



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

Кафедра Гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

**Расчет основных гидрологических
характеристик при
проектировании железнодорожных
переходов на примере двухпутной
вставки на перегоне
«Сакукан - Новая Чара»**

На тему

Исполнитель Михайлова Елена Викторовна

Руководитель кандидат географических наук, ст. преподаватель

Наталья Геннадьевна Малышева

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

канд. геогр. наук. Сикан Александр Владимирович

«17» июня 2016 г.

Санкт-Петербург
2016

Титульный лист

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ	6
2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ	8
2.1 Местоположение, геоморфология, рельеф.	8
2.2 Почвенный покров	12
2.3 Растительный покров	14
3 КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ	18
3.1 Температурный режим	19
3.2 Режим осадков	21
3.3 Снежный покров.....	24
4 ОБЩАЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	26
4.1 Водный режим рек	26
4.2 Термический режим	31
4.3 Ледовый режим	33
5 РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ РАБОТ	36
6 ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ	46
6.1 Проверка данных на однородность	46
6.2 Расчет максимальных расходов воды весеннего половодья	51
6.3 Расчет максимальных расходов воды дождевых паводков	56
6.4 Расчет максимальных уровней воды.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	67
ПРИЛОЖЕНИЕ А Кривые обеспеченности максимальных расходов и слоев весеннего половодья для рек-аналогов	69

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Морфостворы водотоков.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ В Кривые расходов.....	79

ВВЕДЕНИЕ

Определение характеристик максимального стока рек является важной народнохозяйственной задачей. С практической точки зрения максимальный сток относится к разряду катастрофических явлений природы. Катастрофические наводнения причиняют не только большой материальный ущерб, но иногда сопровождаются многочисленными человеческими жертвами. Наибольшее значение имеет обычно максимальный расход, который определяет высоту подъема уровня воды, т.е. зону затопления, скорости течения и размывающую способность потока, в целом – напор воды на сооружения, особенно при наводнениях.

При этом особо важной задачей является определение гидрологических характеристик в зонах пересечения линейных объектов с водными преградами. В настоящее время выполняются проектно-изыскательские работы вдоль участка существующей железнодорожной ветки Байкало-Амурской магистрали для строительства второго пути.

В данной работе содержатся сведения по объекту: «Строительство двухпутной вставки на перегоне Сакукан - Новая Чара» в проекте «Развитие железнодорожной инфраструктуры на участке Таксимо – Хани Восточно-Сибирской железной дороги».

Целью выпускной квалификационной работы является расчет гидрологических характеристик максимального стока на водотоках пересекающих железнодорожные пути на участке Сакукан - Новая Чара для дальнейшего проектирования параметров искусственных сооружений.

При подготовке выпускной квалификационной работы были использованы материалы полевых изысканий проектно-изыскательского института электрификации железных дорог и энергетических установок «Трансэлектропроект» - филиала АО «Росжелдорпроект».

В работе будут использованы опубликованные материалы многолетних наблюдений Росгидромета, в том числе современные гидрологические данные по трем гидрологическим постам, предоставленные Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации - Мировой центр данных» (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»), а также метеорологические данные, полученные от Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды «Главной географической обсерватории им. А.И. Воейкова».

1 ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Гидрометеорологическая изученность севера Забайкальского края в целом невысокая. Однако, в 32 км от самой удаленной точки участка исследования расположена метеорологическая станция Чара. В данной работе привлечены материалы наблюдений на ней (рисунок 1.1).

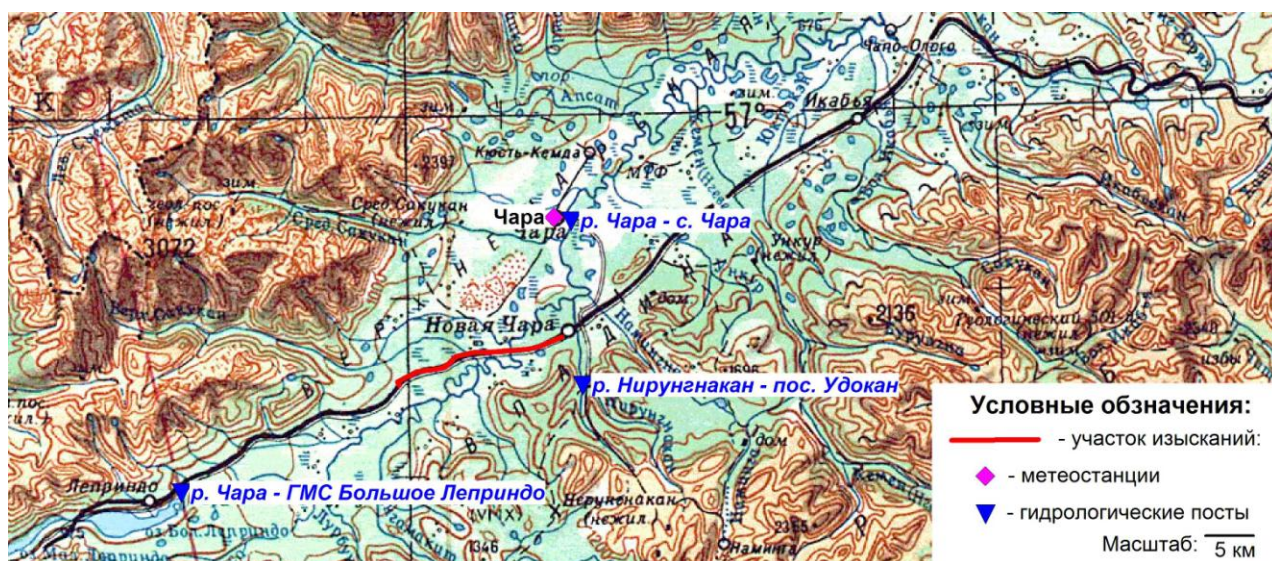


Рисунок 1.1 – Схема гидрометеорологической изученности

Что касается гидрологических данных, то гидрологические посты расположены преимущественно на крупных реках. Большинство водотоков пересекающие железную дорогу в пределах участка исследования являются малыми, все они неизученные, поскольку гидрологические посты на них отсутствуют, только река Чара является изученной. Расчеты стока приходится проводить, используя данные по рекам-аналогам. В качестве аналогов использованы реки бассейна р. Чары, протекающие недалеко от участка исследования и имеющие продолжительные ряды наблюдения за стоком. Гидрологические посты рек, используемых в качестве аналогов, представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Гидрологические посты, выбранные в качестве аналогов

Река	Пост	Площадь водосбора, км ²	Период наблюдений
Чара	ГМС Большое Леприндо	241	1961 – 2011
Чара	с. Чара	4150	1957 – 2011
Нирунгнакан	пос. Удокан	199	1979 – 2009

2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Местоположение, геоморфология, рельеф.

Участок исследования в административном отношении расположен в Каларском районе Забайкальского края. Расположение трассы приведено на рисунках 2.1.



Рисунок 2.1 - Схема расположения участка исследования

Восточно-Сибирская железная дорога является составной частью Транссиба. В состав дороги также входит часть Байкало-Амурской магистрали (БАМ).

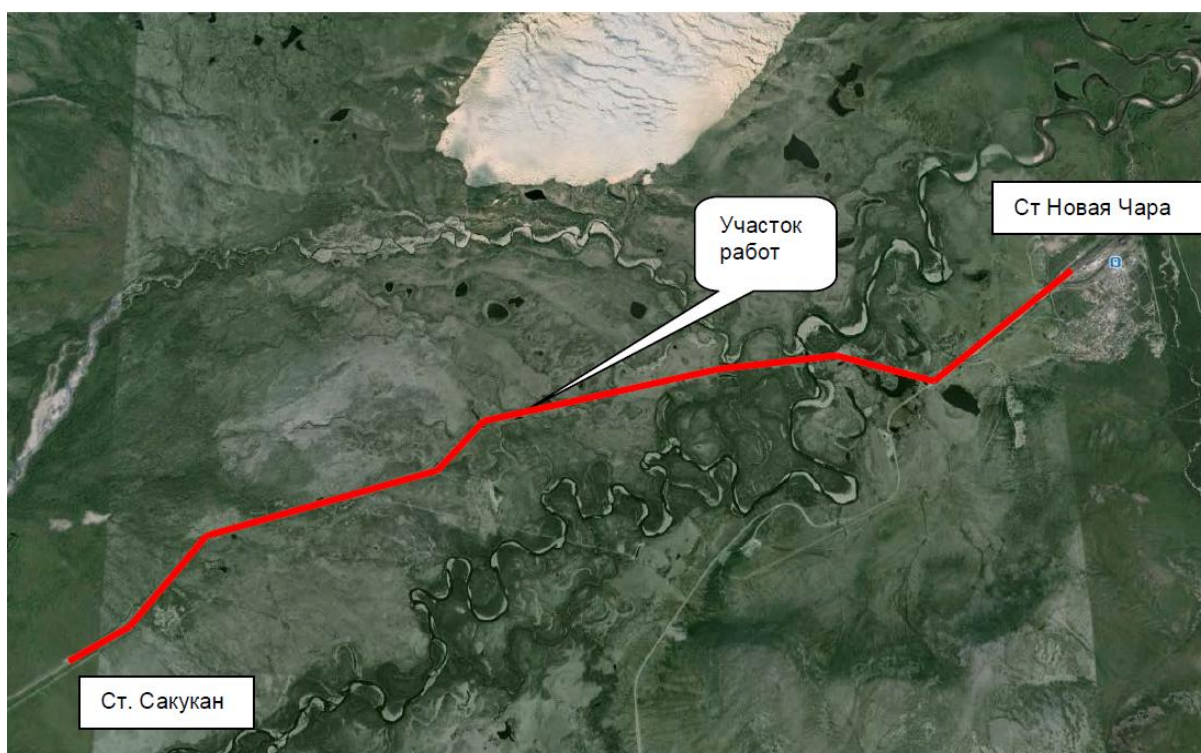


Рисунок 2.2 - Космоснимок участка ж/д пути ст. Новая Чара – ст. Саукан.

Каларский район представляет собой часть обширного и сложного по своему строению Станового нагорья - наиболее приподнятой части Байкальской страны, состоящей из группы высоких хребтов, вытянутых почти в широтном направлении от северной части Байкала до реки Олекмы и разделенных глубокими межгорными тектоническими котловинами. К одной из котловин, Верхнее-Чарской впадине (котловине), расположенной между хребтами и Кодар и Удокан, приурочен район исследования (рисунок 2.3).

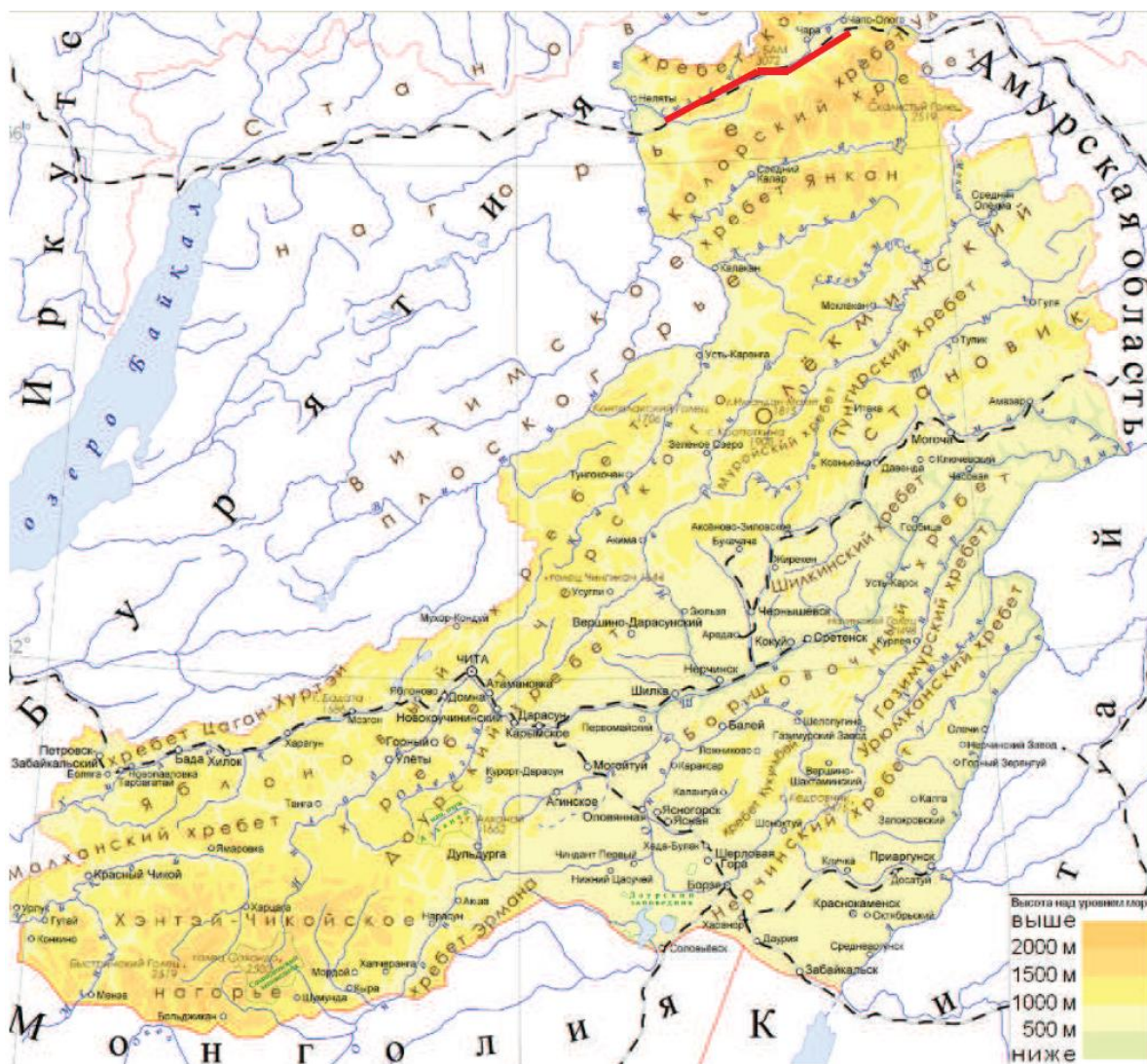


Рисунок 2.3 - Расположение участка работ.

Самый высокий хребет нагорья и всей Байкальской страны - Кодар (3073 м).

Основной водной артерией является река Чара, берущая начало из оз. Большое Леприндо и впадающая в реку Олекма, относящуюся к бассейну реки Лена.

Долина реки Чара протягивается с юго-запада на северо-восток. Чара в пределах Чарской впадины сильно меандрирует, течение спокойное. Ширина русла реки в месте мостового перехода 77 м, глубина около 2 м.

Величина эрозионного вреза долины составляет 400-800 м.

Основные притоки – Большая Икабья, Кемен, Нирунгнакан, Нижний, Средний и Верхний Сакукан и Айпат. Притоки Чары в пределах котловины имеют ширину русел 20-60 м при глубине от 0,3 до 1,5 м. Русла их часто дробятся на рукава; в этих местах обычны наледи.

Около 8 месяцев в году водные потоки скованы льдом. В это время питание их осуществляется только за счет подземных, преимущественно подмерзлых вод, поднимающихся по системе узких таликовых щелей, причем значительная часть подземного стока «замораживается» в виде обширных наледных полей. В декабре–январе мелкие речные системы полностью перемерзают, сток в реку Чара полностью прекращается. В русле реки Чара зимой происходит активное перераспределение воды: на некоторых участках происходит инфильтрация и осушение русла, на других разгрузка подземных вод и формирование наледей. Весной питание реки большой процент (35-40 %) составляют талые снеговые и наледные воды. Весеннее снеготаяние происходит, как правило, бурно, обеспечивая достаточно высокий пик половодья. Питание реки летом осуществляется за счет атмосферных осадков. Подземные воды в это время имеют подчиненное значение. Лишь в отдельные засушливые периоды подземное питание является основным источником стока речных вод. Этому в значительной степени способствуют вытаивающие подземные льды. Летняя межень очень кратковременна. Ее прерывают ливневые паводки, обычно превышающие весеннее половодье, как по объему стока, так и по максимальному расходу.

Значительные площади занимают заболоченные участки. На территории криолитозоны наиболее широко развиты не типичные болота, а сильно заболоченные поверхности (мари) заросшие кустарником и угнетенным лесом, на которых слой торфа не превышает 0,5 м, и подстиляется многолетнемерзлыми породами. Однако в поймах мелких рек

(Кан-Аян, Обманчивый) и в районе старичных русел р. Чара развиты болота с значительной мощностью торфяных отложений (до 4 м).

Протяженность Верхнечарской впадины достигает 125 км; максимальная ширина — до 35 км (в средней части).

Северо-западный борт котловины образован крутым, почти прямолинейным склоном хребта Кодар, юго-восточный - склонами предгорий хребта Удокан, довольно плавно спускающимися к днищу котловины.

Для трассы характерен аккумулятивный тип рельефа: это аллювиально-пролювиальный склон подгорного шлейфа хребта Кодар - конуса выноса долины р. Верхний Саукан, к которому относится большая часть трассы, и долина реки Чара, включающая в себя пойму и останец второй надпойменной террасы.

Поверхность конуса выноса ровная, слабонаклоненная на юго-восток, в сторону долины р. Чара, залесенная, в пониженных участках заболоченная, замаренная, осложненная долинами постоянных (р.р. Синельга, Обманчивый, Кан-Аян) и временных водотоков. У постоянных водотоков повсеместно четко фиксируется пойма. Долина р. Чара плоская, заросшая угнетенным лесом и ерником в многочисленных заболоченных местах и на марях, вблизи русла реки изобилует старицами. В районе ПК 17081-ПК17091 трасса пересекает участок надпойменной террасы р. Чара, хорошо прослеживающийся в рельефе, благодаря четким уступам.

Абсолютные отметки поверхности изменяются в пределах 720,1-774,7 м.

2.2 Почвенный покров

Участок исследования относится к Северо-Прибайкальской провинции тундровых гольцово-дерновых почв, горных мерзлотно-таежных

торфяно-перегнойных, горных мерзлотно-таежных поверхностно-ожелезненных и горных мерзлотно таежных почв. Провинция охватывает горы и нагорья, окружающие озеро Байкал: Северо-Байкальское, Патомское, Витимское плоскогорья, хребты Байкальский, Баргузинский, Северо- и Южно-Муйский, Улан-Бургасы, Удокан, Кодар и др.

В целом территория характеризуется котловинно-горным рельефом. Горные хребты имеют различную ориентировку и абсолютные высоты до 2800 - 3000 м. Среди коренных пород, слагающих провинцию, наиболее распространены граниты, сланцы, гнейсы, местами базальты. Межгорные впадины выполнены мощной толщей рыхлых отложений, преимущественно песчаных.

Почвенно-растительный покров провинции образует два вертикальных пояса: горно-тундровый и горно-таежный. В горно-таежном поясе Забайкалья под средней и верхней (северной) тайгой, поднимающейся до высот 1400 - 1500 м, господствуют альфегумусовые подзолы и подбуры. Подбуры Забайкалья характеризуются отсутствием гумусового горизонта, охристо-бурой окраской, кислой реакцией всего профиля, однородностью валового состава и накоплением железа в поверхностных горизонтах по сравнению с почвообразующей породой, большим количеством подвижных форм железа, резким преобладанием в составе гумуса фульвокислот, связанных с полуторными оксидами. Содержание гумуса 3 - 5 %.

На пологих склонах и в депрессиях рельефа в таежной зоне широко распространены мерзлотно-таежные торфянисто-перегнойно-глеевые почвы с близко залегающей многолетней мерзлотой. По плоским участкам водоразделов встречаются маломощные сфагновые торфяники.

В подбурах глееватых образуется льдистая мерзлота, происходят криотурбации, нарушения почвенного профиля и формируются специфические формы криогенного микрорельефа (бугры пучения, камнные котлы и др.). В профиле почв под моховой подстилкой залегает торфянисто-

перегнойный горизонт мощностью 5 - 10 см. Он сменяется бурым или сизовато-бурым горизонтом с признаками оглеения и криотурбации. Почвы отличаются кислой реакцией по всему профилю и фульвокислотным составом гумуса.

Участок исследования находится на относительно освоенной территории вдоль участка существующей железнодорожной ветки Байкало-Амурской магистрали, и представлен железнодорожной насыпью для размещения второго пути. Согласно приложению №1 классификации 2004 г. железнодорожная насыпь участка работ относится к техногенным поверхностным образований (ТПО), группе натурфабрикатов, подгруппе литостратов. Натурфабрикаты представляют собой поверхностные образования, лишенные гумусированного слоя и состоящие из минерального, органического и органо-минерального материала природного происхождения. Подгруппы выделяются по характеру залегания субстрата и соотношению минеральной и органической составляющей его вещественного состава. В частности литостраты – это насыпные минеральные грунты (отвалы вскрышных и вмещающих пород горнодобывающих предприятий, грунтовые насыпи и выровненные грунтовые площадки.

В зоне влияния проектируемого объекта на природных территориях почвы слабо нарушены и представлены подбурами глееватыми, подзолами иллювиально-железистыми, торфяно-глеезёмами перегнойно-торфяными и аллювиальными серогумусовыми почвами.

2.3 Растительный покров

Растительный покров территории Забайкальского края характеризуется рядом специфических особенностей, что нашло свое отражение при лесорастительном районировании.

По лесорастительному районированию в соответствии с приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 09 марта 2011 года № 61 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации» на территории Забайкальского края выделено две лесорастительные зоны: Лесостепная зона – представлена Забайкальским лесостепным районом и Южно-Сибирская зона – выделено три округа (Байкальский горный район, Забайкальский горно-мерзлотный район, Забайкальский горный лесной район).

Территория исследования относится к Забайкальскому горно-мерзлотному району. Северное положение, высокий гипсометрический уровень большей части района обуславливают пониженную теплообеспеченность и относительно высокий уровень влагообеспеченности вегетационного периода. Безморозный период составляет 40 - 60 дней. Заморозки могут быть в любое время лета. С учетом повсеместного распространения вечной мерзлоты, такие условия крайне неблагоприятны для произрастания древесной растительности, на что указывают низкие классы бонитета и полнота древостоев.

В целом климат района расположения Чарского лесничества относительно благоприятен для произрастания следующих древесных и кустарниковых пород: лиственницы, сосны, ели, кедра, березы, осины, чозения, кедрового стланика, березки Миддендорфа. С увеличением абсолютных отметок местности условия местопроизрастания древесных и кустарниковых пород ухудшается, что сказывается в снижении бонитета, производительности

Понижения заняты заболоченными ерниковыми лиственничниками, иногда с примесью березы плосколистной в сочетании с травяными болотами. Более дренированные склоны заняты багульниковыми лиственничниками, местами на склонах южной экспозиции и на супесчано-

щебенчатых субстратах встречаются лиственнично-сосновые и сосновые леса с травяным покровом и рододендром даурским.

