

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**В. А. Наумов, Н. Р. Ахмедова**

**ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В БАССЕЙНЕ  
РЕКИ ПРЕГОЛИ**

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2017

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор кафедры трубопроводного транспорта, водоснабжения и гидравлики УО «Полоцкий государственный университет»

В. К. Липский

доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой теории механизмов и машин и деталей машин ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» С. В. Федоров

**Наумов В. А., Ахмедова Н. Р.**

Инженерные изыскания в бассейне реки Преголи: монография / В. А. Наумов, Н. Р. Ахмедова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 183 с.

ISBN 978-5-94826-489-9

Монография посвящена различным аспектам инженерных изысканий для проектирования, строительства и реконструкции зданий и инженерных сооружений в бассейне р. Преголи. Изучены основные региональные особенности инженерно-экологических, инженерно-геодезических и инженерно-геологических исследований. Наибольшее внимание в монографии уделено этапам инженерно-гидрометеорологических изысканий, в проведении которых у авторов накоплен определенный опыт. При этом рассмотрены случаи и когда имеется достаточный объем гидрологических наблюдений в исследуемых створах, и когда нет систематических гидрометрических измерений.

Представлено большое количество результатов обработки данных, полученных во время инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне р. Преголи. Показано, что трудоемкость расчетных работ может быть многократно снижена с помощью разработанных авторами методов в среде Mathcad. В приложениях приведены некоторые недоступные (или труднодоступные) материалы справочного характера, которые могут потребоваться при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий на территории Калининградской области.

Монография предназначена для научных сотрудников, инженеров, преподавателей высших и средних специальных учебных заведений, аспирантов и студентов, связанных с проведением инженерных изысканий при наличии водотоков в районе исследований.

Рис. 146, табл. 86, список лит. 117 – наименований.

УДК 556.53:627.133

ISBN 978-5-94826-489-9

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2017 г.  
© Наумов В.А., Ахмедова Н.Р., 2017 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Список основных обозначений .....	4
Список сокращений .....	5
Введение .....	6
1. Содержание и требования к проведению инженерных изысканий в соответствии с нормативными документами .....	7
2. Некоторые результаты инженерных изысканий в бассейне реки Преголи .....	13
3. Систематические гидрологические наблюдения в бассейне реки Преголи .....	61
3.1. Гидрологическая изученность бассейна реки Преголи .....	61
3.2. Полнота гидрологической информации. Восстановление рядов .....	71
3.3. Использование данных СКИОВО в инженерных изысканиях .....	77
3.4. Сгонно-нагонные явления в устье реки Преголи .....	85
4. Статистическая обработка гидрологической информации .....	88
4.1. Зависимость расхода реки Преголи от уровня воды .....	88
4.2. Проверка гидрологического ряда реки Преголи .....	94
4.3. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов реки Преголи и её притоков .....	100
4.4. Обеспеченность максимальных и минимальных уровней .....	106
4.5. Внутригодовое распределение стока в бассейне реки Преголи .....	112
5. Инженерно-гидрологические изыскания на территории региона при отсутствии систематических наблюдений .....	122
5.1. Методы определения расчетных расходов данной обеспеченности.	122
5.2. Инженерно-гидрологические изыскания в бассейне реки Новой .....	130
5.3. Инженерно-гидрологические изыскания в бассейнах рек Низовки и Головенки .....	136
5.4. Инженерно-гидрологические изыскания в бассейне реки Голубой .	141
Заключение .....	146
Список использованных источников .....	147
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	156
Приложение А. Водные объекты, входящие в бассейн реки Преголи .....	156
Приложение Б. Сведения о действующих метеорологических станциях на территории Калининградской области (сеть Росгидромета) .....	159
Приложение В. Список действующих гидрохимических постов, находящихся в ведении ФГУ «Калининградский ЦГМС» (на территории гидрографической единицы 01.01.00) .....	161
Приложение Г. Перечень и критерии опасных метеорологических явлений и комплексов гидрометеорологических явлений по району ответственности Калининградского ЦГМС .....	162
Приложение Д. Среднемесячные расходы воды в бассейне реки Преголи	164
Приложение Е. Нагонные явления в устье реки Преголи .....	174
Приложение Ж. Таблицы значений параметров расчетных формул при отсутствии данных гидрометрических наблюдений .....	177
Приложение И. Региональные карты гидрологических характеристик .....	179
Приложение К. Шкала шероховатости речных русел и пойм .....	182

## СПИСОК ОСНОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- $A$  – площадь водосборного бассейна, км<sup>2</sup>;  
 $C_v$  – коэффициент вариации;  
 $C_s$  – коэффициент асимметрии;  
 $H$  – уровень воды над нулем гидропоста, см или м БС;  
 $h$  – слой стока, мм;  
 $I$  – уклон водной поверхности, ‰;  
 $K_0$  – коэффициент дружности весеннего половодья;  
 $k$  – модульный коэффициент;  
 $L$  – гидрографическая длина водотока, км;  
 $n$  – коэффициент гидравлической шероховатости русла;  
 $P$  – обеспеченность (вероятность превышения), ‰;  
 $Q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с;  
 $q$  – модуль стока, л/(с·км<sup>2</sup>);  
 $R$  – гидравлический радиус поперечного сечения водотока, м;  
 $r$  – коэффициент парной корреляции;  
 $T$  – многолетняя продолжительность ежегодного пересыхания (или перемерзания) реки в расчетном створе, сут;  
 $V$  – средняя скорость в поперечном сечении водотока, м;  
 $\Phi$  – гидроморфометрическая характеристика русла;  
 $\chi$  – смоченный периметр поперечного сечения водотока, м;  
 $\omega$  – площадь живого сечения водотока, м<sup>2</sup>;  
 $\mu$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды;  
 $\delta_1, \delta_2$  – коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды, соответственно, лесами и болотами;  
 $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние на сток озер, водохранилищ;  
 $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение;  
 $\varepsilon$  – относительная погрешность, ‰



## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ААНИИ – Арктический и антарктический научно-исследовательский институт;
- БВУ – бассейновое водное управление;
- БС – Балтийская система отсчета уровней;
- БФУ им. И. Канта – Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта;
- ВНИИГИ – Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации;
- ГГИ – Государственный гидрологический институт;
- ГЕ – гидрологический ежегодник;
- КГТУ – Калининградский государственный технический университет;
- ОЯ – опасные явления;
- ПДК – предельно допустимая концентрация;
- РАЕН – Российская академия естественных наук;
- РГУ им. И. Канта – Российский государственный университет имени Иммануила Канта (прежнее название БФУ им. И. Канта);
- РУДН – Российский университет дружбы народов;
- СКИОВО – схема комплексного использования и охраны водных объектов;
- СНиП – строительные нормы и правила;
- СП – свод правил;
- ЦГМС – центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
- г. – город;
- д. – деревня;
- пос. – поселок;
- рук. – рукав реки;
- р. – река;
- с. – село.

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с нормативными документами [96–99, 102] разработке любого проекта строительства или реконструкции зданий и сооружений должны предшествовать инженерные изыскания. Монография посвящена различным аспектам инженерных изысканий для проектирования, строительства и реконструкции зданий и инженерных сооружений в бассейне р. Преголи.

Калининградская область находится в зоне избыточного увлажнения; насчитывается 4620 водотоков протяженностью 12859 км [110]. Реки региона относятся к бассейнам рек Немана, Преголи и малых рек, впадающих в заливы Балтийского моря. Созданная после второй мировой войны Калининградская область унаследовала от Восточной Пруссии разветвленную речную сеть. Отличительной особенностью этой сети является существенная трансформация в процессе многовековой хозяйственной деятельности. Выпрямлены и углублены русла части рек, некоторые из них выполняют функции мелиоративных каналов.

Ещё одна отличительная особенность Калининградской области от других регионов России – высокий процент мелиорированных земель [93, 94]. На ее территории расположено около 20% всех мелиорированных земель и 70% польдеров России. Избыточное увлажнение при плоском низменном рельефе требует большого объема работ по осушению земель. Осушается 94% площадей сельскохозяйственных угодий в области. В регионе имеется свыше 100 тыс. га высокопродуктивных полевых земель, которые защищены дамбами.

Наибольшее внимание в монографии уделено этапам инженерно-гидрометеорологических изысканий, в проведении которых у авторов накоплен определенный опыт. При этом рассмотрены случаи и когда имеется достаточный объем гидрологических наблюдений в исследуемых створах, и когда нет систематических гидрометрических измерений. Представлено большое количество результатов обработки данных, полученных во время инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне р. Преголи. Показано, что трудоемкость расчетных работ может быть многократно снижена с помощью разработанных авторами методов в среде Mathcad.

Первый и второй разделы монографии написаны Н. Р. Ахмедовой, третий, четвертый и пятый – В. А. Наумовым.

Авторы выражают благодарность профессору Н. Л. Великанову и инженеру Л. В. Ламзиной (Марковой) за совместно проведенные исследования.

Монография предназначена для научных сотрудников, инженеров, преподавателей высших и средних специальных учебных заведений, аспирантов и студентов, связанных с проведением инженерных изысканий при наличии водотоков в районе изысканий.

# **1. СОДЕРЖАНИЕ И ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С НОРМАТИВНЫМИ ДОКУМЕНТАМИ**

При проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, а также проведении работ по их реконструкции, планировке территорий необходимо руководствоваться рядом нормативных документов. Обязательным условием осуществления данной деятельности является выполнение инженерных изысканий с целью изучения природных условий территории, факторов техногенного воздействия [102]. Изыскания для строительства проводят в объеме, который позволит принять необходимые технологические решения.

Свод правил [102] определяет следующие основные виды инженерных изысканий:

- инженерно-геодезические;
- инженерно-геологические;
- инженерно-гидрометеорологические;
- инженерно-экологические;
- инженерно-геотехнические.

При необходимости, в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации, могут осуществляться специальные виды изысканий и работ.

Состав и методы проведения инженерных изысканий определяются программой, разработанной в соответствии с техническим заданием.

Программа инженерных изысканий в общем случае должна состоять из разделов, регламентируемых СП [102, п. 4.15]:

- Общие сведения;
- Оценка изученности территории;
- Краткая физико-географическая характеристика района работ;
- Состав и виды работ, организация их выполнения;
- Особые условия (при необходимости);
- Контроль качества и приемка работ;
- Используемые нормативные документы;
- Требования по охране труда и технике безопасности при проведении работ;
- Представляемые отчетные материалы и сроки их представления.

Результаты изысканий оформляются в виде технического отчета в соответствии с рекомендациями, изложенными в ГОСТ 21.301-2014 [36]. Отчет может состоять из текстовой части и графической.

Текстовую часть выполняют на листах формата А4, в обоснованных случаях допускается включать отдельные листы большего формата.

Графическая часть отчета выполняется в соответствии с требованиями стандартов системы проектной документации для строительства (СПДС), ГОСТ 21.101 и других нормативных документов. По ГОСТ 21.301-2014 (п. 7.3) к графическим документам, как правило, относят диаграммы, карты,

схемы, планы, разрезы, профили и другие документы, являющиеся результатами обработки выполненных работ.

При проведении инженерных изысканий необходимо учитывать возможность проявления опасных, сложных процессов и явлений на исследуемой территории.

В соответствии с п. 10 СП [98] к опасным природным и техноприродным процессам при проведении инженерно-геодезических работ относятся: склоновые процессы, карст, переработка берегов рек, морей, озер и водохранилищ, подвижки земной поверхности в районах разрывных тектонических смещений, деформации земной поверхности на подрабатываемых территориях и подтопляемые территории.

В [99] к сложным условиям при осуществлении инженерно-геологических изысканий относят выполнение работ в районах развития геологических и инженерно-геологических процессов, на территориях распространения специфических грунтов и в районах с особыми условиями.

В приложении Б [109] указаны опасные природные процессы, которые активизируются геофизическими воздействиями, и их категории.

К опасным гидрометеорологическим процессам и явлениям относятся [97]: наводнение, цунами, смерчи, ураганные ветры, снежные лавины и заносы, селевые потоки, русловый процесс, гололёд, переработка берегов рек, озер, водохранилищ, абразия морских берегов.

В приложении В [97] указаны критерии учёта опасных гидрометеорологических процессов и явлений при проектировании.

В соответствии с СП [98] инженерно-геодезические изыскания проводят для получения топографо-геодезических материалов, которые необходимы при оценке условий места исследований, обосновании проектных решений, управлении территорией и т.д.

В состав инженерно-геодезических изысканий входят следующие основные виды работ [102]:

- создание опорных геодезических сетей;
- создание и (или) обновление инженерно-топографических планов в масштабах 1: 5000 – 1: 200, в том числе в цифровой форме, съёмка подземных коммуникаций и сооружений;
- трассирование линейных объектов;
- инженерно-гидрографические работы;
- геодезические наблюдения за деформациями и осадками зданий и сооружений, движениями земной поверхности и опасными природными процессами;
- специальные геодезические и топографические работы при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Как правило, данный вид изысканий выполняется в три этапа: подготовительный, полевой, камеральный. Большое значение при проведении работ имеют геодезические приборы, которые должны быть аттестованы и поверены в соответствии с требованиями нормативных документов Госстандарта России [98].

При обработке результатов измерений в геодезических сетях в соответствии с п. 5.23 [98] необходимо использовать программные средства обработки, которые имеют соответствующие паспорта или сертификаты.

Технический отчет по инженерно-геодезическим работам, как правило, состоит из следующих разделов, рекомендованных [102]:

- Общие сведения;
- Краткая физико-географическая характеристика района (площадки, трассы и прилегающей территории);
- Топографо-геодезическая изученность района (площадки, трассы) инженерно-геодезических изысканий;
- Сведения о методике и технологии выполненных инженерно-геодезических изысканий;
- Сведения о проведении внутреннего контроля и приемки работ;
- Заключение.

Общие правила производства инженерно-геологических работ представлены в СП [99]. При предъявлении дополнительных требований к изысканиям данного вида необходимо также руководствоваться СП 11-105-97 (часть II – в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов, часть III – в районах распространения специфических грунтов).

Инженерно-геологические изыскания выполняют для получения исходных данных, необходимых при принятии конструктивных и объемно-планировочных решений, выборе типа фундамента, разработке мероприятий по охране окружающей среды, инженерной защите территорий и т.д. [102].

В некоторых случаях производят инженерно-геотехнические исследования [102], но, как правило, их выполняют в составе инженерно-геологических изысканий.

В соответствии с нормативными документами [99, 102] в состав инженерно-геологических и инженерно-геотехнических изысканий входят следующие основные виды работ:

- дешифрирование аэро- и космических снимков;
- инженерно-геологическая съемка;
- проходка горных выработок;
- инженерно-геофизические исследования;
- инженерно-геокриологические исследования;
- сейсмологические и сейсмотектонические исследования территории;
- сейсмическое микрорайонирование;
- полевые исследования грунтов;
- локальный мониторинг компонентов геологической среды и стационарные наблюдения;
- лабораторные исследования грунтов, подземных и поверхностных вод;
- обследование грунтов оснований фундаментов существующих зданий и сооружений;
- составление прогноза изменений инженерно-геологических условий;
- гидрогеологические исследования.

Дополнительно при выполнении гидрогеологических работ следует руководствоваться требованиями, изложенными в СП [101].

При проведении изысканий данного вида необходимо учитывать сложность инженерно-геологических условий. В приложении Б [99] выделено три категории сложности, которые устанавливаются по совокупности факторов.

Технический отчёт, как правило, состоит из следующих разделов, рекомендуемых [99, 102]:

- Введение;
- Изученность инженерно-геологических условий;
- Физико-географические и техногенные условия;
- Геологическое строение и свойства грунтов;
- Гидрогеологические условия;
- Специфические грунты (при наличии);
- Геологические и инженерно-геологические процессы (если оказывает влияние на исследуемый объект);
- Инженерно-геологическое районирование;
- Заключение;
- Список использованных материалов.

При наличии специфических условий производятся дополнительные исследования, которые обязательно отражаются в техническом отчёте в соответствии с требованиями, изложенными в п. 6.7 СП [102].

В [97, 102] приведены основные требования при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий. Данный вид работ проводится для комплексной оценки исследуемой территории, при изучении процессов подтопления территории, русловых и пойменных деформаций рек и селевых явлений, переработки берегов озёр и водохранилищ, динамики морских побережий и т.д. Исследуются гидрологический режим водного объекта, климатические условия, техногенные изменения климатических, гидрологических условий, их отдельных характеристик [97].

В соответствии с п. 3.2 СП [97] инженерно-гидрометеорологические изыскания проводятся для разработки:

- градостроительной документации;
- обоснований инвестиций в строительство;
- проекта строительства;
- рабочей документации.

При проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий могут проводиться специальные работы и исследования [97].

Большое значение при проведении данного вида изысканий имеет определение репрезентативных метеорологической и гидрологической станций (постов) с учётом требований п. 4.9–4.11 СП [97].

При гидрологических наблюдениях, как правило, производят измерения следующих параметров [97]: уровней воды, уклонов водной поверхности, расходов воды; расходов взвешенных и донных наносов; измерение скоростей и направлений течений воды; определение коэффициентов шероховатости русла и поймы; изучение температурного режима; изучение ледового режима и явлений; исследование русловых процессов; изучение волнового режима и др.

К основным метеорологическим наблюдениям относятся наблюдения за атмосферным давлением, температурой и влажностью воздуха, скоростью и направлением ветра, температурой на поверхности почвы и состоянием поверхности почвы, атмосферными осадками, облачностью, атмосферными явлениями, снежным покровом [97].

Технический отчёт, в общем случае, должен содержать следующие разделы [97]:

- Введение;
- Гидрометеорологическая изученность;
- Природные условия района;
- Состав, объем и методы производства изыскательских работ;
- Результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий;
- Заключение.

В соответствии с п. 8.1 [102] и п. 3.1 [96] инженерно-экологические изыскания выполняют для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей среды под влиянием техногенной нагрузки. Данный вид изысканий может быть выполнен отдельно, по требованию заказчика, а может и в комплексе с другими их видами.

Выделяют следующие уровни инженерно-экологических изысканий: прединвестиционный, градостроительный, обоснования инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений, проектный.

В соответствии с [96, 102] в состав инженерно-экологических изысканий входят следующие виды работ и исследований:

- сбор, обработка и анализ опубликованных и фондовых материалов, данных о состоянии природной среды и предварительная оценка экологического состояния территории;
- экологическое дешифрирование аэро- и космических снимков;
- маршрутные наблюдения;
- проходка горных выработок для получения экологической информации;
- эколого-гидрогеологические исследования;
- эколого-гидрологические исследования;
- эколого-геокриологические исследования;
- почвенные исследования;
- геоэкологическое опробование и оценка загрязненности атмосферного воздуха, почв, грунтов, поверхностных и подземных вод;
- лабораторные химико-аналитические исследования;
- исследование и оценка радиационной обстановки;
- газогеохимические исследования;
- исследование и оценка физических воздействий;
- биологические (флористические, геоботанические, фаунистические) исследования;
- социально-экономические исследования;
- санитарно-эпидемиологические и медико-биологические исследования;
- археологические исследования;
- камеральная обработка материалов и составление отчета.

В общем случае технический отчёт по инженерно-экологическим изысканиям должен содержать следующие разделы [102]:

- Введение;
- Изученность экологических условий;
- Краткая характеристика природных и техногенных условий;
- Почвенно-растительные условия, животный мир;
- Хозяйственное использование территории;
- Социально-экономические условия;
- Объекты культурного наследия (Особо охраняемые природные территории и другие экологические ограничения природопользования);
- Современное экологическое состояние района изысканий;
- Предварительный прогноз возможных неблагоприятных изменений природной и техногенной среды;
- Рекомендации и предложения.

Производство инженерно-экологических работ должно осуществляться на основе требований и принципов охраны окружающей среды, утвержденных законодательством РФ по охране окружающей среды и другими нормативными природоохранными документами.

При проведении полевых и лабораторных работ в рамках всех видов изысканий необходимо соблюдение правил безопасности.

Обеспечение соблюдения правил техники безопасности при проведении полевых работ производится в соответствии с действующим законодательством РФ и требованиями СНиП III-4-80\* «Техника безопасности в строительстве», а также разработанными на основе данных документов внутренними инструкциями и правилами изыскательской организации.



## 2. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПРЕГОЛИ

В Калининградской области хорошо развита речная сеть, густота которой составляет около 1 км на 1 км<sup>2</sup> площади, поэтому в состав инженерных изысканий практически всегда входят инженерно-гидрометеорологические.

Общее количество рек – более четырех тысяч, согласно классификации рек по длине большая часть из них относится к мельчайшим (до 10 км). Многие речные системы используются в качестве водоприемников осушительной мелиоративной сети.

Калининградская область находится в зоне избыточного увлажнения, её территория подвержена затоплению и подтоплению, что естественным образом влияет на всю хозяйственную деятельность региона. Согласно данным [110] в зоне затопления находятся Гвардейский, Черняховский, Полесский, Славский и Неманский районы, которые расположены в бассейнах рек Немана и Преголи (рис. 2.1). Положение дел усугубляется неудовлетворительным состоянием русла многих водных объектов, износом мелиоративной системы.

