



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

Кафедра инженерной гидрологии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

(выпускная квалификационная работа)


На тему **Особенности инженерно-**  
**гидрометеорологических**  
**изысканий при проектировании**  
**газопровода в Воронежской области**

Исполнитель Попов Даниил Николаевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.ф.-м.н.  
(ученая степень, ученое звание)

Саноцкая Надежда Александровна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

  
(подпись)

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

Исаев Д.И.  
(фамилия, имя, отчество)

12 июня 2023 г.

Санкт-Петербург  
2023

## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>2</b>
<b>1 Гидрометеорологическая изученность района изысканий .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Физико-географические условия района работ.....</b>	<b>7</b>
2.1    Природные условия района .....	7
2.2    Гидрография и гидрографические условия .....	7
2.2.1    Гидроморфологическая характеристика.....	7
2.2.2    Уровеньный режим .....	9
2.2.3    Ледовый режим .....	11
2.2.4    Сток наносов.....	11
2.2.5    Химический состав .....	12
<b>3 Климатические условия района изысканий .....</b>	<b>13</b>
3.1    Общая характеристика района.....	13
3.1.1    Температура воздуха.....	16
3.1.2    Температура почвы .....	17
3.1.3    Относительная влажность .....	17
3.1.4    Атмосферные осадки .....	17
3.1.5    Снежный покров.....	18
3.1.6    Ветровой режим .....	18
<b>4 Описание методов производства работ .....</b>	<b>20</b>
<b>5 Результаты расчетов гидрологических характеристик.....</b>	<b>29</b>
5.1    Максимальные расходы воды.....	29
5.2    Среднемеженный сток.....	32
5.3    Уровни воды и методика их расчета.....	33
5.4    Деформация русла и методика их расчета .....	34
5.5    Общие рекомендации по инженерной защите сооружений и охране окружающей природной среды .....	36
<b>Заключение .....</b>	<b>37</b>
<b>6 Список использованных материалов .....</b>	<b>38</b>
6.1    Нормативно-методическая литература.....	38
6.2    Фондовые материалы.....	38

## **Введение**

Гидрометеорологические изыскания – это один из важных этапов проектирования газопровода. Они необходимы для того, чтобы получить детальную информацию о климатических условиях, гидрографии, геологии и геоморфологии территории, на которой планируется возведение газопровода. Ниже представлены несколько причин, почему гидрометеорологические изыскания являются важными при прокладке газопровода:

1. Определение границ прохождения газопровода: Природные явления, такие как затопления, оползни, обвалы и другие могут представлять угрозу для газопровода. Гидрометеорологические изыскания позволяют определить возможные риски и принять меры по защите газопровода.

2. Определение глубины размыва речного русла: Планирование глубины заложения газопровода необходимо проводить с учетом плановых и высотных деформаций речного русла. Гидрометеорологические изыскания помогают определить величину размыва, на основании которой можно принять решение о глубине заложения газопровода.

3. Изучение гидрографии рек и водных объектов: Гидрометеорологические изыскания включают проведение исследований водных объектов на территории прохождения газопровода. Эти изыскания необходимы для того, чтобы определить гидравлические условия на реках и выбрать наилучший способ пересечения газопровода через водный простор.

4. Определение степени замерзания почвы: В зимний период году может возникнуть риск замерзания грунта, что может привести к деформациям газопровода. Гидрометеорологические изыскания позволяют определить степень замерзания почвы и принять меры по защите газопровода.

Таким образом, гидрометеорологические изыскания являются неотъемлемой частью проектирования газопровода. Они позволяют сформировать представление о климатических условиях и определить

опасности, связанные с прокладкой газопровода. Эти изыскания являются необходимыми для обеспечения безопасности и надежности газопровода на всех этапах его эксплуатации.

Целью дипломного проекта является выявление особенностей инженерно-гидрометеорологических изысканий в Воронежской области при проектировании газопроводов.

Для достижения цели поставлены следующие задачи: сбор и анализ климатических данных, получение информации о гидрометеорологической изученности, исследование геологических и геотехнических условия на участке, расчет основных гидрологических характеристик водотоков, пересекаемых трассой газопровода.

В результате проведения инженерно-гидрометеорологических изысканий на участке газопровода получена достаточно полная и качественная информация для разработки проектной документации в соответствии с требованиями законодательства РФ, нормативно-технических документов и Градостроительного кодекса РФ.

## **1 Гидрометеорологическая изученность района изысканий**

Согласно СП 482.1325800.2020 территория, примыкающая к исследуемому участку производства работ, недостаточно изучена в гидрометеорологическом отношении.

Гидрографическая сеть района изысканий принадлежит бассейну реки Дон. Водпосты располагаются на средних и больших реках.

Малые реки не изучены. По результатам наблюдений и осреднений данных наблюдений режим рек района освещен достаточно хорошо. По гидрологическому районированию реки района относятся к гидрологическому району Бассейн Дона.

Для расчета гидрологических параметров применяется метод гидрологической аналогии. В качестве аналогов рекомендуются посты Росгидромета, расположенные в непосредственной близости от района изысканий и имеющие сходные гидроморфологические характеристики водосборов с исследуемыми водотоками.

Стационарные гидрологические посты в силу их географического положения и однородных условий формирования стока являются репрезентативными для района изысканий.

Проектируемый участок газопровода расположен на северо-востоке Воронежской области.

Метеорологические наблюдения проводятся на метеостанциях Борисоглебск и Балашов, основные сведения о них приведены в таблице 1.1, местоположение обозначено на рис. 1.1.,1.2.