Выше 1000 - 1300 м лиственничные леса редуют, становятся угнетенными. В подлеске, кроме ольховника и ерника, появляется кедровый стланик, предгольцовый пояс образуют кедрово-стланиковые заросли.

Характерной особенностью района является большое количество марей - кочкарных пушицево-осоковых заболоченных склонов с ерником, отдельными низкорослыми лиственницами на болотных мерзлотных почвах.

Среди лиственничных насаждений наиболее распространенные группы типов леса с повышенным увлажнением: ольховниковая, ерниковая, багульниковая, приручейниковая, мшистая и сфагновая. Довольно широко представлена группа редколесий высокогорных и предгольцовых.

В сосновых насаждениях доминирует рододендроновая, брусничная и разнотравные группы типов леса, для которых характерна средняя влажность почв.

Преобладающими группами типов леса являются (по степени убывания): кустарничково-моховая, рододендроновая, разнотравная, ольховниковая.

Среди хвойных древесных пород преобладают лиственница даурская, сосна обыкновенная, сосна сибирская (кедр), а среди мягколиственных – береза плосколистная и тополь дрожащий (осина), ольха серая, ольха черная, тополь, ива древовидная, твердолиственные занимают незначительную площадь и представлены насаждениями вяза мелколистного.

Растительность территории исследования составляют лесные и редколесные, кустарниковые, болотные, прибрежно-водные, антропогенные фитоценозы. Положительные формы рельефа, избавленные от влияния пойменного режима, занимает лесная растительность. При усилении

заболоченности формируются ерники, перемежающиеся с травяными болотами. Прибрежно-водная растительность приурочена к отрицательным формам рельефа и тяготеет к долинам рек и ручьев. Антропогенная – к нарушенным территориям населенных пунктов и вдоль дорог.

Лесные и редколесные фитоценозы представлены в большей степени лиственничниками, которые лучше всего переносят суровые климатические условия региона. Сосновые сообщества отмечаются на незначительной территории, на вершинах песчаных гривистых повышений в условиях высокой теплообеспеченности при промывном режиме дренажа.

3 КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

При расчете климатических характеристик для исследуемого участка в районе метеостанции Чара были использованы результаты наблюдений за 1960-2013 гг., полученные от Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды «Главной географической обсерватории им. А.И. Воейкова», а также данные, включенные в Научно-прикладной справочник по климату России (электронная версия 2011 г.) и Научно-прикладной справочник по климату СССР (1980 г.).

Климатическое описание района

Влияние азиатского антициклона зимой и сложная орография определяют в указанном районе резкую континентальность климата, кроме того, значительное влияние на термический режим района оказывает многолетняя мерзлота. Характерной особенностью климатических условий района является исключительно большая неоднородность распределения метеорологических элементов, что подтверждается материалами метеорологических наблюдений.

Температура воздуха является одним из важнейших элементов климата. Вследствие изменчивости температуры воздуха во времени и пространстве характеристики ее довольно многообразны. Основной температурный фон можно получить по средним величинам – месячным, суточным, за дневное и ночное время суток. Дополнением к средним характеристикам температуры являются такие характеристики как наибольшие и наименьшие величины, даты наступления различных градаций температуры, амплитуды, годовой и суточный ход.

Средняя многолетняя годовая температура воздуха составляет минус 7.5 °С. Характерной особенностью режима температуры воздуха является быстрое повышение средних месячных температур весной и быстрое их

понижение осенью. Наиболее низкие температуры наблюдаются в январе (средняя температура минус 33.2 °С, абсолютный минимум минус 56 °С). Продолжительность периода с отрицательными температурами по метеостанции Чара в среднем составляет 214 дней. Самый жаркий месяц июль. Среднемесячная температура июля равна 16,3 °С.

Зимой в связи с преобладанием антициклонической погоды осадков выпадает мало. Основное количество осадков (свыше 90 %) выпадает в теплый период, что обусловлено развитием циклонической деятельности в это время.

Устойчивый снежный покров образуется в третьей декаде октября, через 10-15 дней после первых снегопадов. Минимальное количество снегопадов отмечается в конце января и февраля. Наибольшая интенсивность снегопадов осенью, затем она постепенно падает и вновь возрастает весной – в апреле, в мае.

3.1 Температурный режим

Таблица 3.1 - Средняя месячная температура воздуха, °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
-33.2	-28.6	-17.8	-4.4	4.9	13.1	16.3	13.2	5.2	-6.2	-21.4	-31.2	-7.5

Таблица 3.2 - Абсолютный минимум температуры воздуха, °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
-54.4	-56.2	-48.7	-36.8	-18.7	-6.2	-2.5	-5.3	-17.9	-35.5	-47.0	-53.8	-56.2

Таблица 3.3 - Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха, °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
-47.7	-45.6	-40.4	-26.7	-10.1	-1.6	2.2	-1.3	-8.7	-25.0	-38.9	-45.9	-49.0

Таблица 3.4 - Абсолютный максимум температуры воздуха, °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
0.0	4.2	17.8	19.1	28.2	35.0	34.5	33.8	27.4	19.3	7.5	0.6	35.0

Таблица 3.5 - Средний из абсолютных максимумов температуры воздуха, °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
-12.5	-7.7	2.4	12.0	22.6	29.1	30.8	28.4	21.4	11.8	-1.3	-11.4	31.3

Таблица 3.6 - Даты начала, окончания и продолжительность сезона со среднесуточной температурой устойчиво выше 0, 8 и 10 °С, °С

Уровень температуры	Начало	Окончание	Продолжительность, дни
0	30.04	02.10	156
8	27.05	04.09	103
10	01.06	29.08	90

Расчетная температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0.92: минус 6 °С

Температура воздуха при гололеде: минус 5 °С

Продолжительность теплого периода: 156 дней

Продолжительность холодного периода: 209 дней

Среднее годовое число дней с переходом через 0 °С: 82 дня

Наибольшая глубина протаивания грунта 220-240 см.

3.2 Режим осадков

Таблица 3.7 - Месячное количество осадков (мм)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
4	3	3	14	40	70	72	77	46	14	6	5	354

Таблица 3.8 - Среднее максимальное суточное количество осадков (мм)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
1	2	1	7	14	22	22	23	18	7	3	2	34

Таблица 3.9 - Максимальное суточное количество осадков различной обеспеченности (мм)

Месяц	Обеспеченность (%)						Наблюденный максимум			
	63	20	10	5	2	1	мм	Число	Месяц	Год
1	1	2	3	5	6	6	6	22	1	1984
2	1	3	4	5	5	5	5	26	2	1994
3	1	3	4	6	7	7	7	29	3	2003

Месяц	Обеспеченность (%)						Наблюденный максимум			
	63	20	10	5	2	1	мм	Число	Месяц	Год
4	5	11	13	22	24	24	24	22	4	1966
5	10	21	23	29	42	42	42	18	5	1989
6	17	34	42	45	46	46	46	20	6	1993
7	18	32	36	43	45	45	45	7	7	1981
8	17	32	40	53	55	55	55	11	8	1988
9	14	24	27	31	33	33	33	6	9	1993
10	5	13	14	19	19	19	19	4	10	1976
11	2	4	6	9	9	9	9	5	11	1995
12	1	3	4	6	6	6	6	25	12	2006
ГОД	31	42	45	53	55	55	55	11	8	1988

Таблица 3.10 - Среднее число дней с различным количеством осадков

Месяц, Год	Количество осадков, мм							
	0	>=0.1	>=0.5	>=1.0	>=5.0	>=10.0	>=20.0	>=30.0
1	3	6	3	1	0	0	0	0
2	2	5	2	1	0	0	0	0

Месяц,	Количество осадков, мм							
Год	0	>=0.1	>=0.5	>=1.0	>=5.0	>=10.0	>=20.0	>=30.0
3	3	4	2	1	0	0	0	0
4	3	5	4	3	1	0	0	0
5	4	10	8	6	3	1	0	0
6	3	13	11	9	5	2	1	0
7	2	15	13	10	4	2	1	0
8	2	15	13	10	5	2	1	0
9	2	11	9	7	3	2	0	0
10	3	6	4	3	1	0	0	0
11	2	6	4	2	0	0	0	0
12	3	6	3	1	0	0	0	0
ГОД	32	100	74	55	21	10	3	1

3.3 Снежный покров

Таблица 3.11 - Даты установления и схода снежного покрова, число дней со снежным покровом

Число дней со снежным покровом	Даты появления снежного покрова			Даты образования устойчивого снежного покрова		
	Самая ранняя	Средняя	Самая поздняя	Самая ранняя	Средняя	Самая поздняя
164	5.09	26.09	23.10	30.09	23.10	7.12
Даты разрушения устойчивого снежного покрова				Даты схода снежного покрова		
Самая ранняя	Средняя	Самая поздняя		Самая ранняя	Средняя	Самая поздняя
4.03	4.04	5.05		30.03	14.05	5.06

Таблица 3.12 - Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке (см)

месяц															Наибольшие		
IX			X			XI			XII			I			Средн.	Макс.	Мин.
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
		1	2	4	5	7	8	9	10	10	11	12	13	14	19	52	7
II			III			IV			V								
1	2	3	1	2	3	1	2	3									
14	15	15	14	14	10	6	3	3	1	1							

Таблица 3.13 - Максимальная декадная высота снежного покрова по постоянной рейке (см)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
52	48	50	34	4	0	0	0	2	29	43	47	52

Расчетная толщина снежного покрова, превышаемая 1 раз в 50 лет, составляет 50 см, а 1 раз в 25 лет – 43 см.

4 ОБЩАЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Территория изысканий находится близ с. Новая Чара Каларского муниципального района Забайкальского края Российской Федерации. Крупнейшей водной артерией участка изысканий является река Чара.

В гидрографическом отношении р. Чара относится к бассейну моря Лаптевых, а именно, впадает в р. Олёкма, которая, в свою очередь, впадает в р. Лена.

Река Чара впадает в р. Олёкма с левого берега на расстоянии 28 км от устья. Длина реки составляет 851 км, площадь бассейна — 87600 км².

Река Чара относится к Ленскому бассейновому округу, речному бассейну Лены, речному подбассейну - Олёкма, водохозяйственному участку - Чара.

Река Олёкма впадает в р. Лена с правого берега на расстоянии 2089 км от устья. Длина реки составляет 1436 км, площадь бассейна — 210000 км².

Река Олёкма относится к Ленскому бассейновому округу, речному бассейну Лены, речному подбассейну - Олёкма, водохозяйственному участку - Олёкма от истока до в/п с. Усть-Нюкжа.

4.1 Водный режим рек

Водный режим рек территории изысканий характеризуется преобладанием снегового питания. Однако значительную долю годового стока составляют дождевые воды, за счет которых в течение теплой части года непрерывно формируются паводки.

Речной сток в пределах рек исследуемого района проходит в основном (91,1 % (таблица 4.1)) в весенне-летний период.

Таблица 4.1 - Расчетное распределение месячного и сезонного стока
(% от годового) за средний по водности год

Весна-лето						Осень			Зима			Сезонный сток			
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна- лето	осе- нь	зим- а	ли- ми- тир. пе- рио- д
р. Чара – ГП с. Чара (F=4150 км ²)															
9,8	29,8	25,8	15,5	10,2	4,1	1,7	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	91,1	4,1	4,8	8,9

Гидрографы р. Чары за маловодный, средний по водности и многоводный годы представлены на рисунках 4.1 – 4.3.

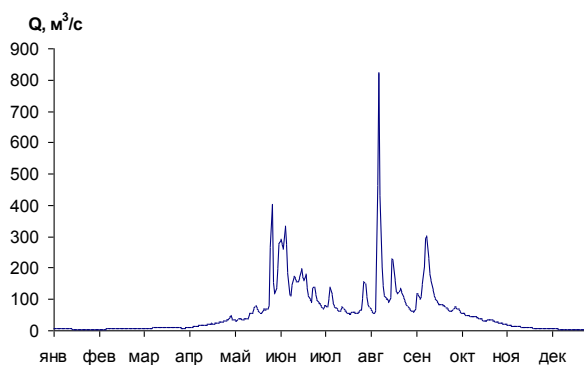


Рисунок 4.1 - Гидрограф р. Чары в с. Чара за средний по водности 2009 г.

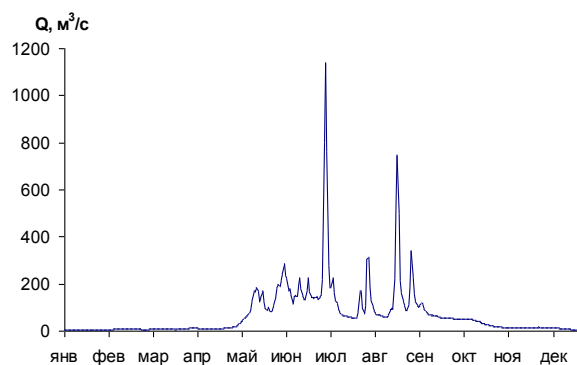


Рисунок 4.2 - Гидрограф р. Чары в с. Чара за многоводный 2010 г.

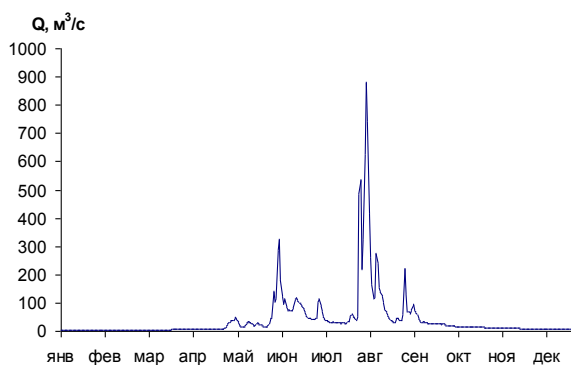


Рисунок 4.3 - Гидрограф р. Чары в с. Чара за маловодный 2011 г.

Весеннее половодье - одна из основных фаз гидрологического режима рек рассматриваемой территории. Оно наблюдается ежегодно на всех реках в виде хорошо выраженной части внутригодового распределения речного стока. В формировании весеннего половодья участвуют, прежде всего, талые, а также дождевые и частично подземные воды. Характер половодья обуславливается многими факторами и причинами: географическим положением речных водосборов, взаимосвязью поверхностных и подземных вод, состоянием и особенностями подстилающей поверхности, высотой водосборного бассейна, положением по отношению к направлению простираения хребтов и к движению преобладающих ветров и другими факторами. Все это в основном обуславливает характер таяния снега и условия формирования половодья.

Продолжительность его колеблется от 35 до 50 суток и определяется условиями таяния снега, морфометрическими характеристиками бассейна (площадь, длина, ширина, средний уклон) и направлением течения реки относительно стран света. При дружном таянии снега половодье обычно протекает бурно, отличается высокими подъемами уровней воды, проходит за короткий период времени, имеет одну асимметричную волну с резко выраженным интенсивным подъемом и более плавным спадом. При ранней, но затяжной весне сход снежного покрова происходит медленно, с перебоями в таянии при похолоданиях. В результате на реках может наблюдаться низкое растянутое половодье с несколькими волнами подъема.

Половодье на реках района обычно начинается в конце апреля – начале мая, а заканчивается в первой половине июня. Продолжительность его колеблется от 35 до 50 суток в зависимости от размера реки и дружности весны.

При высоких подъемах уровня в период весеннего половодья полностью или частично затопляются поймы. В зависимости от морфометрических характеристик русла и высоты поймы затопление может

происходить ежегодно или только в годы с высоким половодьем. Продолжительность затопления пойм во время весеннего половодья изменяется от нескольких дней до 1 – 1,5 месяцев.

В осенний период поймы затопляются крайне редко. Подтопление пойм во время высоких дождевых паводков отмечено в отдельные годы.

Вскрытие рек нередко сопровождается мощными заторами льда, нередко вызывающими большие подъемы уровня воды. На гидрографе половодья часто выделяется два-три пика, обусловленных неравномерностью снеготаяния или выпадением дождей в период снеготаяния. Наибольшая интенсивность подъема половодья для большинства средних рек составляет 2-4 м/сут, для малых – 0,2-1,0 м/сут, но в отдельные годы при заторах льда, особенно на больших реках, может превышать 5-6 м/сут. Наибольшая интенсивность спада половодья в 1,5-2,0 раза меньше интенсивности его подъема.

Весеннее половодье сменяется периодом низких уровней – летне-осенней меженью. Летне-осенняя межень почти ежегодно нарушается дождевыми паводками, число и величина которых изменяются и по годам и по территории. Около 20-30 % объема весеннего стока формируется за счет жидких осадков.

Летние паводки наблюдаются на всех реках района. Они обусловлены не только сильными дождями, но и таянием снега и ледников. На таких реках паводки обычно начинаются сразу после спада половодья, иногда накладываются на него и за летне-осенний период повторяются 5-10 и даже до 15 раз (верхнее течение Витима).

Время подъема дождевых паводков зависит от факторов, определяющих их общую продолжительность, и составляет в среднем одну треть от общей. Интенсивность подъема на малых водосборах больше, чем на средних и крупных. Наибольшая интенсивность наблюдается на малых

реках при выпадении ливней, а также в случаях значительного предшествующего увлажнения водосборов.

Обычно паводки на реках территории изысканий имеют островершинную форму и характеризуются резким подъемом и спадом уровня. На больших реках паводки не всегда четко выражены и имеют вид пологой или растянутой многовершинной волны. Средняя продолжительность одного паводка составляет 3 – 4 дня.

Высшие уровни дождевых паводков в среднем ниже максимумов весеннего половодья, однако в отдельные годы на малых и средних реках высота паводочного подъема может превышать наибольшую высоту подъема половодья (за один и тот же год). Интенсивность изменения уровня воды при паводках также может быть выше, чем при половодье.

Зимняя межень обычно устойчивая, характеризуется незначительными колебаниями уровня с некоторой тенденцией повышения уровня от начала ледостава к началу половодья. Зимний сток меньше летне-осеннего и составляет 4,8 % годового. Наиболее низкие уровни наблюдаются в период интенсивного ледообразования. В отдельные годы наблюдаются зимние паводки. На реках территории изысканий повышения уровня паводочного характера наблюдаются в первую половину зимы (ноябрь – декабрь). По происхождению паводки могут быть смешанными – от таяния снежного покрова и жидких осадков (преимущественно в осенние месяцы) – и чисто снеговые (в период оттепелей). Наиболее высокие снеговые паводки наблюдаются в предвесенний период. По высоте подъема зимние паводки, как правило, ниже летних.

Зимняя межень на реках территории изысканий продолжительна (6-8 месяцев). Зимний же сток повсеместно понижается от начала ледостава к концу зимы. В течение долгой суровой зимы сток рек уменьшается, нередко до полного прекращения. В это время обычно наблюдаются наименьшие годовые расходы воды, а малые водотоки в суровые зимы перемерзают. Это

объясняется сокращением подземного питания в условиях сплошной многолетней мерзлоты.

Годовая амплитуда колебания уровня зависит от размера водотока, а также от других факторов, определяющих уровенный режим, и может значительно изменяться из года в год. Годовые амплитуды колебаний уровня воды составляет в среднем для рек с $F < 100 \text{ км}^2$ около 0,5 м, с $F < 100 000 \text{ км}^2$ – 6-7 м и 10-12 м на больших реках.

В многолетней последовательности годовых величин стока наблюдается смена многоводных и маловодных циклов, обусловленная в основном изменением климатических условий. Изменчивость годового стока характеризуется коэффициентом вариации среднемноголетнего слоя стока.

4.2 Термический режим

Термический режим рек определяется в основном географическим положением района, его климатическими, гидрологическими и морфологическими особенностями. Однако на величину и режим температуры воды также оказывают влияние азональные факторы (интенсивность грунтового питания, скорость и глубина потока и т.д.), а также хозяйственная деятельность человека. Существенное влияние на термический режим рек территории изысканий оказывает многолетняя мерзлота, имеющая широкое распространение в пределах исследуемой территории.

В течение осенне-зимнего периода, примерно со второй половины октября – середины ноября и до середины апреля, температура воды в реках территории изысканий близка к нулю.

Прогрев воды на реках рассматриваемой территории начинается ранней весной еще при наличии ледяного покрова, но быстрое нарастание

температуры воды происходит после очищения рек ото льда. Устойчивый переход температуры воды через $0,2^{\circ}\text{C}$ на реках исследуемого района наблюдается, как правило, 9 – 10 апреля, через 8 – 11 дней после перехода температуры воздуха через 0°C .

Значение температуры воды к маю в среднем достигает 4°C , а в июне – $5 - 7^{\circ}\text{C}$. В мае средняя многолетняя температура воды рек территории изысканий составляет $2-4^{\circ}\text{C}$. Наиболее высокая температура воды отмечается обычно в июле и составляет в среднем 12°C . Суточный максимум температуры воды в среднем на $2 - 6^{\circ}\text{C}$ выше среднего месячного. В сентябре – октябре наблюдается понижение температуры воды на $6 - 7^{\circ}\text{C}$ в месяц, а в ноябре – на $1 - 2^{\circ}\text{C}$ в декаду. Так, в сентябре средняя месячная температура воды рек территории изысканий составляет $6-8^{\circ}\text{C}$.

Переход температуры воды через $0,2^{\circ}\text{C}$ осенью в среднем происходит 10 октября и на реках появляются ледяные образования. В отдельные годы переход температуры через $0,2^{\circ}\text{C}$ происходит на 10 – 15 дней раньше или позже среднего многолетнего срока.

Значения средних месячных температур воды в отдельные годы колеблются в пределах $4-8^{\circ}\text{C}$. Наибольшая изменчивость для средней декадной температуры отмечается в апреле, а наименьшая – в августе и сентябре.

Максимальная суточная температура воды на реках территории изысканий наблюдается обычно в 16 – 18 ч, то есть позднее минимума температуры воздуха. Суточный минимум имеет место в утренние часы (4-8 ч), примерно через 2 ч после прохождения минимума температуры воздуха. Кроме того, в утренние часы температура воды у берега на $0,3 - 0,5^{\circ}\text{C}$ ниже, чем на стрежне (в редких случаях на 1°C), а в дневные часы она на $0,5 - 1,5^{\circ}\text{C}$ выше. В осенние месяцы разница температуры воды у берега и на стрежне может иметь обратное значение. Наибольшая разница

температуры воды по ширине потока отмечена весной, наименьшая – осенью. Отмечены случаи, когда в одном пункте у разных берегов температура воды отличалась на 0,5 -1,0 °С. Причинами этого являются: различная затененность берегов, неодинаковые глубины, впадение притоков с более теплой или более холодной водой.

