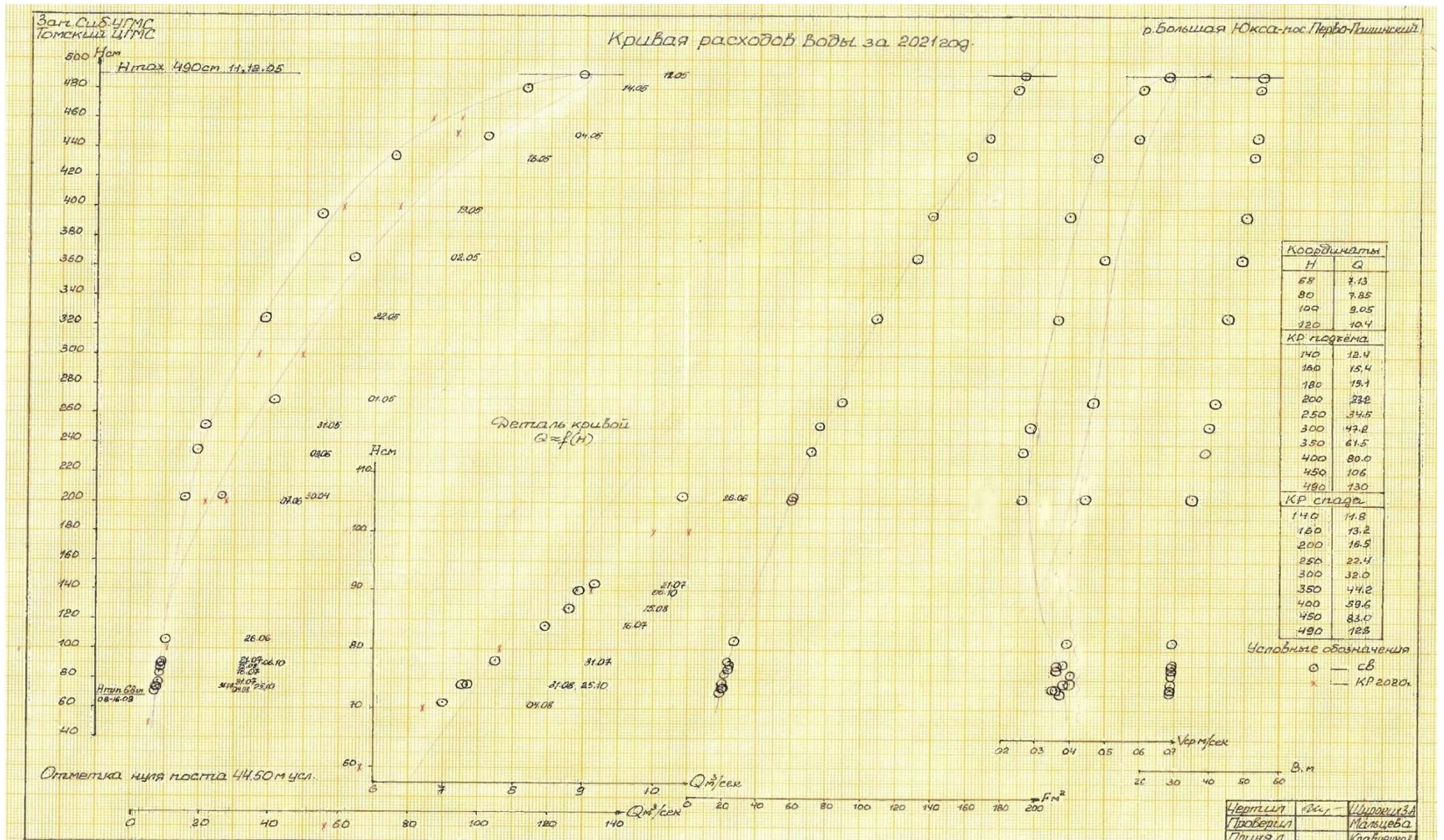


Рисунок 4.15 Кривая расходов воды $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$ р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский.