Рисунок 1.1 – Схема гидрометеорологической изученности

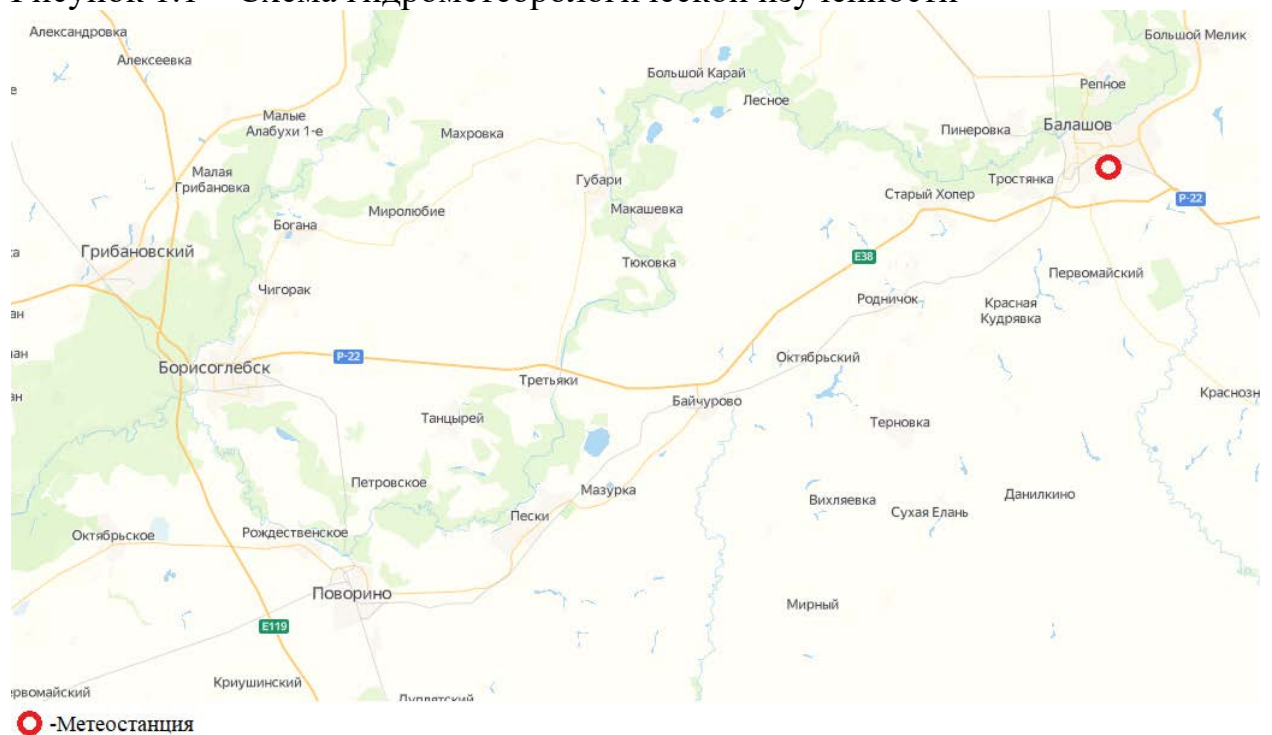


Рисунок 1.2 – Схема местоположения метеостанции Балашов

Рисунок 1.1.,1.2 Обзорная схема расположения проектируемого участка газопровода и пунктов гидрологических и метеорологических наблюдений.

Таблица 1.1 Основные сведения о пункте метеонаблюдения.

Метеостанция	Код поста	Широта	Долгота	Высота	Период наблюдений
Борисоглебск	34146	51.36	42.08	104	1887-н.в.
Балашов	34152	51.55	43.15	158	1899-н.в.

В соответствии с п. 4.10 СП 11-103-97 выбор репрезентативных метеорологических станций выполнен с учетом: местоположения станции в однородных физико-географических условиях (рельеф, подстилающая поверхность, увлажнение, состав почв и т.д.); защищенности метеоплощадки, характера застройки окружающей территории, соответствия подстилающей поверхности на метеоплощадке ландшафту окружающей местности; радиуса репрезентативности станции в отношении того или иного метеорологического элемента.

Метеорологическую изученность территории проектируемого газопровода в соответствии с требованиями СП 11-103-97 можно оценить как недостаточно изученная, результаты наблюдений могут быть использованы для оценки климатических параметров проектирования.

Ближайшим к участку проектируемого объекта является пункт гидрологических наблюдений, основные сведения о котором приведены в таблице 1.2, его местоположение указано на рис. 1.1.

Таблица 1.2. Основные сведения о пункте гидрологических наблюдений.

Река-пост	Код поста	Расстояние, км		Площадь водосбора	Период действия		Отметка "0" поста, м
		От истока	От устья		открыт	закрыт	
Р.ХОПЕР - ПОВОРИНО	78141	579	437	19100	20.03.1878	Действует	89,29

## **2 Физико-географические условия района работ**

### **2.1 Природные условия района**

В административном отношении участок работ расположен на территории Воронежской области на территории трех муниципальных районов – Грибановского, Борисоглебского и Поворинского.

Территория характеризуется пологим рельефом с небольшой амплитудой высот. Абсолютные отметки поверхности рельефа изменяются от 80 до 160 м.

По почвенно-географическому районированию почвы района относятся к подзоне обыкновенных черноземов. Большая часть трассы проходит по сельскохозяйственным землям.

Проектируемая трасса проходит по территории лесостепной климатической зоне.

Лесостепная зона характеризуется чередованием смешанных, преимущественно лиственных лесов на серых лесных почвах и травянистых степей на черноземах, сейчас большей частью распаханых. современная залесенность лесостепной зоны колеблется в пределах 18 – 26%, в доагрикультурное время, данный показатель превышал 50%.

Гидрографическая сеть района относится к бассейну реки Дон, представлена реками Хопер, Ворона, а также ручьями и логами.

### **2.2 Гидрография и гидрографические условия**

#### **2.2.1 Гидроморфологическая характеристика**

В гидрологическом отношении район проектирования относится к Донскому гидрологическому району и принадлежит бассейну Азовского моря, представлен реками Хопер, Ворона, а также ручьями и логами. Густота речной сети изменяется в пределах 0,10 – 0,20 км/км<sup>2</sup>.



По источникам питания и характеру водного режима реки района относятся к восточно-европейскому типу рек с четко выраженным весенним половодьем, низкой летне-осенней меженью, прерываемой дождевыми паводками, и неустойчивой зимней меженью, связанной с оттепелями, таянием снега и формированием волн паводков, в отдельные годы превышающих весеннее половодье. В питании рек преимущественное значение имеют снеговые воды. Условиями питания рек определяются особенности распределения стока по сезонам. В период весеннего половодья проходит 66-76% годового стока, в летне-осенний период – 16-22%, зимой – 7-11% годового стока. Месяцем с наибольшим стоком является апрель. В летне-осенний период наименьшие величины стока отмечаются в сентябре.

Гидрографы стока за характерные по водности годы представлены на рис. 2.1-2.2.