В соответствии с приказом Росводресурсов (Федеральное агентство водных ресурсов) № 173 от 05.09.2007 г. «Об утверждении количества гидрографических единиц и их границ», территория бассейнов рек в Калининградской области выделена в отдельную гидрографическую единицу – 01.01.00 «Неман и реки бассейна Балтийского моря (русская часть в Калининградской обл.)», в которую, в свою очередь, включены три водохозяйственных участка на территории РФ в Калининградской области: Неман (ВХУ 01.01.00.001); Преголя (ВХУ 01.01.00.002) и реки бассейна Балтийского моря в Калининградской области без рек Немана и Преголи (ВХУ 01.01.00.003) (приказ Росводресурсов № 161 от 31.07.2008 «Об утверждении количества водохозяйственных участков и их границ по Балтийскому бассейновому округу»).

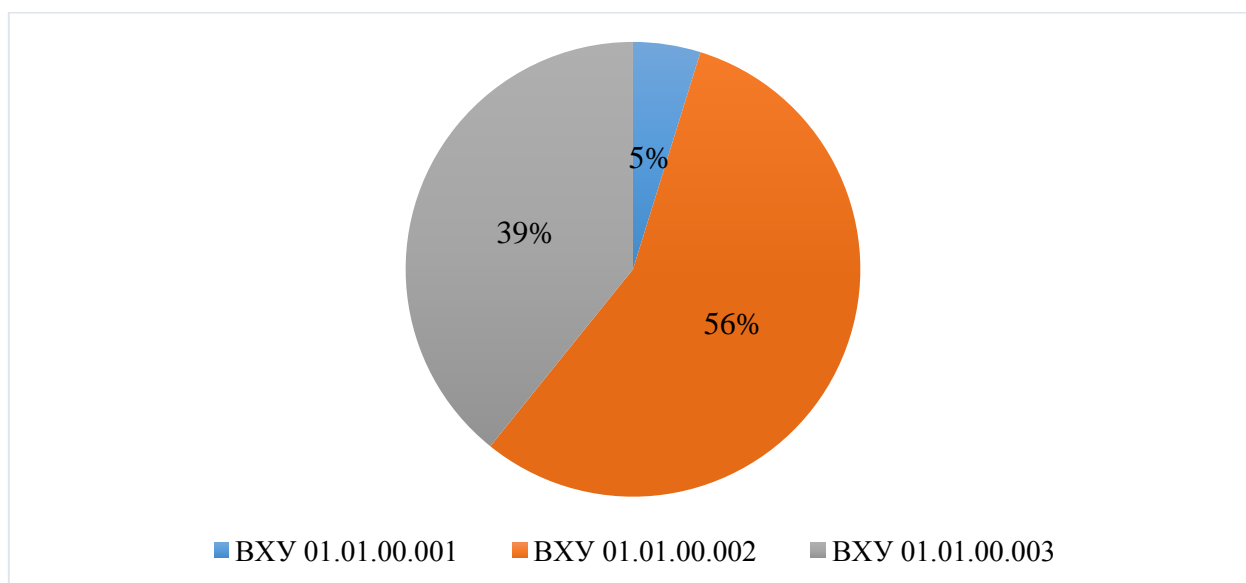


Рис. 2.1. Площадь подучастков, подверженных затоплению в Калининградской области (по данным [110])

Преголя – самая многоводная река Калининградского (Вислинского) залива, она образуется слиянием Инструча и Анграпы, имеет крупный левый приток – р. Лаву (Лыну). Длина р. Преголи без притоков составляет 123 км. Преголя относится к средним рекам, форма ее бассейна асимметричная: левобережная площадь в несколько раз больше правобережной [34]. Река протекает с востока на запад области, пересекая её центральную низменную часть (рис. 2.2). Водные объекты, относящиеся к бассейну р. Преголи, указаны в приложении А.



Рис. 2.2. Физическая карта Калининградской области [2]

Прегольская низменность отличается небольшими высотами, преобладают высоты в 20–50 м. В низовьях Лавы и на левобережье Преголи расположены крупные массивы болот.

В соответствии с ландшафтным районированием участок изысканий преимущественно относится к провинции озерно-ледниковых равнин, геоморфологически – к плоским и слабоволнистым озёрно-ледниковым равнинам (рис. 2.3).

При проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне р. Преголи для составления климатической записки могут быть использованы материалы наблюдений, приведенные в «Научно-прикладном справочнике по климату СССР» (Серия 3. Многолетние данные, части 1–6. Выпуск 6. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР) [86], СП [103] и данные ФГБУ «Калининградский ЦГМС».

В соответствии с данными [37] в настоящее время в Калининградской области (Северо-западное УГМС) действуют следующие метеорологические стан-



ции сети Росгидромета: Железнодорожный, Калининград, Мамоново, Пионерский, Черняховск (рис. 2.4, приложение Б).

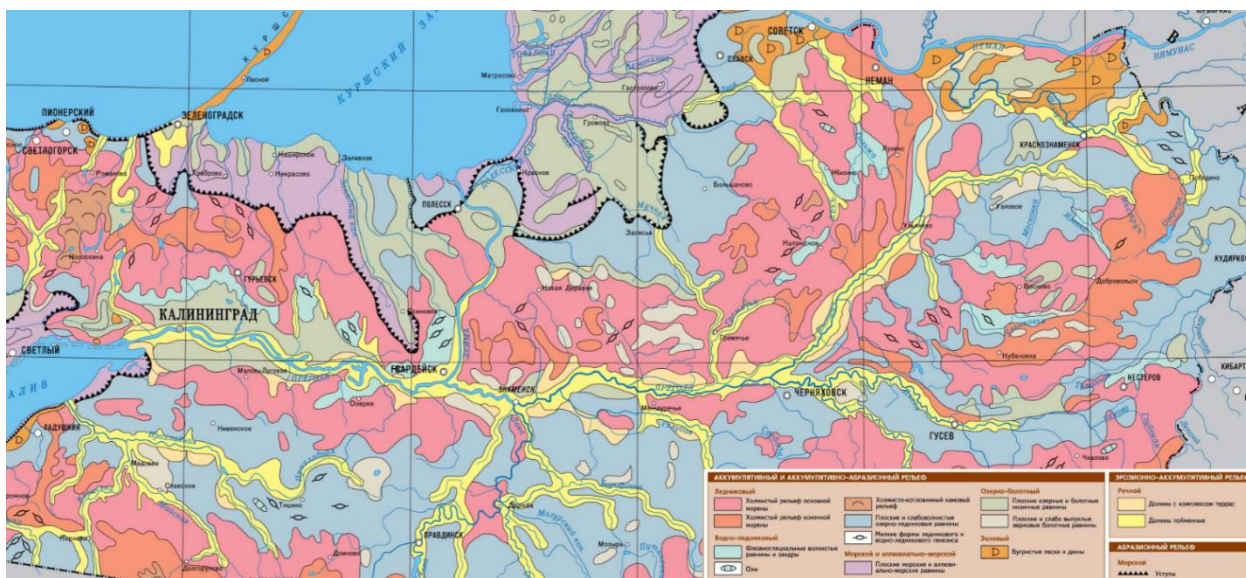


Рис. 2.3. Геоморфологическая карта Калининградской области [2]

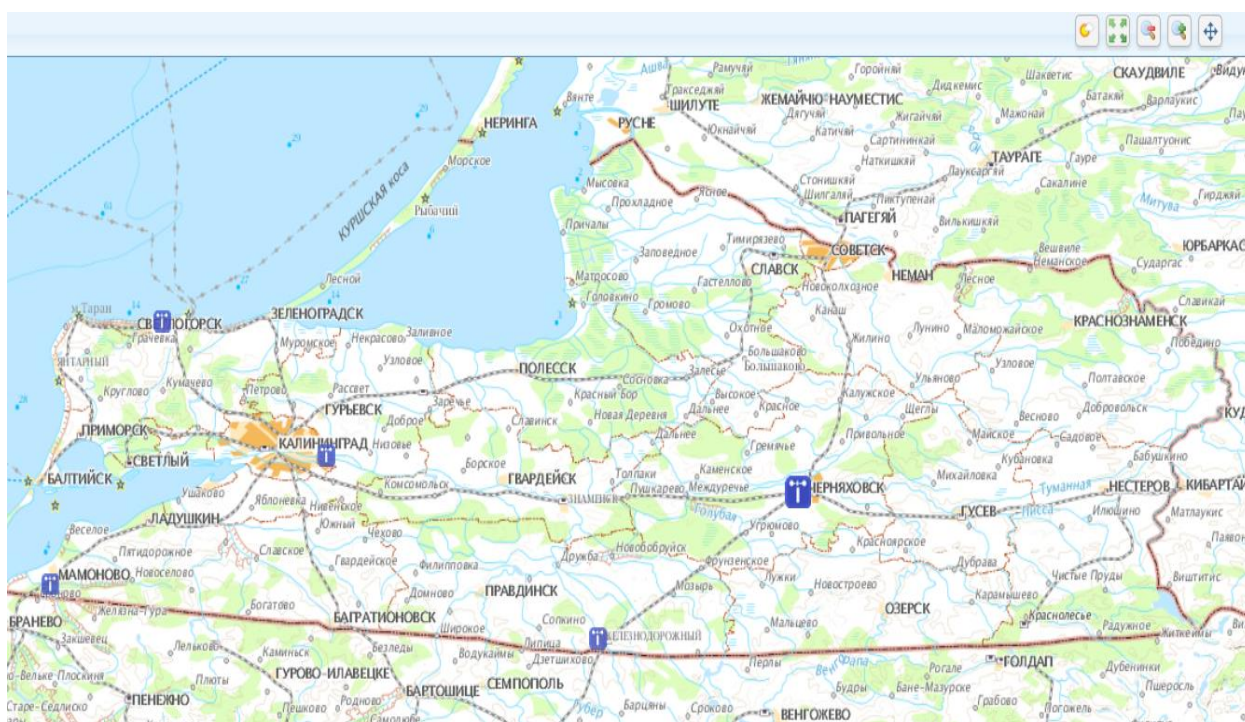


Рис. 2.4. Действующие метеорологические станции сети Росгидромета [37]

Согласно [110] на территории гидрографической единицы 01.01.00 действует 13 гидрохимических постов, находящихся в ведении ФГУ «Калининградский ЦГМС» (приложение В).

Ниже представлены основные климатические характеристики бассейна р. Преголи (рис. 2.5–2.9, табл. 2.1–2.3) по следующим метеорологическим постам: Черняховск, Гвардейск, Калининград [86, 103].

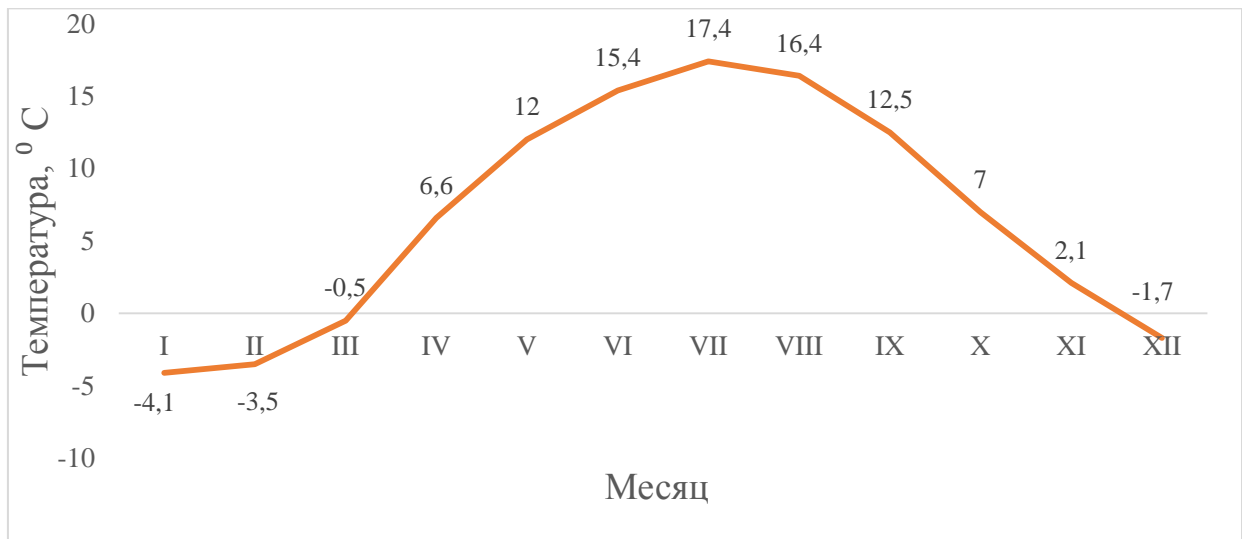


Рис. 2.5. Средняя месячная температура воздуха по метеостанции Черняховск

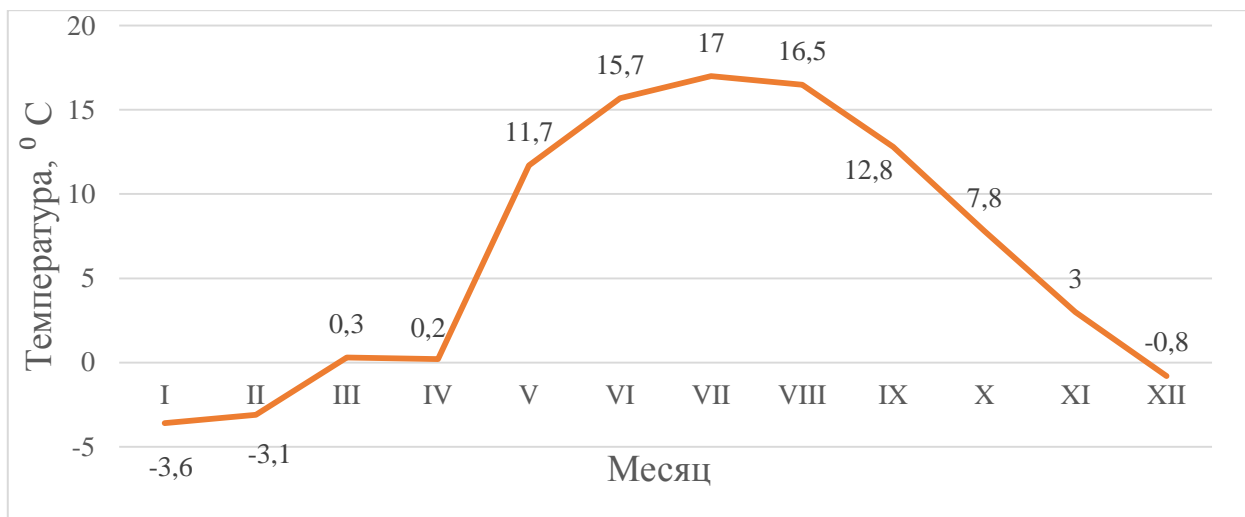


Рис. 2.6. Средняя месячная температура воздуха по метеостанции Гвардейск

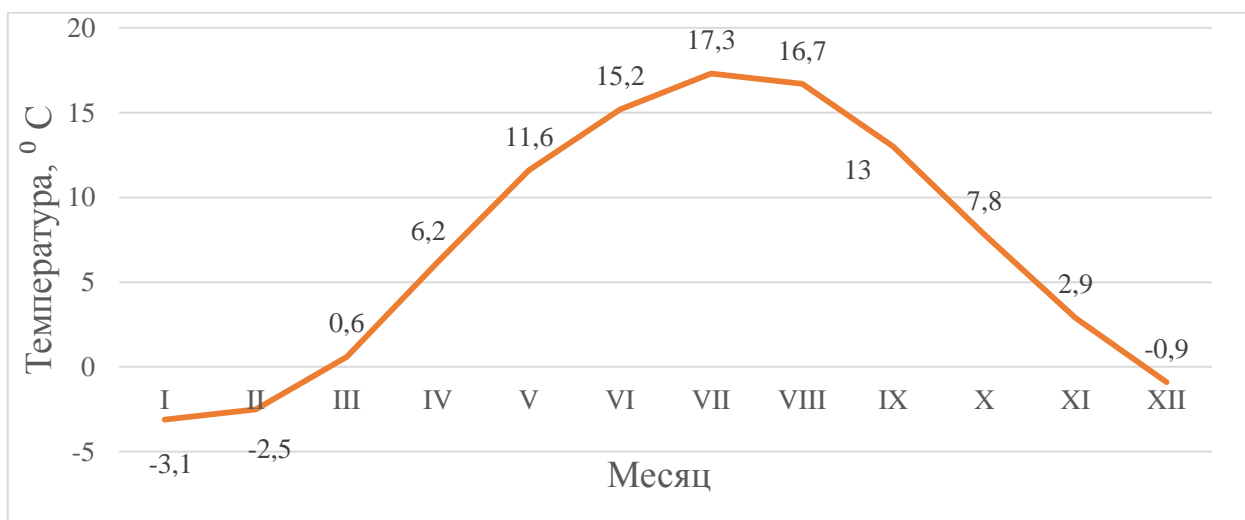


Рис. 2.7. Средняя месячная температура воздуха по метеостанции Калининград

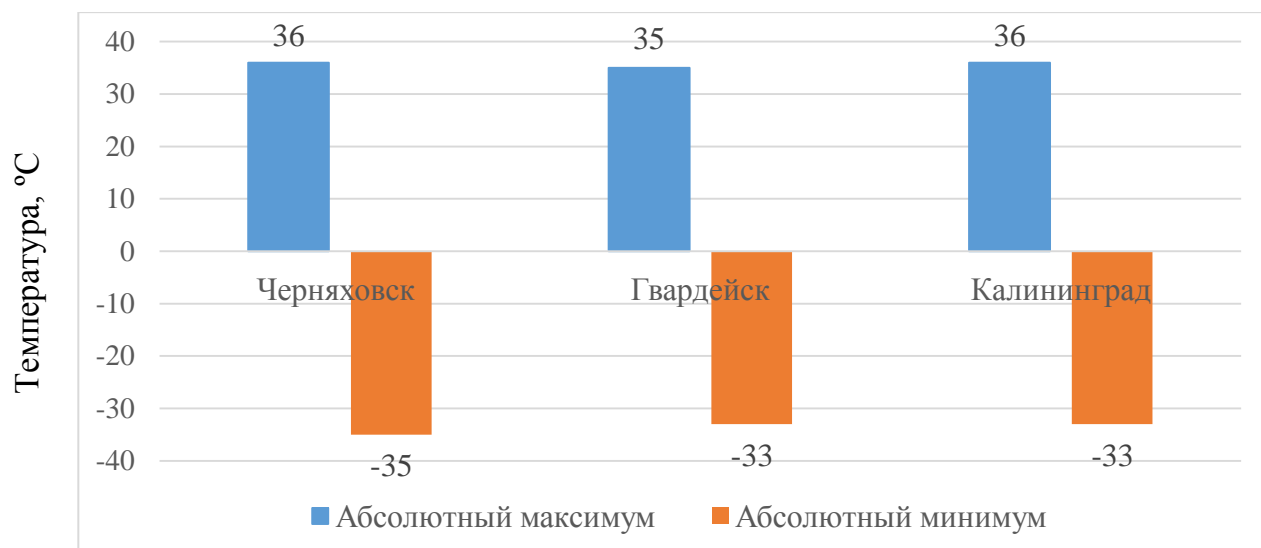


Рис. 2.8. Значения абсолютных максимумов температуры, °C (год)

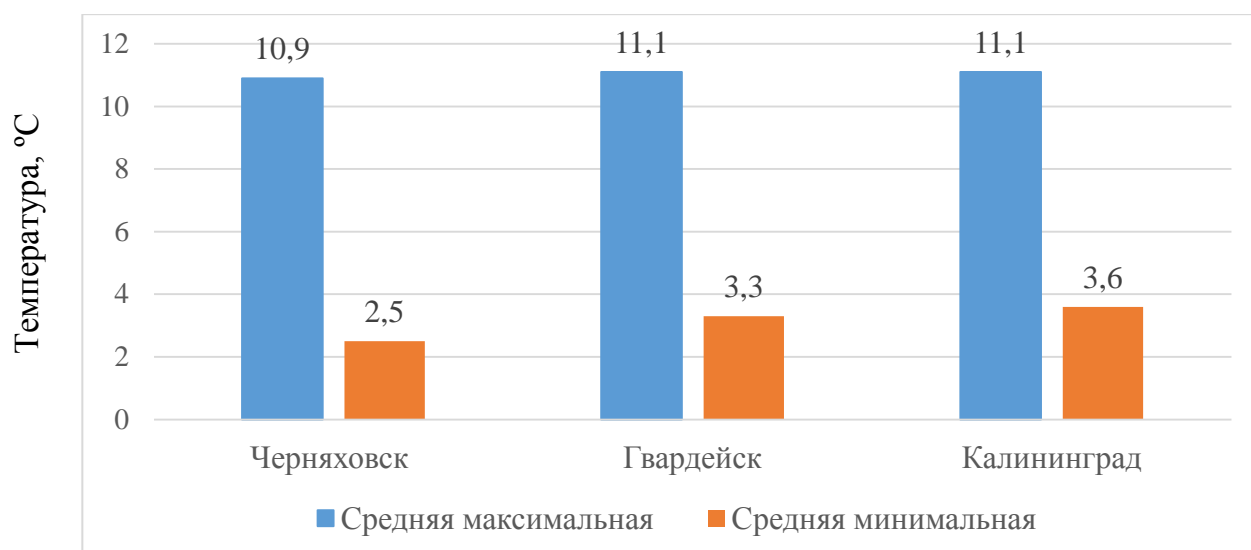


Рис. 2.9. Средние максимальные значения температуры, °C (год)

Таблица 2.1 – Средняя годовая температура воздуха

Метеостанция	Черняховск	Гвардейск	Калининград
T, °C	6,6	7,0	7,1

Таблица 2.2 – Значения абсолютных максимумов температур

Метеостанция	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Абсолютный максимум температуры воздуха,												
Черняховск	9	12	21	28	33	34	35	36	31	24	16	12
Гвардейск	11	12	23	26	32	34	35	35	32	26	19	13
Калининград	11	13	23	27	32	35	36	36	32	26	19	13

Метеостанция	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Абсолютный минимум температуры воздуха, °С												
Черняховск	-35	-33	-24	-8	-5	-1	3	3	-2	-13	-19	-24
Гвардейск	-32	-33	-22	-6	-4	0	5	2	-1	-13	17	-27
Калининград	-33	-33	-23	-7	-4	-1	4	2	-1	-11	-17	-26

Таблица 2.3 – Средние максимальные температуры воздуха

Метеостанция	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя максимальная температура воздуха, °С												
Черняховск	-1,6	-0,3	3,6	11,7	17,9	21,1	22,7	21,7	17,6	10,9	4,5	0,5
Гвардейск	-1,0	-0,1	4,2	11,3	17,3	21,2	22,2	21,8	17,9	11,7	5,4	1,4
Калининград	-0,5	0,2	4,4	10,9	17,3	20,7	22,4	21,6	17,7	11,6	5,3	1,5
Средняя минимальная температура воздуха, °С												
Черняховск	-7,2	-7,2	-3,9	1,7	5,8	9,6	12,2	11,5	7,9	3,6	0,0	-3,8
Гвардейск	-6,4	-6,0	-3,1	2,2	6,6	10,5	12,4	12,0	8,9	4,6	0,8	-3,1
Калининград	-5,5	-5,3	-2,3	2,3	6,8	10,6	13,1	12,4	9,0	4,9	0,8	-2,9

Температура почвы заметно различается по территории. Кроме факторов, влияющих на температурный режим воздуха, на температурный режим почвы оказывают большое воздействие её механический состав и тип, влажность, характер почвенного покрытия.