4.3 Ледовый режим

Ледовые явления на реках исследуемого района начинаются через 3-5 дней после перехода температуры воздуха через 0 °С; в отдельные годы в зависимости от интенсивности понижения температуры воздуха длительность этого периода изменяется от 0 до 15 дней.

Первые ледяные образования (сало и забереги) появляются, как правило, 7 октября почти одновременно на всех реках исследуемого района независимо от величины реки и направления течения.

При раннем похолодании ледяные образования наблюдаются на р. Чара уже 28 сентября (1939, 1941, 1945, 1946, 1956, 1960, 1977 гг.), при позднем – 18 октября (1936, 1938, 1954, 1962, 1963, 1974, 1979 гг.).

Нередко первые ледяные образования разрушаются вследствие повышения температуры воздуха, и появление их наблюдается повторно. В таких случаях позднее появление заберегов на отдельных участках рек отмечалось даже в конце декабря. Повторное появление заберегов зачастую можно объяснить тепловым загрязнением рек.

Размеры заберегов зависят от водности реки, скорости течения и погодных условий. При сильных морозах на небольших реках со спокойным течением забереги, увеличиваясь в размерах, соединяются и образуют сплошной ледостав. Таким путем замерзают малые реки и верховья средних и крупных рек.

Замерзание рек и установление ледостава нередко сопровождается повышением уровня, вызываемым стеснением живого сечения реки льдом и иногда заторами. На многих реках района образуются мощные наледи. Они аккумулируют значительную долю зимнего стока и способствуют его перераспределению в течение года.

Осенний ледоход на р. Чара, в среднем, начинается 8 октября. Ранняя дата наступления осеннего ледохода на р. Чара – 28 сентября, поздняя – 21 октября. Средняя продолжительность ледохода составляет 15 дней, наибольшая достигает 40 дней, а наименьшая не превышает 3 дней.

Осенний ледоход на малых реках исследуемого района, как правило, не наблюдается. Ледостав образуется срастанием заберегов. Однако в отдельные годы при отсутствии сильных морозов в начале зимы и при достаточно большой водности рек в осенний период прохождение осеннего ледохода не исключено.

Установление ледостава на р. Чара происходит в среднем 23 октября. Крайние ранние и поздние даты установления ледостава отклоняются от средних на 10 – 20 дней – 12 октября и 10 ноября соответственно.

При возвратах тепла в отдельные годы может наблюдаться временный ледостав или временное вскрытие рек после установления ледостава. Однако для большинства рек района характерно наличие устойчивого ледостава, средняя продолжительность которого на р. Чара составляет 211 дней, наибольшая достигает 226 дней, а наименьшая не превышает 192 дней. На участках сброса промышленных сточных вод имеет место неустойчивый ледостав и даже его отсутствие.

Наибольшая интенсивность роста толщины льда наблюдается в начале ледостава, когда снег на льду отсутствует или имеет небольшую высоту. Средняя интенсивность прироста льда в этот период – 0,7 см/сут. Прирост толщины льда заканчивается за 20 – 25 дней до наступления весеннего ледохода – в конце апреля. Тогда же наблюдаются и

максимальные толщины льда на реках. Так, средняя многолетняя максимальная толщина льда р. Чара по данным ГПС Чара составляет 206 см, а наибольшая достигала 389 см и наблюдалась 30 апреля 1966 года.

Начало разрушения льда на р. Чара происходит в среднем 23 апреля. Ранняя дата приходится на 8 апреля, а поздняя – на 7 мая.

Весеннее половодье на реках рассматриваемого района, как правило, сопровождается ледоходом. На крупных и средних реках ледоход густой, на мелких редкий или отсутствует вовсе (лед тает на месте). Толщина льда при вскрытии крупных рек обычно достигает 0,4 - 0,8 м. Весенний ледоход на р. Чара начинается в среднем в 22 мая (в 90 % случаев). Ранняя дата начала весеннего ледохода – 11 мая, а поздняя – 3 июня.

Весенний ледоход проходит по фазе подъема уровня. В большинстве случаев пик весеннего ледохода на реках исследуемого района совпадает с пиком половодья. Вскрытие рек нередко сопровождается мощными заторами льда, нередко вызывающими большие подъемы уровня воды.

Весенний ледоход на р. Чара заканчивается в среднем в 30 мая. Ранняя дата окончания весеннего ледохода – 20 мая, а поздняя – 8 июня. Средняя его продолжительность составляет 8 дней, максимальная – 22 дня. В отдельные особенно теплые зимы весенний ледоход может не наблюдаться вовсе: лед тает на месте.

Продолжительность всего периода с ледовыми явлениями составляет в среднем 235 дней, наибольшая продолжительность достигает 246 дней, а наименьшая не превышает 223 дней.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

Для получения исходных материалов для расчетов максимальных расходов воды, были выполнены полевые работы.

В полевой период были выполнены следующие виды работ:

- гидроморфологические изыскания долин рек на участках пересечения трассы;
- измерение продольных уклонов водной поверхности;
- проведение кратковременных гидрологических наблюдений за уровнями и расходами воды;
- определение наивысшего уровня воды по меткам уровня высоких вод (УВВ);
- проведение промеров глубин в реке и нивелирование береговых склонов выше уреза до предполагаемой высоты уровня воды 1 %-ной обеспеченности (разбивка морфоствора);
- оценка коэффициента шероховатости русла и поймы;
- опрос местных жителей, работников эксплуатирующей организации и сотрудников путевой части о прохождении исторического максимум и других характерных элементов водного режима;
- определение параметров залесенности, заболоченности и озерности во время рекогносцировочного обследования бассейна водотоков.

Измерение расхода воды произведено инструментальным способом с измерением скоростей течения воды с помощью измерителя скоростей потока – ИСП 1М с преобразователем сигнала вертушки ПСВ-1. Рекогносцировочное обследование реки производилось методом маршрутного обследования с описанием русла, берегов и поймы реки, с выявлением эрозионных участков, выявление отметок УВВ (по наилку, веткам, растительности и мусору), впадающих водотоков, участков с

разветвлениями русла, характер грунтов слагающих донные отложения и берега реки

Инженерно-гидрологические работы выполнялись на водотоках, пересекающих железную дорогу в пределах участка исследования. Наиболее детализированные измерения проводились на р. Чара. Остальные водотоки в период проведения полевых работ полностью промерзли до дна, течения в них не наблюдалось.

Полевые гидрологические исследования водных объектов проводились в начале декабря 2013 г. Часть данных взята по результатам рекогносцировочного обследования участка в октябре 2013 года. Исследуемый участок железной дороги расположен между ст. Новая Чара и разъездом Сакукан. Рекогносцировочное обследование участка железной дороги, анализ картографического материала и космических снимков, карточек искусственных сооружений и паспортов мостов показало, что проектируемая трасса пересекает 6 водотоков. Еще одна река – В. Сакукан, течет рядом с трассой и может на нее влиять. Их ведомость представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Ведомость переходов

Название водотока	ПК	Тип водопропускного сооружения
Водоток № 1	1698, ПК9, 9м	Труба железобетонная
Водоток № 2	1699, ПК8, 9м	Труба железобетонная
Водоток № 3	1701, ПК2, 10м	Труба железобетонная
Река Чара	1713, ПК6, 21м	Металлический мост
Водоток № 5	1715, ПК 2, 0 м	Труба бетонная (в проекте)
Водоток № 6	1716, ПК5, 60м	Труба бетонная

Схема расположения пересекаемых водотоков представлена на рисунке 5.1.

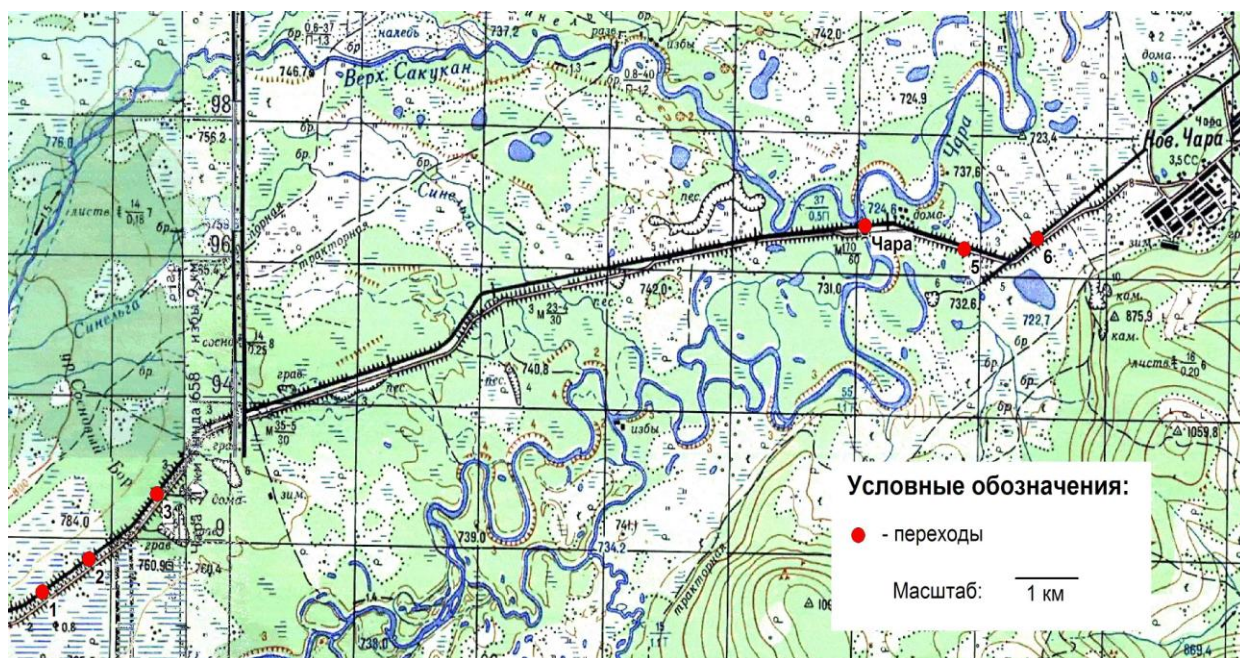


Рисунок 5.1 - Схема расположения переходов через водотоки

Основные параметры пересекаемых водотоков, измеренные при проведении полевых работ, представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты полевых измерений

Название водотока	Ширина русла, м	Глубина, м	Скорость течения, м/с	Расход воды, м ³ /с	Толщина льда, см	Уклон*, ‰	Грунт	Метки высоких вод в ИССО
Водоток № 1	0	0	0	0	20	14,7	гравий	0,5 м
Водоток № 2	0	0	0	0	20	10,2	гравий	0,5 м
Водоток № 3	0	0	0	0	20	10,6	гравий	0,5 м
Река Чара	95	1,8	0,3	17	80	0,59	галька	2 м
Водоток № 6	0	0	0	0	20	0,15	гравий	0,5 м
Река Верхний Саукан	45	1,2	0,4	10	60	1,31	галька	1,5 м

В период полевых работ было установлено, что большинство водотоков перемерзли до дна. Исключение составила реки Чара и В. Саукан.

Водоток № 1. Долина водотока в районе изысканий относительно симметричная, с крутыми правым и левым склонами. Ширина долины достигает 20-40 м. Высота бровок 1.5-2 м. Оба борта долины покрыты травяной и кустарничковой растительностью. Пойма отсутствует. Русло ручья относительно прямолинейное. Ширина русла по бровкам 1.5-2.5 м. На период изысканий водоток пересох. В октябре водоток был покрыт льдом, толщина льда 10 см, глубина 5-7 см. Скорость течения практически отсутствовала. В декабре водоток полностью перемерз. Дно сложено слабоокатанной галькой. Следов размыва нет. Водопропускное сооружение – железобетонная труба шириной 1.5 м.



Рисунок 5.2 – Водопропускное сооружение водотока № 1



Рисунок 5.3 – Измерение глубины потока и толщины льда на водотоке № 1 (фото октября 2013 г.)

Водоток № 2. Долина водотока в районе изысканий относительно симметричная, с пологими правым и левым склонами. Ширина долины достигает 50-100 м. Высота бровок 0.5-1 м. Оба борта долины покрыты травяной и кустарничковой растительностью. Залесенность средняя. Пойма отсутствует. Русло ручья относительно прямолинейное. Ширина русла по бровкам 1.5-2.5 м. На период изысканий водоток перемерз. Толщина льда 15-25 см. Дно сложено слабоокатанной галькой. Следов размыва нет. Водопропускное сооружение – железобетонная труба шириной 1.5 м.



Рисунок 5.4 – Вид на водоток № 2 выше по течению от трассы



Рисунок 5.5 – Водопропускное сооружение водотока № 2



Рисунок 5.6 – Вид на водоток № 2 ниже по течению от трассы

Водоток № 3. Долина водотока в районе изысканий относительно симметричная, с крутыми правым и левым склонами. Ширина долины достигает 10-15 м. Высота бровок 1.5-2 м. Оба борта долины покрыты травяной и кустарничковой растительностью. Пойма отсутствует. Русло ручья относительно прямолинейное. Ширина русла по бровкам 1.5-2.5 м. На период изысканий водоток перемерз. Толщина льда 15-25 см. Дно сложено слабоокатанной галькой. Следов размыва нет. Водопропускное сооружение – железобетонная труба шириной 1,5 м.



Рисунок 5.7 – Вид на водоток № 3 выше по течению от трассы



Рисунок 5.8 – Вид на водоток № 2 ниже по течению от трассы



Рисунок 5.9 – Водопропускное сооружение водотока № 3

Река Чара. Долина водотока в районе изысканий относительно симметричная, с относительно крутыми правым и левым склонами. Ширина

долины достигает 1000-1200 м. Высота бровок 2-5 м. Оба борта долины покрыты травяной, кустарничковой и древесной растительностью. Пойма хорошо выражена, двухсторонняя, шириной до 400-800 м. Русло водотока на участке изысканий относительно прямолинейное, разделенное на рукава осередком у левой опоры моста. Выше и ниже по течению русло меандрирует. На период изысканий при низком уровне воды обнажились острова и побочни. Ширина русла по бровкам 100-150 м. Ширина левой протоки – 7-15, правой – 40-60 м. Средняя глубина на участке реки 1.2 м, при максимальной до 2.5 м. Глубина в левой протоке – до 2.0 м, в правой – 1.7 м. Ледостав. Толщина льда 55-80 см. Лед в торосах и наледях. Средняя скорость течения 0.2-0.3 м/с. Дно сложено среднезернистым песком, в левой протоке – гравием и валунами. Левый берег крутой, высотой 3-4 м, размывается. По опросу местных жителей за период 30 лет берег отступил здесь на 6-8 м. В данный момент для опор моста русловые деформации опасности не несут. Карчеход. Длина стволов деревьев – до 15 м, размер карчей (корней) – до 2.0 м. Водопропускное сооружение – металлический мост.



Рисунок 5.10 - Мост через р. Чара



Рисунок 5.11 - Левый размываемый берег р. Чара выше ж.-д. моста



Рисунок 5.12 - Река Чара в створе перехода (вид вниз по течению)



Рисунок 5.13 - Промеры глубин со льда на р. Чара



Рисунок 5.14 - Русло р. Чара в октябре



Рисунок 5.15 - Река Чара в начале ледовых явлений (октябрь)

Водоток № 5. В настоящий момент данного водотока не существует. Однако, проектом предусмотрена дополнительная труба, после создания которой в данном месте образуется временный водоток. Поскольку в настоящий момент его не существует, то измерений на нем в период проведения полевых работ сделано не было.

Водоток №6. Долина водотока в районе изысканий относительно симметричная, с пологими правым и левым склонами. Ширина долины достигает 20-35 м. Высота бровок 1.5-2 м. Оба борта долины покрыты травяной, кустарничковой и древесной растительностью. Пойма отсутствует. Русло ручья относительно прямолинейное, сильно заросшее.

Ширина русла по бровкам 1.5-2.5 м. На период изысканий водоток перемерз. Толщина льда 15-25 см. Дно сложено слабоокатанной галькой. Следов размыва нет. Водопропускное сооружение – прямоугольная бетонная труба шириной 3 м.



Рисунок 5.16 - Водоток № 6 ниже по течению от створа перехода



Рисунок 5.17 - Водоток № 6 выше по течению от створа перехода



Рисунок 5.18 - Водопропускное сооружение водотока № 6

Река Верхний Саукан. Река хоть и не пересекает проектируемую трассу, но может оказать на нее влияние. Между водотоком № 4 и р. Чара дорога идет по правому берегу р. В. Саукан, в двух местах крылья ее излучин подходят практически к трассе (40 и 60 м). Устье водотока находится в 250 м ниже моста через р. Чара. Долина водотока в районе

изысканий относительно симметричная, с пологими правым и левым склонами. Ширина долины достигает 600-1000 м. Высота бровок 2-4 м. Оба борта долины покрыты травяной, кустарничковой и древесной растительностью. Пойма широкая, право и левобережная, шириной до 200-400 м. Русло водотока сильно меандрирует. Ширина русла по бровкам 40-60 м. Развиты широкие песчаные побочни. Средняя глубина на участке 0.6 м, при максимальной - до 1.2 м. Ледостав. Толщина льда 40-70 см. Средняя скорость течения 0.2 м/с. Дно сложено крупнозернистым песком. Правый берег крутой, высотой 2-3 м, размывается. По опросу местных жителей скорость размыва за период 30 лет составила 8 м.



Рисунок 5.19 - Устье реки В. Саукан



Рисунок 5.20 - Правый размываемый берег р. Саукан на излучине (на дальнем плане видно полотно железной дороги)

Выводы:

Согласно полевым работам, опросу местных жителей, консультации с инженерами-эксплуатационниками перегона установлено, что катастрофических затоплений на пересекаемых водотоках за 30 лет функционирования железной дороги не было, водопропускные сооружения в целом справляются с пропуском максимальных расходов в половодье и паводки.

6 ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

6.1 Проверка данных на однородность

При условии отсутствия данных наблюдений в створе перехода для расчета максимальных расходов воды используются редуцированная формула, параметры которой уточняются по данным рек-аналогов.

В соответствии с СП 33-101-2003 выбор аналога осуществляется с учетом следующих условий:

1. Река - аналог должна находиться в одном гидрологическом районе с расчетной рекой; характеристики подстилающей поверхности должны быть схожими;
2. Площади водосбора не должны отличаться более чем в 10 раз;
3. Средняя высота бассейна над уровнем моря не должна отличаться более чем на 300 м;
4. Относительная озерность, залесенность и заболоченность бассейнов также не должны резко отличаться.

Гидрологические ряды максимальных расходов и слоев весеннего половодья по реке – аналог, подвергаются проверке на однородность по статистическим критериям Фишера и Стьюдента.

Критерий Фишера позволяет оценить однородность ряда по дисперсии. Эмпирическое значение Статистика Фишера рассчитывалось по формуле:

$$F^* = \frac{D_1^*}{D_2^*} \quad (6.1)$$

где D_1^* и D_2^* – дисперсии по первой и второй частям анализируемого ряда, при этом в качестве первой дисперсии обычно рассматривают ту, которая больше ($D_1^* > D_2^*$). Критическое значение статистики Фишера определялось по таблицам, в зависимости от числа степеней свободы $\nu_1 =$

$n_1 - 1, v_2 = n_2 - 1$ при уровне значимости $2\alpha = 5\%$ (n_1 и n_2 – длина первой и второй частей ряда).

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялись условие:

$$F^* < F_{2\alpha} \quad (6.2)$$

Критерий Стьюдента позволяет оценить однородность ряда по среднему значению. Эмпирическое значение Статистика Стьюдента рассчитывалось по формуле:

$$t^* = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \quad (6.3)$$

где $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ – средние значения по первой и второй частям анализируемого ряда;

σ_1 и σ_2 – среднеквадратические отклонения по первой и второй частям ряда.

S – среднеквадратическое отклонение разности $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$, определяемое по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (6.4)$$

Критическое значение статистики Стьюдента определялось по таблицам, в зависимости от числа степеней свободы $v = n_1 + n_2 - 2$ при уровне значимости $2\alpha = 5\%$.

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялись условие:

$$|t^*| < t_{2\alpha} \quad (6.5)$$

Результаты проверки на однородность рядов максимальных расходов воды весеннего половодья и дождевых паводков по критериям Фишера и Стьюдента представлены в таблицах 6.1 - 6.3.

Таблица 6.1 - Результаты проверки на однородность рядов максимальных расходов воды весеннего половодья по критериям Фишера и Стьюдента при уровне значимости $2\alpha=5\%$

Река - створ	F^*	$F_{2\alpha}$	$H_0: D_1=D_2$	t^*	$t_{2\alpha}$	$H_0: \bar{Q}_1=\bar{Q}_2$
р.Чара - ГМС Большое Леприндо	1.08	2.40	не опр.	0.67	2.02	не опр.
р.Чара - с.Чара	1.16	2.18	не опр.	-0.29	2.005	не опр.
р.Нирунгнакан - пос.Удокан	5.60	2.9	опр.	-0.29	2.005	не опр.

Таблица 6.2 - Результаты проверки на однородность рядов слоев стока весеннего половодья по критериям Фишера и Стьюдента при уровне значимости $2\alpha=5\%$

Река - створ	F^*	$F_{2\alpha}$	$H_0: D_1=D_2$	t^*	$t_{2\alpha}$	$H_0: \bar{Q}_1=\bar{Q}_2$
р.Чара - ГМС Большое Леприндо	1.17	2.40	не опр.	-1.07	2.02	не опр.
р.Чара - с.Чара	2.68	2.18	опр.	-1.14	2.005	не опр.
р.Нирунгнакан - пос.Удокан	1.51	2.9	не опр.	-0.50	2.04	не опр.

Таблица 6.3 - Результаты проверки на однородность максимальных расходов воды дождевых паводков по критериям Фишера и Стьюдента при уровне значимости $2\alpha=5\%$

Река - створ	F^*	$F_{2\alpha}$	$H_0: D_1=D_2$	t^*	$t_{2\alpha}$	$H_0: \bar{Q}_1=\bar{Q}_2$
р.Чара - с.Чара	1.14	2.13	не опр.	0.91	2.002	не опр.

Хронологические графики максимальных расходов и слоев предоставлены на рисунках 6.1 – 6.7.