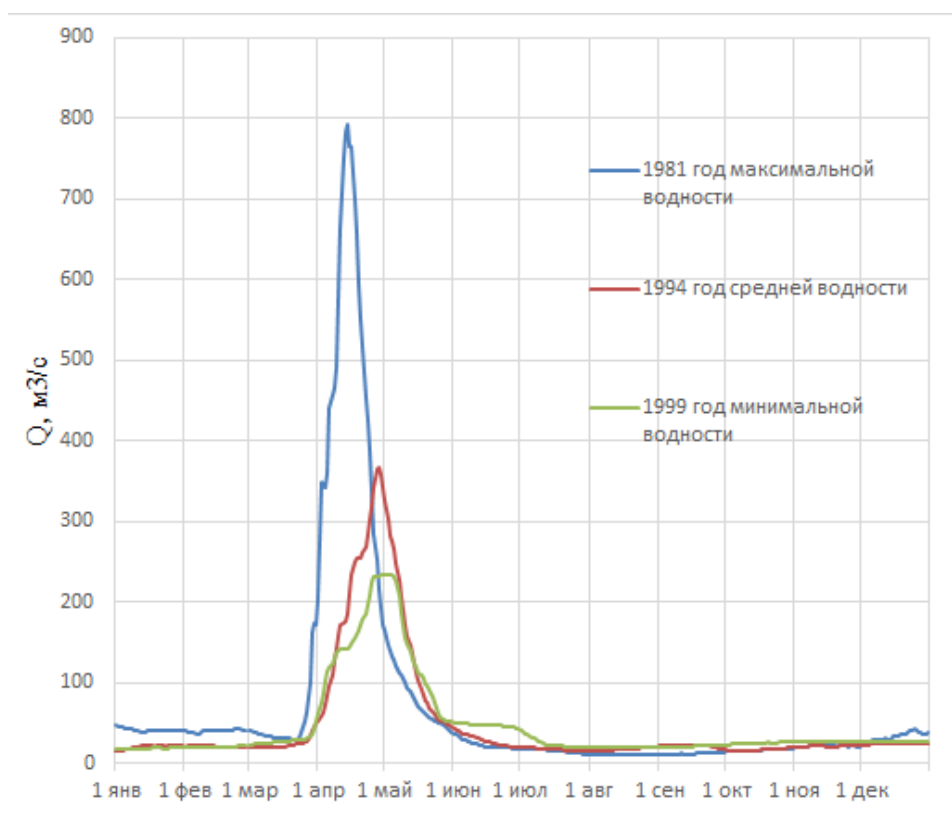


Рисунок 2.1 Гидрографы стока р. Ворона – г. Борисоглебск за характерные по водности годы

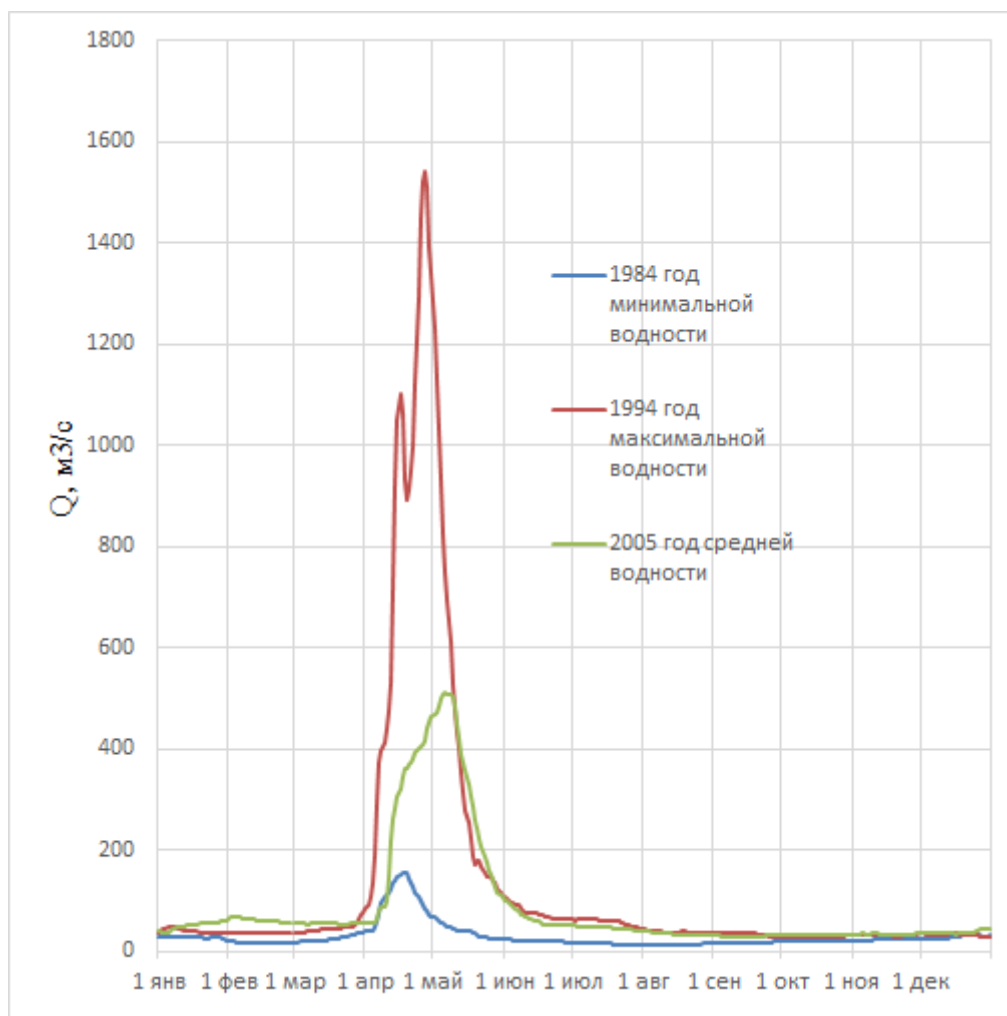


Рисунок 2.2 Гидрографы стока р. Хопер-Поворино за характерные по водности годы

### 2.2.2 Уровенный режим

Основной фазой водного режима является весеннее половодье. Весеннее половодье начинается с поступления в реки талых снеговых вод. Средние сроки начала половодья приходятся на третью декаду марта, ранние – конец февраля-начало марта, поздние – первая декада апреля. Подъем уровней воды происходит быстро и интенсивно. Интенсивность подъема уровней в среднем составляет на малых водотоках 15-30 см/сут, на средних и больших – 33-82 см/сутки. Максимальные величины суточного подъема уровня воды достигают 1.2-1.8 м. Максимальные уровни весеннего половодья являются, как правило, наивысшими в году и наблюдаются в среднем в первой-второй декаде апреля через 10-15 дней после начала половодья. Высота подъема уровня воды на реках в период

весеннего половодья определяется физико-географическими условиями бассейна и морфометрическими особенностями строения долины и русла на участке и составляет преимущественно 1-4 м. Гидрограф половодья имеет чаще всего одновершинную форму. Спад уровней весеннего половодья происходит медленнее, чем подъем. Средняя интенсивность спада уровней составляет 5-29см/сутки. Средняя продолжительность весеннего половодья составляет 28-53 дня, наибольшая – до 41-74 дней, наименьшая – 15-41 день. Обычно весеннее половодье заканчивается на реках в период с 20 апреля по 10мая. На малых водотоках половодье заканчивается раньше на 5-10 дней средних районных сроков.

После окончания половодья на реках устанавливается летне-осенняя межень - период низких и устойчивых уровней. Наиболее маловодный период летне-осенней межени наступает преимущественно в сентябре, ранние сроки - конец мая начало-июня, поздние - октябрь месяц. При отсутствии осенних паводков летне-осенняя межень плавно переходит в зимнюю. Продолжительность ее составляет от 90-100 до 170-180 дней. В засушливые годы существенных повышений уровней воды на водотоках не наблюдается. При выпадении интенсивных осадков летне-осенняя межень нарушается дождевыми паводками, число которых изменяется по годам - в годы с дождливыми летне-осенними сезонами на реках проходит 3-6 паводков. Наиболее высокие и интенсивные паводки наблюдаются на малых водотоках. Обычно паводки имеют островершинную форму и характеризуются резким подъемом и спадом уровня воды. На средних реках паводки не всегда четко выражены и имеют вид пологой или растянутой многовершинной волны. Средняя продолжительность паводков составляет 3-12дней.