Глубина промерзания почвы зависит, главным образом, от температуры воздуха. Устойчивое промерзание почвы начинается во второй половине декабря. Оттаивание происходит в первой декаде апреля и обычно начинается при сходе снежного покрова, а иногда, в теплые зимы, почва начинает оттаивать даже под снегом.

Характеристика температурного режима почвы представлена на рис. 2.10–2.13 [86, 103].

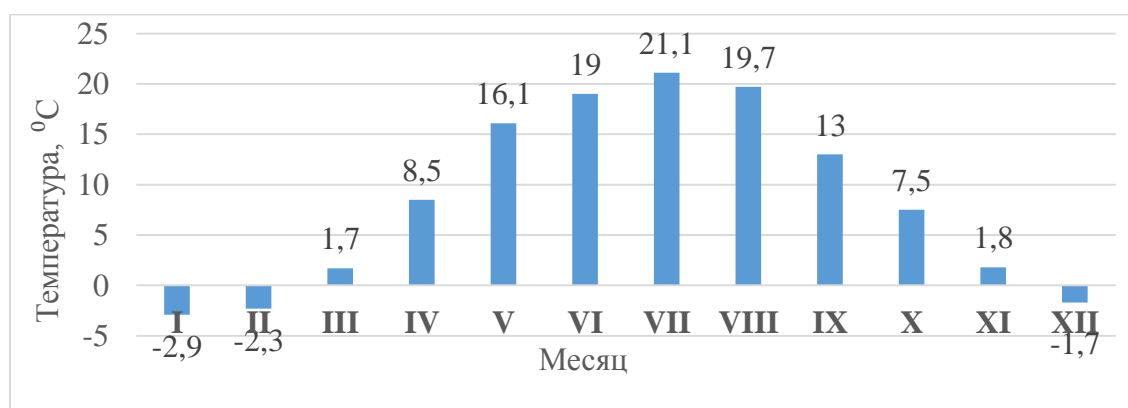


Рис. 2.10. Средние месячные температуры поверхности почвы по метеостанции Черняховск

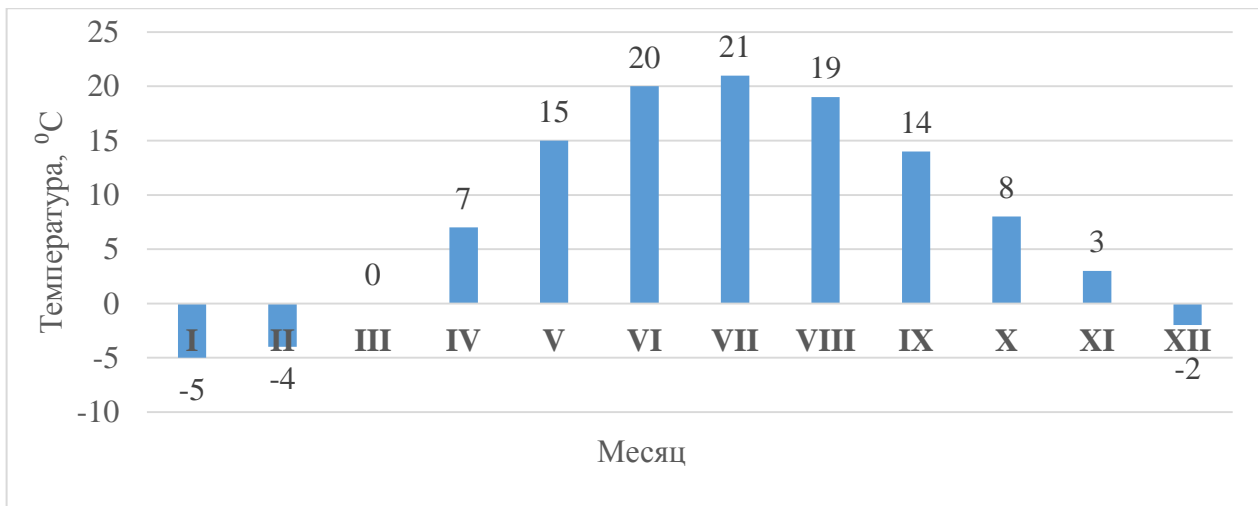


Рис. 2.11. Средние месячные температуры поверхности почвы по метеостанции Гвардейск

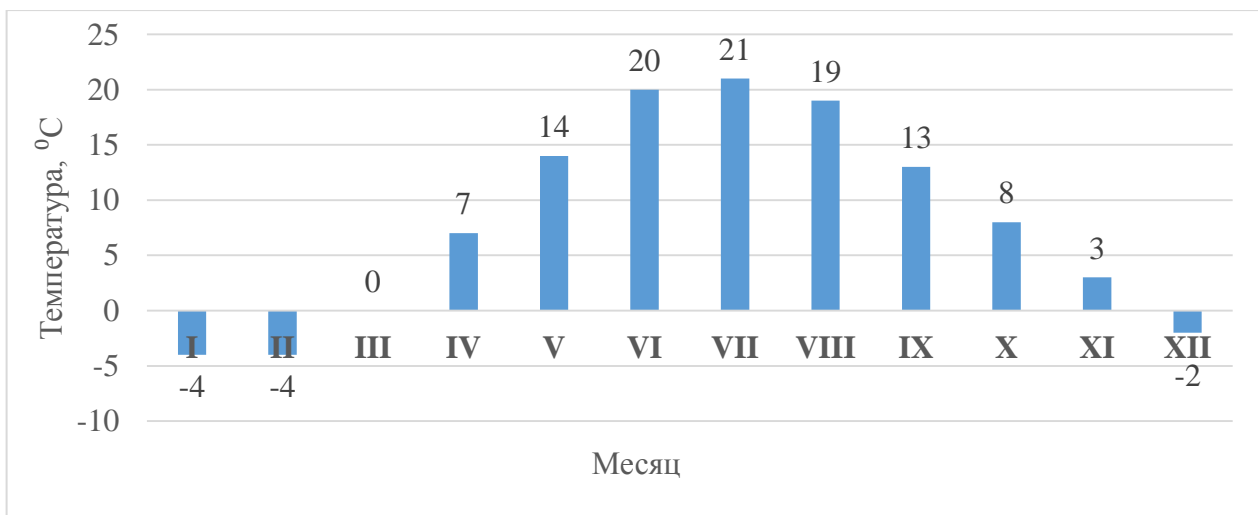


Рис. 2.12. Средние месячные температуры поверхности почвы по метеостанции Калининград

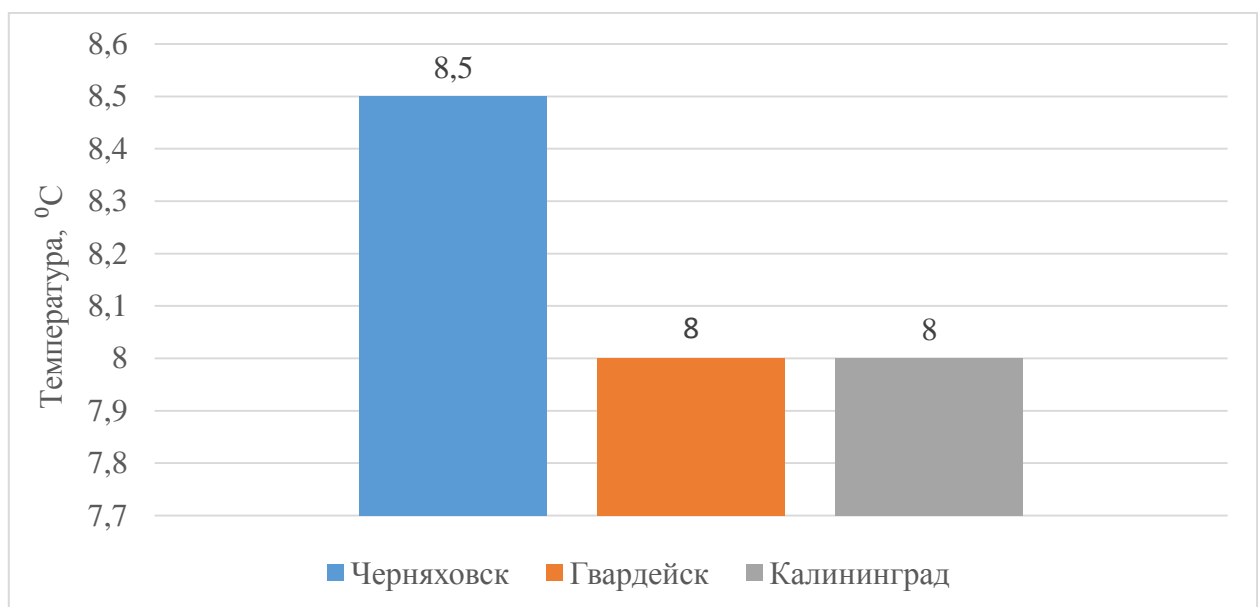


Рис. 2.13. Средняя годовая температура поверхности почвы по метеостанциям



Рассчитанная в соответствии с СП [101, 103] нормативная глубина промерзания грунтов, составляет:

– метеорологическая станция Черняховск: для суглинка и глины – 0,72 м; для супеси и песка мелкого и пылеватого – 0,88 м; для песка среднего, крупного, гравелистого – 0,94 м;

– метеорологическая станция Гвардейск: для суглинка и глины – 0,63 м, для супеси и песка мелкого и пылеватого – 0,77 м; для песка среднего, крупного, гравелистого – 0,82 м;

– метеорологическая станция Калининград: для суглинка и глины – 0,59 м; для супеси и песка мелкого и пылеватого – 0,71 м; для песка среднего, крупного, гравелистого – 0,76 м.

Основной климатической характеристикой направления ветра является повторяемость его по румбам. В годовом ходе повторяемости направлений ветра можно выделить три основных режима: осенне-зимний с преобладанием юго-западных ветров, весенний – характеризующийся равномерной повторяемостью направления, и летний с преобладанием западных и северо-западных ветров.

Повторяемость направлений ветра и штилей за год приведена в виде розы ветров – на рис. 2.14, средние месячные и годовые скорости – на рис. 2.15–2.16 [86, 103, данные Калининградского ЦГМС].

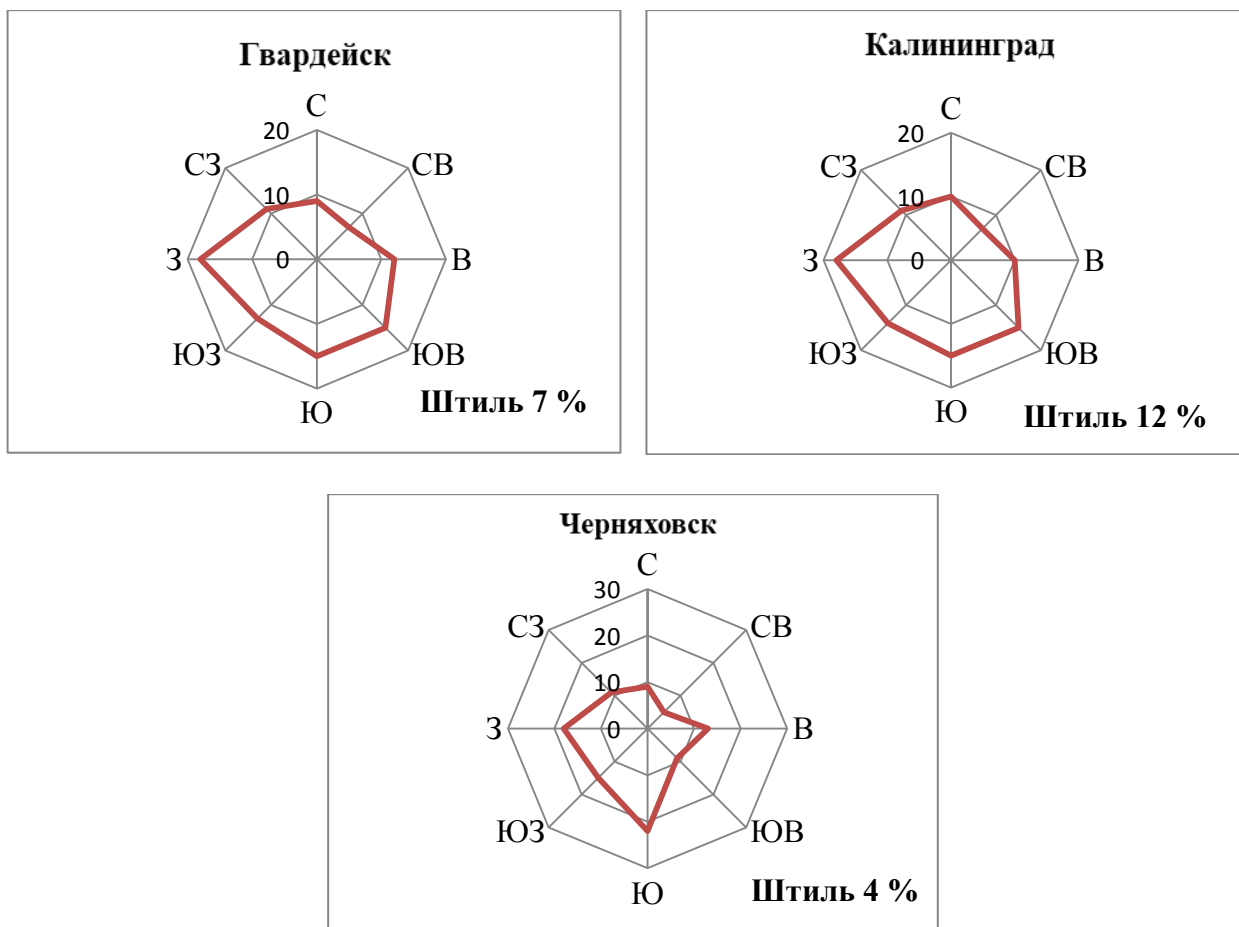


Рис. 2.14. Роза ветров



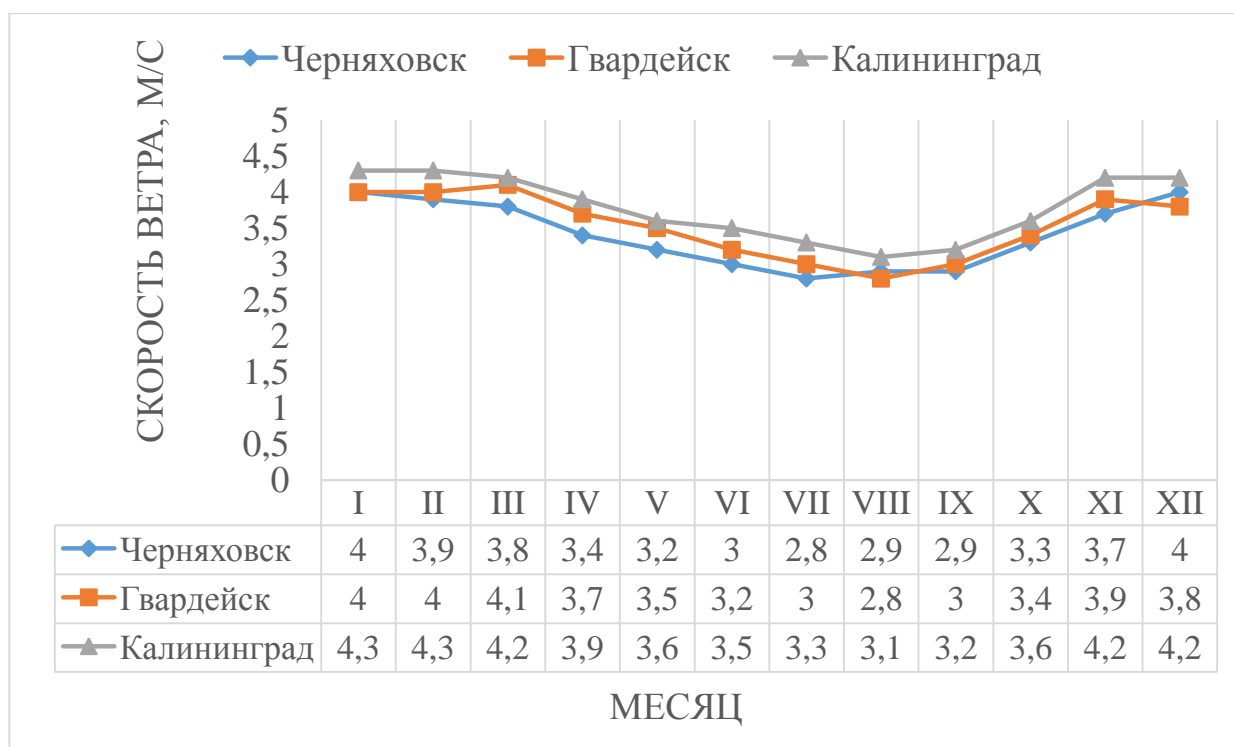


Рис. 2.15. Средние скорости ветра по метеостанциям

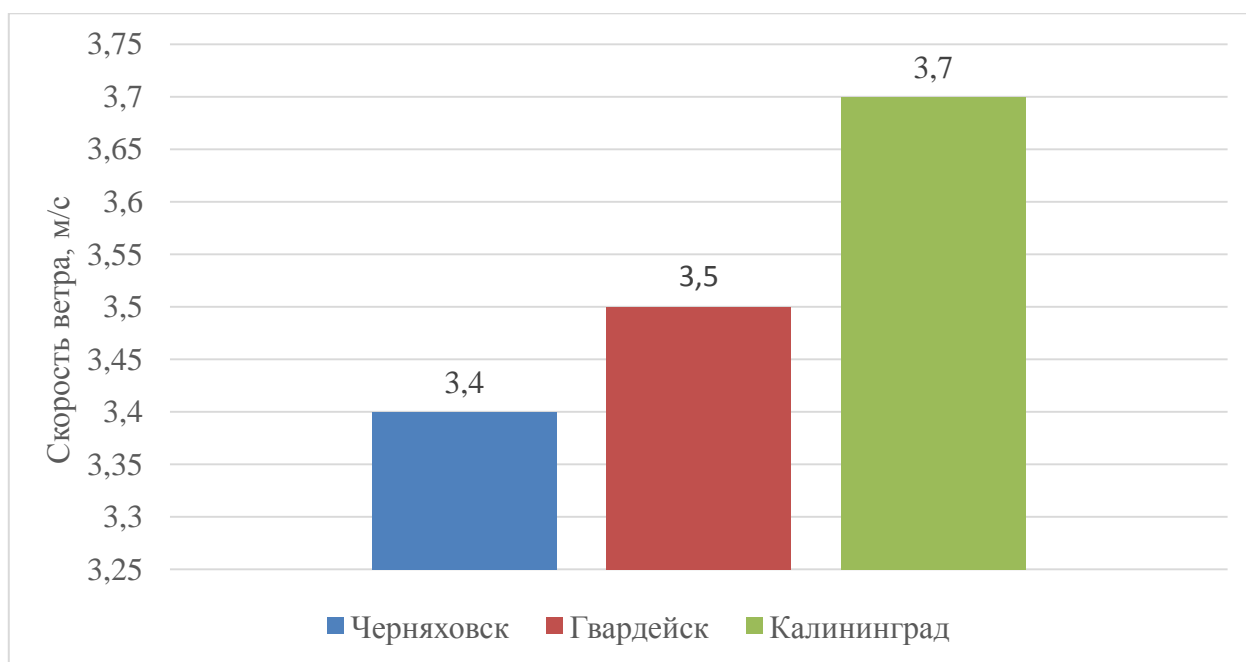


Рис. 2.16. Средняя годовая скорость ветра по метеостанциям

На распределение осадков в районе изысканий заметное влияние оказывает орография окружающей территории. В Черняховске в среднем выпадает больше осадков, чем в Гвардейске и Калининграде. Изменчивость осадков в год велика, в зимнее время и весной их выпадает значительно меньше, чем в летне-осенний период (рис. 2.17), наиболее обилён осадками август (табл. 2.4), в июле их также выпадает много. Наиболее беден осадками март [86, 103, данные Калининградского ЦГМС].