Рисунок 6.1 - Хронологический график максимальных расходов весеннего половодья р.Чара - ГМС Большое Леприндо



Рисунок 6.2 - Хронологический график слоев весеннего половодья р.Чара - ГМС Большое Леприндо



Рисунок 6.3 - Хронологический график максимальных расходов весеннего половодья р.Чара - с.Чара



Рисунок 6.4 - Хронологический график слоев весеннего половодья р.Чара - с.Чара



Рисунок 6.5 - Хронологический график максимальных расходов весеннего половодья р.Нирунгнакан - пос.Удокан



Рисунок 6.6 - Хронологический график слоев весеннего половодья р.Нирунгнакан - пос.Удокан



Рисунок 6.7 - Хронологический график максимальных расходов дождевых паводков р.Чара - с.Чара

6.2 Расчет максимальных расходов воды весеннего половодья

Максимальные расходы воды рек данной территории могут сформироваться в период весеннего половодья и дождевых паводков. В соответствии с СП 33-101-2003 расчет проводится отдельно для каждого из них, а затем выбирается наибольший.

Величина максимального расхода воды весеннего половодья 1 % обеспеченности в соответствии с СП 33-101-2003 рассчитывается по следующему уравнению:

$$Q_{1\%} = \frac{K_0 h_{1\%} F}{(F + F_1)^{n_1}} \delta \delta_1 \delta_2 \quad (6.6)$$

где F – площадь водосбора, F_1 , n_1 – параметры, равные для данных физико-географических условий соответственно 1 и 0,22, $h_{1\%}$ – слой стока весеннего половодья обеспеченностью 1%, δ , δ_1 , δ_2 – параметры, учитывающие влияние озерности, лесистости и заболоченности. Параметр K_0 – коэффициент дружности весеннего половодья вычисляется обратным пересчетом по рекам-аналогам.

Для расчета максимальных расходов воды других обеспеченностей используется аналогичная формула, в которую вместо $h_{1\%}$ подставляется величина слоя стока весеннего половодья заданной обеспеченности, а также все выражение умножается на дополнительный параметр μ , учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды.

Для расчета параметра K_0 построены кривые обеспеченности максимальных расходов воды и слоя стока весеннего половодья рек-аналогов (таблица 6.4).

Кривые обеспеченности максимальных расходов и слоев весеннего половодья для рек-аналогов предоставлено в приложении А.

Таблица 6.4 – Параметры кривых обеспеченностей рек-аналогов для половодья

Река	Пост	$Q_{ср макс}$	C_v (Q_{max})	C_s/C_v (Q_{max})	$h_{ср}$	$C_v(h)$	C_s/C_v (h)
Чара	ГМС Большое Леприндо	18.8	0.47	0.72	173	0.40	0.68
Чара	с. Чара	533	0.41	0.51	146	0.41	1.98
Нирунгнак ан	пос. Удокан	32.4	0.86	3.17	99.4	0.52	1.42

Таблица 6.5 – Параметры стока согласно, приложения к СНиП 2.01.14-83 картам районирования, составленных в отделе речного стока ГГИ 1980 г.

Среднемноголетний слой стока половодья рек ($h_{ср}$)	160
Коэффициент вариации среднемноголетнего слоя стока половодья рек (C_v)	0.40
Районирование величин соотношений C_s/C_v для весеннего половодья	2

На основании современных гидрологических данных полученных от ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» были уточнены параметры рек-аналогов, которые применялись для дальнейших расчетов (таблица 6.4).

Используя трехпараметрическое гамма-распределение Крицкого-Менкеля и значения параметров, представленные в таблице 6.4 получены максимальные расходы воды и слоя стока весеннего половодья рек-аналогов 1 % обеспеченности, по которым рассчитаны значения параметра K_0 (таблица 6.6).

Таблица 6.6 - Определение параметра K_0 рек-аналогов

Река	Пост	F , км ²	$Q_{1\%}$, м ³ /с	$h_{1\%}$, мм	δ	δ_1	δ_2	K_0
Чара	ГМС Большое Леприндо	241	41.63	350	0.33	0.55	1	0.0068
Чара	с. Чара	4150	1095	321	0.83	0.54	0.88	0.0086
Нирунгнакан	пос. Удокан	199	137	257	0.99	0.48	1	0.0139

Для перехода через р. Чара в качестве основного аналога принят пост, расположенный на этой же реке в 23 км ниже по течению. Значения параметра K_0 и $h_{1\%}$ взяты для этого перехода, равные 0.0086 и 321 мм, полученные по данному гидрологическому посту.

Что касается остальных переходов, то для них в качестве основного аналога использован гидрологический пост, расположенный на р. Нирунгнакан в пос. Удокан. Посты на р. Чаре в меньшей степени пригодны для расчета максимальных расходов воды малых водотоков, поскольку гидрологический пост ГМС Большое Леприндо расположен непосредственно ниже озера Большое Леприндо, вследствие чего гидрологический режим реки сильно отличается от водотоков, не вытекающих из озера. В частности, у рек, вытекающих из озер обычно бывают более низкие коэффициенты вариации основных гидрологических характеристик вследствие естественного регулирующего воздействия, оказываемого озерами. Что касается гидрологического поста на р. Чара в с. Чара, то здесь она является средней рекой и также в меньшей степени годится для расчета стока малых рек. Поэтому, в качестве расчетного коэффициента дружности использовано значение, полученного по гидрологическому посту р. Нирунгнакан – пос. Удокан $K_0 = 0.0139$.

Для оценки расчета слоя стока весеннего половодья нужных обеспеченностей по данным наблюдений на реках-аналогах использованы значения среднего многолетнего слоя стока весеннего половодья. Они меняются от 99 до 173 мм. В качестве расчетного использовано его среднее арифметическое значение, равное 139 мм. Коэффициент вариации слоя стока половодья рек-аналогов меняется от 0,40 до 0,52. Следует подчеркнуть, что его значение 0,40 соответствует р. Чара – ГМС Большое Леприндо, где сток имеет высокую естественную зарегулированность озерами. Значение 0,41 соответствует р. Чара – с. Чара, где река имеет значительно большую площадь водосбора, а с увеличением площади водосбора коэффициенты вариации обычно уменьшаются вследствие увеличения асинхронности наступления разных по водности лет в разных частях бассейна. Поэтому было взято значение 0,52, соответствующее гидрологическому посту р. Нирунгнакан – пос. Удокан. Соотношение C_s/C_v принято равным 2, соответствующее гидрологическому посту р. Нирунгнакан – пос. Удокан. С использованием данных параметров и трехпараметрического гамма-распределения Крицкого-Менкеля рассчитаны слои стока весеннего половодья обеспеченности 0,33, 1, 5 и 10 %, а с их помощью соответствующие максимальные расходы воды исследуемых водотоков для весеннего половодья (таблица 6.7).

Таблица 6.7 – Максимальные расходы воды весеннего половодья м³/с

Название водотока	F, км²	δ	δ1	δ2	Слой стока весеннего половодья (мм) обеспеченностью (%)				Максимальные расходы воды весеннего половодья (м³/с) обеспеченностью (%)			
					0,33	1	5	10	0,33	1	5	10
Водоток № 1 1698км, пк9, 9м	3.34	1.00	0.54	0.56	407	359	275	236	3.30	2.83	2.01	1.65
Водоток № 2 1699, пк8, 9м	4.06	0.63	0.51	0.67	407	359	275	236	2.79	2.39	1.70	1.40
Водоток № 3 1701, пк2, 10м	3.73	0.71	0.50	0.72	407	359	275	236	3.10	2.66	1.90	1.56
Чара 1713, пк6, 21м	2820	0.83	0.54	0.88	356	321	258	227	984	861	642	542
Водоток № 5 1715, пк2, 0м	1,24	0.63	0.52	0.79	407	359	275	236	1.16	1.00	0.71	0.58
Водоток № 6 1716, пк5, 60м	3.19	0.20	0.68	0.72	407	359	275	236	1.04	0.89	0.64	0.52
Верхний Сакукан	452	0.56	0.55	0.67	407	359	275	236	145	124	89	73

Для расчета максимальных расходов воды дождевых паводков определены основные гидрографические параметры реки (рисунок 6.8 – 6.9, таблица 6.8).

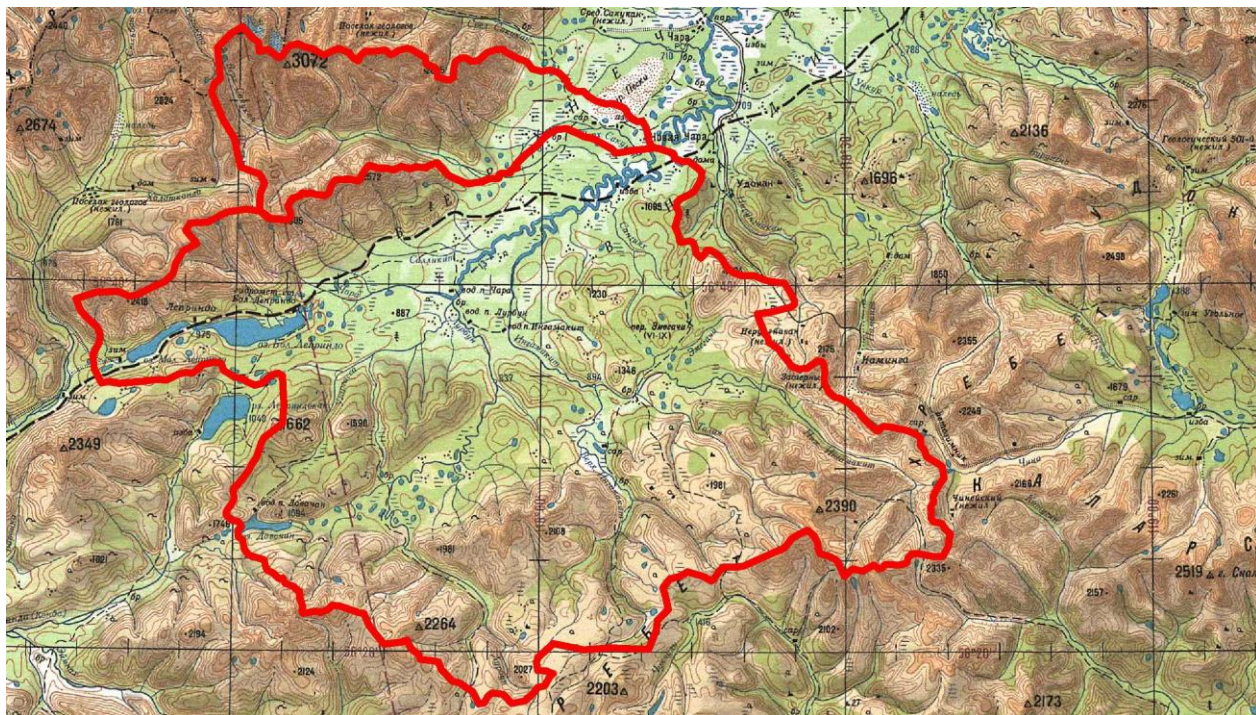


Рисунок 6.9 – Гидрографическая схема водосборов водотоков № 1-3 и № 5-6

Таблица 6.8 - Гидрографические параметры

Название водотока	Длина, км	Площадь водосбора, км ²	Средний уклон водосбора, ‰	Уклон водотока, ‰
Водоток № 1	2.3	3.34	48.4	28.2
Водоток № 2	5.1	4.06	48.8	33.4
Водоток № 3	4.3	3.73	22.4	26.7
Водоток № 5	0,9	1,24	10,9	5,7
Водоток № 6	1,9	3,19	42,6	26,3

Все водотоки, кроме рек Чара и Верхний Сакукан имеют площадь водосбора менее 200 км². Согласно действующему СП33-101-2003 расчеты максимального расхода воды определялись по формуле предельной интенсивности стока (формула III типа):

$$Q_P = q'_{1\%} \varphi H_{1\%} \delta \lambda_P F \quad (6.6)$$

где F – площадь водосбора;

P – процент обеспеченности;

λ_P – переходный коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$ к максимальным расходам другой вероятности превышения: для данной территории: $\lambda_{0.33\%}=1,37$; $\lambda_{5\%}=0,7$; $\lambda_{10\%}=0,56$;

δ - параметр, учитывающий снижение модуля максимального стока водоемами;

$H_{1\%}$ - суточный слой осадков вероятностью превышения 1 %, равный для данной территории 55 мм.

φ - сборный коэффициент стока, который определяется по формуле:

$$\varphi = c_2 \frac{\varphi_0}{(F + 1)^{n_6}} \left(\frac{i_{\epsilon}}{50}\right)^{n_5} \quad (6.7)$$

где c_2 – эмпирический коэффициент, для данной территории принимаемый равным 1,2;

φ_0 – сборный коэффициент стока для водосбора с площадью $F = 10$ км² и средним уклоном 50 ‰. для данной территории равен 0,28;

n_5 – показатель степени, принимаемый для данной территории 0,65;

n_6 – показатель степени редукции, который для данной территории принимается равным 0,07;

i_{ϵ} – средний уклон водосбора, определяемый по топографической карте;

$q'_{1\%}$ – модуль максимального стока обеспеченностью 1 ‰, выраженный в долях от произведения $\varphi H_{1\%}$.

Для определения последней характеристики нужны еще некоторые параметры:

$\tau_{ск}$ – величина склонового добега в минутах, которая для горной территории принимается равной 10 мин.

Далее определяется гидроморфологическая характеристика русла реки Φ_P :

$$\Phi_P = \frac{1000 L}{m_P i_P^m F^{1/4} (\varphi H_{1\%})^{1/4}} \quad (6.8)$$

где L – длина реки, км;

i_P – уклон русла, определяемый по карте рельефа;

m_P и m — гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока, определяемый по таблице 6.8.

Таблица 6.9 - Определение гидравлического параметра русла
[СП 33-101-2003]

Характеристика русла и поймы	m	m_p , м/мин
Реки и водотоки со средними уклонами $I_p < 35 \text{ ‰}$; чистые русла постоянных равнинных рек; русла периодически пересыхающих водотоков (сухих логов)	1/3	11
Извилистые, частично заросшие русла больших и средних рек; периодически пересыхающие водотоки, несущие во время паводка большое количество наносов	1/3	9
Сильно засоренные и извилистые русла периодически пересыхающих водотоков	1/3	7
Реки и периодически пересыхающие водотоки со средними уклонами $I_p \geq 35 \text{ ‰}$	1/7	10

Далее величина $q'_{1\%}$ определяется по таблице 6.8 в зависимости от величин Φ_p и $\tau_{ск}$.

Таблица 6.10 - Определение величины $q'_{1\%}$ в зависимости от Φ_p и $\tau_{ск}$

Φ_p	$\tau_{ск}$					
	10	30	60	100	150	200
0	0,42	0,23	0,14	0,093	0,069	0,056
1	0,38	0,22	0,13	0,090	0,068	0,055
5	0,30	0,18	0,12	0,082	0,064	0,052
10	0,22	0,15	0,10	0,076	0,059	0,050
20	0,13	0,10	0,079	0,062	0,052	0,044
30	0,090	0,076	0,064	0,052	0,045	0,038
40	0,068	0,061	0,052	0,045	0,039	0,034

Φ_p	$\tau_{ск}$					
	10	30	60	100	150	200
50	0,055	0,050	0,044	0,039	0,034	0,030
60	0,046	0,042	0,038	0,035	0,030	0,027
70	0,038	0,036	0,033	0,031	0,027	0,025
80	0,034	0,032	0,030	0,028	0,025	0,023
90	0,030	0,029	0,027	0,025	0,023	0,021
100	0,027	0,026	0,024	0,023	0,021	0,020
150	0,018	0,018	0,017	0,016	0,016	0,015
200	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012
250	0,010	0,010	0,010	0,010	0,0098	0,0096
300	0,0084	0,0082	0,0081	0,0081	0,0079	0,0078

Рассчитанные значения всех параметров представлены в таблице 6.11.

Таблица 6.11 – Значения расчетных параметров для оценки максимальных расходов воды

Название водотока	φ	$H1\%$	m_p	m	$t_{ск}, мин$	Φ_p	q'
Водоток № 1	0.30	55	10	0.143	10	31.0	0.088
Водоток № 2	0.30	55	10	0.143	10	61.6	0.045
Водоток № 3	0.18	55	10	0.143	10	65.1	0.042
Водоток № 5	0,12	55	10	0.143	10	32,3	0,085
Водоток № 6	0,27	55	10	0.143	10	26,9	0,102

С их помощью вычислены максимальные расходы, используя формулу предельной интенсивности (таблица 6.12).

Таблица 6.12 - Максимальные расходы воды (м³/с) дождевых паводков

Название водотока	Обеспеченности, %			
	0,33	1	5	10
Водоток № 1	6.56	4.79	3.35	2.68
Водоток № 2	4.04	2.95	2.06	1.65
Водоток № 3	2.11	1.54	1.08	0.86
Водоток № 5	0,94	0,68	0,48	0,38
Водоток № 6	5,05	3,69	2,58	2,07

Максимальные расходы воды для р. Чара и Верхний Саукан вычислялись по редуционной формуле I типа (СПЗЗ-101-2003):

$$Q_{p\%} = q_{p\%a} \varphi_m (\delta \delta_2 / \delta_a \delta_{2a}) F \quad (6.9)$$

где $q_{p\%a}$ - максимальный модуль стока реки-аналога ежегодной вероятности превышения P (%);

F – площадь водосбора;

φ_m – коэффициент, учитывающий редуцию максимального модуля стока дождевого паводка с увеличением площади водосбора;

δ , δ_2 - коэффициенты, учитывающие влияние озер, болот на максимальные расходы воды. Болота в бассейне данной реки отсутствуют, а озерность составляет менее 0,1 %, поэтому величины данных коэффициентов приняты равными 1.

Величина φ_m рассчитывается в зависимости от значения коэффициента η_ϕ , представляющего соотношение коэффициентов формы водосбора исследуемой реки и реки-аналога:

$$\eta_\phi = LF_a^{0,56}/L_a F^{0,56} \quad (6.10)$$

где L и L_a — гидрографическая длина водотока для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км. При $\eta_\phi < 1,5$ расчетное значение коэффициента φ_m определяют по следующей формуле:

$$\varphi_m = (F_a/F)^n \quad (6.11)$$

где n — степенной коэффициент, отражающий редукцию максимального модуля стока дождевого паводка $q_{1\%}$ с увеличением площади водосбора, для исследуемого района с учетом данных рек-аналогов принятый равным 0,7.

Параметры максимальных расходов воды для рек-аналогов представлены в таблице 6.13.

Таблица 6.13 – Параметры максимальных расходов воды для рек-аналогов представлены

Река	Пост	F , км ²	$Q_{ср макс}$	Cv	$Q_{max 1\%}$	$q_{max 1\%}$
Чара	ГМС Большое Леприндо	241	17,8	0,58	50,2	208
Чара	с. Чара	4150	630	0,62	2620	632
Нирунгнакан	пос. Удокан	199	43,4	1,14	227	1143

В качестве основного аналога принят пост на р. Чара – с. Чара. Кривая обеспеченности максимальных расходов воды дождевых паводков для него представлена в приложении А.

Полученные результаты приведены в таблице 6.14

Таблица 6.14 – Максимальные расходы воды дождевых паводков рек Чара и Верхний Сакукан

Название водотока	Максимальные расходы воды			
	0,33 %	1 %	5 %	10 %
Чара	3140	2330	1410	1080
Верхний Сакукан	1810	1350	812	623

Сравнение таблиц 6.7, 6.12 и 6.14 показывает, что расходы воды водотоков № 3 и № 5 формируются в период весеннего половодья, а водотоки № 1-2, № 6, реки Чара и Верхний Сакукан в период дождевого паводка.

Итоговые расчетные значения максимальных расходов воды водотоков представлены в таблице 6.15.

Таблица 6.15 - Максимальные расходы воды (м³/с)

Название водотока	Обеспеченности, %			
	0,33	1	5	10
Водоток № 1	6.56	4.79	3.35	2.68
Водоток № 2	4.04	2.95	2.06	1.65
Водоток № 3	3.10	2.66	1.90	1.56
р. Чара	3140	2330	1410	1080
Водоток № 5	1.16	1.00	0.71	0.58
Водоток № 6	5,05	3,69	2,58	2,07
р. Верхний Сакукан	1810	1350	812	623

6.4 Расчет максимальных уровней воды

Максимальные уровни воды вычислены гидравлическим расчетом с использованием поперечных профилей морфостворов (приложение Б). Расчет осуществлялся в соответствии с формулой Шези-Маннинга.

$$Q = \frac{\omega}{n} h^{2/3} I^{1/2} \quad (6.12)$$

где ω — площадь поперечного сечения русла при отметке уровня H , м²;

n — коэффициент шероховатости, с/м^{0,33};

h — средняя глубина воды в русле, м;

I — уклон водной поверхности.

Для построения кривой расходов необходимо выбрать несколько различных уровней воды. В данном случае уровни выбирались от меженного до верхней границы морфоствора. Для каждой отметки уровня воды по поперечному профилю реки определялись величины площади поперечного сечения и ширины реки B . Средняя глубина русла определяется по уравнению:

$$h = \omega/B \quad (6.13)$$

Коэффициенты шероховатости для русла определялись по таблице Срибного, опубликованной в СП 33-101-2003. Таким образом, получались значения расходов воды, соответствующих каждому из выбранных уровней воды. Помимо расходов воды для каждого выбранного уровня рассчитывались основные морфодинамические параметры русла: ширина, площадь поперечного сечения, средняя глубина и средняя скорость течения (приложение В).

Далее с кривых расходов снимались максимальные расходы воды заданных обеспеченностей и по ним определялись значения уровней воды и скоростей течения, соответствующих данным обеспеченностям.

Результаты расчетов максимальных уровней воды и скоростей течения представлены в таблице 6.16.

Таблица 6.16 – Максимальные уровни воды и скорости течения в русле

Название водотока	Уровень, м абс.				Скорость, м/с			
	0.33%	1%	5%	10%	0.33%	1%	5%	10%
Водоток № 1	771.5	771.4	771.32	771.3	0.5	0.4	0.4	0.4
Водоток № 2	770.7	770.7	770.7	770.6	0.2	0.2	0.2	0.2
Водоток № 3	770.5	770.5	770.4	770.4	0.2	0.2	0.2	0.2
Чара	727.6	726.9	725.7	725.1	1.5	1.4	1.2	1.1
Водоток № 5	725.4	725.2	724.9	724.8	0.09	0.08	0.07	0.07
Верхний Саукан	726.9	726.5	725.9	725.7	1.2	1.1	1.0	0.9

Все проектируемые объекты расположены выше максимальных расчетных уровней обеспеченностью 0,33%, следовательно вероятность затопления отсутствует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования участка Саукан - Новая Чара было выявлено, что железную дорогу пересекают 6 водотоков, один из них является постоянными, это река Чара, остальные водотоки являются временными.

При подготовке выпускной квалификационной работы был выполнен сбор и анализ исходной информации – данных по максимальным расходам, слоям весеннего половодья и максимальных расходов дождевых паводков по рекам-аналогам. Использованы 3 гидрологических поста, которые отвечают требованиям, предъявляемых к аналогам.