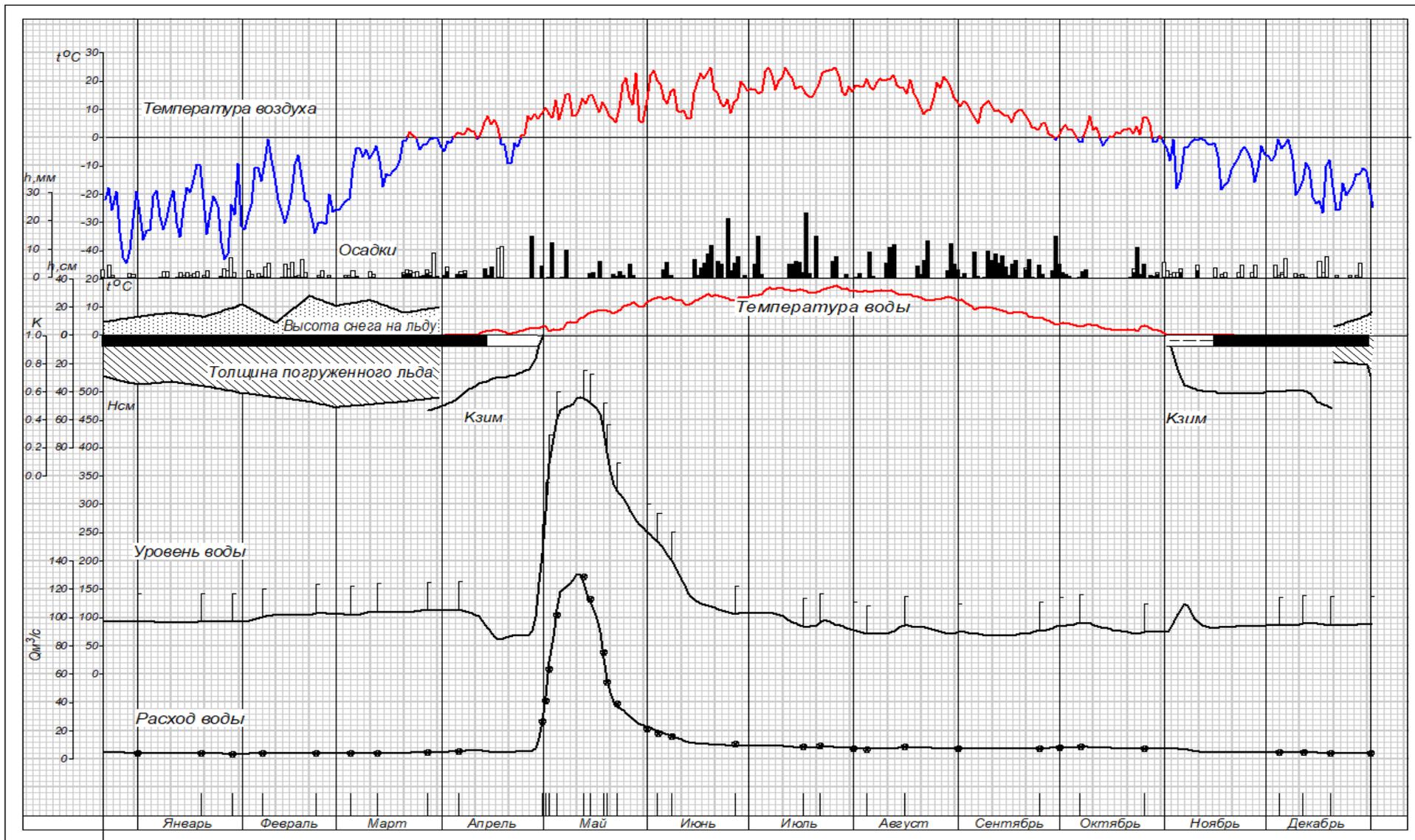


Рисунок 4.16 Комплексный график наблюдений р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский

Таблица 4.5 Расход воды, м³/с. р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский.