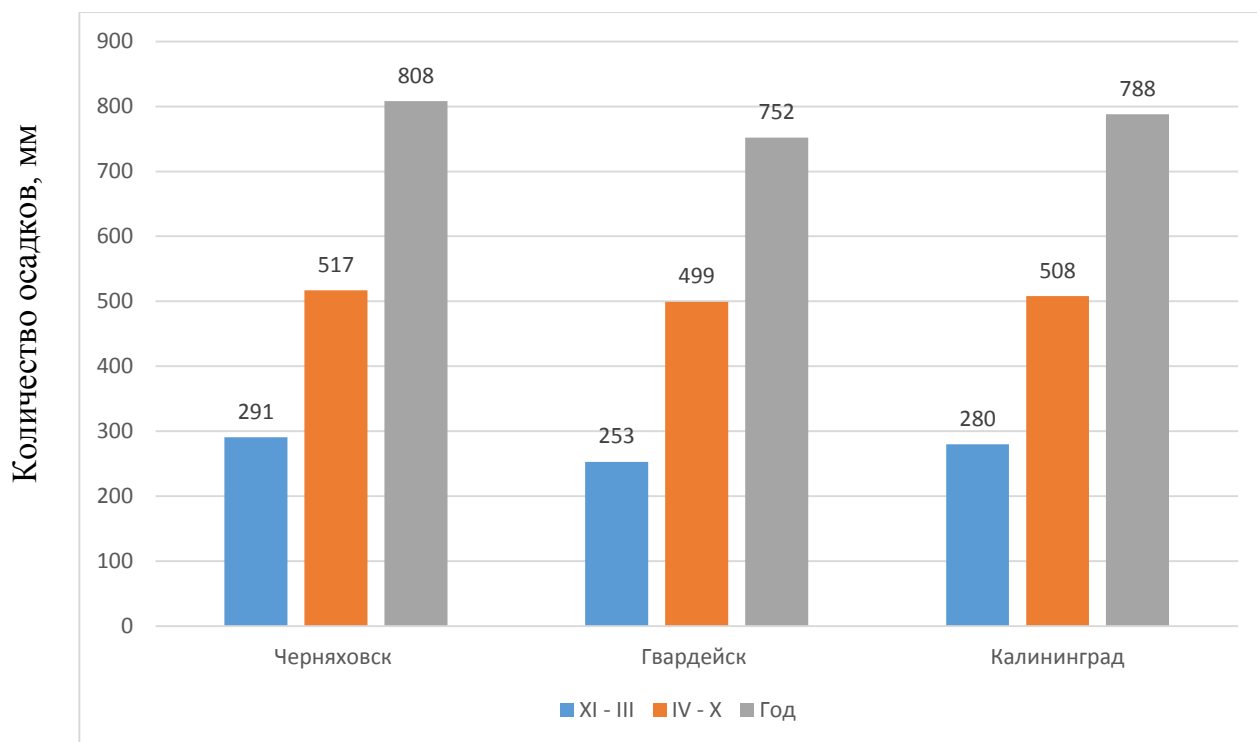


Рис. 2.17. Количество осадков с поправками на смачивание, мм

Таблица 2.4 – Месячное и годовое количество осадков с поправками на смачивание (мм)

Метеостанция	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Черняховск	58	54	48	53	59	78	97	98	69	63	64	67
Гвардейск	50	37	32	46	51	66	93	95	78	70	72	62
Калининград	55	43	41	44	51	63	90	96	84	80	74	67

Снег в районе изысканий наблюдается в период с октября по апрель. Высота снежного покрова составляет 4–5 см в теплые зимы, максимальная отмечена во второй половине февраля и начале марта, в холодные зимы достигает 40 см.

Устойчивый снежный покров образуется в конце декабря. В конце февраля и начале марта происходит уплотнение и частичное стаивание снега. Средняя высота снежного покрова составляет 18–20 см. Средняя дата схода снежного покрова 28 марта – 7 апреля. Дней со снегом в среднем в году по станции Черняховск – 77, Гвардейск – 76, Калининград – 71. Таким образом, количество дней со снежным покровом возрастает в восточном направлении. Даты появления и схода снежного покрова приведены в табл. 2.5 [86, 103, данные Калининградского ЦГМС].

Таблица 2.5 – Дата появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова

Дата появления снежного покрова			Дата образования устойчивого снежного покрова			Дата разрушения устойчивого снежного покрова			Дата схода снежного покрова		
средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя
Метеостанция Черняховск											
25.XI	–	–	27.XII	–	–	10.III	–	–	7.IV	–	–
Метеостанция Гвардейск											
24.XI	29.X	–	27.XII	23.XI	–	4.III	–	2.IV	30.III	–	28.IV
Метеостанция Калининград											
28.XI	24.X	–	27.XII	26.XI	–	27.II	–	7.IV	31.III	–	30.IV

Относительная влажность в районе изысканий высока, среднегодовая величина ее превышает 80%. Самыми влажными месяцами являются январь, ноябрь, декабрь, средние величины могут достичь в эти месяцы 87%, а ниже всего они в мае и июне (рис. 2.18) [86, 103, данные Калининградского ЦГМС]. В течение суток максимум относительной влажности наблюдаются ночью, а минимум – в полдень.

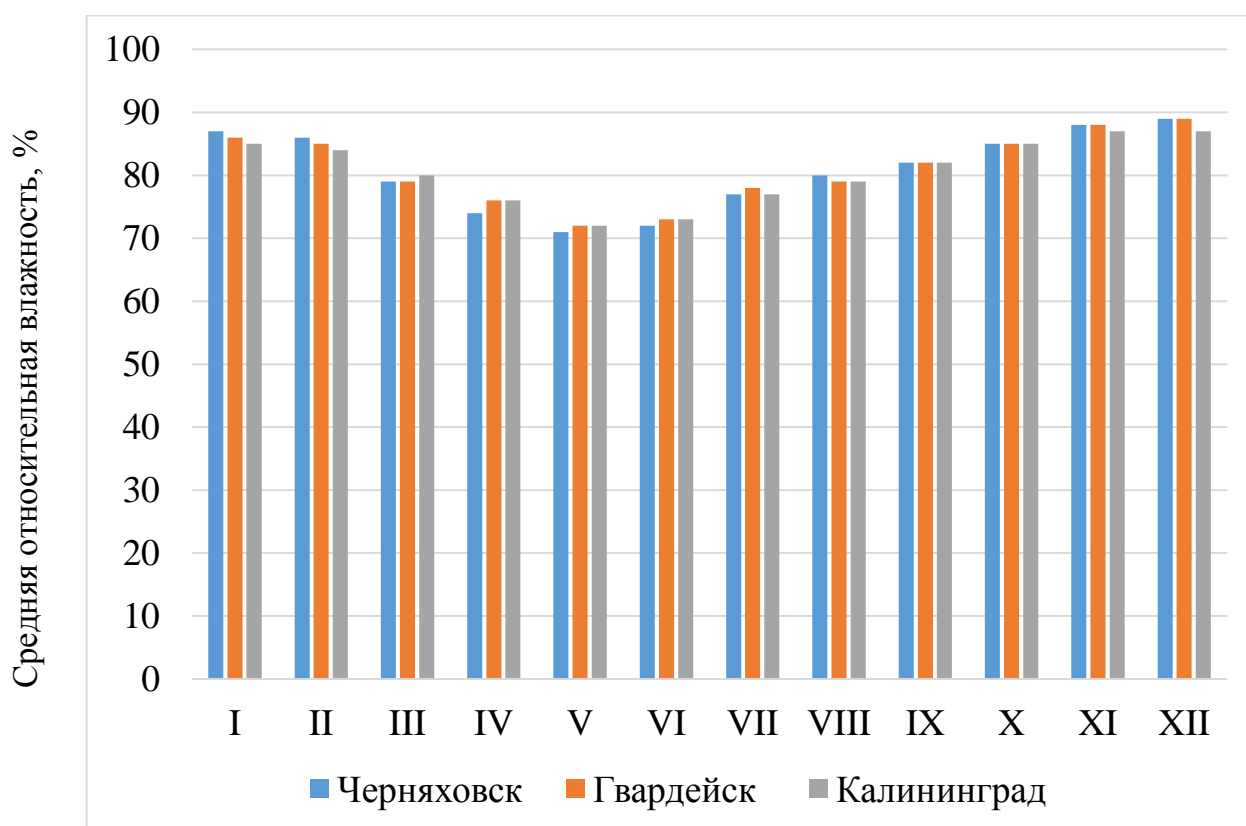


Рис. 2.18. Значения средней относительной влажности по месяцам, %

Морской климат и высокая влажность воздуха обуславливают частое образование туманов. В холодное время года туманы более продолжительны, чем летом. Обычно они длятся 5–6 ч, иногда несколько суток. В течение года отмечается в среднем 55 дней с туманом, максимум – 79 дней.

По средним многолетним данным, метели чаще всего наблюдаются в феврале и январе, по 3–5 дней в каждом месяце, в декабре 1–2 дня.

Выпадение града, даже в летние месяцы, наблюдается не ежегодно. В каждом из летних месяцев град выпадает не чаще 1–2 раз в десять лет. Выпадение града на станции Калининград наблюдается чаще, чем на других станциях области – в сентябре он отмечается ежегодно. Продолжительность выпадения града, как правило, невелика – 5–20 мин. При наиболее сильном градобитии величина градин достигает 3–5 см в диаметре.

Могут наблюдаться грозы, сопровождающиеся выпадением ливневых дождей, иногда крупного града, вспышки молнии могут следовать буквально одна за одной. Также могут наблюдаться зимние грозы, хотя и очень редко.

Согласно СП [100] район изысканий относится:

– по давлению ветра – к I и II районам (рис. 2.19 [92]), нормативное значение ветрового давления составляет 0,23 и 0,30 кПа соответственно [100];

– по весу снегового покрова – к II району (рис. 2.20 [100]), вес снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли для площадок, расположенных на высоте не более 1500 м над уровнем моря, принимается в соответствии с табл. 10.1 из [100] и составляет 1,2 кПа;

– по средней скорости ветра в зимний период – к IV и V районам (рис. 2.21 [100]);

– по толщине стенки гололеда – к I и II районам (рис. 2.22 [100]), при расчётах в общем случае толщина стенки гололёда принимается не менее 3 мм для первого района и равной 5 мм – для второго [100].



Рис. 2.19. Районирование Калининградской области по ветру [92]







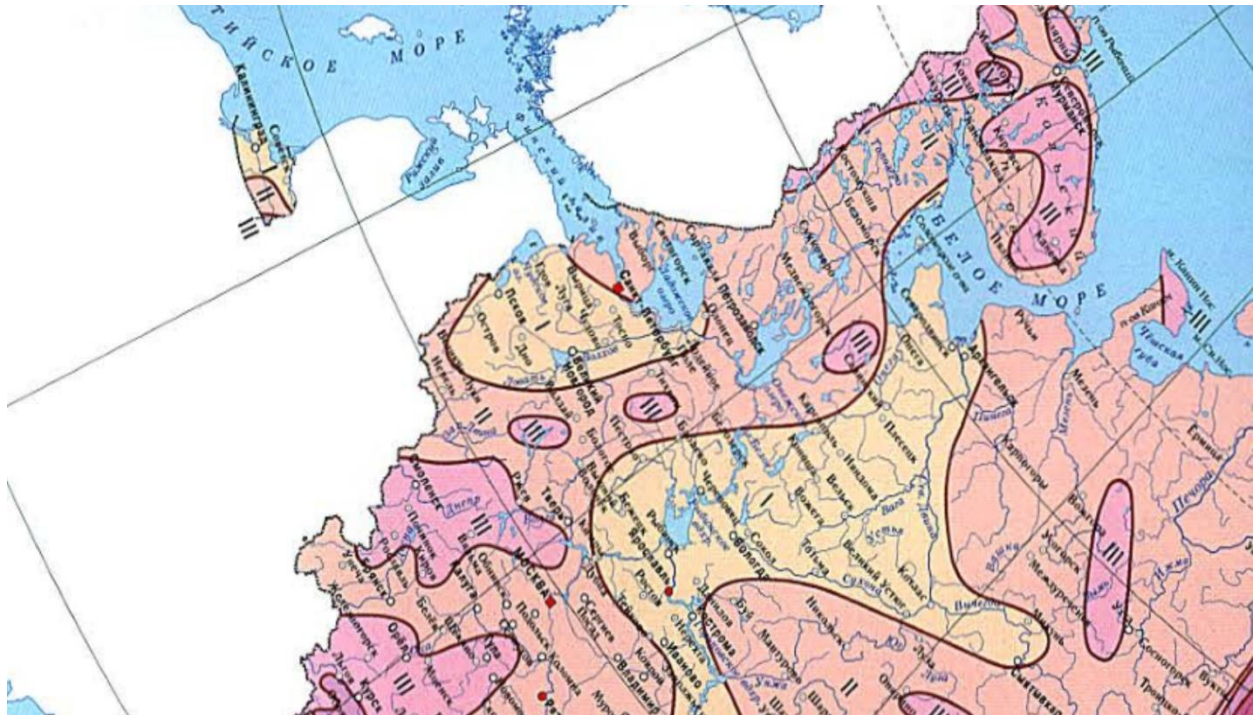


Рис. 2.22. Районирование территории Российской Федерации по толщине стенки гололёда [100]

В приложении Г представлены выдержки из действующего Перечня и критериев опасных и комплексов гидрометеорологических явлений по району ответственности Калининградского ЦГМС-филиала ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (для Калининградской области) [46].

Основные фазы годового хода речного стока:

- весеннее половодье, которое формируется за счет стока талых снеговых вод;
- меженный сток, может прерываться прохождением интенсивных дождевых паводков;
- плавное увеличение расходов осенью;
- прохождения мощных паводков во время сильных и продолжительных оттепелей зимой.

Максимальные годовые расходы воды на водотоках наблюдаются обычно во время весеннего половодья в начале марта и во время осенних дождевых паводков.

Высокие весенние уровни воды сменяются летне-осенней меженью, которая часто прерывается дождевыми паводками. Летне-осенняя межень на реке устанавливается в начале июня и продолжается до середины октября. Летняя межень является наименьшей в году. Режим зимней межени часто нарушается поверхностным притоком во время оттепелей, вследствие чего расходы воды в это время в 1,5–2 раза выше, чем в летнюю межень. Во многих случаях интенсивные зимние паводки непосредственно переходят в весеннее половодье.

Доля весеннего стока (II – IV) составляет от 26 до 56% годового стока, летне-осеннего стока (V – XI) – от 18 до 45%, зимнего стока (XII – I) – от 18 до 38% годового.

Основным фактором, определяющим ледовый режим водотоков Калининградской области, является климат. Сроки появления первого льда колеблются в широких пределах. Первые ледовые явления в виде сала, шуги наблюдаются в начале ноября, а в отдельные холодные годы – в конце октября. Наиболее поздние сроки появления ледовых образований отмечены в конце второй декады января.

Как правило, ледостав устанавливается 20–25 декабря. В течение зимнего периода имеют место временные вскрытия водотоков, ледоходы, образования полыней, а также полное очищение рек ото льда с последующим повторным замерзанием. Оттепели иногда повторяются несколько раз. В среднем продолжительность ледостава колеблется от 7 до 113 дней. Частые оттепели влияют на толщину льда на водотоках. Непрерывный сплошной ледостав бывает не ежегодно.

Вскрытие рек начинается в среднем в середине марта. Обычно раньше всего вскрываются водотоки на юге и западе и позже всего на севере и востоке. Продолжительность весеннего ледохода в среднем составляет 2–15 дней. В первую очередь очищаются ото льда малые водотоки.

*Река Преголя* относится к бассейну Балтийского моря и имеет рыбохозяйственное значение высшей категории. Исток находится в г. Черняховске Калининградской области в месте слияния Инстрюча и Анграпы. На расстоянии 30 км от истока р. Преголя разветвляется на два рукава: правый – Новая Преголя, левый – Старая Преголя. Рукава протекают параллельно друг другу на расстоянии около 1 км, несколько раз соединяясь. У г. Гвардейска от р. Преголи ответвляется в направлении на север р. Дейма, впадающая в Куршский залив. В 9 км от устья рукава опять соединяются и река, ширина которой достигает уже около 300 м, впадает в Калининградский (Вислинский) залив (рис. 2.23–2.26).

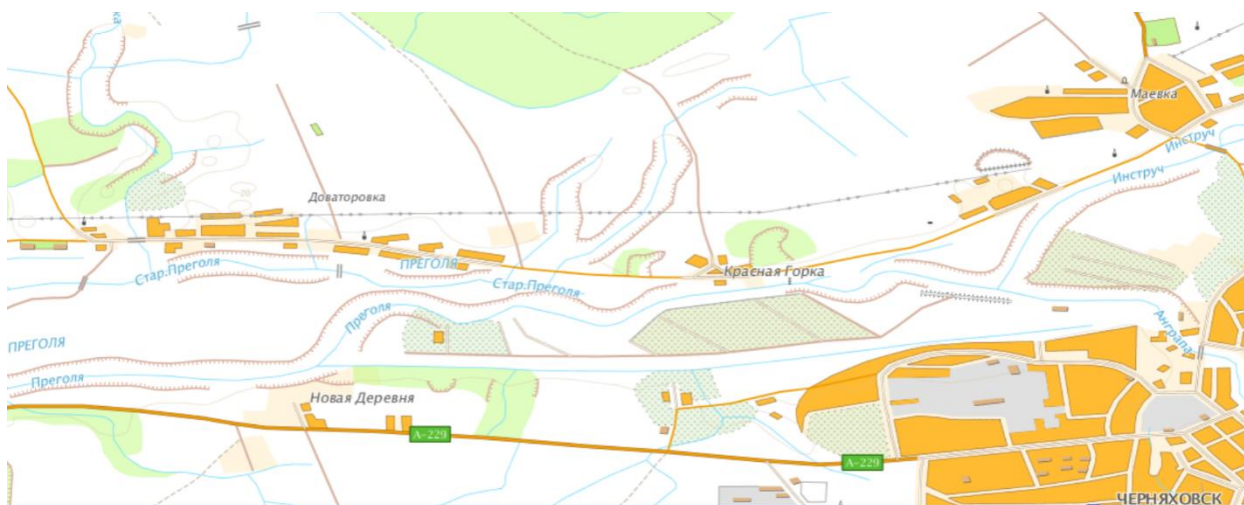


Рис. 2.23. Река Преголя (исток, разветвление на рукава)



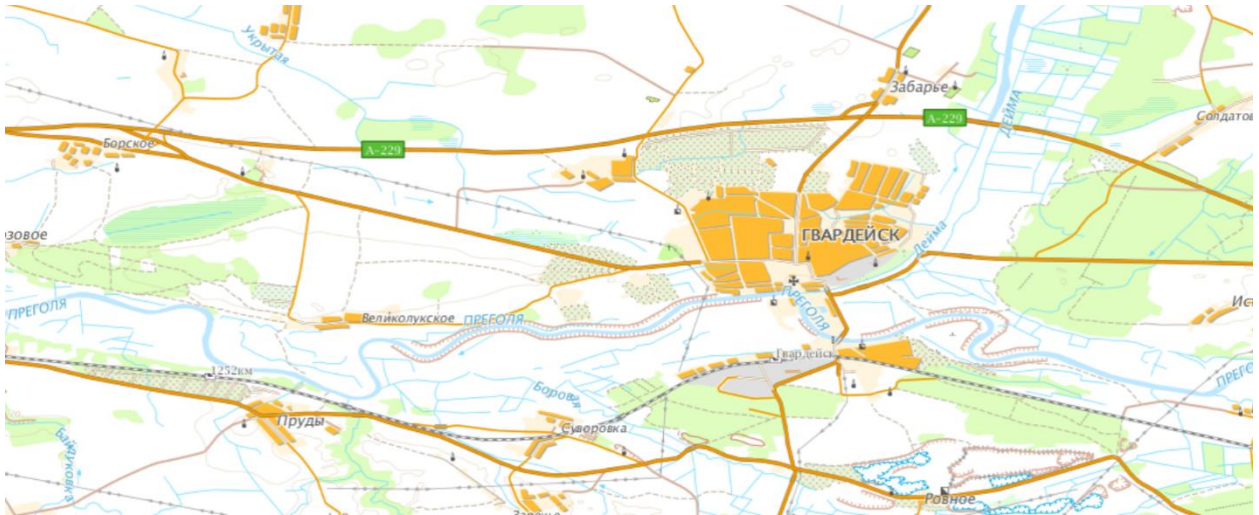


Рис. 2.24. Река Преголя, приток р. Дейма (в районе г. Гвардейска)



Рис. 2.25. Река Преголя в районе г. Калининграда



Рис. 2.26. Река Преголя (устье, г. Калининград)



Река судоходна на всём протяжении. Дно ровное, песчано-илистое с галькой и гравием, в устье – илистое. В низовьях р. Преголи выполнено обвалование пониженных участков поймы. В пойме реки местами образовались обширные болота и озера.