Для выбранных постов выполнена оценка однородности рядов максимального стока. Выполнена оценка основных статистических характеристик и их погрешностей. Относительные погрешности средних значений и коэффициентов вариации в исследуемых рядах максимальных расходов и слоев половодья и паводков не превышают допустимых.

Построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей, рассчитаны максимальные расходы стока различной обеспеченности рек-аналогов.

Все гидрологические расчеты проведены в соответствии с требованиями СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик».

Для каждого из водотоков предоставлены основные гидрологические характеристики, рассчитаны максимальные расходы воды весеннего половодья и дождевого паводка, а также максимальные уровни воды.

Полученные уточненные гидрологические характеристики для водотоков пересекающих железнодорожные пути были использованы для проектирования искусственных сооружений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
2. Гидрологические ежегодники. Том 8. Вып. 0-7 Бассейн Лена (среднее и нижнее течение) – Л.: Гидрометеиздат, 1940 - 2012 гг.
3. Государственный водный кадастр. Том 1. Вып. 16. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши – Л.: Гидрометеиздат, 1985 г.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 17. Основные гидрологические характеристики. – Л.: Гидрометеиздат, 1979
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Монография. Т. 17. Бассейн Лена (среднее и нижнее течение). – Л.: Гидрометеиздат, 1972.
5. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. – М.: Госстрой России, 2004. – 74 с.
6. Определение расчётных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14-83. – М.: Стройиздат, 1985. – 35 с.
7. Национальный атлас России. – М.: Федеральное агентство геодезии и картографии, 2004;
8. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.
9. Рекомендации по статистическим методам анализа однородности пространственно-временных колебаний речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 78 с.
10. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.
11. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 2, часть 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1978.

12. Технический отчет по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям 5629-ИИГМ «Трансэлектропроект» - филиал АО «Росжелдорпроект, 2016 г. – 236 с.

13. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. СП 47.13330.2012. – М.: Госстрой России, 2013. – 110 с.

14. Свод правил. Строительная климатология. СП 131.13330.2012. – М.: Минрегион России, 2012. – 116 с.

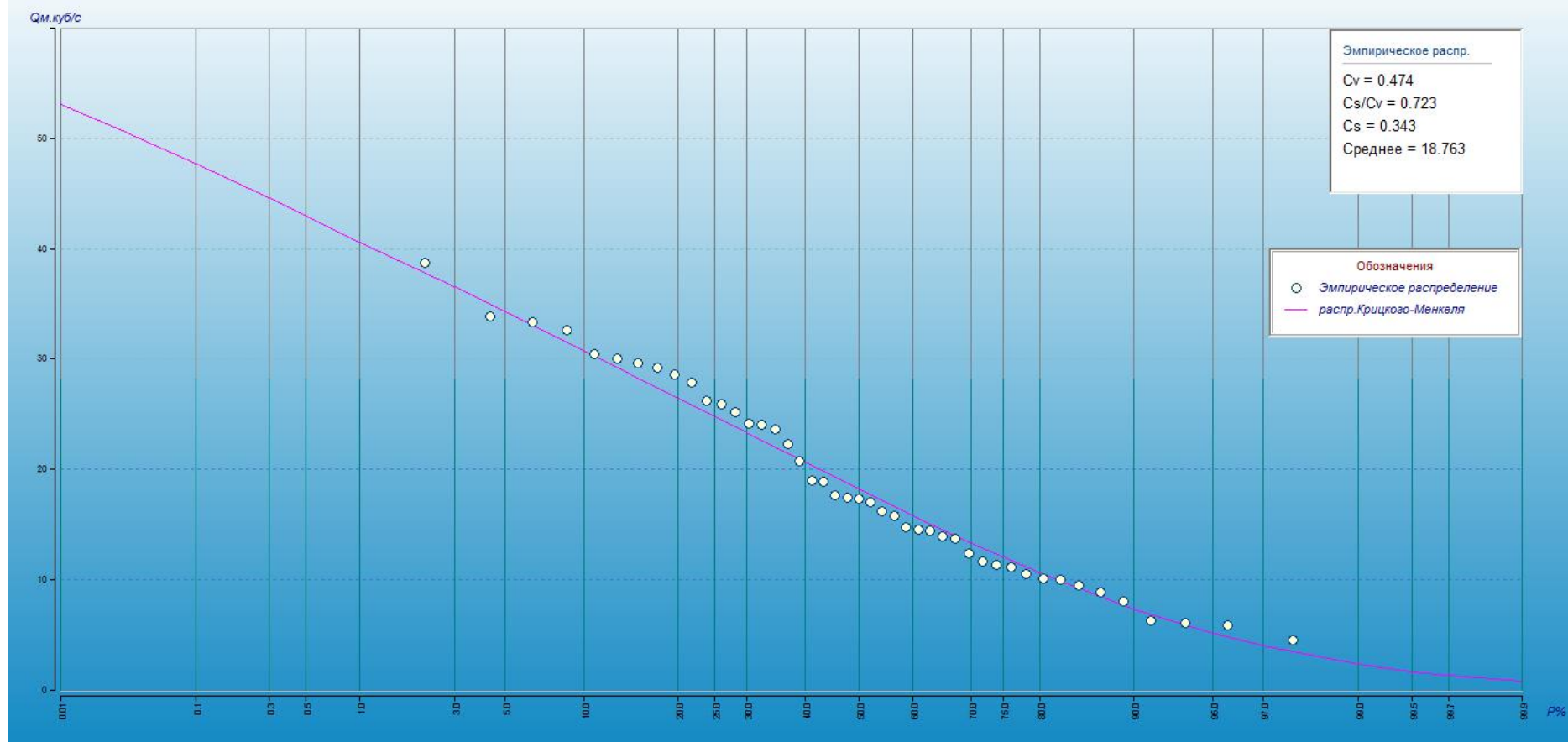
15. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. СП 11-103-97. – М.: Госстрой России, 1997. – 36 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Кривые обеспеченности максимальных расходов и слоев весеннего половодья для рек-аналогов

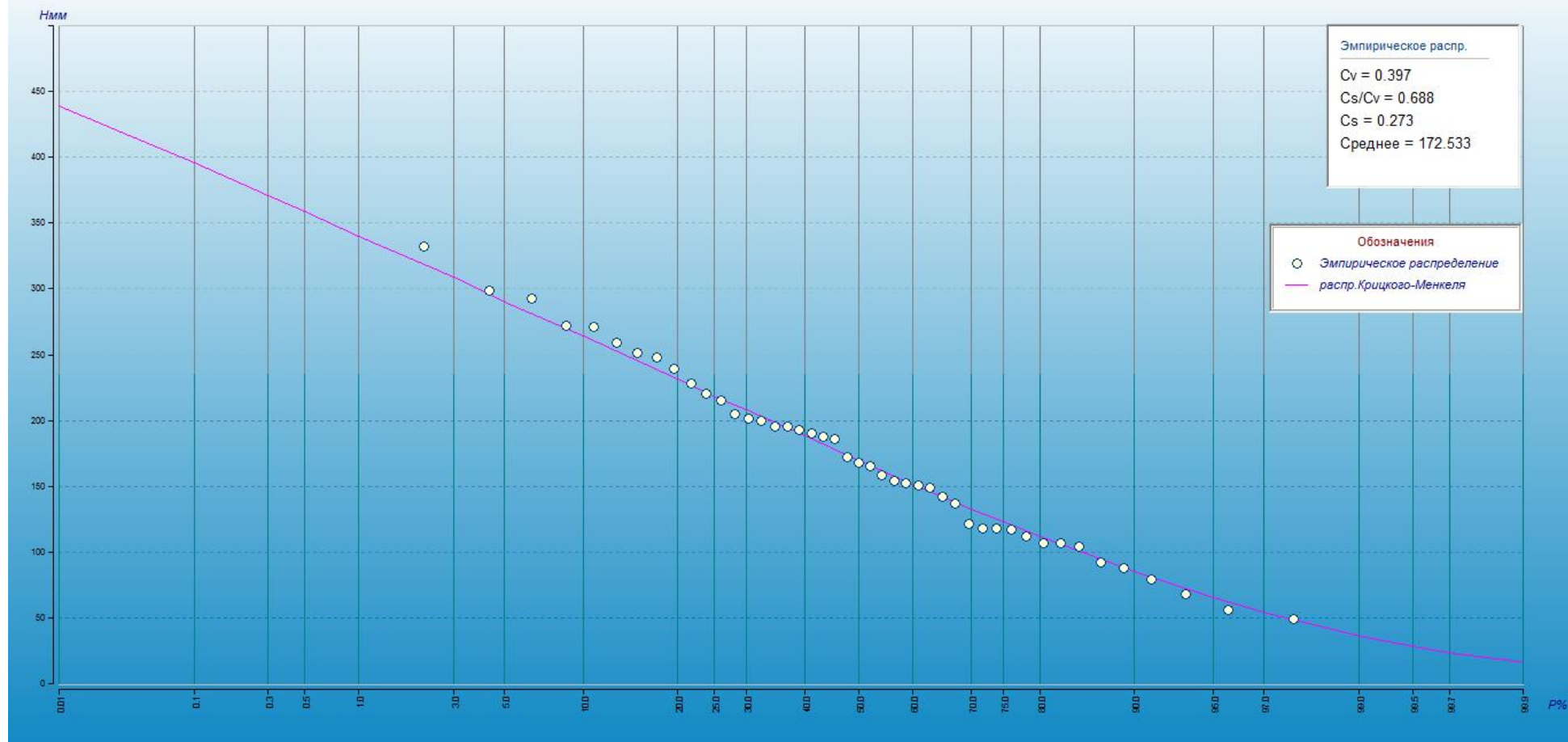
Кривая обеспеченности максимальных расходов воды весеннего половодья р. Чары ГМС Большое Леприндо

График эмпирического и аналитического распределения



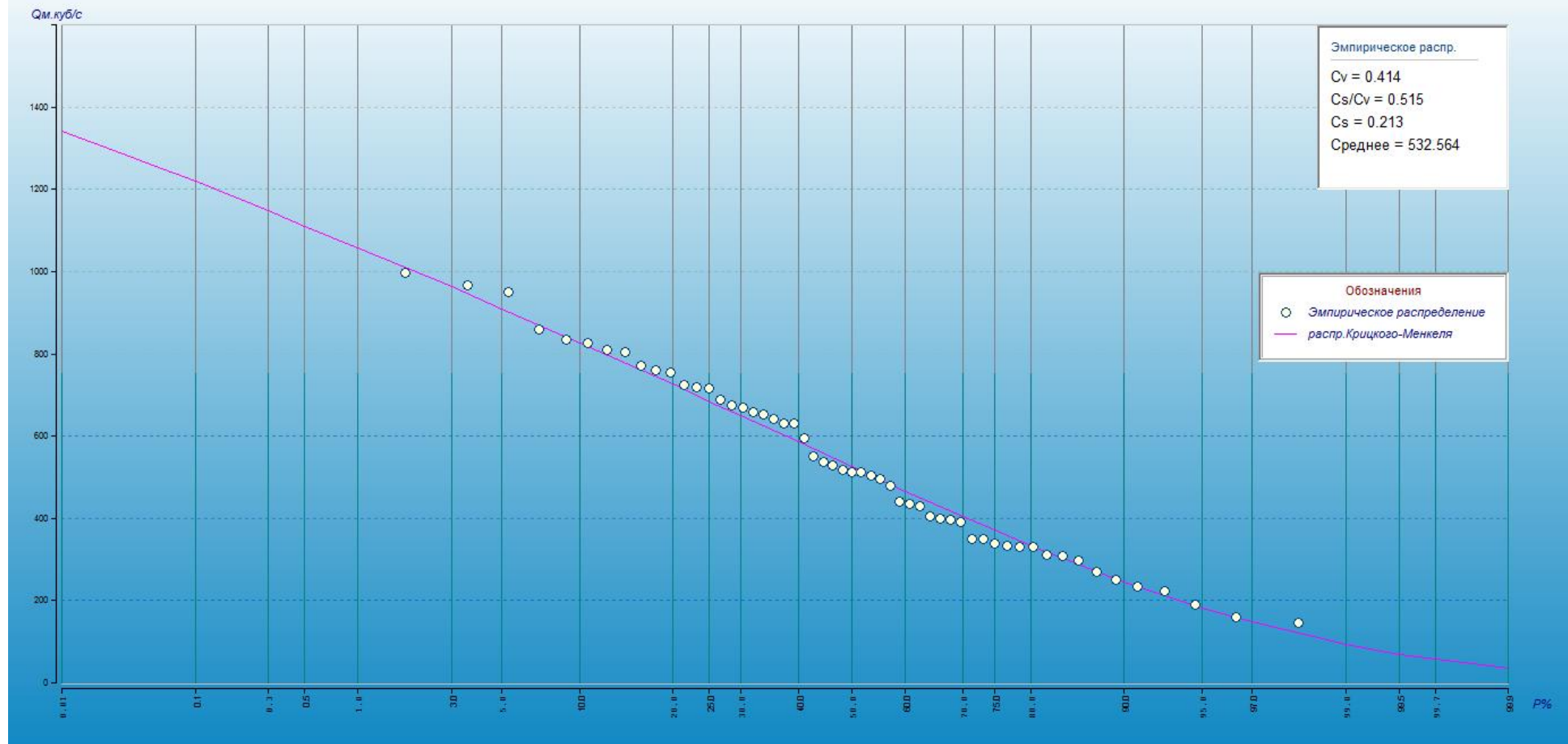
Кривая обеспеченности слоя стока воды весеннего половодья р. Чары ГМС Большое Леприндо

График эмпирического и аналитического распределения



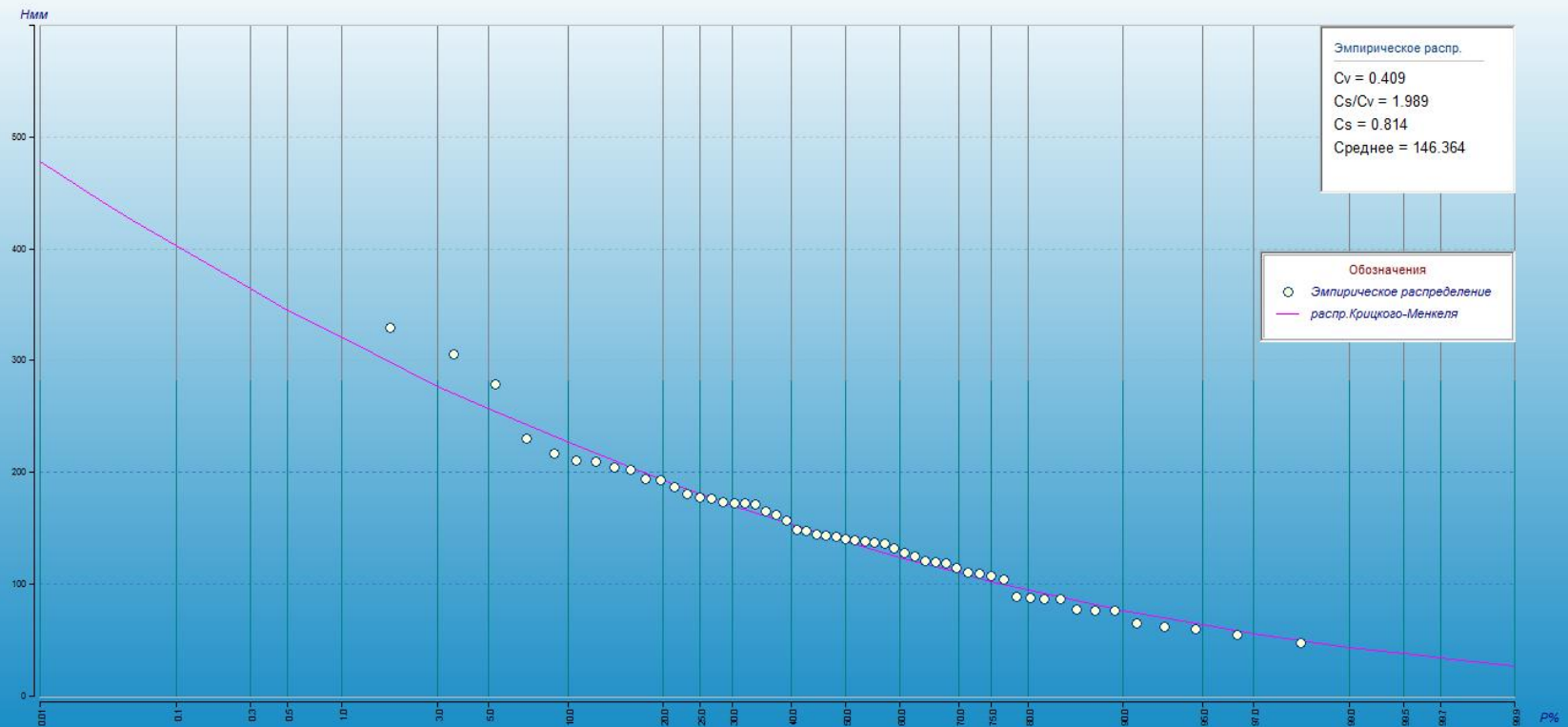
Кривая обеспеченности максимальных расходов воды весеннего половодья р. Чары с. Чара

График эмпирического и аналитического распределения



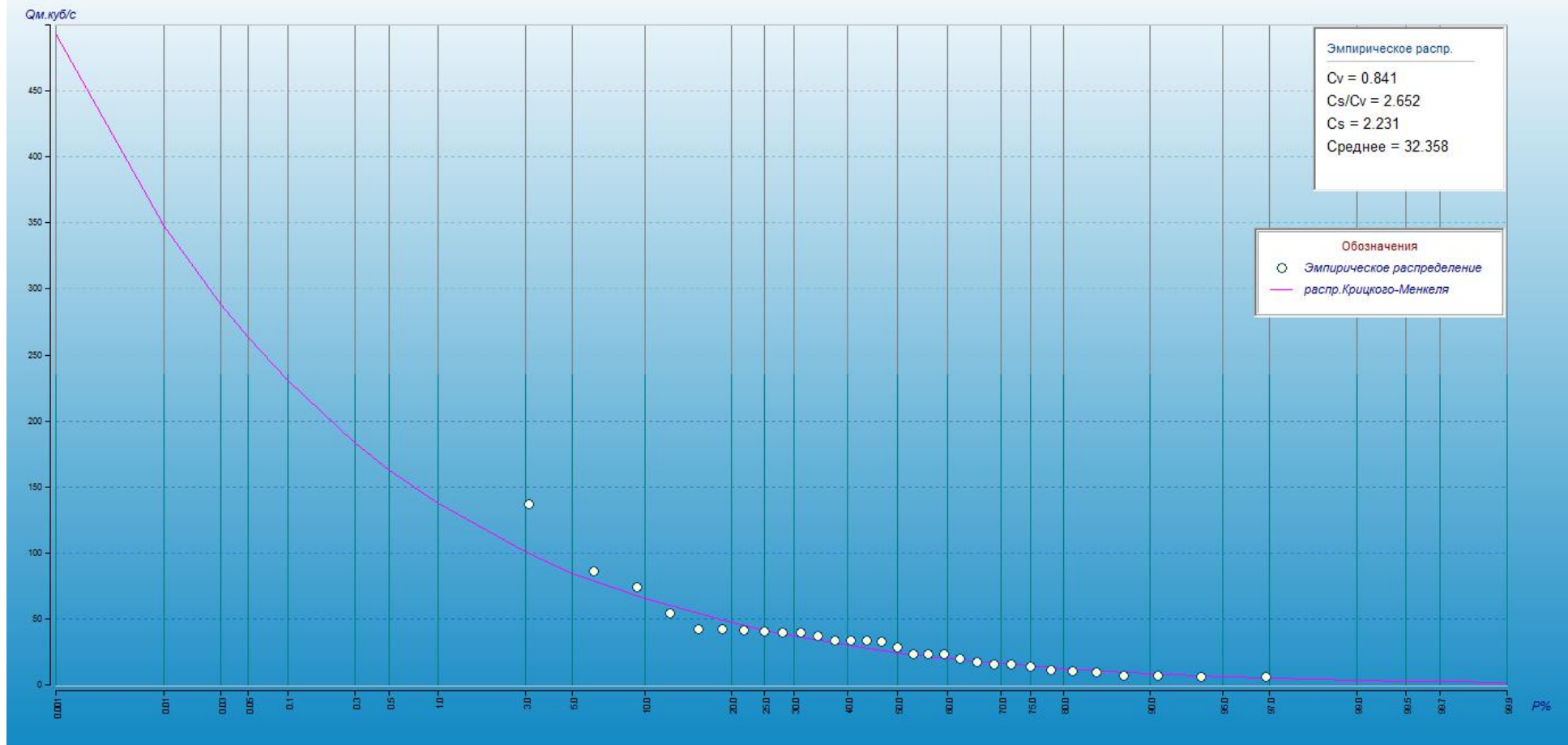
Кривая обеспеченности слоя стока воды весеннего половодья р. Чары с. Чара