Зимняя межень устанавливается в конце ноября. Продолжительность зимней межени изменяется от 60-70дней до 120-130 суток. Для данного района характерны зимние паводки. Зимняя межень нередко прерывается двумя-тремя паводками.

### **2.2.3 Ледовый режим**

Осенний ледоход наблюдается на больших и средних реках. На малых водотоках осеннего ледохода не бывает.

По характеру ледового режима реки района характеризуются устойчивым ледоставом в течение всей зимы. Ледовые явления на реках начинаются через 3-5 дней после перехода среднесуточной температуры воздуха через 00С к отрицательным значениям. Первые ледяные образования - сало, шуга, забереги появляются обычно в второй декаде ноября. Средние сроки установления ледостава – конец ноября – первая декада декабря. В зависимости от погодных условий ледостав может устанавливаться на 15-20 дней ранее или позднее средних сроков. Наибольшая интенсивность прироста толщины льда наблюдается в начале ледостава, когда снег на льду отсутствует или имеет небольшую высоту, и составляет 0.8-1.0см/сутки, к концу зимнего сезона 0.1-0.4см/сутки. Наибольшая толщина льда на реках отмечается обычно конце февраля - марте и составляет в среднем 30-70см. Средняя продолжительность ледостава составляет 118-146 дней, наибольшая 148-170 дней, наименьшая – 56-123 дня.

В весенний период с переходом среднесуточных температур воздуха к положительным значениям на реках наблюдается таяние снега на льду, За несколько дней до вскрытия появляются промоины и закраины. Средняя дата вскрытия рек 1-10 апреля. Вскрытие рек сопровождается ледоходом, средняя продолжительность которого составляет 3-6 дней, иногда весеннего ледохода не бывает - лед тает на месте. Ледоход наблюдается на больших и средних реках. На малых водотоках осеннего ледохода не бывает.

### **2.2.4 Сток наносов**

Район проектирования относится к зоне мутности со среднегодовыми значениями 100-250г/м<sup>3</sup>. Повышенная мутность рек вызвана большой эрозионной расчлененностью местности, ветровой

эрозией. Внутригодовое распределение мутности определяется водным режимом рек. Максимальные значения мутности отмечаются в период весеннего половодья и значительно превышают среднегодовую величину (до 1000-2400г/м<sup>3</sup>), минимальные - в период межени – 10-20г/м<sup>3</sup>. Объем стока взвешенных наносов за зимний период составляет несколько сотых процента.

#### **2.2.5 Химический состав**

По химическому составу вода в реках района относится к гидрокарбонатно-сульфатному классу с преобладанием катионов Са. Минерализация малых водотоков отличается большим разнообразием. Преобладание сульфатных ионов происходит за счет вымывания сульфатов и хлоридов из толщи почвогрунтов. Минерализация речных вод района изменяется от 150-200мг/л в период весеннего половодья до 600-700мг/л - в период летней межени, увеличиваясь в зимний период до 900мг/л.

### **3 Климатические условия района изысканий**

#### **3.1 Общая характеристика района**

Район изысканий расположен в II В климатической зоне.

Климат района умеренно-континентальный, особенностью которого являются большие амплитуды колебания температур.

Климат района формируется под влиянием радиации, циркуляции и подстилающей поверхности. Радиационный фактор в основном определяет радиационный баланс, циркуляционный – увлажнение. Циркуляция также оказывает влияние на температуру воздуха, особенно в зимнее время года, когда влияние радиации значительно ослаблено в силу малой продолжительности солнечного сияния. По географическому положению рассматриваемая территория находится под воздействием различных по физическим свойствам и происхождению воздушных масс: холодных из Арктики, морских из Атлантики, сухих из Казахстана, тропических со Средиземного бассейна.

Начало зимних синоптических процессов связано с вторжением воздуха из Арктики. Увеличивающаяся повторяемость этих вторжений вызывает резкие похолодания и морозы. С установлением зимы преобладает влияние западного сибирского антициклона, который обеспечивает в районе интенсивное выхолаживание, низкие температуры и холодные ветры восточной составляющей. Сибирский антициклон пополняется антициклонами, продвигающимися главным образом из Арктики. За начало зимы принимают дату устойчивого перехода среднесуточной температуры к отрицательным значениям и установления снежного покрова. Но в условиях района выпадение снега не совпадает по времени с установлением морозной погоды. Зима малоснежная, с резкими холодными ветрами преимущественно северо-восточных и восточных направлений. Самый холодный месяц – январь. Зимой нередки туманы.

Для зим исследуемого района характерно непостоянство. Затоки воздуха из Атлантики, Средиземного и Черного морей приносят на территорию бассейна оттепели, значительные осадки, гололеды и метели. Температура во время оттепели может повыситься с  $-15, -20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+2, +7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В северных районах области в течение зимы бывает 15–20 оттепельных дней, в южных районах – 30–35 дней.

В весенний период характерной чертой циркуляции является меридиональный перенос, ослабление азиатского термического максимума. Над Атлантикой усиливается азорский антициклон. Средиземноморские циклоны получают возможность продвигаться к северо-востоку. Связанные с ними теплые воздушные массы с юга и юго-запада способствуют быстрому росту температуры воздуха, оттаиванию и прогреванию почвы. Повышению температуры воздуха способствуют в значительной степени процессы трансформации воздушных масс, хотя в начале весны они играют меньшую роль, чем процессы адвекции. Адвекция арктического воздуха, возникающая в тылу проходящих циклонов и распространяющаяся далеко на юг, обуславливает также возвраты холодов. Вообще отличительной чертой весенней циркуляции является большая изменчивость синоптических процессов и быстрая смена воздушных масс.

Весна – самое короткое время года. Она наступает в конце марта, когда среднесуточная температура воздуха поднимается выше  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и сходит снег. В первой половине апреля среднесуточная температура переходит рубеж  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и начинается вегетационный период.

В первую половину весны резко повышается температура, увеличивается число ясных дней, снег быстро тает, талые воды стремительно скатываются в овраги и балки. Во второй половине весны устанавливается зачастую жаркая погода, иногда засуха. Приток арктического воздуха, наоборот, вызывает возврат холодов, заморозки.

Заморозки и пыльные бури – наиболее опасные природные явления в этот период. На юге района заморозки прекращаются 20–22 апреля, на севере – в начале мая. В отдельные годы бывают очень поздние весенне-летние заморозки.