Река Преголя в верхнем и среднем течении имеет черты переходного типа от рек с зимним паводочным режимом к рекам с режимом весеннего половодья. В нижнем течении паводочные волны практически незаметны. В устьевой части на уровень воды оказывают влияние сгонно-нагонные явления (изменение уровня ветрового происхождения) и штормовые нагоны (изменение уровня, возникающее в результате перемещения барических систем).

Во внутригодовом распределении стока р. Преголи характерна повышенная водность в зимний период, что вызвано частыми волнами паводков; неустойчивый ход уровней в летний период и неустойчивая, с повышенной водностью осенняя межень. Зимние паводки по водности могут превышать весеннее половодье. Наибольшей мощности зимние паводки, как правило, достигают в феврале.

В начале марта р. Преголя вскрывается, характеристики весеннего половодья зависят, главным образом, от снегозапасов, сохранившихся в бассейне после последнего зимнего паводка, от интенсивности потепления и снеготаяния и весенних дождей. В отдельные годы весеннего половодья на р. Преголе совсем не наблюдается или оно слабо выражено, представляя собой незначительные кратковременные подъёмы уровня воды [72].

С 1952 г. на р. Преголе, у г. Калининграда, отмечено 93 штормовых нагона: от незначительных, когда река лишь местами выходила из берегов, до сильнейших наводнений, 4 декабря 1999 г. зафиксирован абсолютный максимальный уровень за весь период наблюдений: 198 см БС. Наибольшая повторяемость нагонных явлений в устье р. Преголи отмечается осенью и в начале зимы (рис. 2.27).

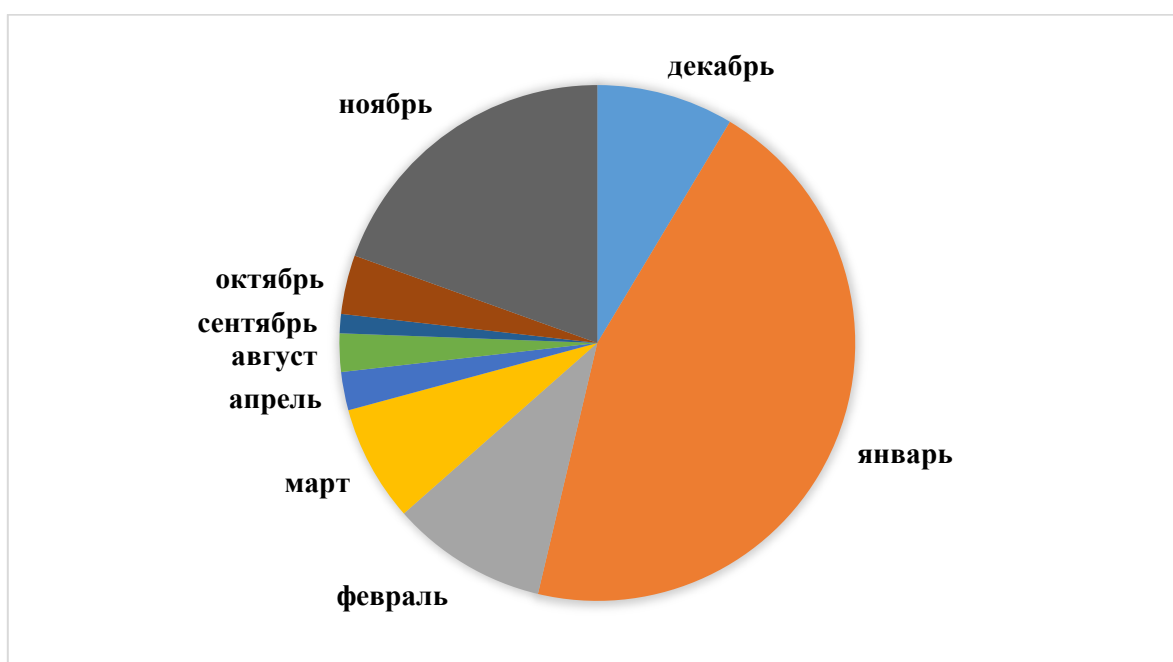


Рис. 2.27. Диаграмма нагонов в устье р. Преголи по месяцам (1970–2007 гг.)

Сгонно-нагонными колебаниями принято считать изменения уровня, превышающие 20 см для устья р. Преголи относительно предшествующего среднесуточного его значения.

В устье р. Преголи могут наблюдаться серии нагонов, когда циклоны следуют друг за другом. Например, в январе 2007 г. менее чем за месяц уровень 11 раз превышал отметку 90 см БС шесть раз была превышена неблагоприятная отметка 110 см БС и один раз уровень воды превышал опасную отметку 155 см БС.

Наибольшей отметки уровень воды достиг 4 декабря 1999 г. и составлял 198 см БС.

Высокие подъёмы уровня вызывают размыв и разрушение берегов, затопление прибрежных территорий, промышленных предприятий, нарушают водоснабжение города.

В период межени средние скорости 0,1–0,3 м/с. В период половодья и паводков средняя скорость составляет 0,9–1,2 м/с.

Были проведены изыскания на р. Преголе в двух створах – в г. Гвардейске и г. Калининграде (рис. 2.28–2.30).

Отборы проб воды проводились в соответствии со стандартными методиками в г. Гвардейске – в апреле и мае 2016 г., в г. Калининграде – в сентябре 2015 г. Условия отбора проб представлены в табл. 2.6.

Результаты гидрохимического анализа воды представлены в табл. 2.7, рис. 2.31–2.33.

Таблица 2.6 – Условия отбора проб

Дата замеров	Температура воды, °С	Температура воздуха, °С	Направление, скорость ветра, м/с
Створ 1–1			
15.04.2016	+ 5	+ 13	ЮВ, 5
23.05.2016	+ 17	+ 25,6	ЮВ, 2
Створ 2–2			
14.09.2015	+ 10	+ 17	ЮВ, 4

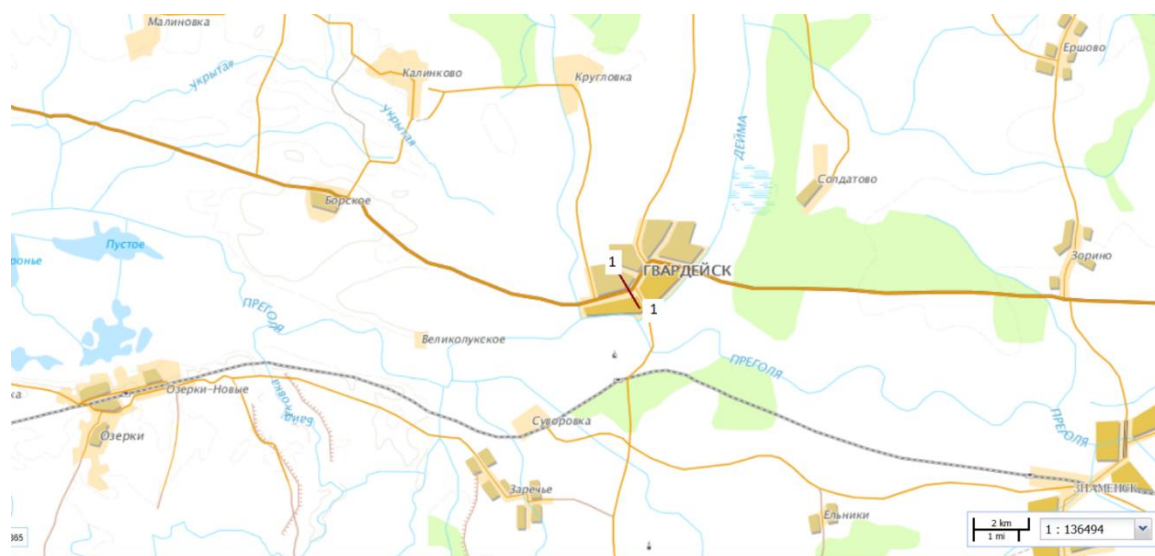


Рис. 2.28. Створ 1 (р. Преголя, г. Гвардейск)



Рис. 2.29. Створ 2 (р. Преголя, г. Калининград)



Рис. 2.30. Река Преголя (створ 1)

Таблица 2.7 – Результаты количественного гидрохимического анализа воды в р. Преголе

Показатель	Створ 1		Створ 2
	15.04. 2016	23.05.2016	
рН	8,0	8,0	8,0
БПК5, мг/дм <sup>3</sup>	4,5	4,5	6,96
ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	45,2	45,0	45,9
Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	8,1	8,7	8,97
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	–	–	16,4
Аммоний, мг/дм <sup>3</sup>	0,7	0,7	0,45
Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,02	<0,1
Нитриты, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,12	<0,02
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	65	70	208
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	165	178	1869
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0,7	0,7	0,331
Фосфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	–	–	0,135

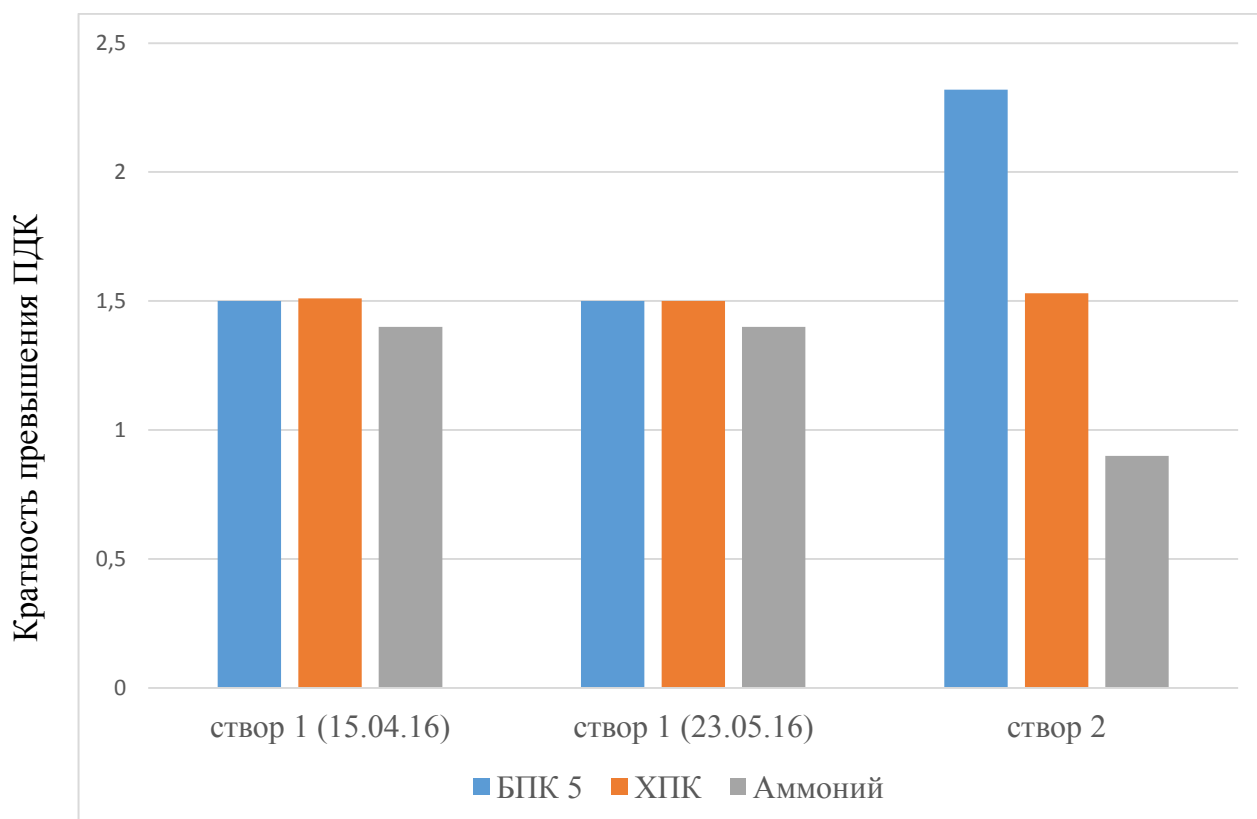


Рис. 2.31. Кратность превышения ПДК БПК5, ХПК, аммония для водного объекта рыбохозяйственного значения (р. Преголя)



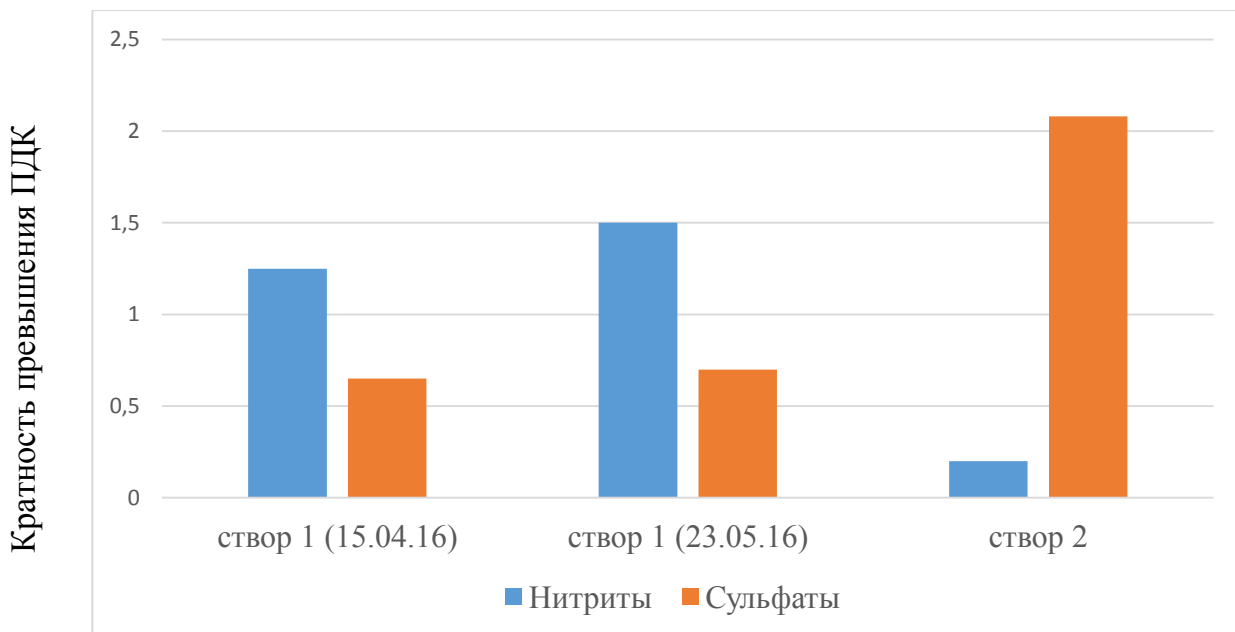


Рис. 2.32. Кратность превышения ПДК нитритов и сульфатов для водного объекта рыбохозяйственного значения (р. Преголя)

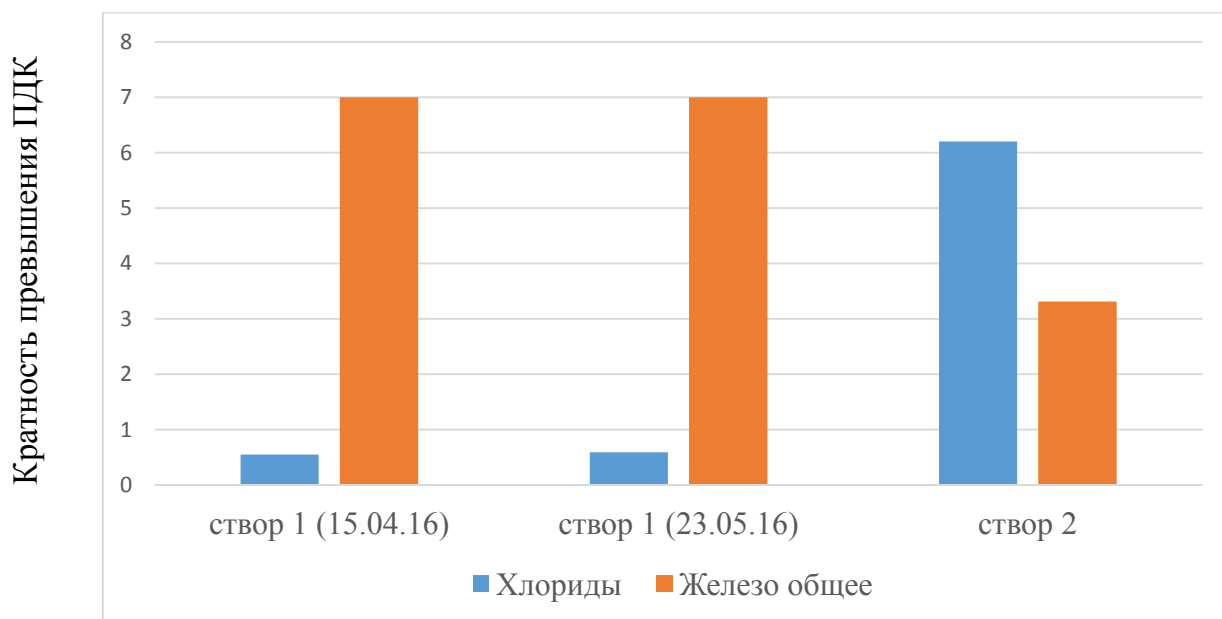


Рис. 2.33. Кратность превышения ПДК хлоридов и железа общего для водного объекта рыбохозяйственного значения (р. Преголя)

По полученным данным можно сделать вывод о том, что р. Преголя испытывает значительную антропогенную нагрузку, которая по всему течению реки распределена неравномерно. Кислородный режим реки в норме, превышения нитратов, фосфатов не наблюдалось.

Река Гурьевка относится к бассейну р. Преголи, является её правым притоком. Берёт начало за пос. Дорожным, в районе оз. Дивного, и впадает в р. Новую Преголю в Гурьевском районе.

Длина реки составляет 27 км, площадь водосбора – 94,4 км<sup>2</sup>, ширина русла – от 2,0 до 4,2 м.

На р. Гурьевке расположена малая ГЭС – Заозёрная, река является объектом рыбохозяйственного значения первой категории.

Короткий отрезок, соединяющий оз. Чистый пруд и р. Преголю, называется Мюлен (рис. 2.34).

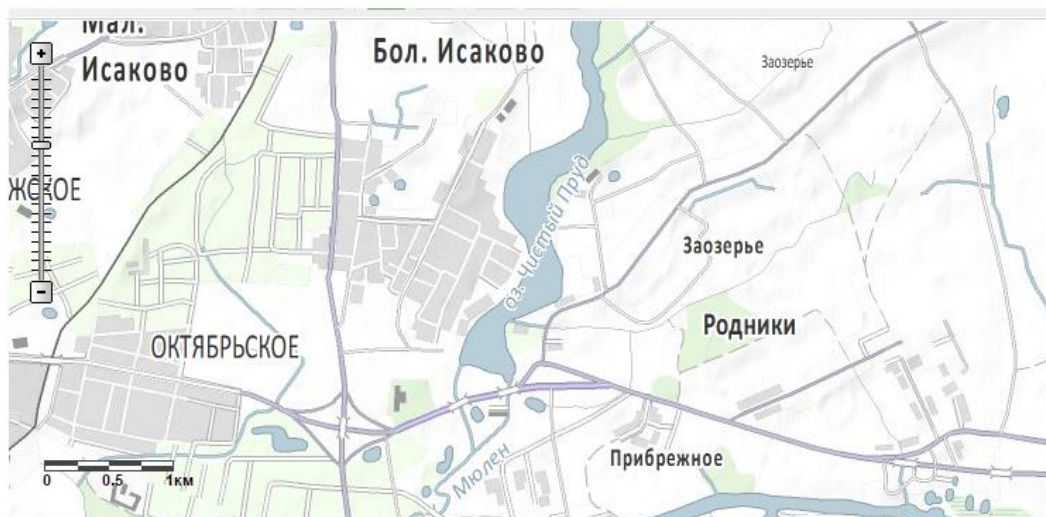
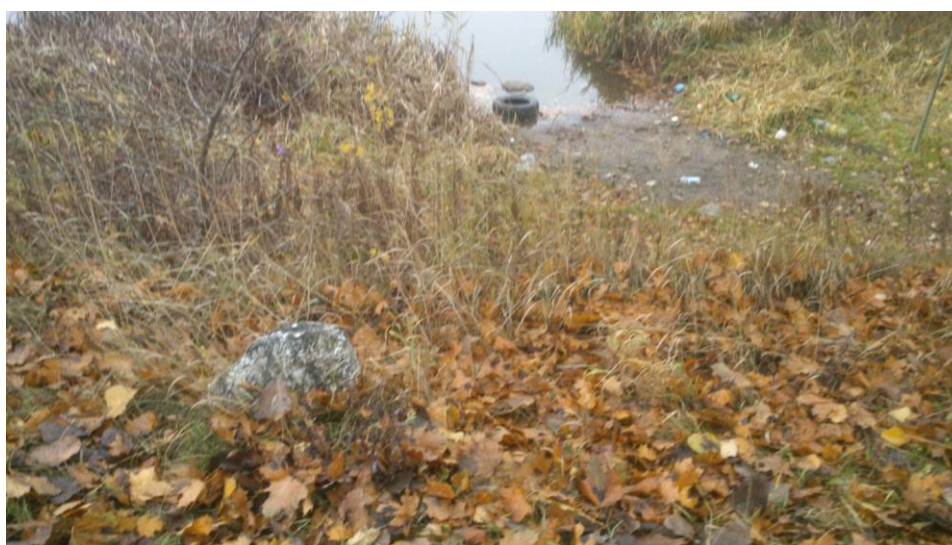


Рис. 2.34. Место впадения р. Гурьевки (Мюлен) в р. Преголю на выходе из озера

Озеро вытянуто с юга на север и имеет длину около 3,9 км при ширине до 360 м. Площадь водосбора оз. Чистый пруд – 72 км<sup>2</sup>, площадь зеркала – 0,88 км<sup>2</sup>. Заросли камыша возле берега со стороны пос. Исаково занимают полосу до 6 м, со стороны пос. Заозерье – от 15 до 50 м. Иловые отложения на дне незначительные 5–10 см. Берега водоема заросли травой, камышом, местами завалены бытовым мусором (рис. 2.35).