График эмпирического и аналитического распределения



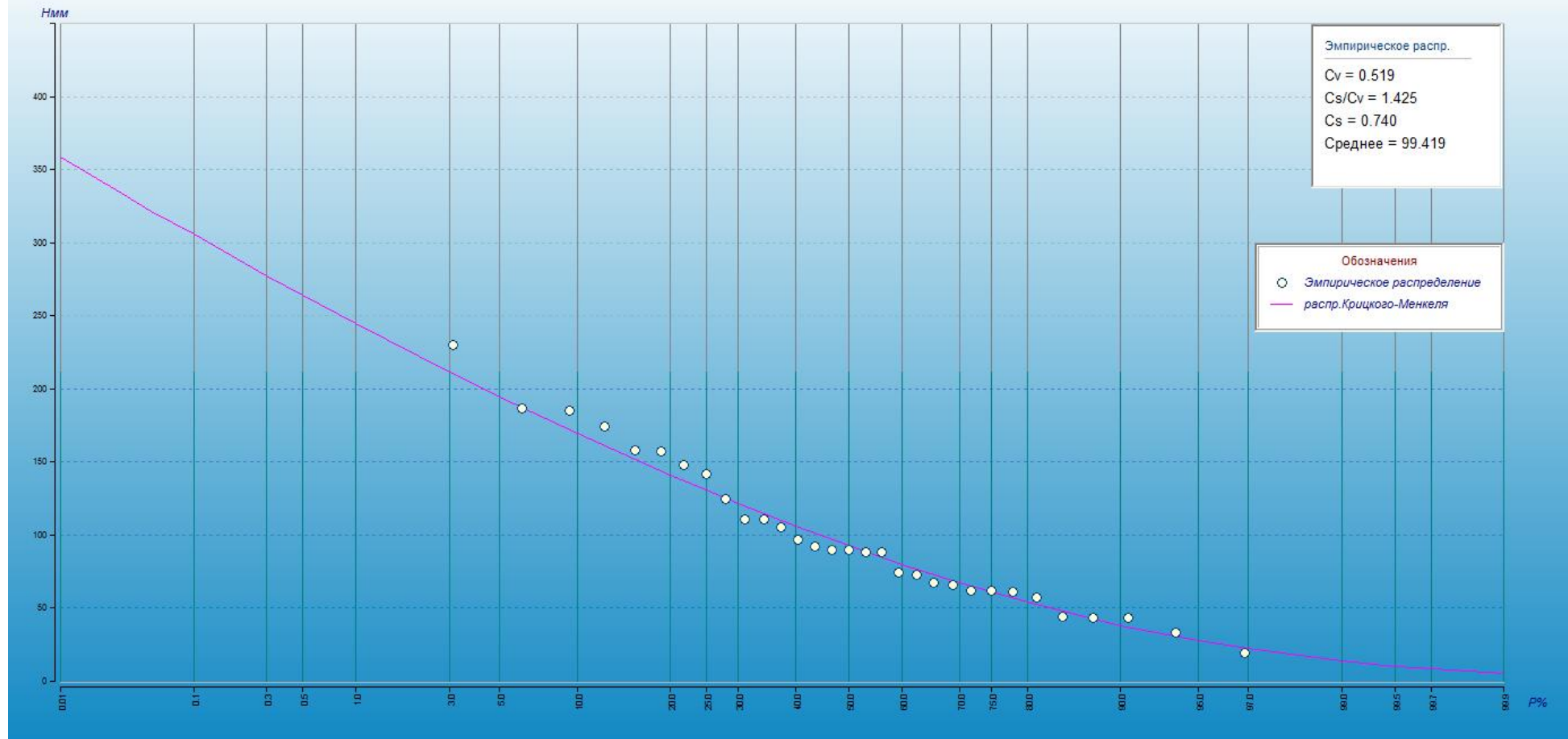
Кривая обеспеченности максимальных расходов воды весеннего половодья р. Нирунгнакан пос. Удокан

График эмпирического и аналитического распределения



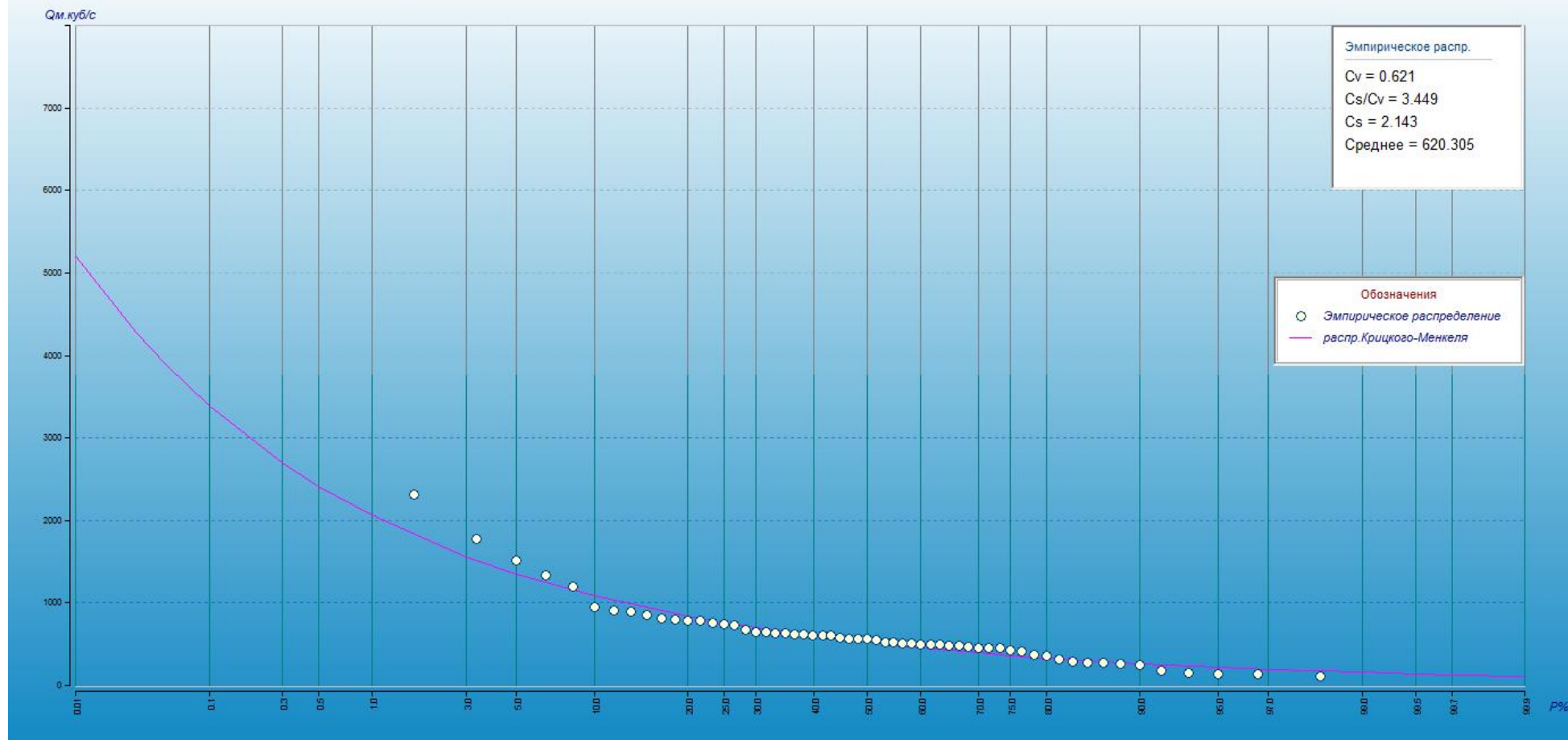
Кривая обеспеченности слоя стока воды весеннего половодья р. Нирунгнакан пос. Удокан

График эмпирического и аналитического распределения

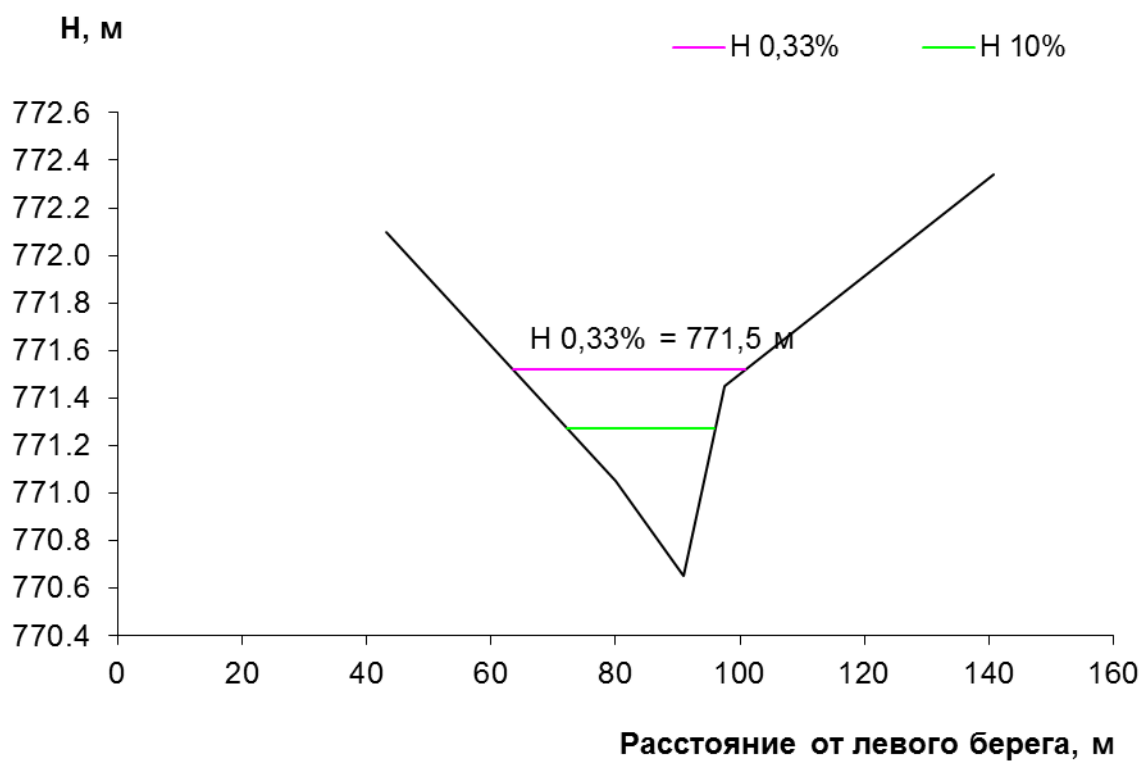


Кривая обеспеченности максимальных расходов воды дождевых паводков р. Чара с. Чара

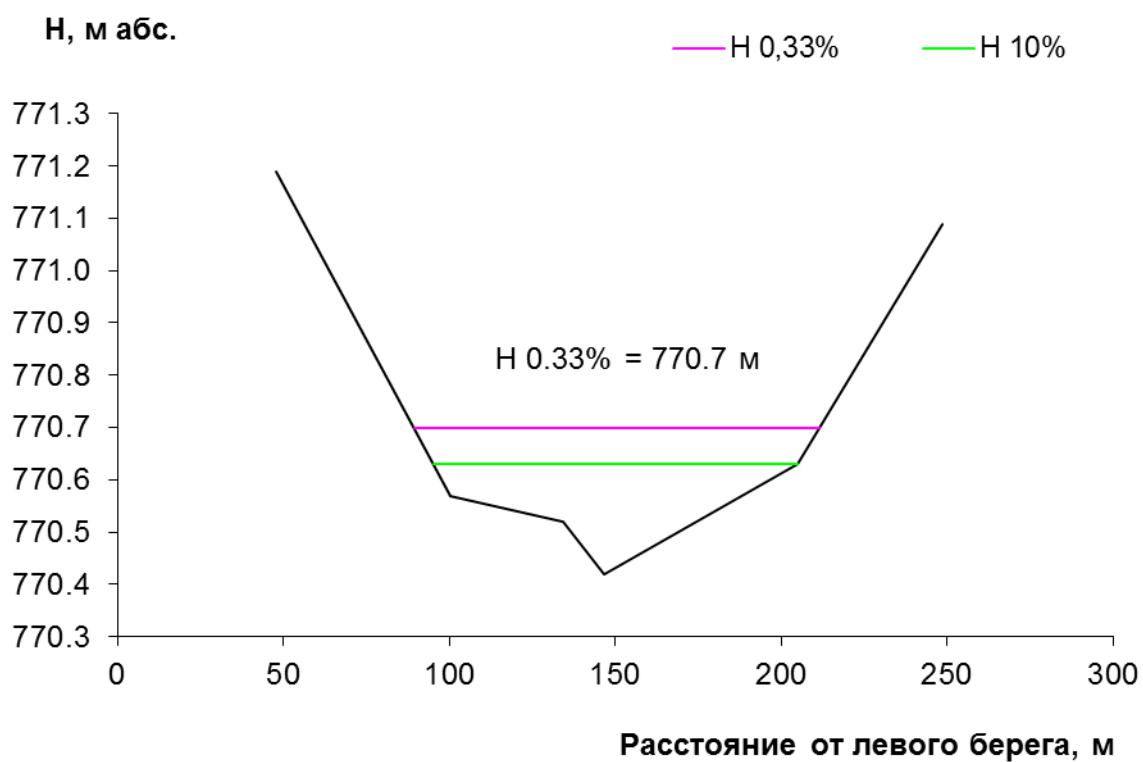
График эмпирического и аналитического распределения



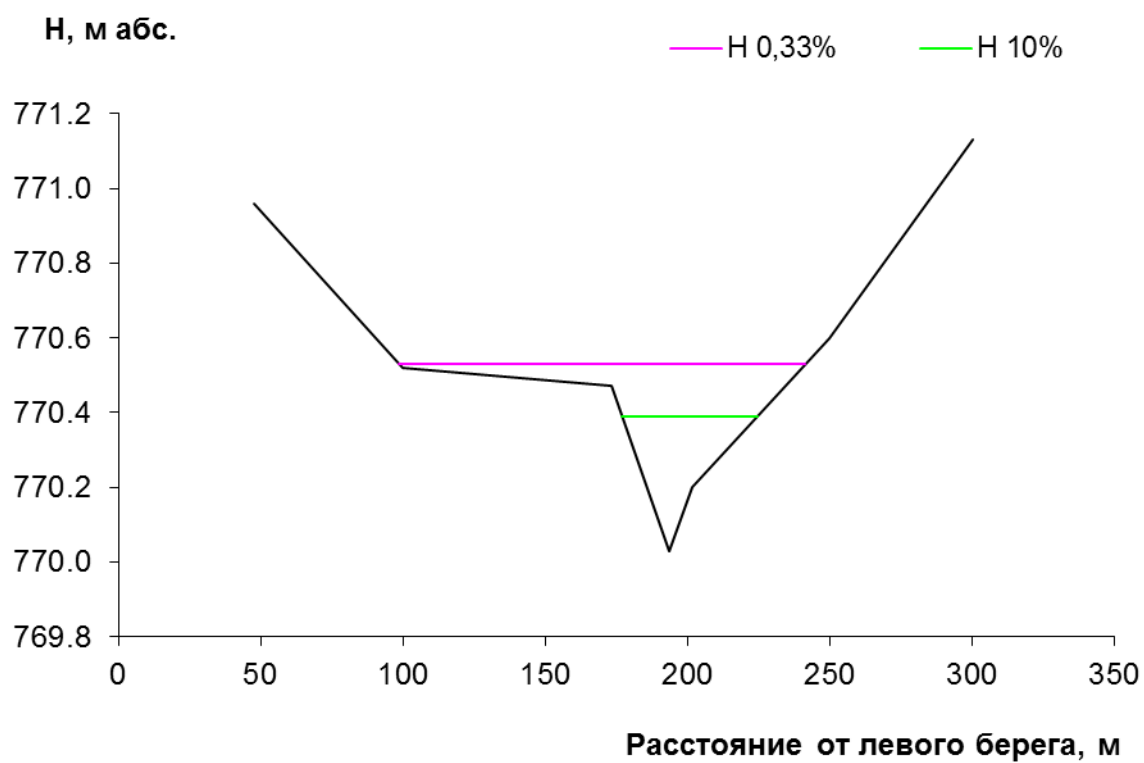
ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Морфостворы водотоков
Водоток № 1



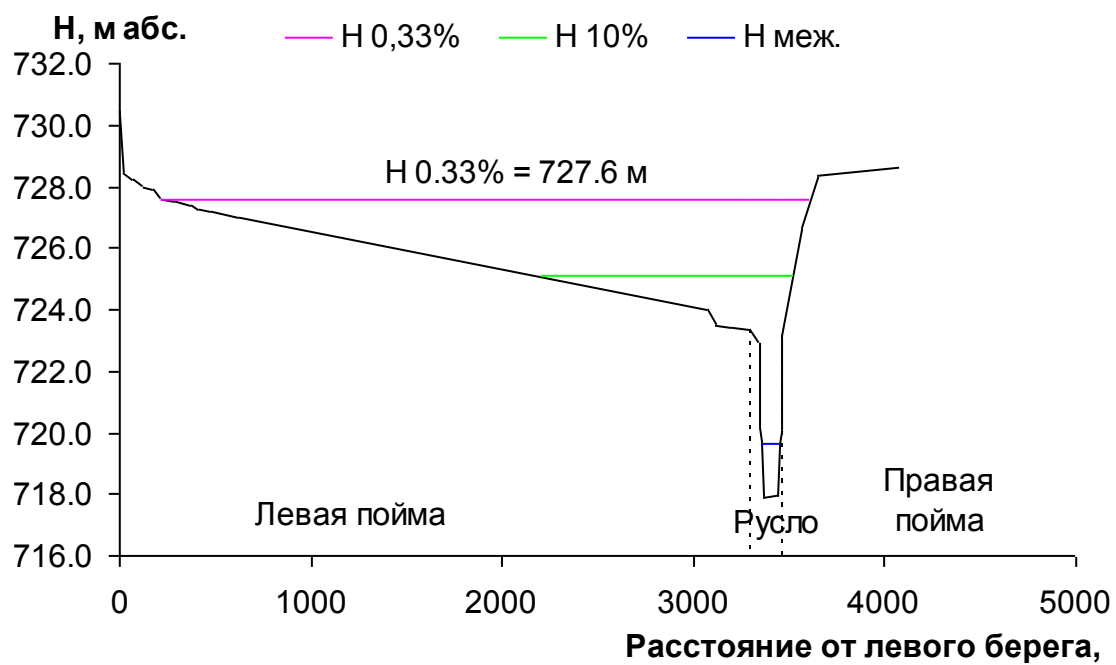
Водоток № 2



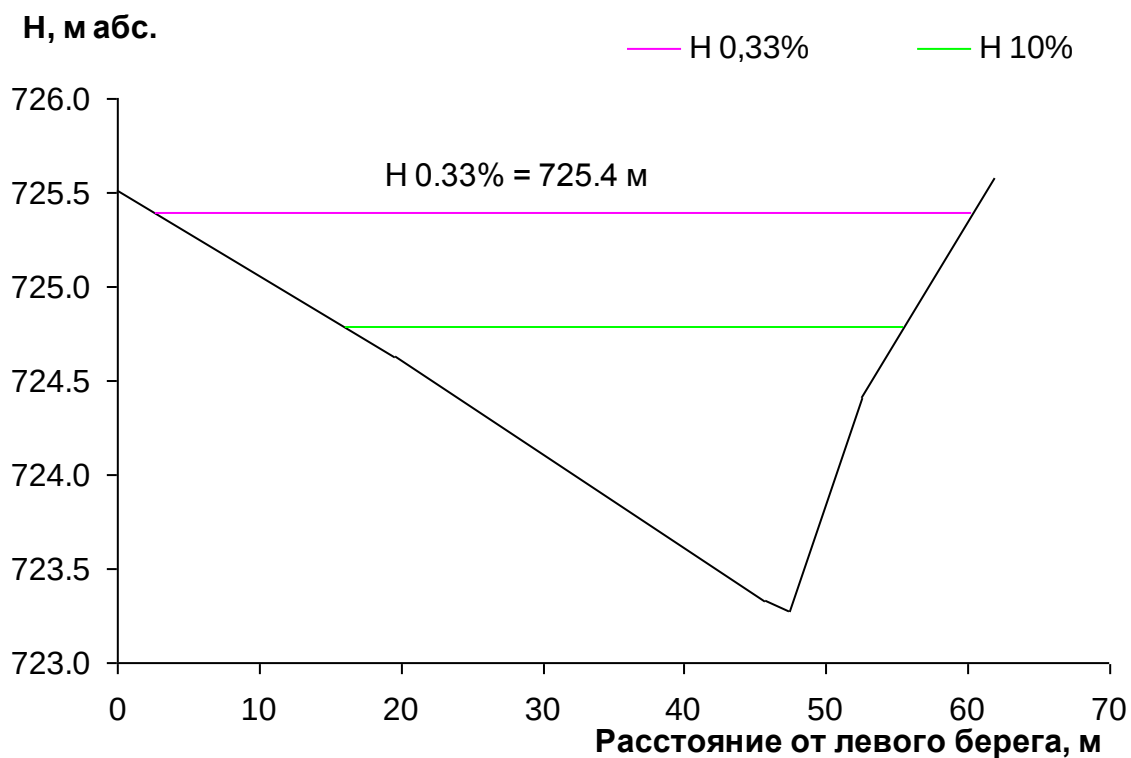
Водоток № 3



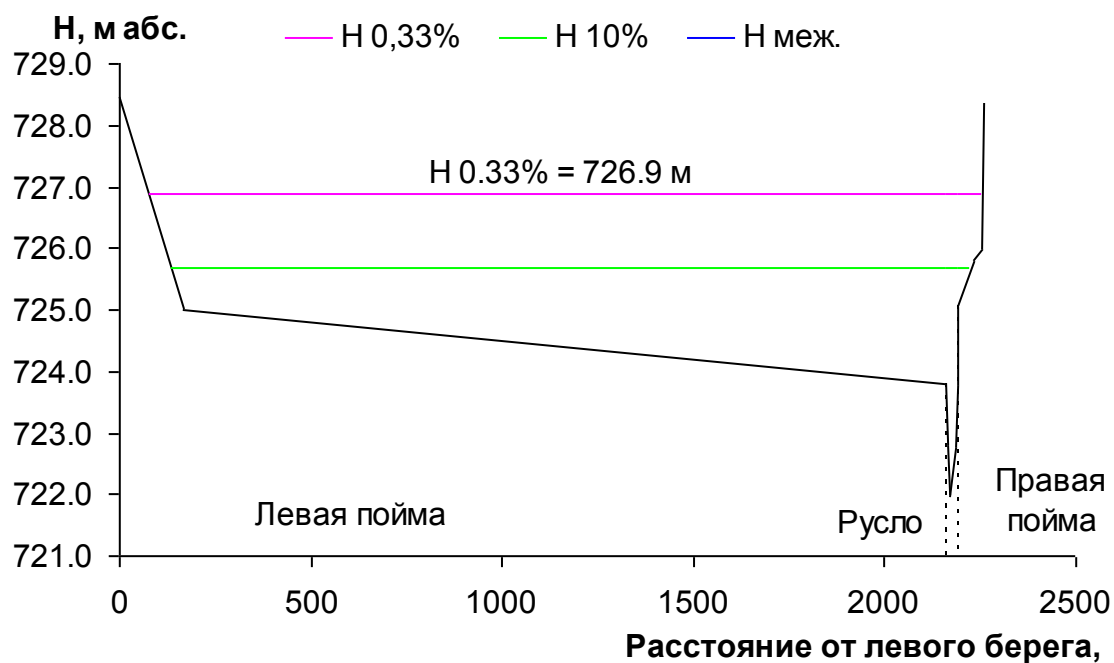
Водоток № 4 (река Чара)