Месяц		M = 4.73 л/с кв.км					H = 149 мм			F = 2620 кв.км					
число	Номер строки	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	=61	4.30	3.74	3.81	5.05	44.1	21.8	9.57	7.61	7.49	8.15	7.55	4.93		
2	=62	4.30	3.79	3.81	5.15	69.1	20.9	9.57	7.55	7.49	8.21	7.39	4.93		
3	=63	4.30	3.84	3.80	5.25	86.5	20.2	9.57	7.43	7.43	8.21	7.30	4.93		
4	=64	4.30	3.88	3.79	5.35	106	19.2	9.57	7.31	7.37	8.27	7.17	4.93		
5	=65	4.30	3.93	3.83	5.55	118	18.3	9.57	7.31	7.37	8.39	7.07	4.93		
6	=66	4.30	3.98	3.88	5.75	120	17.4	9.51	7.31	7.31	8.45	7.02	5.01		
7	=67	4.30	3.97	3.92	5.86	122	16.6	9.51	7.37	7.19	8.45	6.72	5.01		
8	=68	4.30	3.97	3.96	5.98	124	15.6	9.44	7.37	7.13	8.45	6.07	5.01		
9	=69	4.30	3.96	4.00	5.99	127	14.6	9.38	7.37	7.13	8.39	5.54	5.04		
10	=70	4.29	3.95	4.05	6.00	131	13.8	9.25	7.37	7.13	8.27	5.19	5.08		
11	=71	4.29	3.95	4.09	6.06	130	13.0	8.93	7.49	7.13	8.15	5.04	5.12		
12	=72	4.29	3.94	4.13	5.86	125	12.0	8.69	7.67	7.13	8.03	4.89	5.03		
13	=73	4.29	3.93	4.16	5.54	117	11.5	8.51	7.91	7.13	7.91	4.82	4.95		
14	=74	4.29	3.93	4.20	5.30	111	11.1	8.39	8.09	7.13	7.91	4.78	4.70		
15	=75	4.29	3.92	4.23	5.04	106	10.9	8.21	8.27	7.13	7.79	4.78	4.45		
16	=76	4.29	3.91	4.26	4.82	98.8	10.8	8.09	8.27	7.13	7.67	4.74	4.33		
17	=77	4.29	3.90	4.29	4.74	90.0	10.6	8.03	8.15	7.25	7.61	4.74	4.25		
18	=78	4.29	3.90	4.33	4.74	71.5	10.5	8.15	8.03	7.31	7.61	4.74	4.14		
19	=79	4.29	3.89	4.36	4.87	56.5	10.3	8.15	8.03	7.31	7.55	4.74	4.05		
20	=80	4.21	3.88	4.39	5.02	46.8	10.2	8.27	8.03	7.37	7.49	4.74	4.03		
21	=81	4.13	3.88	4.42	5.06	40.4	10.1	8.57	8.03	7.37	7.43	4.77	4.01		
22	=82	4.04	3.87	4.46	5.13	37.1	9.91	8.75	7.97	7.49	7.37	4.77	3.99		
23	=83	3.96	3.86	4.49	5.20	35.7	9.77	8.75	7.85	7.61	7.37	4.77	3.96		
24	=84	3.88	3.85	4.52	5.28	34.2	9.64	8.63	7.73	7.67	7.43	4.77	3.94		
25	=85	3.80	3.85	4.55	5.35	32.0	9.51	8.45	7.61	7.67	7.49	4.77	3.92		
26	=86	3.71	3.84	4.59	5.51	29.6	9.44	8.27	7.49	7.73	7.49	4.77	3.90		
27	=87	3.63	3.83	4.62	6.06	27.8	9.51	8.21	7.43	7.85	7.49	4.77	3.88		
28	=88	3.55	3.82	4.62	7.57	26.0	9.51	8.09	7.37	7.97	7.49	4.77	3.86		
29	=89	3.60		4.72	14.7	24.7	9.57	7.97	7.31	8.09	7.49	4.81	3.83		
30	=90	3.65		4.82	26.3	23.8	9.57	7.85	7.37	8.15	7.49	4.93	3.81		
31	=91	3.69		4.92		22.6		7.73	7.49		7.49		3.79		
Сумма	=92														
Декада															
1	=93	4.30	3.90	3.89	5.59	105	17.8	9.49	7.40	7.30	8.32	6.70	4.98		
2	=94	4.28	3.92	4.24	5.20	95.3	11.1	8.34	7.99	7.20	7.77	4.80	4.51		
3	=95	3.79	3.85	4.61	8.62	30.4	9.65	8.30	7.60	7.76	7.46	4.79	3.90		
Средн.	=96	4.11	3.89	4.26	6.47	75.3	12.9	8.70	7.66	7.42	7.84	5.43	4.44		
Наиб.	=97	4.30	3.98	4.92	29.4	131	22.0	9.57	8.27	8.15	8.45	7.55	5.12		
Дата	=98	10909	6	31	30	10	1	10505	151602	30	60803	1	11		
Наим.	=99	3.55	3.74	3.79	4.74	22.3	9.44	7.67	7.31	7.13	7.37	4.74	3.79		
Дата	=100	28	1	4	171802	31	252602	31	43005	81609	222302	162005	31		
За год	Средний расход воды	Номер строки	Наибольший				Наименьший периода открытого русла (или за год)					Наименьший зимнего периода			
			расход	Дата		число случаев	расход	Дата		число случаев	Признак устойчивого ледостава	расход	Дата		число случаев
				пер-вая	посл.			пер-вая	посл.				пер-вая	посл.	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	12.4	=101	131	10.05		1	7.13	08.09	16.09	9		3.55	28.01		1
1959-2021	12.3		174*	18.05	19.05.60	2	2.47	08.09.66		1		0.85	16.12.94		1

Заключение

В результате проделанной работы были получены ежедневные, средние месячные и средние годовые расходы воды и стоковые характеристики по длине р. Чулым на участке от с. Тегульдет до с. Батурино (Приложение З) с применением способов и методик используемых непосредственно на сети Росгидромета.