Пыльные бури возникают в отсутствие дождей при усилении скорости ветра до 10–15 м/с. Летом возрастает роль радиационного фактора подстилающей поверхности. Циркуляция ослабевает. Непосредственные вторжения арктического воздуха почти прекращаются и усиливается влияние азорского антициклона. Это наиболее продолжительное в области время года. Начинается оно в первой половине мая с переходом среднесуточной температуры воздуха через отметку +15 °С. Лето жаркое и сухое; преобладают солнечные знойные дни. Самый жаркий месяц-июль. Летом преобладают ветры западных и северо-западных направлений. В период циклонов устанавливается более прохладная, облачная, с осадками погода, что, впрочем, наблюдается не очень часто. Осадки летом обычно выпадают в виде кратковременных ливней, сопровождающихся грозами, но, случается, и градом. В отдельные годы количество осадков очень сильно колеблется. Летом преобладают ветры западных и северо-западных направлений. В период циклонов устанавливается более прохладная, облачная, с осадками погода, что, впрочем, наблюдается не очень часто.

В начале осени с ослаблением притока радиации уменьшается прогревание почвы и нижних слоев воздуха; постепенно оно смещается выхолаживанием. В ходе осени все чаще наблюдается переход к зимним типам циркуляции. Для поздней осени характерно усиление циклонической деятельности. Антициклоны, приходящие осенью обычно с севера и северо-запада, являются причиной первых заморозков. Осень наступает во второй половине сентября. В это время среднесуточная температура воздуха понижается и стабильно становится ниже +15 °С. Осень раньше приходит на северо-восток и несколько позже



– на юго-запад. В октябре отмечаются заморозки, увеличивается число пасмурных дней, чаще выпадают дожди. В первой половине октября среднесуточная температура воздуха опускается ниже +10 °С

В ноябре много пасмурных дней, часто идут морозящие дожди, наступает пора осенних туманов. В конце месяца нередки снегопады, морозы.

Рядом с проектируемой трассой газопровода располагается репрезентативная метеостанция Урюпинск, по данным которой составлена климатическая характеристика. Дополнительно использовались нормативные документы СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» (Актуализированная версия СНиП 23-01-99); СП 20.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* («Нагрузки и воздействия», приложение 5); СП 22.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* («Основания зданий и сооружений»).

### 3.1.1 Температура воздуха

Таблица 3.1 Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Борисоглебск	-7,2	-6,	-0,4	8,9	16,7	20,6	22,4	21,3	14,5	7,5	1,0	-3,7	7,9

Таблица 3.2 Абсолютный максимум температуры воздуха, °С

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Борисоглебск	10,0	11,1	18,5	28,7	36,8	37,8	41,4	40,9	34	23,5	17,4	11,7	41,4

Таблица 3.3 Абсолютный минимум температуры воздуха, °С

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Борисоглебск	-32,6	-34,9	-23,1	-9,5	-1,7	3,8	1,8	4,9	-2,8	-11,3	-18,2	-29,4	-34,9

Таблица 3.4 Климатические параметры холодного и теплого периодов года

Характеристика	Метеостанция
	Балашов
Холодный период	
Наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98	-34
Наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92	-33
Наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98	-32
Наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92	-29

Температура воздуха обеспеченностью 0,94 (соответствует температуре воздуха наиболее холодного периода)	-16
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца	6.5
Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха ниже 0 °С, дни/средняя температура периода	142/-7.4
Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха ниже 8 °С, дни/средняя температура периода	199/-4.2
Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже 10 °С, дни/средняя температура периода	213/-3.2
<b>Теплый период</b>	
Температура воздуха обеспеченностью 0,95	25
Температура воздуха обеспеченностью 0,98	29
Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца	26.7
Средняя суточная амплитуда наиболее теплого месяца	12.0
Ср. месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца (%)	63

### 3.1.2 Температура почвы

Таблица 3.5 Среднемесячная и годовая температура почвы, °С

Показатели	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Балашов													
Средне Месячные	-8.9	-8.5	-4.1	9.6	21.0	26.7	28.3	26.7	16.8	7.3	-0.2	-5.2	9.3

Таблица 3.6 Нормативная глубина сезонного промерзания, м

Тип грунта	Метеостанция
	Балашов
суглинки и глины	1.35
супеси, пески мелкие и пылеватые	1.65
пески гравелистые крупные и средней крупности	1.77
крупнообломочные грунты	2.0

### 3.1.3 Относительная влажность

Таблица 3.7 Среднемесячная и годовая относительная влажность воздуха, %

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Борисоглебск	84	81	76	64	62	61	61	60	67	75	82	85	71

### 3.1.4 Атмосферные осадки

Таблица 3.8 Среднее количество осадков, мм

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
--------------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----	-----

Борисоглебск	38	23	23	29	29	33	29	19	30	26	25	32	336
--------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

### 3.1.5 Снежный покров

Таблица 3.9 Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке, см

Метеостанция	XI			XII			I			II			III			IV			Наибольшая		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	ср	мак	мин
Балашов	1	3	3	5	7	8	13	18	22	24	27	31	24	23	19	18	11	7	20	47	1

### 3.1.6 Ветровой режим

Таблица 3.10 Повторяемость направления ветра по месяцам и за год на метеостанции Балашов, %

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
С	4	6	10	12	16	23	24	20	14	16	8	4
СВ	5	7	13	13	9	16	9	21	8	14	8	2
В	16	16	6	8	11	9	10	20	10	7	9	9
ЮВ	18	16	7	15	17	9	8	14	16	11	13	17
Ю	24	21	16	22	11	10	7	5	11	11	18	23
ЮЗ	14	12	16	10	11	11	6	2	13	18	14	21
З	10	10	13	9	11	8	15	4	14	12	11	11
СЗ	6	7	13	8	9	9	12	6	8	8	14	7

Таблица 3.11 Средняя месячная и годовая скорость ветра на метеостанции Балашов, м/с

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Скорость	3,0	3,2	3,2	3,1	2,7	2,5	2,3	2,3	2,4	2,7	3,0	3,1	2,8

Таблица 3.12 Максимальная скорость по месяцам и за год на метеостанции Балашов, м/с

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Макс скорость, м/с	1	20	19	21	17	15	17	16	15	19	21	17	18