Водоток № 6



Река Верхний Сакукан



ПРИЛОЖЕНИЕ В

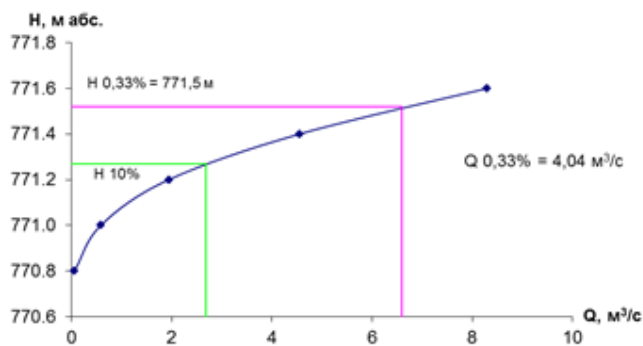
Кривые расходов

Морфодинамические характеристики водотока № 1

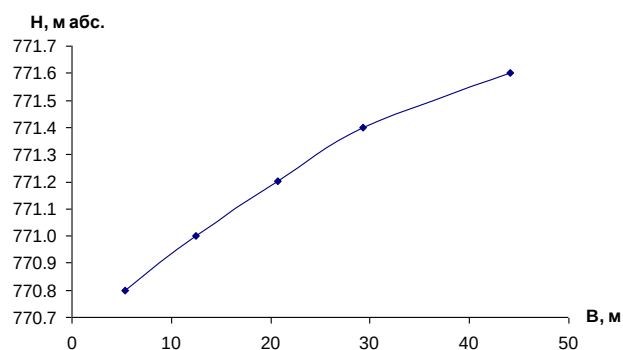
H , м абс.	B , м	w , м ²	$h_{ср}$, м	C , м ^{1/2} /с	V , м/с	Q , м ³ /с
770.8	5.3	0.40	0.1	4.64	0.2	0.062
771.0	12.4	2.17	0.2	5.34	0.3	0.59
771.2	20.7	5.46	0.3	5.72	0.4	1.94
771.4	29.3	10.5	0.4	6.02	0.4	4.55
771.6	44.0	17.6	0.4	6.13	0.5	8.30
771.8	60.8	28.1	0.5	6.28	0.5	14.6

Кривые зависимости расходов воды (а), ширины русла (б), площади поперечного сечения (в), средней глубины (г) и скорости течения (д) от уровня воды

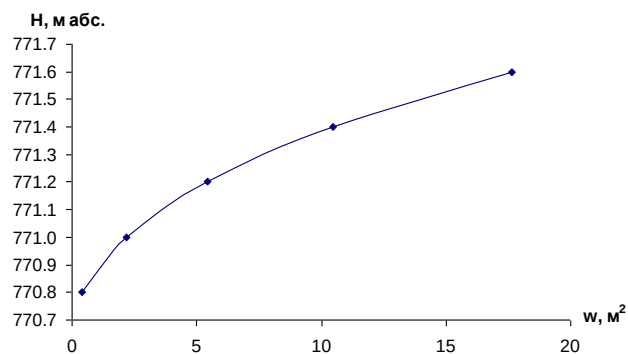
а



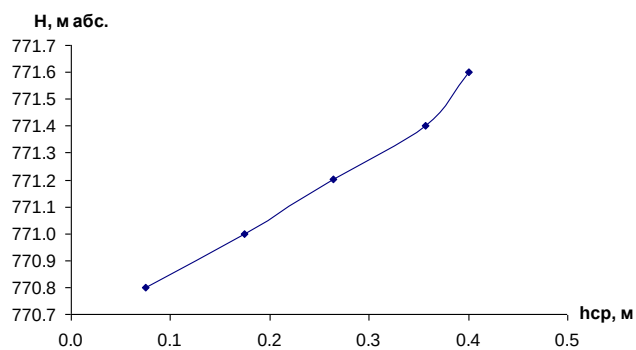
б



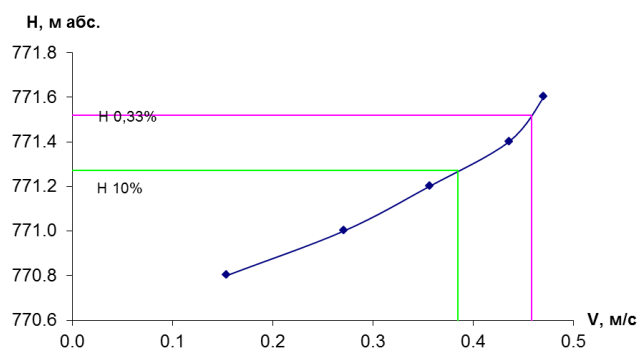
в



г



д

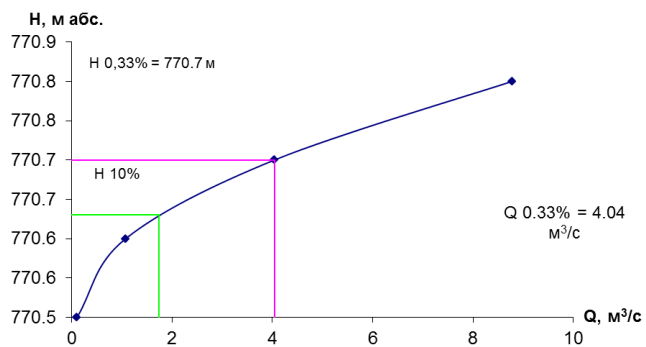


Морфодинамические характеристики водотока № 2

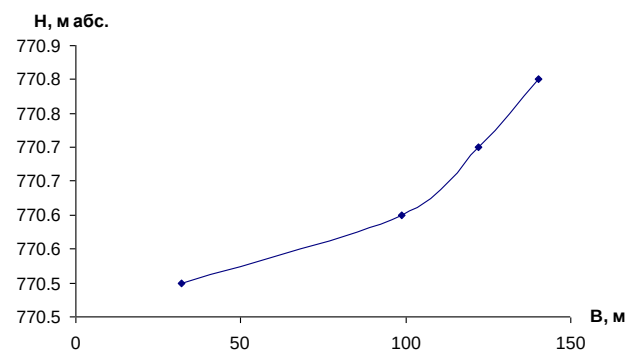
H , м абс.	B , м	w , м ²	h_{cp} , м	C , м ^{1/2} /с	V , м/с	Q , м ³ /с
770.5	31.9	1.28	0.04	4.18	0.1	0.11
770.6	98.6	7.98	0.08	4.70	0.1	1.08
770.7	122	19.2	0.2	5.25	0.2	4.04
770.8	140	32.3	0.2	5.59	0.3	8.78
770.9	158	47.2	0.3	5.84	0.3	15.2

Кривые зависимости расходов воды (а), ширины русла (б), площади поперечного сечения (в), средней глубины (г) и скорости течения (д) от уровня воды

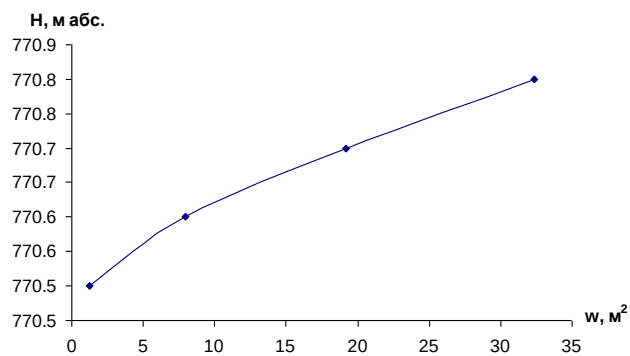
а



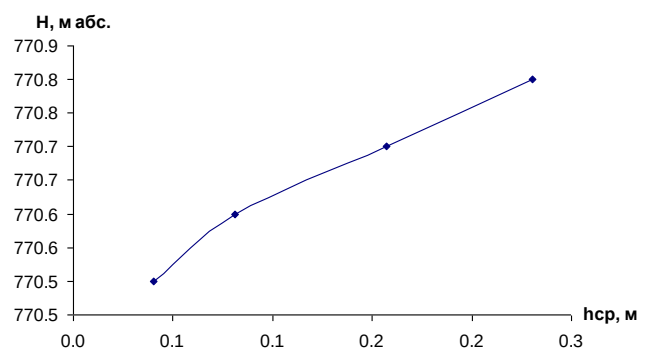
б



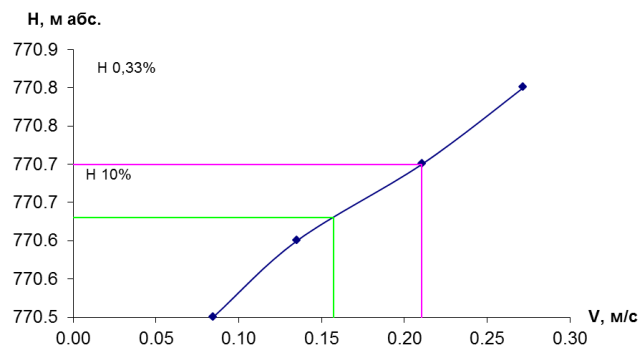
в



г



д

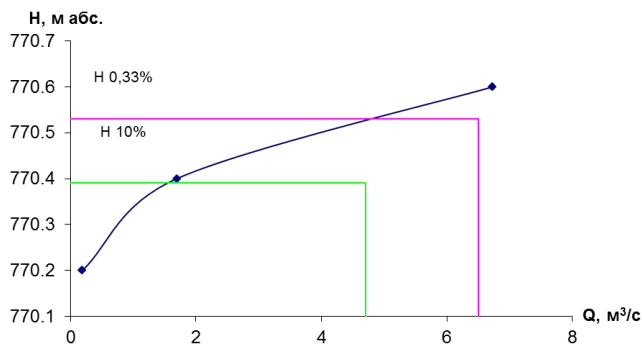


Морфодинамические характеристики водотока № 3

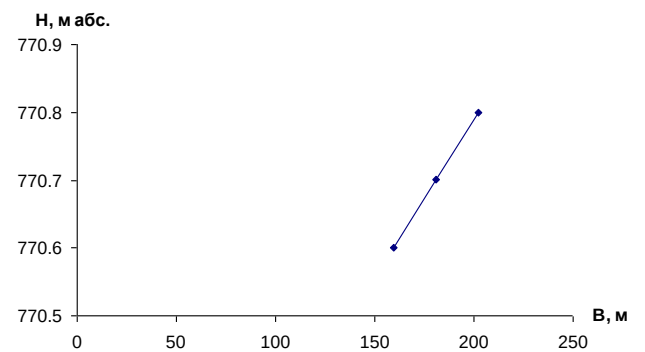
H , м абс.	B , м	w , м ²	h_{cp} , м	C , м ^{1/2} /с	V , м/с	Q , м ³ /с
770.6	160	10.6	0.07	4.54	0.1	1.27
770.7	181	27.6	0.2	5.22	0.2	5.79
770.8	202	46.8	0.2	5.60	0.3	12.9

Кривые зависимости расходов воды (а), ширины русла (б), площади поперечного сечения (в), средней глубины (г) и скорости течения (д) от уровня воды

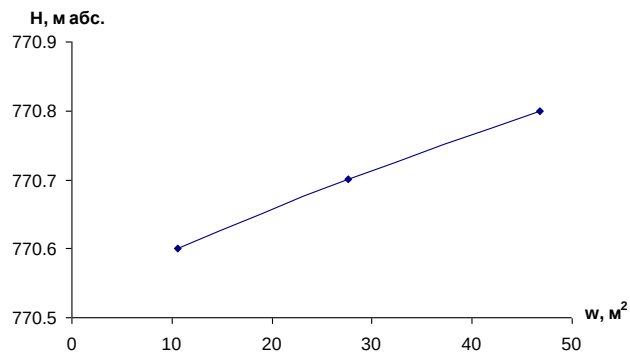
а



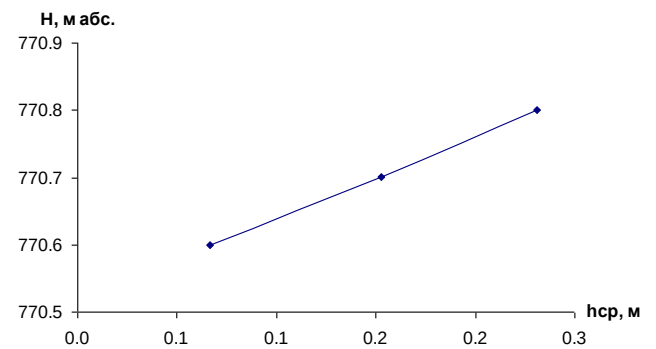
б



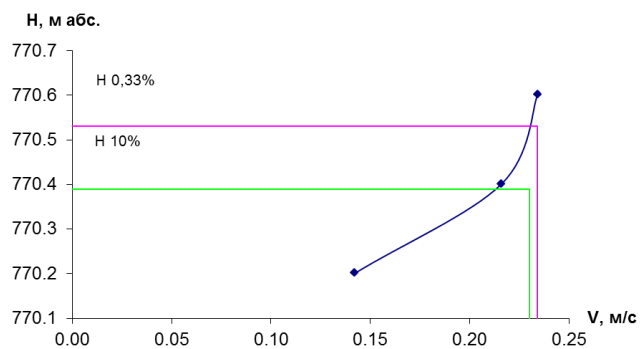
в



г

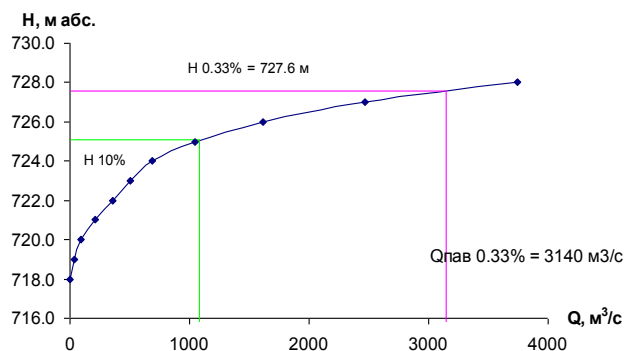


д



Морфодинамические характеристики водотока № 4 (река Чара)

Общая кривая

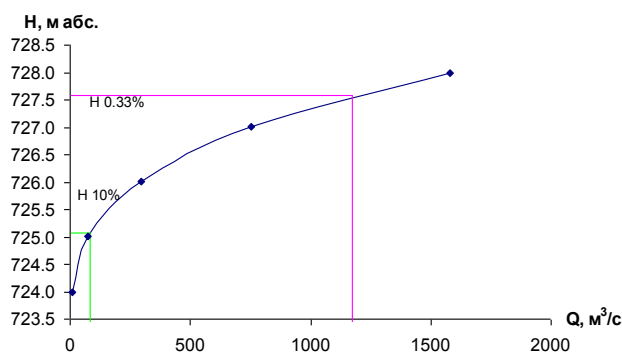


Левая пойма

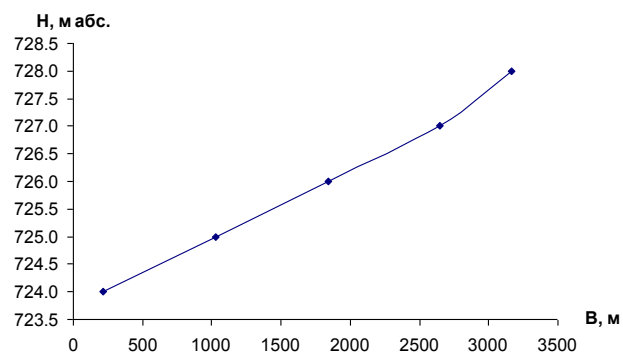
H , м абс.	B , м	w , м ²	h_{cp} , м	C , м ^{1/2} /с	V , м/с	Q , м ³ /с
724.0	218	116	0.5	4.50	0.1	9.28
725.0	1029	740	0.7	4.73	0.1	72.1
726.0	1839	2174	1.2	5.14	0.1	295
727.0	2650	4418	1.7	5.44	0.2	754
728.0	3168	7393	2.3	5.76	0.2	1578

Кривые зависимости расходов воды (а), ширины русла (б), площади поперечного сечения (в), средней глубины (г) и скорости течения (д) от уровня воды

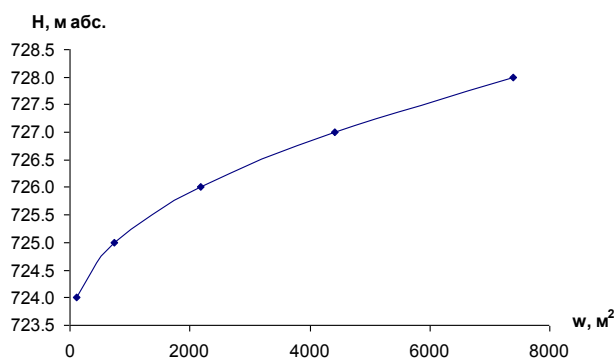
а



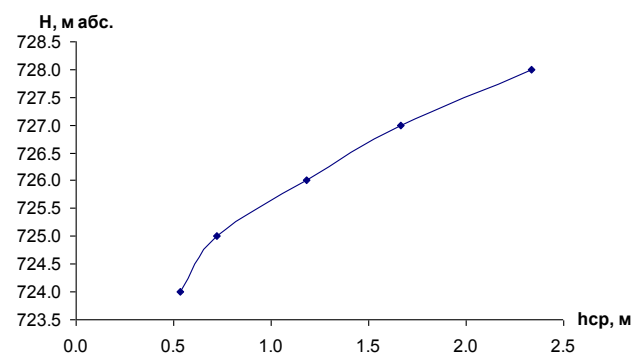
б



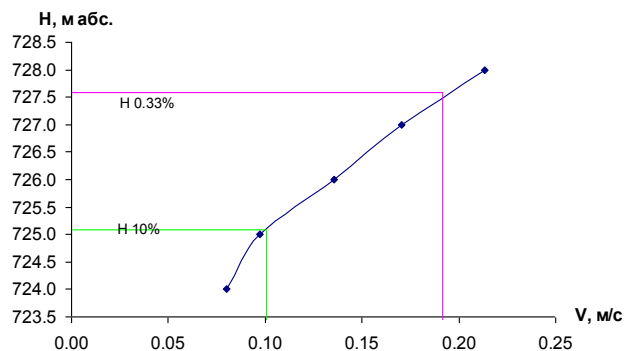
в



г



Д

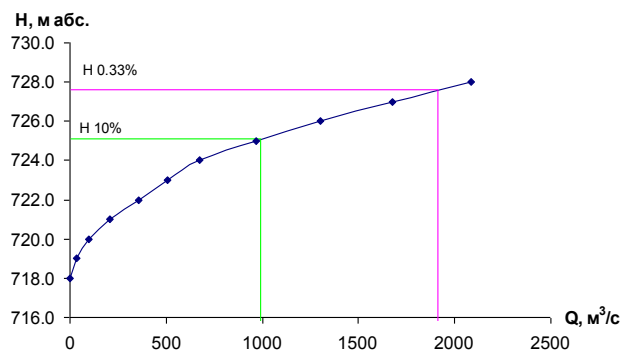


Русло

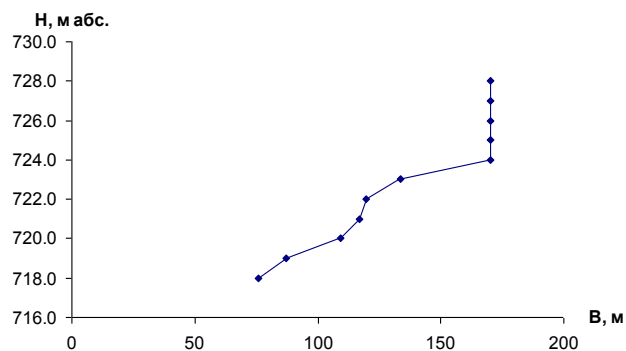
H , м абс.	B , м	w , м ²	h_{cp} , м	C , м ^{1/2} /с	V , м/с	Q , м ³ /с
718.0	75.7	5.65	0.1	10.0	0.1	0.37
719.0	87.3	87.1	1.0	15.4	0.4	32.5
720.0	109	182	1.7	16.8	0.5	95.5
721.0	117	297	2.5	18.0	0.7	207
722.0	120	416	3.5	18.9	0.9	356
723.0	134	537	4.0	19.4	0.9	508
724.0	170	702	4.1	19.5	1.0	674
725.0	170	872	5.1	20.2	1.1	968
726.0	170	1042	6.1	20.8	1.3	1303
727.0	170	1212	7.1	21.3	1.4	1676
728.0	170	1382	8.1	21.8	1.5	2086

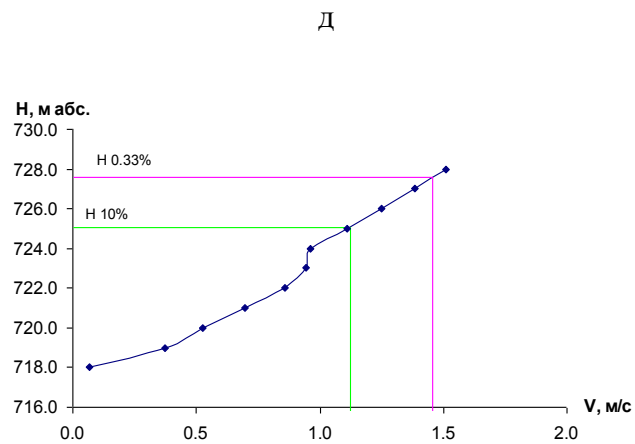
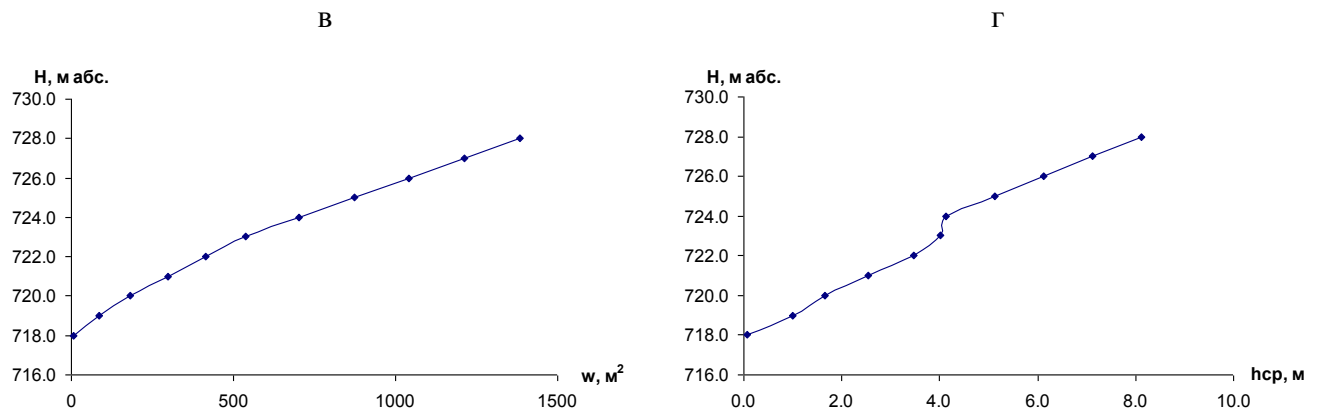
Кривые зависимости расходов воды (а), ширины русла (б), площади поперечного сечения (в), средней глубины (г) и скорости течения (д) от уровня воды