а)

Рис. 2.35. Озеро Чистый пруд



б)

Окончание рис. 2.35

Были проведены изыскания на р. Гурьевке в районе г. Гурьевска (рис. 2.36). Рекогносцировочные исследования проводились весной 2017 г. В районе исследования река закрыта в трубу диаметром 1100 мм, поток движется под уклоном, русло местами завалено камнями, корягами. За трубой ширина русла по урезу воды 5,1 м, глубины от 0,12 до 0,25 м, скорость 0,2 м/с.

Берега заболочены, заросли древесной, кустарниковой растительностью (рис. 2.37). Условия отбора проб представлены в табл. 2.8, результаты гидрохимического анализа воды – в табл. 2.9, анализ превышения ПДК – на рис. 2.38–2.39.

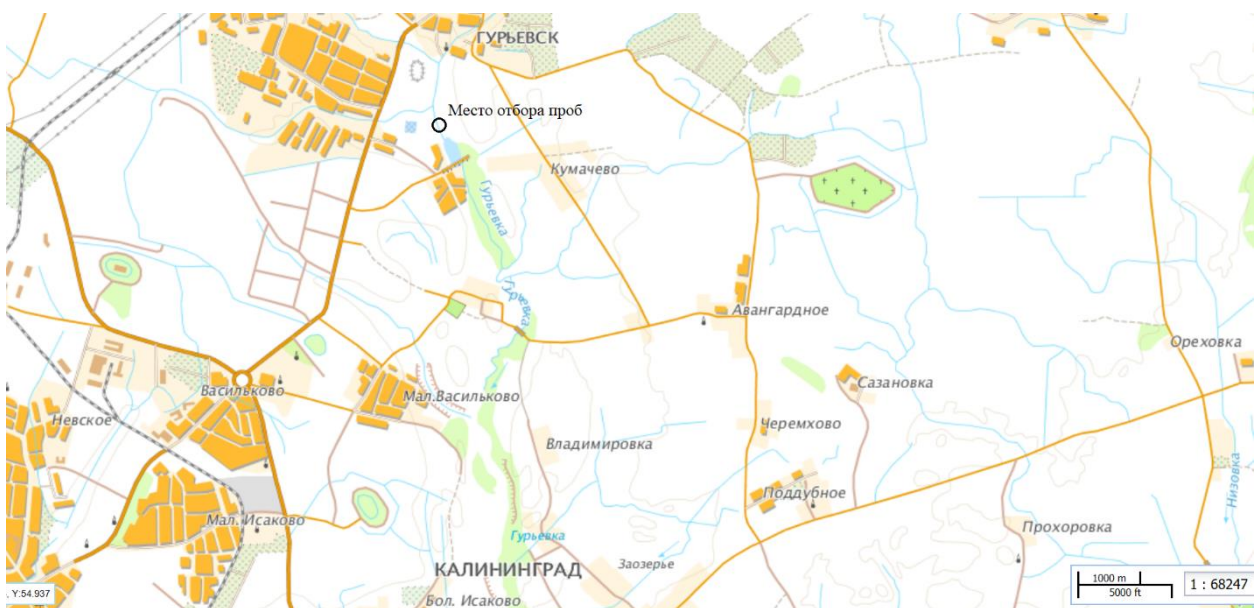


Рис. 2.36. Место отбора проб





а)



б)



в)

Рис. 2.37. Река Гурьевка



Таблица 2.8 – Условия отбора проб

Дата замеров	Температура воды, °С	Температура воздуха, °С	Направление, скорость ветра, м/с
04.2017	+ 8	+ 5	СВ, 3

Таблица 2.9 – Результаты количественного гидрохимического анализа воды

Показатель	Ед. измерения	Концентрация
рН	ед.	7,0
БПК <sub>5</sub> ,	мг/дм <sup>3</sup>	3,07
ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	38,0
Растворенный кислород	мг/дм <sup>3</sup>	8,62
Аммоний	мг/дм <sup>3</sup>	0,1
Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	10,0
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	25,0
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	21,4
Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	1,06
Фосфор	мг/дм <sup>3</sup>	0,41

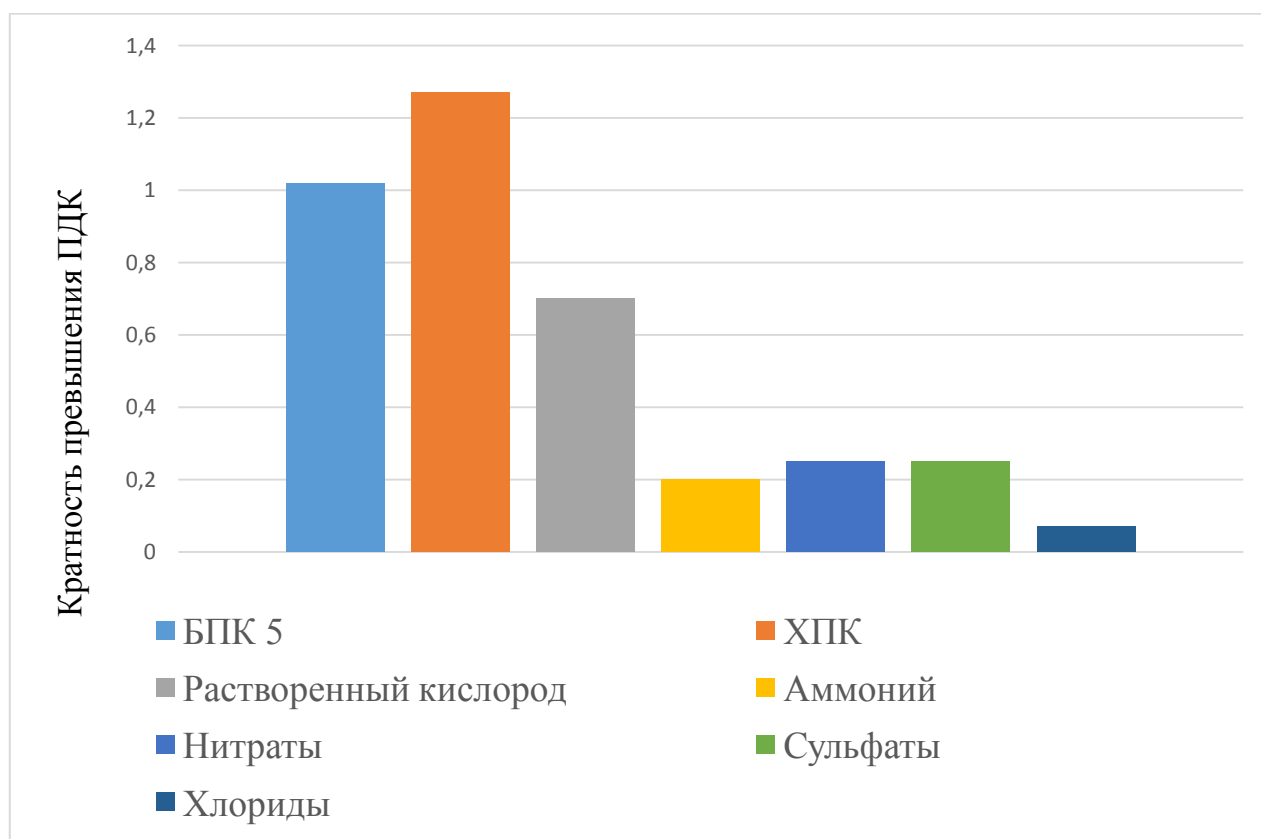


Рис. 2.38. Кратность превышения ПДК для водного объекта рыбохозяйственного значения (р. Гурьевка)

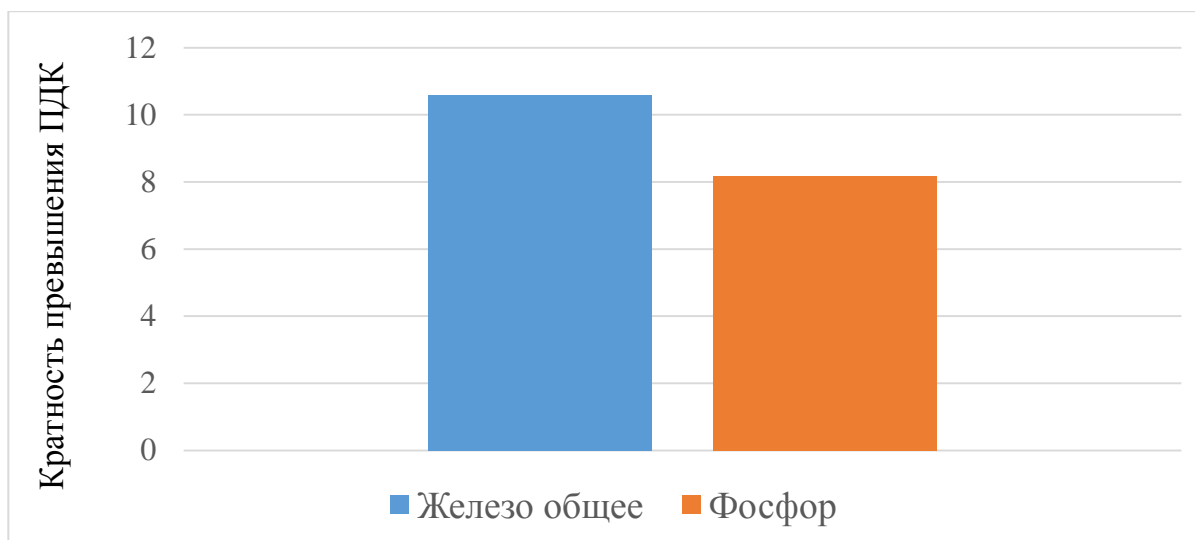


Рис. 2.39. Кратность превышения ПДК железа общего и фосфора для водного объекта рыбохозяйственного значения (р. Гурьевка)

Сравнивая полученные результаты с данными исследований 2012 г., можно говорить об ухудшении качества природной воды в изучаемом створе – класс качества изменился с 3б (очень загрязнённая) на 4а (грязная). Это можно связать с ростом численности населения, интенсификацией хозяйственной деятельности в бассейне реки.

*Река Товарная* – левобережный приток р. Преголи, берет начало к югу от г. Калининграда, недалеко от пос. Поддубное Гурьевского района, протекает в направлении с юго-запада на север. В границах городской черты р. Товарная течет от Окружной дороги до впадения в р. Преголю северо-западнее ул. Портовой (4,4 км от устья) (рис. 2.40).

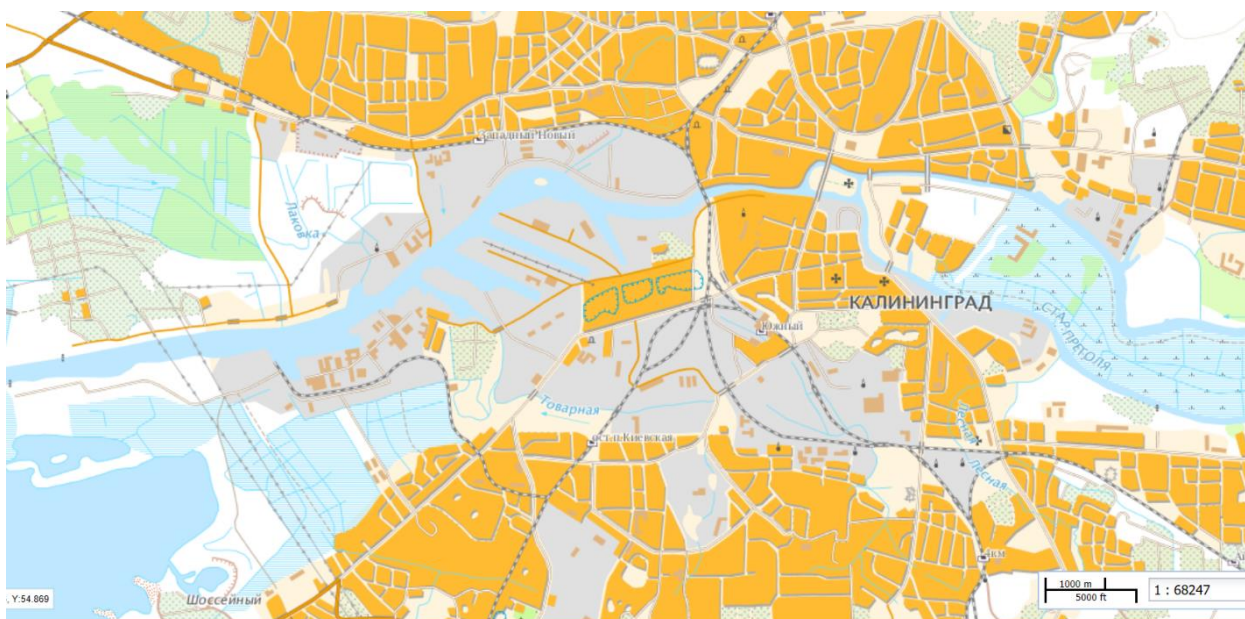


Рис. 2.40. Устье р. Товарной

Река относится к водным объектам рыбохозяйственного значения второй категории. Общая длина р. Товарной составляет 15,1 км, площадь водосбора – 28,3 км<sup>2</sup>. Ширина русла реки меняется от 2 м (в верхнем и среднем течении) до 7–10 (в нижнем течении), в устье – 20–25 м. Русло слабоизвилистое, в среднем течении – глубиной до 1 м. Дно ровное, песчано-илистое с галькой и гравием, в устье – илистое. Скорость воды в верхнем и среднем течении р. Товарной – до 0,5, в нижнем течении – 0,3–0,1 м/с.

На р. Товарной имеется множество гидротехнических сооружений. Реки Товарная (в устье) и Преголя – единая водная система, заполнение русла р. Товарной водой в устье практически не зависит от стока поступающей воды с верхних участков. Водный режим р. Товарной определяется уровенным режимом р. Преголи.

На всём протяжении реки в черте г. Калининграда в неё впадают мелиоративные каналы – три левобережных притока (МПО-5а, МПО-5б и МПО-5в) и два правобережных (МПО-5г и МПО-5д) (рис. 2.41).

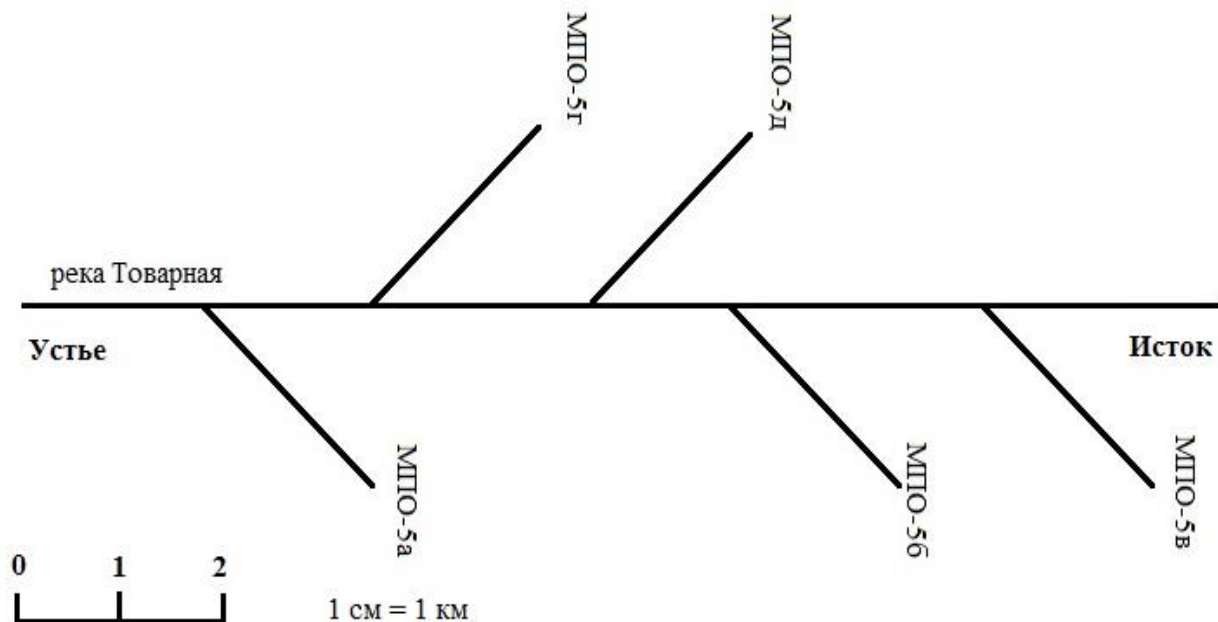


Рис. 2.41. Гидрографическая схема р. Товарной (г. Калининград)

Участок водотока от Окружной дороги до пересечения с ул. Аллея Смелых протекает по заболоченной низменности. В районе ул. Аллея Смелых в реку впадает канал МПО-5в. Далее река протекает по территории городской застройки, пересекая ряд улиц. В районе ул. О. Кошевого в реку впадает канал МПО-5б, в районе развилки улиц Батальной и Судостроительной – канал МПО-5д, в месте пересечения с железной дорогой (направление Калининград-Москва) – канал МПО-5г. Между ул. Киевской и ул. Суворова русло реки протекает по заболоченной низине. В месте пересечения с ул. Киевской в реку впадает канал МПО-5а.

Для определения качества воды были отобраны пробы в двух створах (рис. 2.42).



Рис. 2.42. Схема расположения пунктов отбора проб на р. Товарной

Первая проба для определения качества воды была взята в километре от устья, где реку пересекает дорога. В районе моста берега плотно покрыты травой, растут деревья, кустарники (рис. 2.43–2.44). С обеих сторон от моста, местность сильно заболочена.



Рис. 2.43. Река Товарная (в районе ул. А. Суворова)





Рис. 2.44. Река Товарная (в районе ул. А. Суворова, мост)

На дне по всей ширине русла наблюдаются наносы (рис. 2.45–2.46). Пробы воды и замеры проводились осенью (октябрь-ноябрь).

Выше по течению реки был обнаружен сброс сточных вод, в данном створе также были отобраны пробы воды для анализа. В районе изысканий по правому берегу находятся огороды и гаражи, по левому берегу расположен спальный район. Вдоль реки растут деревья, кустарники, берега покрыты травой, в русле наблюдается бытовой мусор (рис. 2.47).