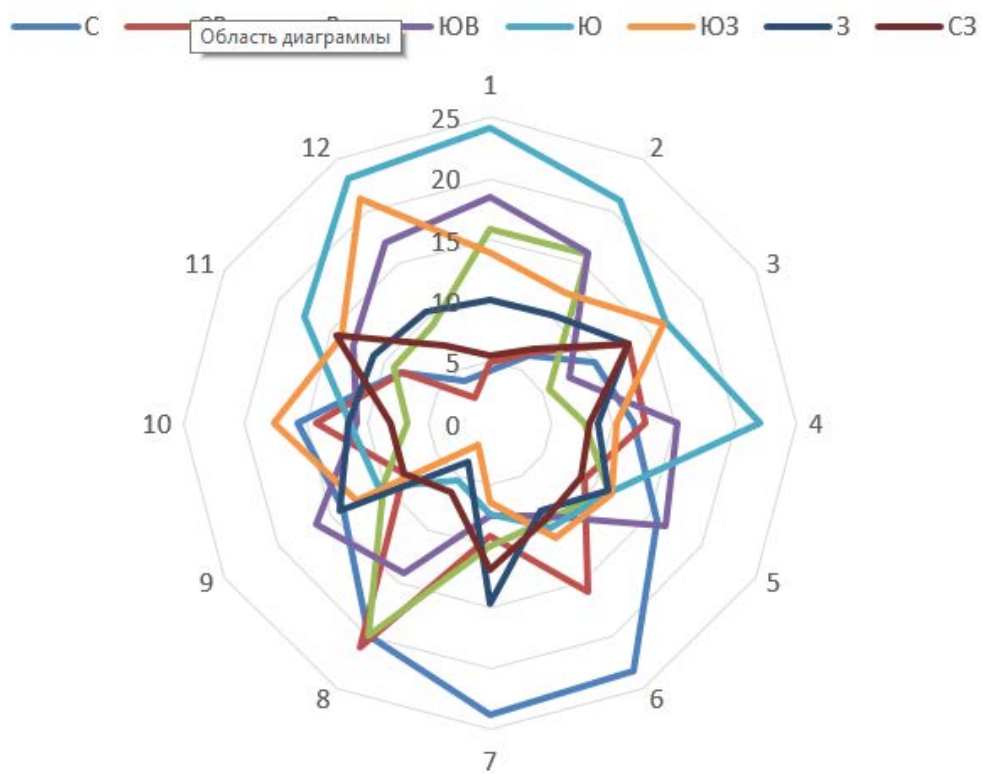


Рисунок 3.1 Годовая роза ветров по метеостанции Балашов

#### 4 Описание методов производства работ

На основании материалов гидрометеорологических, топогеодезических и геологических изысканий, а так же имеющихся данных наблюдений УГМС по рассматриваемой территории производятся расчеты гидрологических характеристик, необходимых для принятия проектных решений, составляются выводы и рекомендации. Все материалы оформляются в виде технического отчета.

Для уточнения параметров максимального стока, необходимых при расчетах максимальных расходов воды весеннего половодья заданной обеспеченности при использовании редуцированной формулы, обработаны данные наблюдений на водомерных постах–аналогах. Основные гидроморфометрические характеристики этих постов приведены в таблице изученности.

Из рассмотренных 15 постов для дальнейших расчетов были выбраны посты-аналоги, равномерно распределенные по территории с наиболее продолжительными рядами, с диапазоном площадей водосборов от 452 км<sup>2</sup> до 84600 км<sup>2</sup>. Ввиду небольшого количества рек-аналогов на рассматриваемой территории, при картировании характеристик использовались аналогии с большими площадями. Значения, полученные по большим рекам анализировались, и при значительных отклонениях при картировании не использовались. Рассматриваемый список постов-аналогов представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.1 Гидроморфометрические характеристики постов–аналогов

№ поста на схеме	Название водного Объекта	Название (местоположение) поста (станции)	A км <sup>2</sup>	Расстояние от устья до поста, км	Дата открытия поста	Дата закрытия поста
1	Р.Ворона	г.Борисоглебск	13200	4	11.09.1932	Действ.















Максимальные расходы дождевых паводков в случае отсутствия на пересекаемой реке гидрологического поста определяются в условиях отсутствия данных наблюдений согласно СП 33-101-2003 для рек с площадью водосбора менее 200 км<sup>2</sup> по формуле предельной интенсивности  $Q_{p\%} = q'_{1\%} \varphi N_{1\%} \delta_{o3} \lambda_{p\%} A$ . Расчеты приведены в приложении Д. Суточный слой осадков принимается по метеостанции Урюпинск, расположенной вблизи проектируемой трассы ВОЛС.

Для водотоков с площадью водосбора более 200 км<sup>2</sup> при наличии рек-аналогов по редуцированной формуле 1 типа:  $Q_{p\%} = q_{p\%a} \varphi_M (\delta \delta_2 / \delta_a \delta_{2a}) A$ , при отсутствии рек-аналогов по редуцированной формуле 2 типа:  $Q_{p\%} = q_{200} (200/A)^n \delta \delta_2 \delta_3 \lambda_{p\%} A$ . Расчеты приведены в приложении Д.

Оценка среднемноголетнего меженного стока выполнена на основе анализа стока постов–аналогов с определением среднемноголетних величин модуля меженного стока. За период наблюдений с начала наблюдений по 2019 г. сформированы ряды среднегодовых и среднемесячных расходов воды по постам–аналогам. Исключение половодий и паводков из среднемесячных расходов воды с целью выделения меженного периода осуществлялось на основании их сравнения со среднегодовым расходом воды за каждый год. На основании осреднения выделенных меженных среднемесячных расходов воды получались среднемеженные расходы воды за каждый год, с последующим их осреднением за период наблюдений и получением среднемноголетней величины меженного стока.

Ввиду специфичных условий формирования стока, на некоторых постах невозможно было удлинить ряды наблюдений (среднемесячные расходы воды) с использованием аналогов (слабая связь между рядами). Поэтому для определения среднемноголетнего меженного стока было принято решение использовать ряды без удлинения (р. Россошь-пгт. Подгоренский, р. Осередь-г. Бутурлиновка). Ряды среднемесячных расходов воды по посту р. Елань -пгт- Коленовский были продлены по реке-аналогу р. Кардаил-Андреевский (условия в соответствии с СП 33-101-2003:  $n \geq (6-10)$ ,  $R \geq R_{кр.}$ ,  $R/\sigma_R \geq A_{кр.}$ ,  $k/\sigma_k \geq B_{кр.}$ , соблюдались).

Рассчитанные характеристики модуля меженного стока представлены в таблице 4.9. Для определения величины меженного стока неизученных рек построена схема изолиний среднемноголетнего меженного стока, представленная на рисунке 4.2.



## 5 Результаты расчетов гидрологических характеристик

По результатам обследования участка изысканий определено, что проектируемой трассой газопровода пересекается ряд постоянных и временных водотоков.

Согласно СП 482.1325800.2020 водотоки относятся к I, III группе сложности переходов (табл. 5.1).