По 6 гидрологическим постам первого порядка р. Чулым - с. Тегульдет, р. Чулым - с. Зырянское, р. Чулым - с. Батурино, р. Четь - с. Конторка, р. Латат – с. Ягодное, р. Большая Юкса – пос. Перво-Пашинский за годовой период была обработана первичная информация, выполнены гидрологические расчеты и получены следующие результаты (Приложения А-Е):

- Таблицы ежедневных уровней воды.
- Таблицы измеренных расходов воды.
- Произведена и сведена в таблицу увязка кривых $Q=f(H)$, $F=f(H)$, $V=f(H)$.
- Рассчитаны и сведены в таблицу отклонения измеренных расходов воды от кривой $Q=f(H)$.
- Построены совмещенные профили положения гидростворов.
- Построены комплексные графики.
- Построены кривые зависимостей расходов воды $Q=f(H)$, площадей живого сечения $F=f(H)$ и скоростей воды $V=f(H)$.
- Рассчитаны средние месячные и средние годовые расходы воды по длине р. Чулым и её притоков на участке от с. Тегульдет до с. Батурино (Приложение Ж).
- Построен график хода совмещенных ежедневных уровней воды по длине р. Чулым на участке от с. Тегульдет до с. Батурино (Приложение З).

При дальнейшем анализе было отмечено, что гидростворы имеют широкие, часто заросшие, труднопроходимые затопляемые поймы. Из-за

сложности условий учета стока воды на поймах, он в большинстве случаев не учитывается, вследствие чего часть стока остается не учтенной при измерениях максимальных расходов воды, так называемых пиках половодья.

Для увеличения точности определения стока следует уточнить уровень воды при котором часть стока остается не учтенной: необходимо зафиксировать уровень выхода воды на пойму не только по линии гидроствора, но и насколько видно визуально в пределах гидрологического створа; пронаблюдать весной при высоких уровнях, когда вода переливает бровку берега и выходит на пойму; уточнить есть ли течение или при каком уровне воды это происходит.

Так же следует учесть, что инструментальные наблюдения на поймах рек на территории Западной Сибири часто осложняются присутствием на них труднопроходимой коренной растительности. Решением данной проблемы может послужить заблаговременная механическая расчистка створа от коренной растительности.

Исходя из анализа полученных результатов, продолжением данной работы может послужить разработка эмпирической формулы для учета стока на труднопроходимых поймах рек Западной Сибири. Которая в дальнейшем может быть использована специалистами отделов гидрологии региональных представительств системы Росгидромета.

Список использованных источников

1. Лучшева А. А. Практическая гидрометрия: [Учебное пособие для вузов по спец. «Гидрология суши»] – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 423с.
2. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Методы и средства гидрометеорологических измерений» / РГГМУ. Санкт-Петербург, 2013. – 84 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.15, Алтай и Западная Сибирь, Вып. Средняя Обь. Л.: Гидрометеиздат, 1972.
4. Методы изучения гидрологического режима водных объектов. Часть II. Изучение уровня и стока воды. Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 173 с.
5. Карасев И.Ф., Васильев А.В., Субботина Е.С. Гидрометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 375 с.
6. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 6, ч. I. Д.: Гидрометеиздат, 1978.
7. Основные гидрологические характеристики, том 15, выпуск 2. – Л.: Гидрометеиздат. 1975.
8. Материалы наблюдений гидрологических постов, архивные данные Томского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»: КГ-1М(н), КГ-3М(н), ТГ-8, стоковые и технические дела постов.
9. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения.
10. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Л., Гидрометиздат, 1978.-308 с.
11. Водный кодекс Российской Федерации №74-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2022).
12. РД52.08.887-2019 «Обработка данных наблюдений за уровнями воды на реках и каналах при подготовке справочных изданий водного кадастра».
13. РД52.08.163-88 «Дополнение к Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 6, ч. 1. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках».
14. Земцов А. А. География Томской области. ТГУ 1988г.