а



б

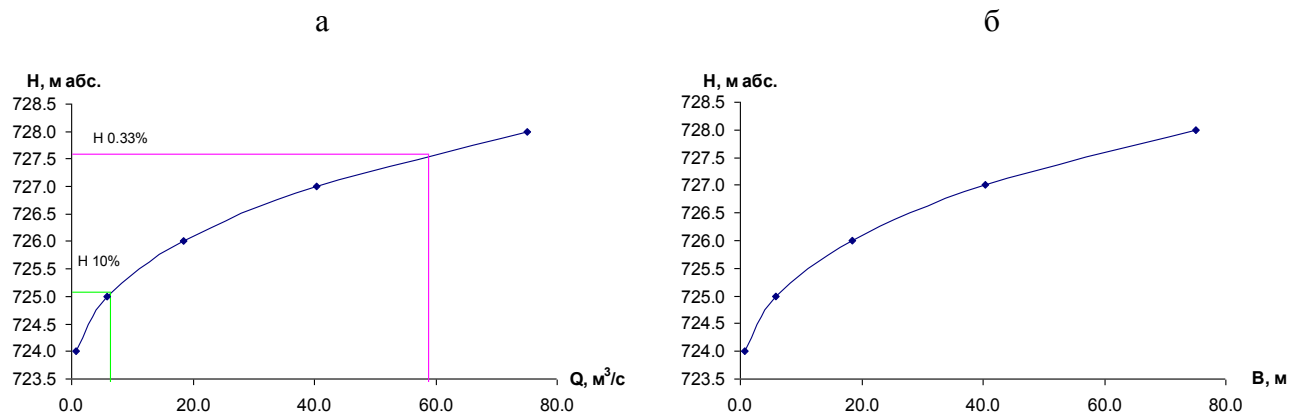


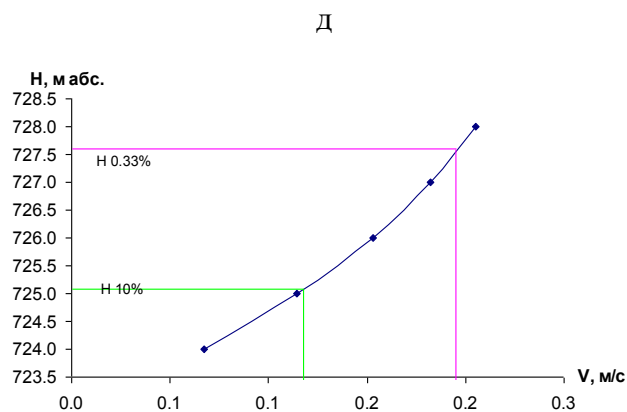
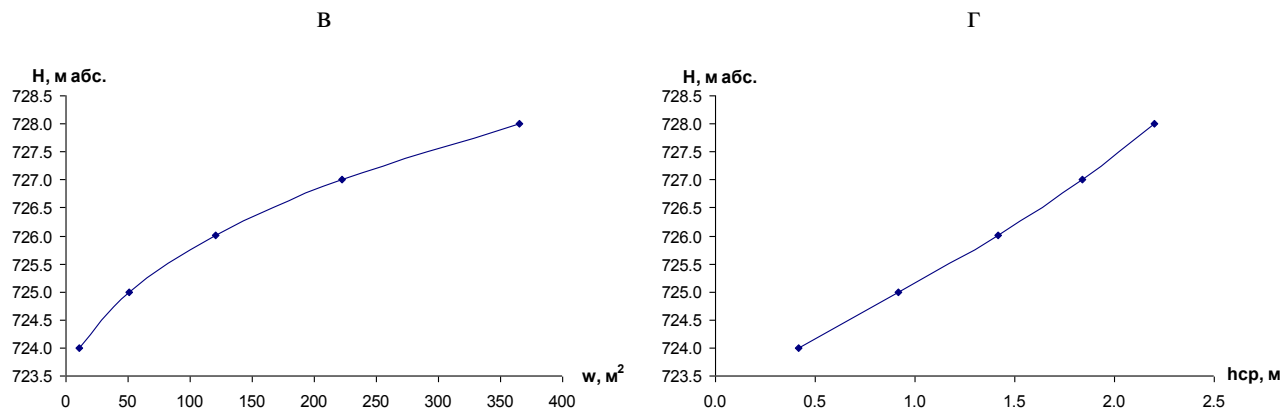


Правая пойма

$H, \text{ м абс.}$	$B, \text{ м}$	$w, \text{ м}^2$	$h_{cp}, \text{ м}$	$C, \text{ м}^{1/2}/\text{с}$	$V, \text{ м/с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$
724.0	25.0	10.4	0.4	4.32	0.1	0.70
725.0	55.2	50.5	0.9	4.93	0.1	5.77
726.0	85.3	121	1.4	5.30	0.2	18.5
727.0	121	222	1.8	5.53	0.2	40.5
728.0	166	365	2.2	5.70	0.2	75.0

Кривые зависимости расходов воды (а), ширины русла (б), площади поперечного сечения (в), средней глубины (г) и скорости течения (д) от уровня воды

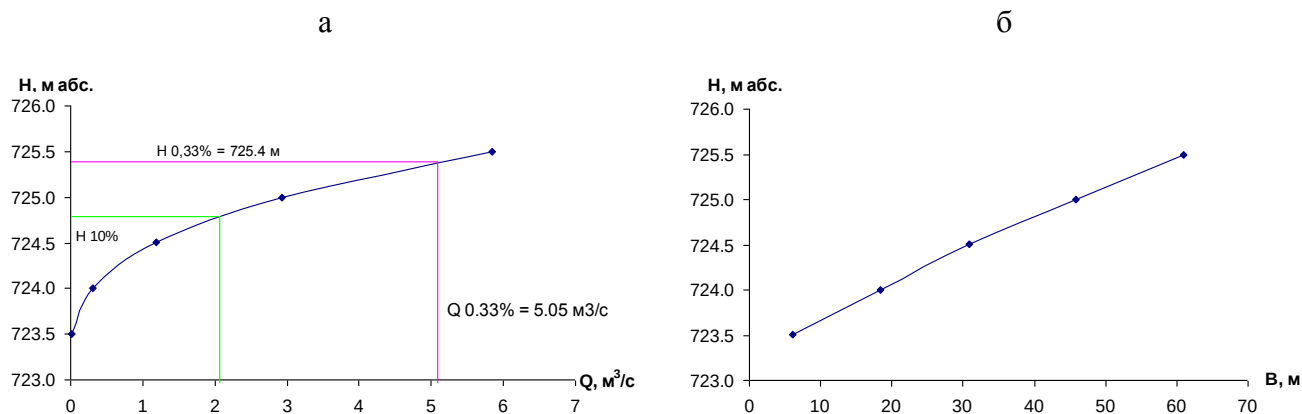




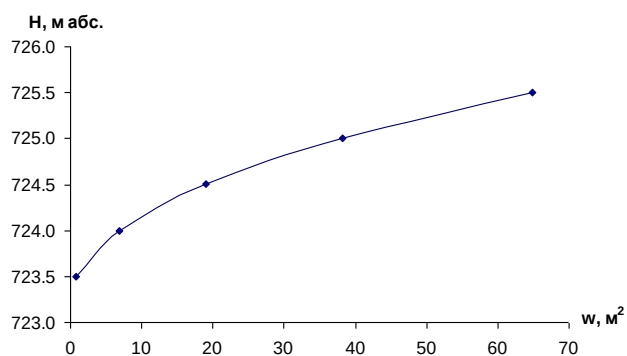
Морфодинамические характеристики водотока № 6

$H, \text{ м абс.}$	$B, \text{ м}$	$w, \text{ м}^2$	$h_{cp}, \text{ м}$	$C, \text{ м}^{1/2}/\text{с}$	$V, \text{ м/с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$
723.5	6.1	0.73	0.1	5.01	0.02	0.015
724.0	18.3	6.8	0.4	6.06	0.04	0.31
724.5	30.9	19.1	0.6	6.59	0.06	1.19
725.0	45.8	38.2	0.8	6.93	0.08	2.92
725.5	60.9	64.9	1.1	7.22	0.09	5.84

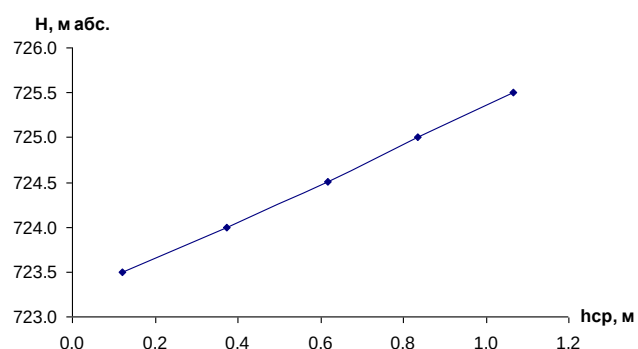
Кривые зависимости расходов воды (а), ширины русла (б), площади поперечного сечения (в), средней глубины (г) и скорости течения (д) от уровня воды



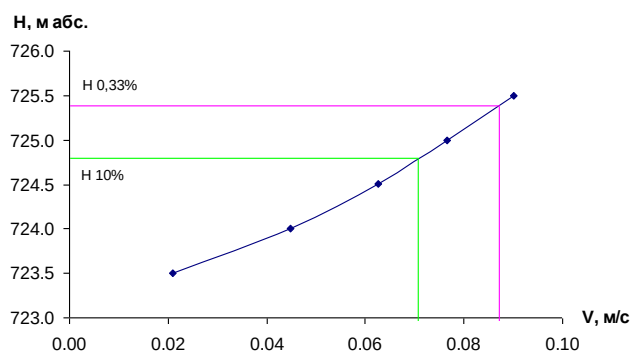
В



Г

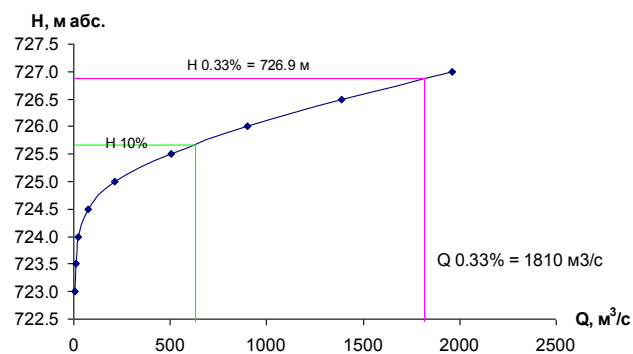


Д



Морфодинамические характеристики реки Верхний Сакукан

Общая кривая

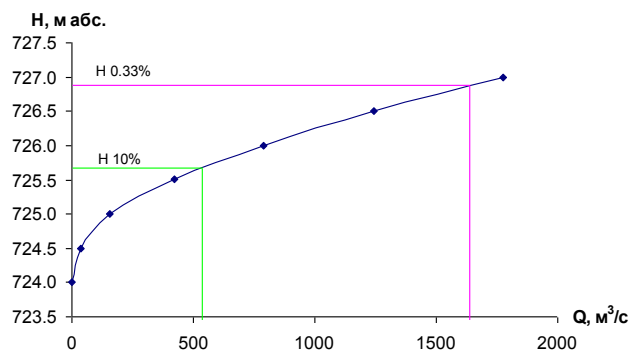


Левая пойма

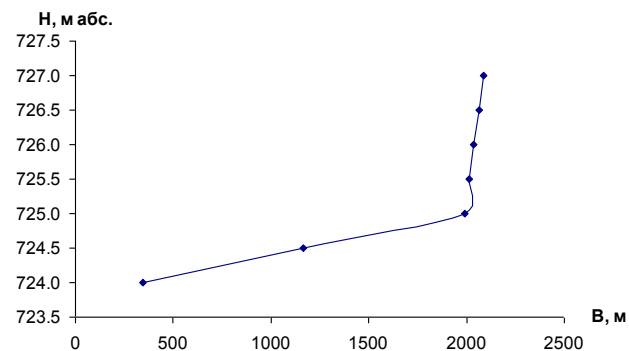
H, m абс.	B, m	w, m^2	h_{cp}, m	$C, m^{1/2}/c$	$V, m/c$	$Q, m^3/c$
724.0	345	36.3	0.1	3.43	0.04	1.46
724.5	1168	415	0.4	4.21	0.1	37.6
725.0	1990	1204	0.6	4.60	0.1	156
725.5	2015	2205	1.1	5.08	0.2	424
726.0	2039	3218	1.6	5.40	0.2	790
726.5	2064	4244	2.1	5.64	0.3	1242

Кривые зависимости расходов воды (а), ширины русла (б), площади поперечного сечения (в), средней глубины (г) и скорости течения (д) от уровня воды

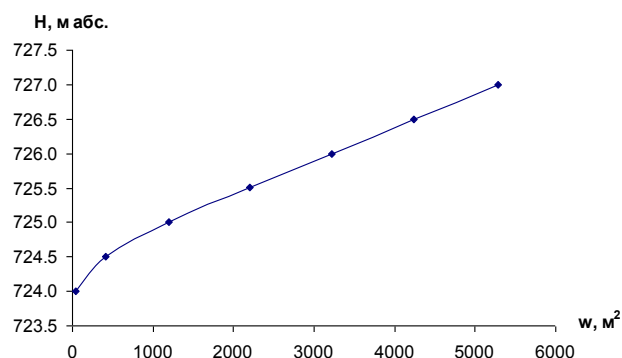
а



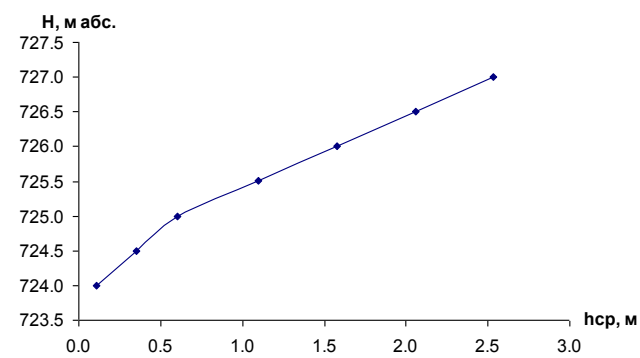
б



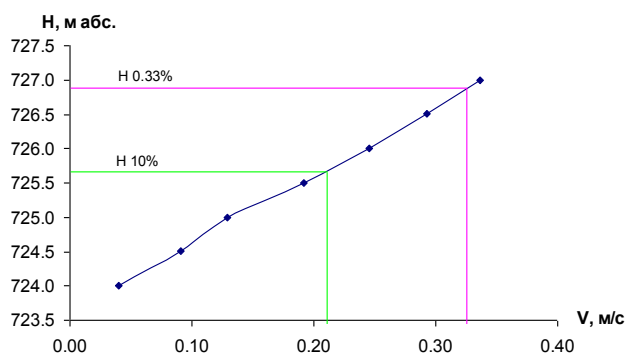
в



г



д

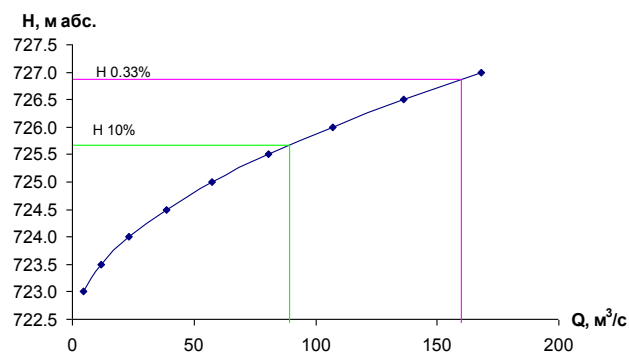


Русло

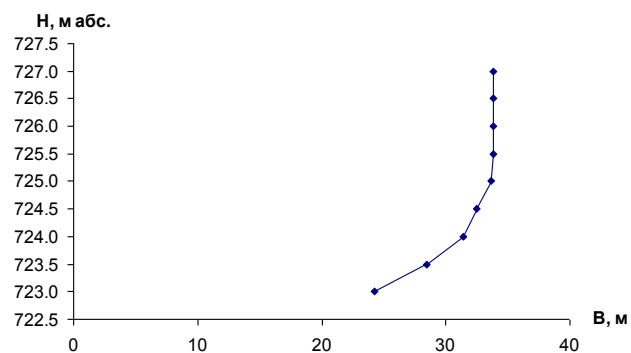
H , м абс.	B , м	w , м ²	h_{cp} , м	C , м ^{1/2} /с	V , м/с	Q , м ³ /с
723.0	24.3	13.9	0.6	11.4	0.3	4.34
723.5	28.5	27.1	1.0	12.4	0.4	11.9
724.0	31.4	42.2	1.3	13.1	0.6	23.3
724.5	32.5	58.2	1.8	13.8	0.7	38.8
725.0	33.6	74.7	2.2	14.3	0.8	57.6
725.5	33.8	91.6	2.7	14.8	0.9	80.6
726.0	33.8	109	3.2	15.2	1.0	107
726.5	33.8	125	3.7	15.6	1.1	136

Кривые зависимости расходов воды (а), ширины русла (б), площади поперечного сечения (в), средней глубины (г) и скорости течения (д) от уровня воды

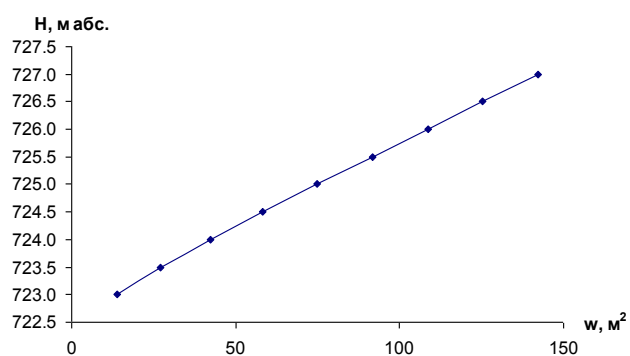
а



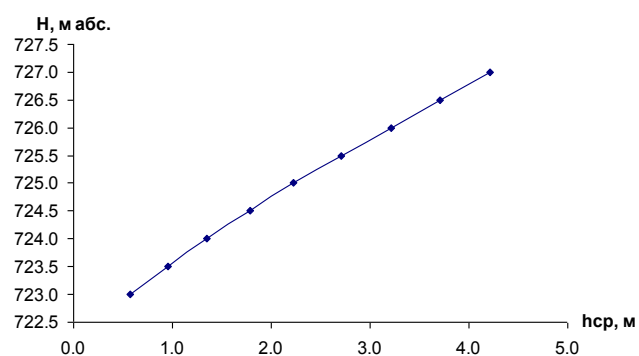
б



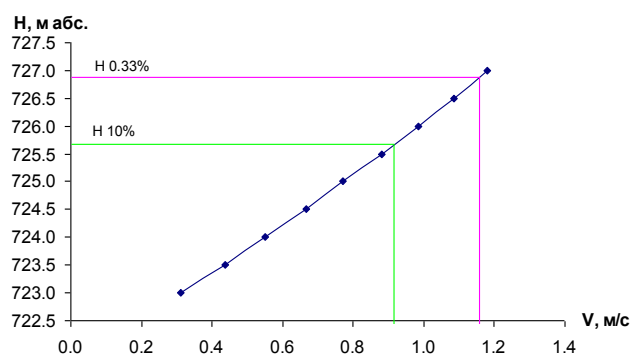
в



г



д

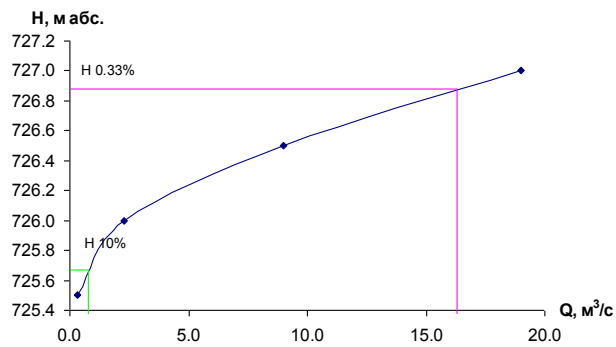


Правая пойма

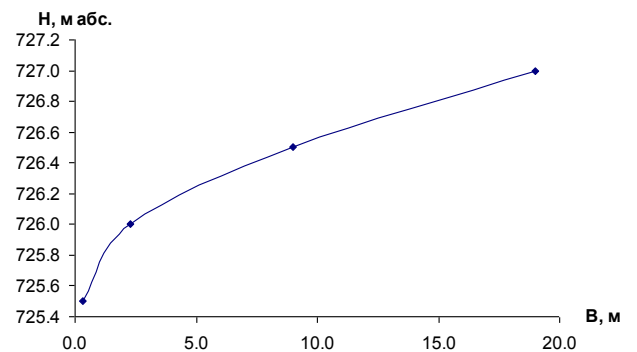
H , м абс.	B , м	w , м ²	h_{cp} , м	C , м ^{1/2} /с	V , м/с	Q , м ³ /с
725.5	22.3	4.78	0.2	3.87	0.1	0.31
726.0	60.8	23.7	0.4	4.27	0.1	2.28
726.5	62.3	54.4	0.9	4.89	0.2	9.00

Кривые зависимости расходов воды (а), ширины русла (б), площади поперечного сечения (в), средней глубины (г) и скорости течения (д) от уровня воды

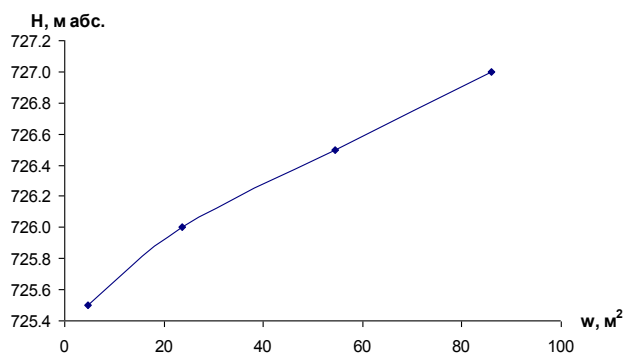
а



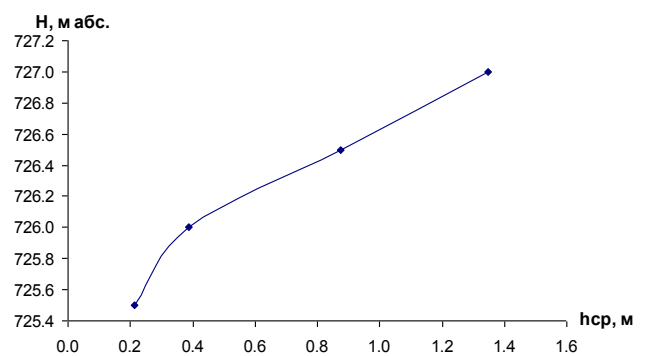
б



в



г



д