Морфометрические характеристики пересекаемых водотоков приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Морфометрические характеристики водотоков

№	Наименование водотока	A, км <sup>2</sup>	L от стока до створа, км	L общая, км	A леса, %	A болот, %	A озер, %	Группа сложности переходов
<b>Проектируемая трасса</b>								

### 5.1 Максимальные расходы воды

#### Максимальные расходы весеннего половодья

Максимальные расходы воды различной обеспеченности для неизученных водотоков рассчитаны по редуccionной формуле:

$$Q_{p\%} = K_0 h_{p\%} \mu_{p\%} \delta \delta_1 \delta_2 A / (A + A_1)^n, \quad (1)$$

где  $Q_{p\%}$  - максимальный расход весеннего половодья вероятностью превышения  $P\%$ , м<sup>3</sup>/с;

$K_0$  - параметр, характеризующий дружность весеннего половодья, определен по схеме изолиний, представленной на рисунке б;

$h_{p\%}$  - расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания) ежегодной вероятностью превышения  $P\%$ , определен в зависимости от коэффициента вариации  $C_v$  и отношения  $C_s/C_v$ , а также среднего многолетнего слоя стока  $h_0$ , определяемого по схеме изолиний, представленной на рисунке 4. Коэффициент вариации  $C_v$  определен по схеме изолиний, представленной на рисунке 5. Отношение  $C_s/C_v$  принято для данного района 2,0. Для рек с площадями водосборов  $A < 200 \text{ км}^2$  в значение  $C_v$  следует вводить поправочные коэффициенты (для  $A < 50 \text{ км}^2$  – 1,25;  $A < 100 \text{ км}^2$  – 1,25-1,20;  $A < 150 \text{ км}^2$  – 1,20-1,15;  $A < 200 \text{ км}^2$  – 1.15-1.05).

Для рек степной зоны России с площадями водосборов менее  $3000 \text{ км}^2$  в значение  $h_{p\%}$  в значение среднего многолетнего слоя весеннего стока, следует вводить поправочные коэффициенты на учет площади водосбора.

Для малых рек с площадью водосбора менее  $200 \text{ км}^2$  лесостепной и степной зонам средний многолетний слой весеннего стока следует определять с введением поправочных коэффициентов, определяемых по формулам:

а) для лесостепной зоны при  $I_b \leq 70\%$

$$k' = 0.18(I_b + 1)^{0.45}, \quad (2)$$

где  $I_b$  – Средний уклон водосбора.

Для рек  $I_b > 70\%$  значение  $k'$  принимается равным единице;

б) для степной зоны

$$k' = 0.15(I_b + 1)^{0.80}, \quad (3)$$

В слой стока для водосборов с залесенностью, отличной от средней зональной, вводится поправочный коэффициент  $k_{л} = \text{лл} / \text{лл р-на}$ .

$\mu$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды в зависимости от нормы стока ( $\mu_{1\%} - 1,0$ ;  $\mu_{2\%} - 0,98$ ;  $\mu_{5\%} - 0,93$ ;  $\mu_{10\%} - 0,88$ );

$\delta \delta_1 \delta_2$  - коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озер ( $\delta=1,0$ ), залесенности ( $\delta_1$ ), и заболоченности речных водосборов ( $\delta_2$ ) на максимальные расходы воды.

$A$  – площадь водосбора до расчетного створа, км<sup>2</sup>;

$A_I$  – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км<sup>2</sup>=2,0;

$n$  – показатель степени редукции (0,36).

Расчеты максимальных расходов весеннего половодья представлены в приложении Г.

### **Максимальные расходы дождевых паводков**

Максимальные расходы дождевых паводков для водотоков с площадью водосбора менее 200 км<sup>2</sup> определяются по формуле III типа:

$$Q_{p\%} = A_{I\%} \varphi H_{1\%} \delta \lambda_{p\%} F, \quad (4)$$

где  $A_{I\%}$  – максимальный модуль стока ежегодной вероятностью превышения  $P$  равной 1%, выраженный в долях произведения  $\varphi H_{1\%}$ , при  $\delta=1$  определяется в зависимости от гидроморфологической характеристики русла и продолжительности склонового времени добега.

$\varphi$  – сборный коэффициент стока, определяемый по формулам,

$H_{1\%}$  - максимальный суточный слой осадков 1% вероятности,

$\delta$  – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов воды проточными озерами.

$\lambda_{p\%}$  - переходный коэффициент от максимальных расходов вероятностью 1 % к максимальным расходам другой вероятности.

Гидроморфометрическая характеристика русла определяется по формуле:

$$\phi_p = 1000L / \chi_p * I_p^\chi * \chi * A^{1/4} * (\varphi H)^{1/4} \quad (5)$$

где  $L$  – длина водотока, до расчетного створа, км;

$I_p$  – средневзвешенный уклон русла, %;

$\chi_p, \chi$  – параметры, определяемые по приложению.



Продолжительность склонового добега  $t_{ск}$  определяется по приложению в зависимости от значения гидроморфометрической характеристики склонов  $\Phi_{ск}$ , определяемой по формуле:

$$\phi_{ск} = \frac{(1000\ell)^{1/2}}{n_{ск} * \iota_{г}^{1/4} * (\varphi_{Н1\%})^{1/2}} \quad (6)$$

где  $\ell$  – средняя длина безрусловых склонов водосбора (км), определяемая по формуле:

$$\ell = \frac{1}{1.8\rho} \quad (7)$$

где  $\rho$  – коэффициент густоты речной и овражно-балочной сети, км/км<sup>2</sup>;

$n_{ск}$  – коэффициент, характеризующий шероховатость склонов водосбора, определяется по приложению свода правил.

Результаты расчетов максимальных расходов приводятся в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Максимальные расходы весеннего половодья и дождевых паводков

ПК	Наименование водотока	А, км <sup>2</sup>	Максимальные расходы весеннего половодья				Максимальные расходы воды дождевых паводков			
			Q1%	Q2%	Q5%	Q10%	Q1%	Q2%	Q5%	Q10%
Проектируемая трасса										

На рассматриваемой территории максимальные расходы весеннего половодья преобладают над максимальными расходами дождевых паводков.

## 5.2 Среднемеженный сток

Среднемеженные расходы воды исследуемых водотоков в створах пересечений трассой газопровода определены в соответствии со схемой изолиний модуля меженного стока, представленной на рисунке 7.

Расчеты среднемеженных расходов воды в расчетных створах определены по формуле:

$$Q_{СРМ} = M_{СРМ} * A / 1000, \quad (8)$$

где  $Q_{СРМ}$  – среднемеженный расход воды, м<sup>3</sup>/с;

$M_{СРМ}$  – среднемеженный модуль стока, л/с км<sup>2</sup>;

$A$  – площадь водосбора до расчетного створа, км<sup>2</sup>.

Результаты расчетов среднемеженных расходов воды приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 Среднемеженные расходы воды

Наименование водотока	A, км <sup>2</sup>	M <sub>СРМ</sub> , л/с км <sup>2</sup> ;	Q <sub>СРМ</sub> , м <sup>3</sup> /с

### 5.3 Уровни воды и методика их расчета

Уровни воды, соответствующие значениям максимального расхода, определены по кривым  $Q=F(H)$ . Кривые рассчитаны гидравлическим способом для естественных условий отдельно для русел и пойм исследуемых водотоков в морфоствовах, разбитых по створу перехода с учетом морфометрических особенностей долины водотоков в программе «Профиль». Программа рассчитывает отметки водной поверхности по заданному расходу воды. Исходными данными являются: профиль морфоствова, шероховатость участков, уклон реки, расходы. Скорости течения рассчитаны по формуле Павловского-Железнякова. Значение коэффициента шероховатости для естественных водотоков приняты по таблице М.Ф.Срибнова и уточнены для русловой части обратным расчетом по измеренным расходам.

$$Q = W V_{cp} = W C (R I)^{1/2}, \quad (9)$$

где  $W$  – площадь живого сечения, м<sup>2</sup>;

$C$  – коэффициент Шези определяется по формуле Железнякова

$R$  – гидравлический радиус, м;

$I$  – уклон свободной поверхности участка потока, ‰ промилле.