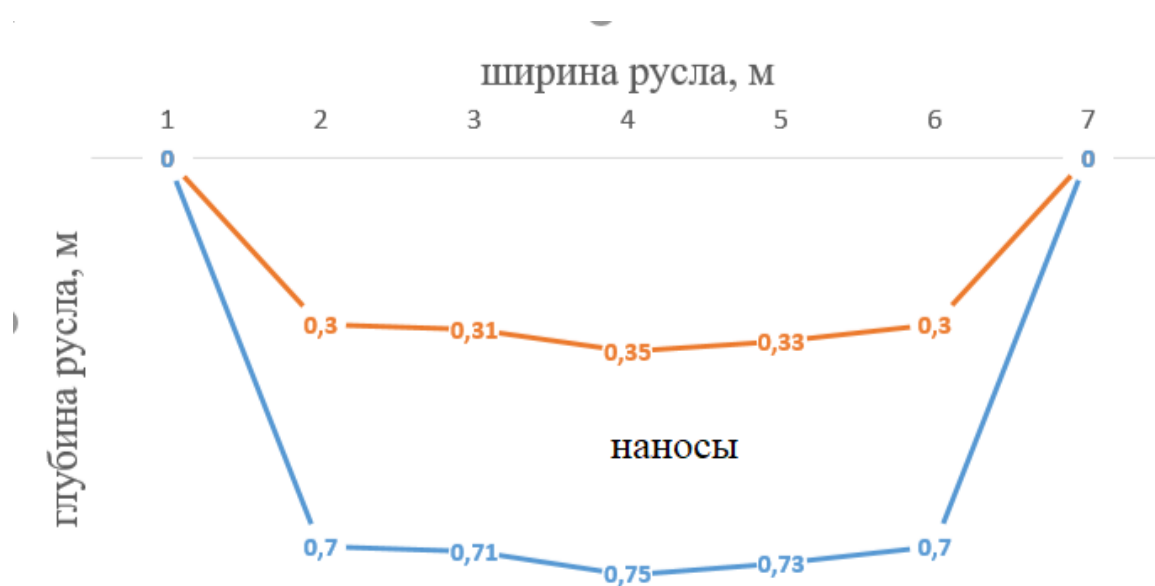


Рис. 2.45. Профиль поперечного сечения р. Товарной (ул. А. Суворова, октябрь)

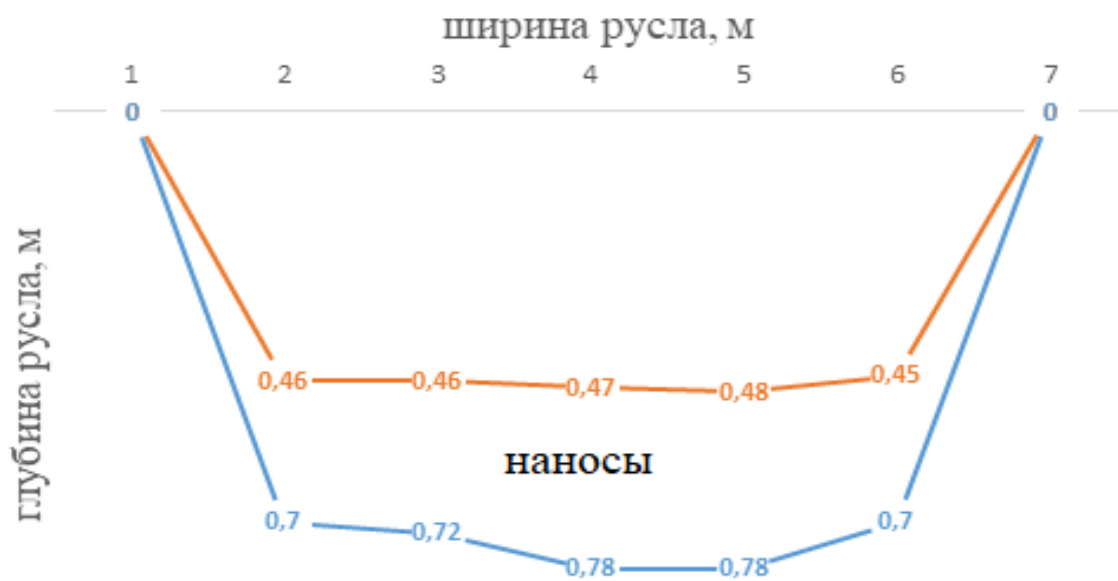


Рис. 2.46. Профиль поперечного сечения р. Товарной (ул. А. Суворова, ноябрь)



а)

Рис. 2.47. Река Товарная (в районе ул. Судостроительной)





б)

Окончание рис. 2.47

Условия отбора проб представлены в табл. 2.10, результаты гидрохимического анализа – в табл. 2.11. Следует отметить, что пробы воды во втором створе имели ярко выраженный канализационный запах. Кратность превышения ПДК (для водных объектов рыбохозяйственного значения) в р. Товарной указана на рис. 2.48–2.49.

Таблица 2.10 – Условия отбора проб

Дата замеров	Температура воды, °С	Температура воздуха, °С	Направление, скорость ветра, м/с	Средняя скорость течения, м/с
Створ 1				
12.10.2014	+11	+14	3, 5	0,078
25.10.2014	+ 7	+ 8	ЮВ, 6	0,082
08.11.2014	+ 3	+ 6	ЮВ, 2	0,08
22.11.2014	+ 3	+ 7	ЮЗ, 3	0,065
Створ 2				
12.10.2014	+13	+15	3, 4	0,062
25.10.2014	+ 7	+ 8	ЮВ, 4	0,066
08.11.2014	+ 3	+ 6	ЮВ, 2	0,066
22.11.2014	+ 3	+ 7	ЮЗ, 3	0,06

Таблица 2.11 – Результаты гидрохимического анализа проб природной воды (р. Товарная)\*

Концентрация, мг/л	Даты отбора проб			
	12.10.14	25.10.14	8.11.14	22.11.14
Створ 1				
Хлориды	178	178	167	165
Аммоний-ион	0,7	0,5	0,3	0,6
Нитрит-ион	0,02	0,05	0,03	0,02
Сульфат-ион	50	56	50	50
Нитрат-ион	15,0	15,0	15,0	15,0
Створ 2				
Хлориды	178	188	183	180
Аммоний-ион	3,0	3,0	3,0	3,0
Нитрит-ион	0,25	0,3	0,35	0,3
Сульфат-ион	50	50	50	50
Нитрат-ион	5,0	15,0	15,0	15,0

\* Анализ воды проводился с помощью полевой комплектной экспресс-лаборатории контроля воды НКВ-12

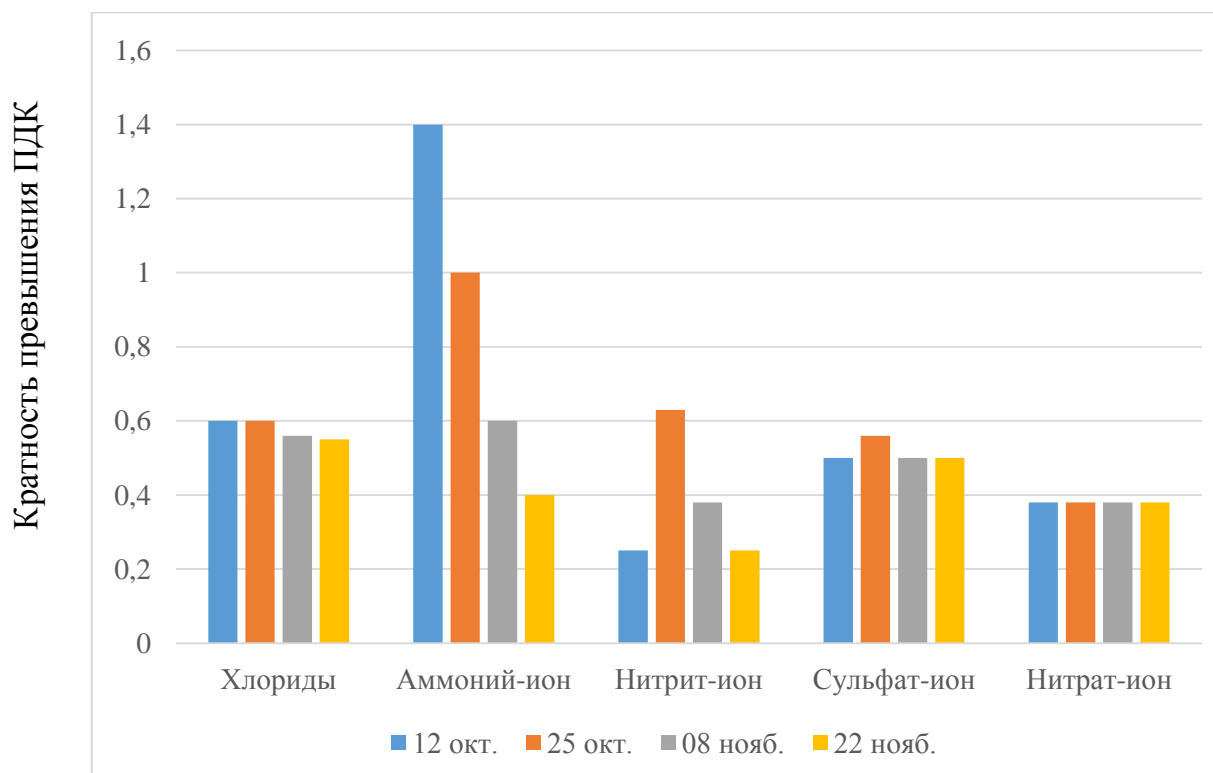


Рис. 2.48. Кратность превышения ПДК для водного объекта рыбохозяйственного значения (р. Товарная, створ 1)



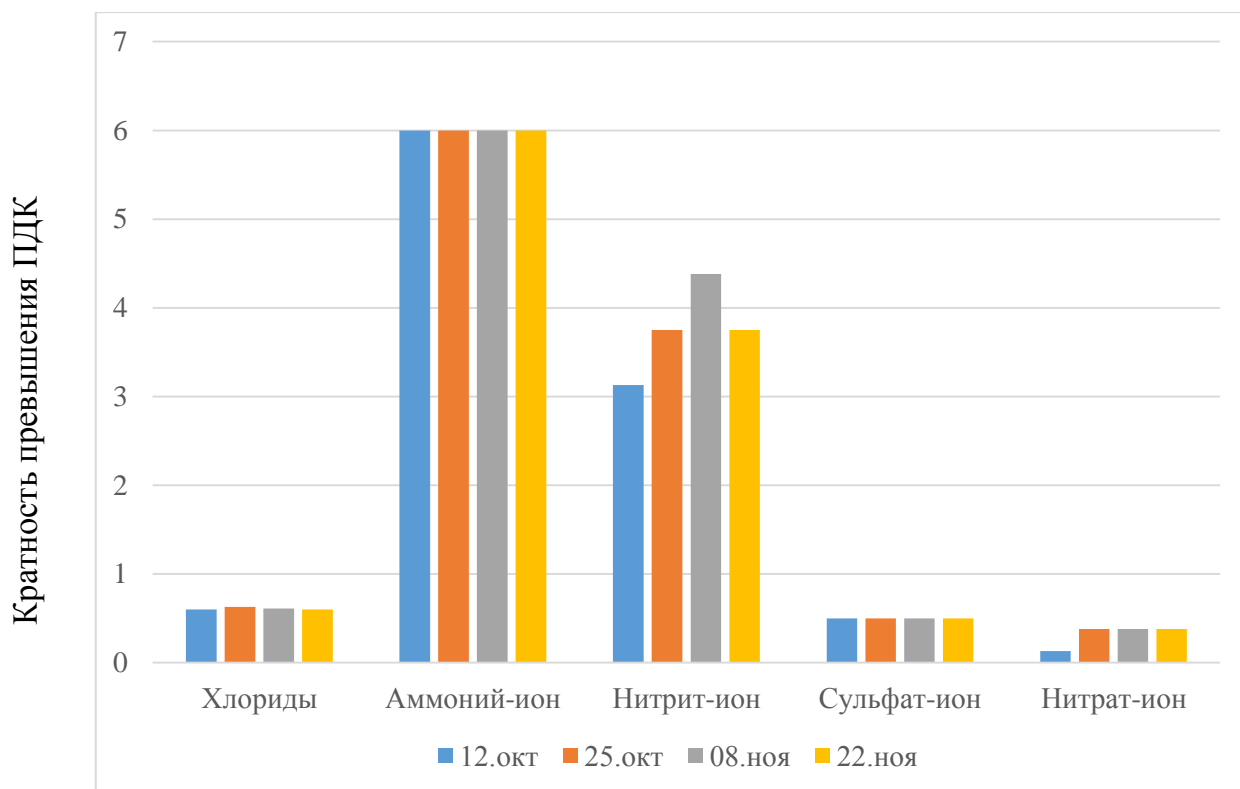


Рис. 2.49. Кратность превышения ПДК для водного объекта рыбохозяйственного значения (р. Товарная, створ 2)

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о загрязнении р. Товарной во втором створе, так как повышенная концентрация ионов аммония и нитритов может быть использована как индикаторный показатель, указывающий на процесс загрязнения хозяйственно-бытовыми сточными водами.

*Река Писса* относится к Балтийскому бассейновому округу, водохозяйственный участок р. Преголи. Исток – крупнейшее в Калининградской области оз. Виштынецкое, впадает в р. Анграпу, которая, сливаясь с р. Инструч (в г. Черняховске), образует р. Преголю.

Длина р. Писсы составляет 98 км, площадь бассейна 1440.0 км<sup>2</sup> [110]. В верхнем течении имеет ширину 7–10 м, в нижнем течении (после г. Гусева) – 5–25 м, глубина колеблется от 0,1 до 1,5 м.

Основные притоки р. Писсы – р. Красная, р. Русская, р. Бродная, р. Глубокая, р. Нерпа (рис. 2.50).

За период наблюдений с 1970 по 2013 гг. на посту р. Писса – д. Зеленый Бор зафиксировано 28 случаев критического подъема уровня воды. В трех случаях: 1970, 1979, 1994 гг. продолжительность стояния критического уровня воды составляла более 30 дней. Такие явления были вызваны активным снеготаянием за счет повышения температуры воздуха, которое происходило одновременно с выпадением обильных осадков. За рассматриваемый период наблюдалось 11 заторно-зажорных явлений, продолжительность стояния высоких

уровней – от одного до 11 дней, из них три явления не привели к критическому подъему уровня воды. Высота подъема уровня воды составила 1 м и чуть выше.

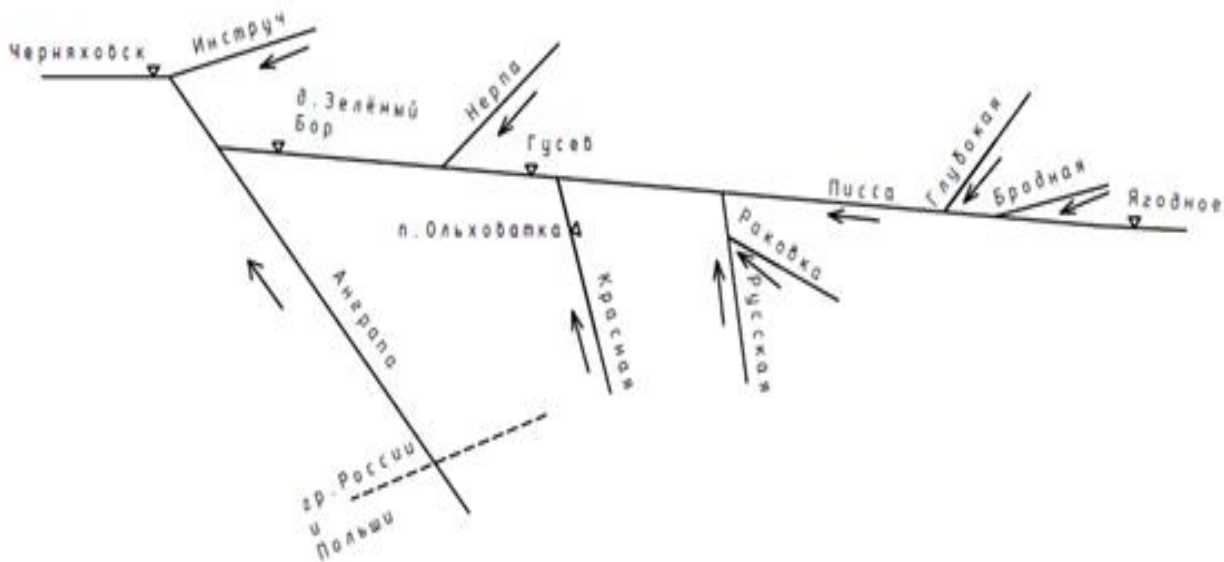


Рис. 2.50. Гидрографическая схема бассейна р. Писсы

Река *Нерпа* (приток р. Писсы) берет начало из болота Торфяной Бугор, которое расположено в Нестеровском районе, протекает на востоке Калининградской области, длина реки 23 км, ширина – от 1,0 до 5,0 м, течение медленное (0,1–0,2 м/с), глубина колеблется от 0,5 до 1,3 м, расход – 0,35–0,51 м<sup>3</sup>/с, русло извилистое.

Притоками реки являются различные мелиоративные каналы и ручьи. Дно сложено суглинками, в районе третьего створа (рис. 2.51) присутствуют донные отложения (рис. 2.52). Береговые склоны покрыты древесной и травяной растительностью, в русле реки имеются завалы из деревьев (рис. 2.53). В период паводков наблюдается подтопление прилегающей территории.

Условия отбора проб для гидрохимического анализа представлены в табл. 2.12, результаты – в табл. 2.13, диаграммы превышений ПДК – на рис. 2.54.

Таблица 2.12 – Условия отбора проб (р. Нерпа)

Дата замеров	Температура воды, °С	Температура воздуха, °С	Направление, скорость ветра, м/с	Средняя скорость течения, м/с
Створ 0–0				
28.03.2017	+2,5	+14	СЗ, 4	0,16



Рис. 2.51. Схема расположения створов (р. Нерпа)

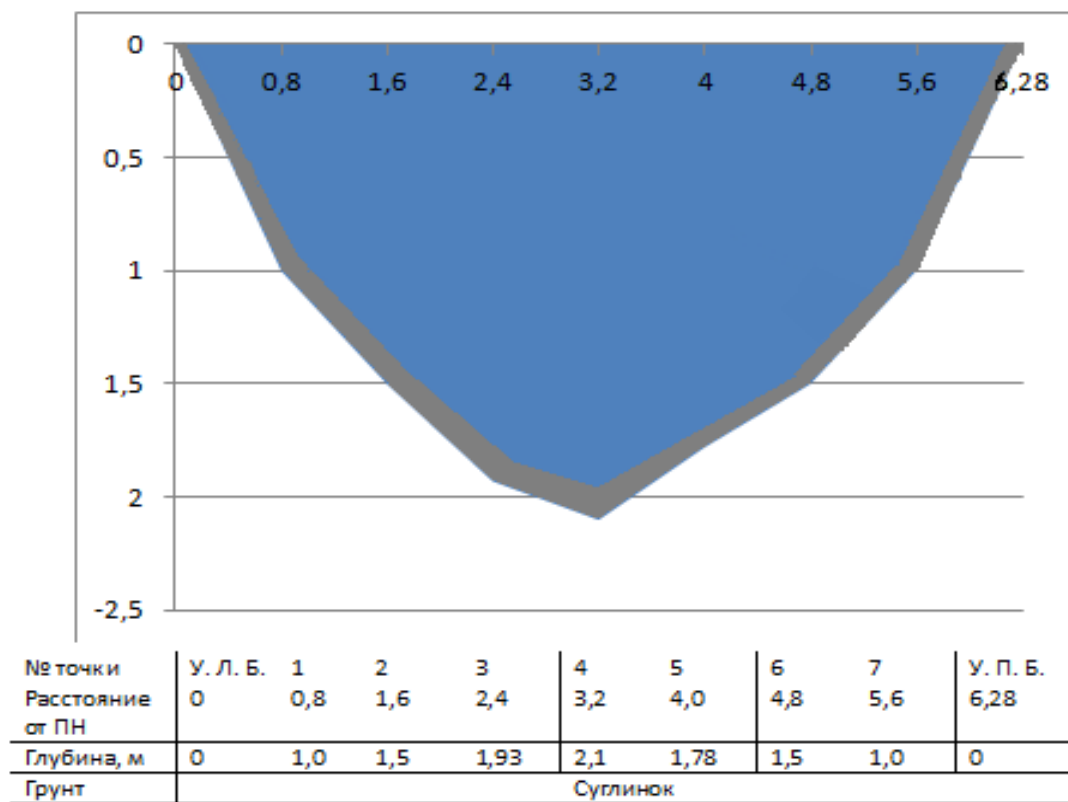


Рис. 2.52. Профиль русла в створе 3





а)



б)



в)

Рис. 2.53. Участок р. Нерпы: а) – створ 1; б) – створ 2; в) – створ 3

Таблица 2.13 – Результаты гидрохимического анализа природной воды (р. Нерпа, створ 0–0)

Наименование определяемого показателя	Единица измерения	Концентрация
рН	ед рН	7,62
БПК5	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,4
ХПК	мгО/дм <sup>3</sup>	71
Аммоний-ион	мгО/дм <sup>3</sup>	7,7
Хлорид-ион	мг/дм <sup>3</sup>	26,2
Сульфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	41
Нитрат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	31,9
Нитрит-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,28

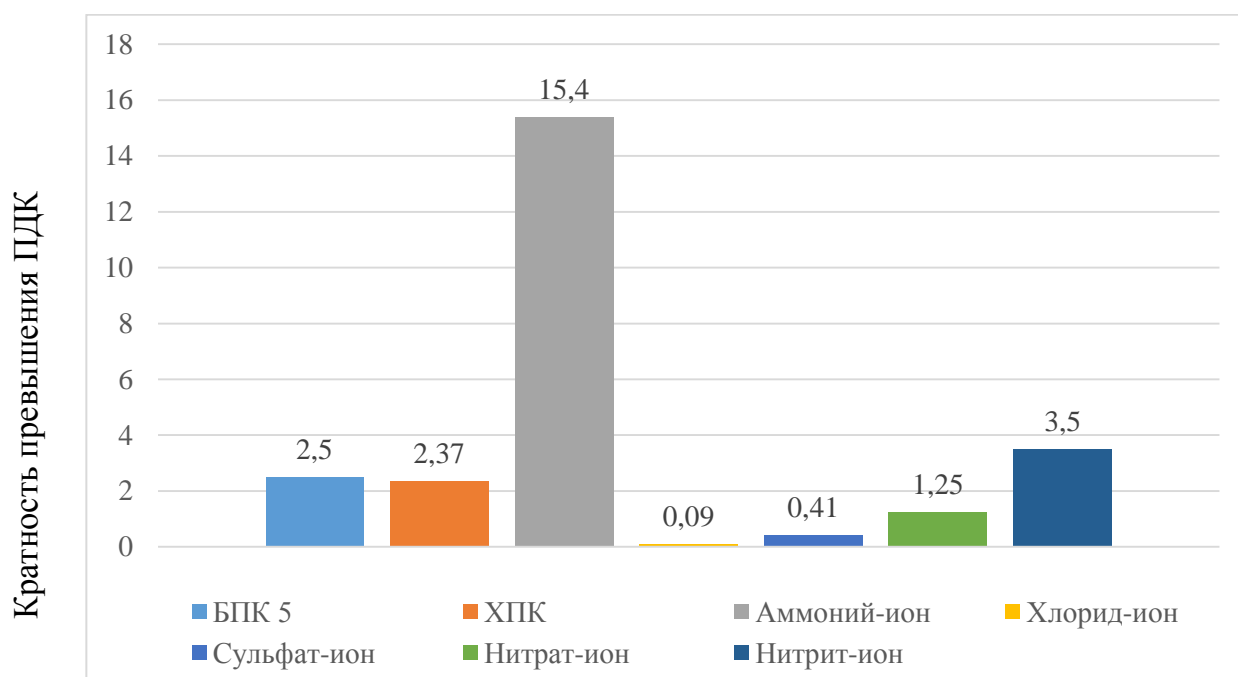


Рис. 2.54. Кратность превышения ПДК для водного объекта рыбохозяйственного значения (р. Нерпа, створ 0–0)

Превышения концентраций ионов аммония, нитрита и нитрата позволяют сделать предположение о загрязнении р. Нерпы сточными водами.