Расчетные максимальные и среднемеженные уровни воды представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 Расчетные максимальные и среднемеженные уровни воды, м БС

№	Наименование водотока	А, км <sup>2</sup>	Максимальные уровни, м БС				Меж, уровень, м БС
			1%	2%	5%	10%	
Проектируемая трасса							

#### 5.4 Деформация русла и методика их расчета

Отметка наибольшего размыва в створах переходов трассой газопровода определена на основании промеров по линии наибольших глубин и оценена по наибольшей глубине близлежащего плеса. Расчет глубинных деформаций по дну водотоков выполнен согласно рекомендациям ВСН 163-83 по нижеприведенной схеме.

Наибольшая глубина в створе перехода:

$$h_n = H_{y \text{ ств.}} - H_{\text{дна ств.}} \quad (8)$$

где  $H_{y \text{ ств.}}$  – отметка уровня в створе перехода,

$H_{\text{дна ств.}}$  – наименьшая отметка дна в створе перехода.

Наибольшая глубина на участке перехода:

$$h_{\text{уч}} = H_{y \text{ пер.}} - H_{\text{дна пер.}} \quad (9)$$

где  $H_{y \text{ пер.}}$  – отметка уровня в точке с наибольшей глубиной,

$H_{\text{дна пер.}}$  – наименьшая отметка дна на участке перехода.

Дополнительные сезонные деформации русла определены по формуле:

$$H_{\text{пред.разм.}} = H_{\text{мин.}} - \Delta z - \delta \quad (10)$$

где  $H_{\text{мин}}$  – минимальная глубина в расчетном створе.

$\Delta z = 0,1 K_2(H_{5\%} - H_{max})$  - дополнительная деформация дна, обусловленная переформированием русловых микроформ (гряд).

$K_2 - 1,3$  – коэффициент, учитывающий возможные отклонения фактической высоты гряд от расчетных значений.

$\delta$  – погрешность промера глубин = 0,1 м

Результаты расчетов по определению минимальной отметки предельного размыва дна приводятся в таблице 5.5.

Таблица 5.5 Расчет глубины предельного размыва дна

Наименование водотока	Мин, отметка дна на участке, м БС	hг	$\Delta z$	$\delta$	кг	Отметка предельного размыва дна, м БС	hп.р., м

## **5.5 Общие рекомендации по инженерной защите сооружений и охране окружающей природной среды**

При разработке проектных решений инженерной защиты сооружений необходимо учитывать опасные гидрометеорологические явления и процессы, приведенные в п.3.3.11, а также результаты выполненных гидрометеорологических изысканий, приведенных в настоящем отчете.

В соответствии с Водным кодексом РФ следует соблюдать ограничения хозяйственной деятельности в границах водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов. Согласно статье 65 Водного кодекса в границах водоохранных зон допускаются проектирование, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация хозяйственных и иных объектов при условии оборудования таких объектов сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод в соответствии с водным законодательством и законодательством в области охраны окружающей среды. Выбор типа сооружения, обеспечивающего охрану водного объекта от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод, осуществляется с учетом необходимости соблюдения установленных в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов.

После проведения строительных работ необходимо провести рекультивацию земель.

## **Заключение**

В климатическом отношении рассматриваемая территория достаточно изучена.

Степень метеорологической изученности территории изысканий считается изученной.

Привлекаемая метеостанция соответствует условиям репрезентативности:

– расстояние от метеостанции до изыскиваемых объектов не превышает 100 км;

– ряды метеорологических наблюдений являются достаточно продолжительными по всем характеристикам. Продолжительность наблюдений превышает минимальный порог лет.

Для составления климатической характеристики района изысканий были использованы материалы наблюдений метеорологической станции Урюпинск.

Согласно карте климатического районирования для строительства проектируемая трасса относится к району II В (СП 131.1330.2020, рис. 1).

Приведена характеристика гидрологического режима района производства работ. Водный режим водотоков характеризуется весенним половодьем, летне-осенней и зимней меженью. В летне-осенний и зимний периоды возможны дождевые паводки.

По результатам полевого обследования участка изысканий определено, что проектируемой трассой ВОЛС пересекаются р. Хопер, р. Ворона, ручьи б/н и лога б/н (перечень представлен в табл. 6.1).

Согласно СП 482.1325800.2020 водотоки относятся к I, III группе сложности переходов (табл. 6.1).

При проектировании объекта следует учитывать опасные природные гидрометеорологические явления, представленные в пункте 4.1.8.

После проведения строительных работ необходимо провести рекультивацию земель.

## **6 Список использованных материалов**

### **6.1 Нормативно-методическая литература**

1. СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (актуализированная редакция СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»);
2. СП 482.1325800.2020 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства», ПНИИС Госстроя России, М.2020;
3. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» Актуализированная версия СНиП 23-01-99\* России, М., 2020;
4. СП 22.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*. Основания зданий и сооружений. Минстрой России. М.;
5. СП 482.1325800.2020 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства». Минстрой России. М., 2020;
6. СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик», Госстрой России, М., 2004;
7. ГОСТ 19179-73 «Гидрология суши. Термины и определения», М., Издательство стандартов, 1988;
8. ГОСТ 17.1.1.02-77 «Классификация водных объектов», М., Издательство стандартов, 1988;
9. Водный кодекс Российской Федерации актуализированная редакция от 14 июня 2020 года, № 74-ФЗ;
10. СП 20.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия, Госстрой России, М.,1996;
11. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), седьмое издание, раздел 2, утв. Минэнерго России от 20 мая 2003г №187, ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС», М., 2012;
12. Методические рекомендации по определению расходов воды при проектировании переходов через водотоки в зоне воздействия некапитальных плотин. ВНИИ ТС. М. 1981

### **6.2 Фондовые материалы**

13. Заварина М.В. «Строительная климатология», ГМИ Л., 1976;

14. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик», ГМИ, Л., 1984;
15. «Ресурсы поверхностных вод СССР». Том 11. Средний Урал и Приуралье. Л., Гидрометеиздат, 1973 г.;
16. Основные гидрологические характеристики рек бассейна Камы, Ливны 2015 г.
17. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л., Гидрометеиздат, 1979;
18. Государственный водный кадастр, Основные гидрологические характеристики, т.10, Средний Урал и Приуралье, Л., Гидрометеиздат, 1967;
19. Гидрологическая изученность, т.10, Средний Урал и Приуралье, Л., Гидрометеиздат, 1973;
20. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, Том I, вып.23.