Были проведены инженерно-гидрометеорологические исследования участка, на котором расположен *ручей Лесной*. Он берет начало из водохранилища Школьного и является сбросным трактом из него, впадает в р. Преголю.

Вода из водохранилища Школьного в ручей сбрасывается посредством сбросной трубы. В верхней части водосбора ручей Лесной проходит в балке, здесь глубина ручья составляет от 1 до 2 м, ширина – до 5 м.

Русло ручья пересекает железнодорожную ветку г. Калининград – Приморск. До пересечения с железнодорожной веткой ручей местами протекает в лесном массиве, русло его извилистое, берега заросли древесно-кустарниковой растительностью, после пересечения на протяжении 1 км ручей протекает

вдоль садоводческих обществ, дальше – по территории пос. А. Космодемьянского.

В районе ул. Алданской в русле ручья расположен пруд. На расстоянии 8 км от устья в ручей впадает канал Л-2, на расстоянии 5,8 км от устья – канал б/н, протекающий в лесном массиве.

В устьевой части ручья ширина русла увеличивается до 4 м, глубина воды зависит от уровня воды в р. Преголе. Русло ручья на устьевом участке прямолинейное, на расстоянии 0,8 км от устья в него впадает ручей Менделеевский. Ручей Лесной впадает в р. Преголю с правого берега на расстоянии 3 км от устья.

Длина водотока – 11,6 км, площадь водосбора – 28,13 км<sup>2</sup>. В соответствии с ГОСТ 19179-79 ручей Лесной относится к категории малых водотоков. Рекогносцировочное обследование ручья Лесного на участке изысканий (в районе ул. Ст. сержанта Карташева, г. Калининград) выполнено в марте 2016 г. (рис. 2.55 – 2.56).



Рис. 2.55. Место проведения изысканий



а)

Рис. 2.56 – Ручей Лесной: а – створ № 1; б – створ № 2; в – створ № 3; г – створ № 4





б)



в)



г)

Окончание рис. 2.56



Необходимо отметить, что при высоких скоростях во время паводков может происходить размыв берегов ручья, поэтому рекомендуется производить их укрепление.

Были проведены рекогносцировочные исследования ручья Лесного и канала Л-2 и в районе ул. Магнитогорской (г. Калининград) (рис. 2.57 – 2.58). Русло и берега ручья находятся в неудовлетворительном состоянии – наблюдаются скопления мусора, поваленные деревья, вода имеет неприятный запах.



а)



б)

Рис. 2.57. Ручей Лесной в районе ул. Магнитогорской





а)



б)

Рис. 2.58. Канал Л-2 (в районе ОАО «Автотор»)



*Река Лесная* берет начало в районе пос. Отважное Багратионовского района, является левобережным притоком р. Преголи – рукав Старая Преголя (рис. 2.59). Течет с юга на север Калининградской области, последние 6,5 км по юго-восточной части г. Калининграда вдоль улицы Дзержинского. Не доходя до ул. Яблочной, р. Лесная поворачивает на восток и далее впадает в рукав Старая Преголя в 12,5 км от устья р. Преголи.

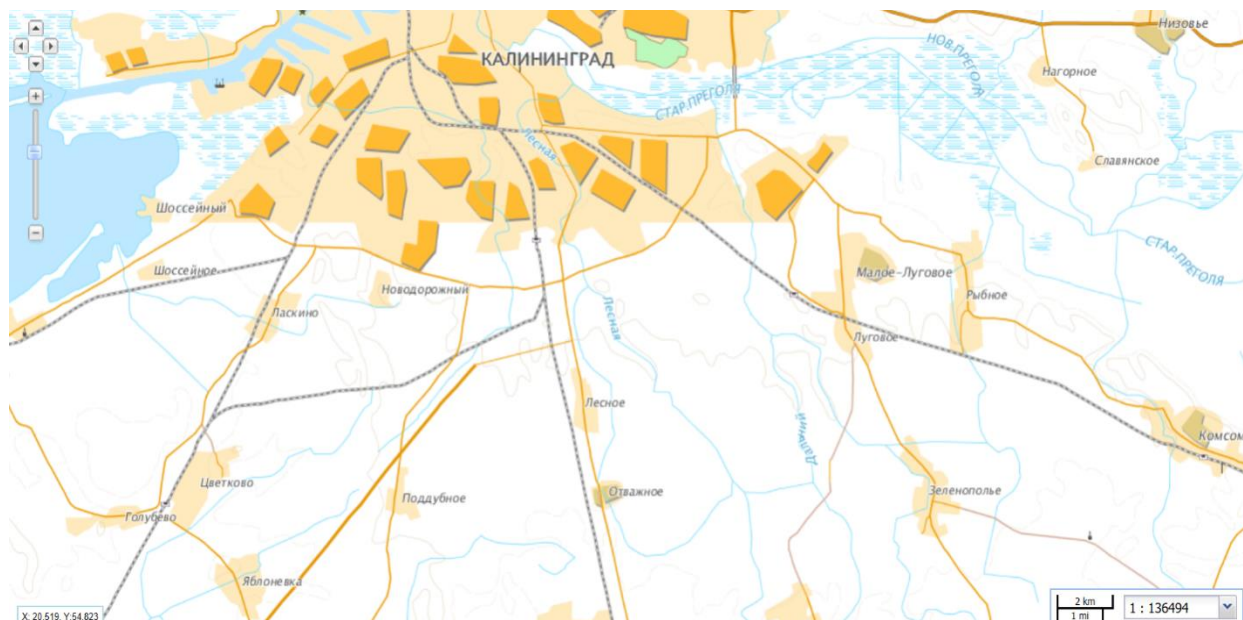


Рис. 2.59. Река Лесная

Длина реки составляет 12,5 км, площадь водосбора – 34 км<sup>2</sup>. По всей длине река принимает воду мелиоративной осушительной системы. На расстоянии 5,7 км в р. Лесную с левого берега впадает канал Л-2, в районе железнодорожного переезда (ул. Дзержинского, г. Калининград) – с левого берега канал Л-4, с правого – канал Л-3. Канал Л-1 впадает с правого берега на территории ОАО «Калининградский тарный комбинат». Русло реки на всём протяжении пересекается многочисленными инженерными коммуникациями, автомобильными и пешеходными мостами.

Местность вдоль р. Лесной пологая, покрыта травой, кустарниковой и древесной растительностью, берега в основном низкие – до 1 м. Ширина русла по урезу воды меняется по длине реки - от полутора до трёх метров в верхнем и среднем течении до 20–35 м на приустьевом участке, где русло прямолинейное, так как искусственно расширено. Прилегающая к р. Лесной территория может затапливаться.

Русло в районе изысканий находится в неудовлетворительном состоянии, заросло травой, кустарником (рис. 2.60).

С 2014 г. ведутся наблюдения за состоянием ручья Паркового. Он берёт начало из пруда Верхнего, проходит по территории г. Калининграда и впадает с правого берега в р. Преголю между улицами Каштановая Аллея и Ремесленная.

Длина ручья Паркового 4,4 км, площадь водосбора 5,3 км<sup>2</sup>, на территории парка «Центральный» в него впадает руч. Парковый-1.



Рис. 2.60. Река Лесная в районе ул. Большой Окружной

Участок ручья, проходящий через ул. Горького (рис. 2.61), открытый, ширина русла колеблется от 50 см до 1,0 м, глубина составляет несколько сантиметров, дно илистое, загрязнено строительным мусором.

Ручей на участке от Советского проспекта до входа на территорию Калининградского зоопарка протекает в балке высотой до 5 м, ширина русла сужается до 3,0 м, течение быстрое. Далее ручей проходит по территории зоопарка, у моста через ул. Брамса и до парка «Центральный», а также по его территории, ручей протекает в глубокой балке (рис. 2.62).



Рис. 2.61. Участок ручья на ул. Горького



Был проведен химический анализ проб воды в двух створах, его результаты отображены в табл. 2.14, рис. 2.63.



Рис. 2.62. Участок ручья Паркового в районе ул. Брамса

Таблица 2.14. Результаты химического анализа проб воды (2015 г.)

Показатель	Единица измерения	Концентрация	
		Исток	ЦПКиО
рН	ед рН	8,0	8,0
Аммоний-ион	мгО/дм <sup>3</sup>	0,01	3,0
Хлорид-ион	мг/дм <sup>3</sup>	195,8	373,8
Сульфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	109	59
Нитрат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	1	30
Нитрит-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,3

Из проведенного анализа следует, что качество воды по течению ручья ухудшается, ручей испытывает негативное антропогенное воздействие.

В ноябре 2015 г. были проведены рекогносцировочные обследования р. Головенки, которая является правым притоком Преголи. Берега и русло р. Головенки в районе изысканий заросшие, местами русло пересохшее, водная поверхность покрыта ряской (рис. 2.64), её водосбор ориентирован с севера на юг.

Кратность превышения ПДК

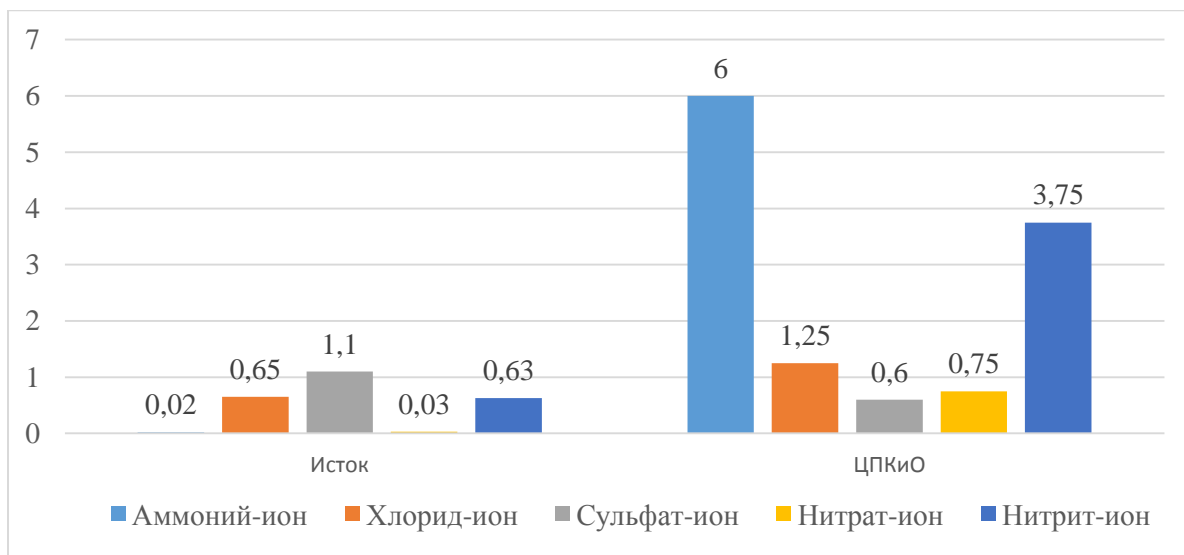


Рис. 2.63. Кратность превышения ПДК для водного объекта рыбохозяйственного значения (руч. Парковый)



а



б

Рис. 2.64. Река Головенка





в

Окончание рис. 2.64

*Река Светлая* является короткой протокой р. Преголи. В ноябре 2015 г. было проведено рекогносцировочное обследование данного водотока. Водная поверхность ровная, берега на всем протяжении района изысканий заросли камышом, кустарником (рис. 2.65).



а

Рис. 2.65. Река Светлая



б

Окончание рис. 2.65

*Река Гремячья* берет начало в четырёх километрах южнее пос. Калиновка Черняховского района Калининградской области и впадает в р. Преголю с правого берега на расстоянии 109 км от устья.

Водосбор реки ориентирован с северо-востока на юг, общая длина – 30 км, площадь водосбора 166 км<sup>2</sup>, русло умеренно-извилистое, однорукавное, река имеет незначительный уклон.

Коренные берега пологие, поросли кустарниками и деревьями. Пойма двухсторонняя, заросшая травой и кустарником.

Водосборная площадь р. *Подлесной* (рис. 2.66) располагается на Полесской моренной равнине. Река берет начало в лесу юго-западнее пос. Дальнее Полесского района Калининградской области и впадает в р. Преголю с правого берега на расстоянии 88,0 км от устья.

Водосбор р. *Подлесной* ориентирован с севера на юг, общая длина реки 6,7 км, площадь водосбора 25,0 км<sup>2</sup>, русло умеренно-извилистое, однорукавное, река имеет незначительный уклон.

Долина р. *Подлесной* неясно выраженная, коренные берега пологие, поросли камышом, кустарниками и деревьями. Пойма двухсторонняя, заросшая травой и кустарником, во время весеннего половодья и дождевых паводков затапливается.





Рис. 2.66. Река Подлесная в нижнем течении

*Река Торфяная* берет начало в четырёх километрах южнее пос. Калиновка Черняховского района Калининградской области и впадает в р. Преголю с правого берега на расстоянии 98 км от устья.

Водосбор р. Торфяной ориентирован с северо-востока на юг. Общая длина реки 24 км, площадь водосбора 144 км<sup>2</sup>. На расстоянии 2,8 км от устья от р. Торфяной ответвляется канал АУ-1, который потом опять впадает в реку на расстоянии 0,8 км от устья.

Русло реки умеренно-извилистое, уклон незначительный. Ширина по урезу около 8 м. Долина р. Торфяной неясно выраженная, коренные берега пологие, поросли кустарниками и деревьями. Пойма заросла травой и кустарником.

Большинство водных объектов, расположенных на исследуемой территории, относятся к естественным. Они имеют многоцелевое использование: для водоснабжения, в рекреационных, транспортных целях, являются водоприёмниками осушительной мелиоративной системы, сточных вод.

Водные объекты, особенно те, которые расположены в пределах городов, испытывают значительную антропогенную нагрузку, русла требуют очистки.

В соответствии с Водным кодексом РФ (ст. 65) для водных объектов необходимо устанавливать водоохранные зоны.

### 3. СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПРЕГОЛИ

#### 3.1. Гидрологическая изученность водосборного бассейна реки Преголи

В соответствии с нормативным документом [104] методика проведения и обработки данных инженерно-гидрологических изысканий зависит от того, осуществлялись ли на исследуемой территории систематические наблюдения за водными объектами. Первым в бассейне р. Прегель (Преголи) 01.01.1811 был открыт гидропост в г. Кенигсберге (Калининграде). Пост в Кенигсберге был расположен в центре города, на правом берегу реки, в 300 м ниже слияния рукавов Альтер Прегель (Старая Преголя) и Ноер Прегель (Новая Преголя). Водопост был восстановлен 27.07.1946 [ГЕ-46] и состоял из железной рейки, вмонтированной в гранитную набережную, и трех реперов (репер № 1 – был расположен в 100 м к северо-востоку от водного поста, в фундаменте здания элеватора с абсолютной отметкой 3,121 м). По рейке измерялись уровень и температура воды – в створе гидропоста у берега. В 1955 г. водопост был перенесен на 170 м ниже по течению.

Сведений о местонахождении материалов наблюдений за 1811–1900 гг. обнаружить не удалось. Результаты наблюдений за уровнем воды в р. Преголе за 1901–1939 гг. были опубликованы в немецких гидрологических ежегодниках, а затем перепечатаны в [15]. Окончательно пост на р. Преголе в Калининграде был закрыт в 1973 г. Некоторое время сохранялась мерная рейка, вмонтированная в плиты набережной. Оставалась возможность восстановления гидропоста по старым отметкам, но и она была утеряна после ремонта набережной Преголи. Старожилы подтвердили эту информацию и указали место вблизи нынешнего Музея мирового океана, где был первый гидропост в Восточной Пруссии.

На сайте [47] Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГИ) приведены сведения о 27 гидропостах на реках Калининградской области (табл. 3.1.1). В [47] отсутствуют некоторые гидропосты, результаты измерений на которых приведены в ГЕ [14-32].

Полный список гидропостов, действующих в разное время на территории Калининградской области (и ранее – Восточной Пруссии), имеется в [93]. Их общее количество, включая ведомственные посты, превышает четыре десятка. Перечислим гидропосты, действовавшие в бассейне р. Преголи (в скобках – год открытия). Река Преголя: г. Калининград (1811), г. Гвардейск (1839), с. Бережковское (1871), с. Талпаки (1871), г. Черняховск (1886), с. Междуречье (1896), с. Ушаково (1896), г. Знаменск (1896), с. Малое Бережковское (1900), г. Калининград – железнодорожный мост (1949). Река Инструч: с. Ульяново (1885), с. Тимирязево (1886), с. Охотничье (1896), с. Загорское (1896), с. Подмостье (1940). Река Анграпа: г. Черняховск (1871), с. Берестово (1894), с. Юхово (1900), г. Озерск (1954). Река Писса: д. Зеленый Бор (1894), с. Ильюшино (1894), г. Гусев (1947). Река Лава: с. Березники (1871), г. Знаменск (1871),

д. Родники (1896), г. Правдинск (1896), с. Верхнее Курортное (1896), с. Орехово (1924).

Таблица 3.1.1 – Гидропосты на реках Калининградской области (по данным ВНИИГИ [47])

№ п/п	Название водного объекта и пункта наблюдений	Расстояние (км), от		А, км <sup>2</sup>	Период действия: число, месяц, год		Отметка нуля поста, м БС
		истока	устья		открыт	закрыт	
1	р. Шешупе – с. Долгое	265	43.0	5830	01.09.1955	Действ.	8.32
2	р. Немонинка – с. Тимирязево	25.0	21.0	75.0	12.09.1962	01.01.1988	-0.10
3	р. Злая – с. Приозерье	50.0	12.0	142	31.01.1961	Действ.	-2.31
4	р. Оса – с. Краснознаменское	26.0	12.0	68.5	01.01.1962	31.12.1972	6.00
5	р. Нельма – пос. Кострово	26.0	4.00	163	27.09.1963	Действ.	0.03
6	р. Преголя – г. Черняховск (Инстербург)	1.00	122	5210	01.05.1886	Действ.	3.21
7	р. Преголя – г. Гвардейск (Тапиау)	67.0	56.0	13600	01.04.1869	Действ.	-5.17
8	р. Преголя (Прегель) – с. Ушаково (Хайлигенвальде)	85.0	38.0	13900	01.02.1880	01.11.1941	-5.00
9	р. Преголя (Прегель) – г. Калининград (Кенигсберг)	114	9.0	14700	01.01.1811	01.07.1973	-5.15
10	р. Преголя, рук. Дейма – г. Гвардейск	0.00	37.0		01.01.1839	Действ.	-5.17
11	р. Преголя (Прегель), рук. Дейма (Дайме) – пос. Славинск (Пейскруг)	15.0	22.0	–	16.09.1909	01.11.1939	-5.00
12	р. Преголя, рук. Дейма – г. Полесск (Лабиау)	32.0	5.00	–	01.01.1939	Действ.	-5.18
13	р. Инструч – с. Ульяново (Краупишкен)	51.0	50.0	587	01.01.1885	Действ.	13.23
14	р. Инструч (Инстер) – с. Тимирязево (Георгенбург)	99.0	2.00	1220	01.01.1886	31.07.1914	8.96
15	р. Анграпа – г. Озерск	93.0	76.0	2060	14.09.1954	31.12.1977	62.24
16	р. Анграпа – д. Берестово (Шлапакен)	139	30.0	2460	14.03.1894	Действ.	23.85
17	р. Анграпа (Ангерап) – г. Черняховск	168	1.00	3960	01.01.1871	01.11.1944	7.38
18	р. Писса – с. Илюшино	36.0	62.0	328	19.09.1954	01.07.1994	51.58
19	р. Писса – д. Зеленый Бор	87.0	11.0	1360	01.08.1894	Действ.	20.90
20	р. Красная – д. Токаревка	45.0	38.0	412	01.07.1961	01.01.1988	112.45
21	р. Лава (Алле) – с. Орехово (Альтхоф)	259	30.0	5800	04.05.1924	01.08.1943	0.00
22	р. Лава – д. Родники	271	18.0	7020	01.01.1896	Действ.	1.15
23	р. Прохладная (Фришинг) – д. Светлое (Коббельбуде)	63.0	14.0	941	01.12.1889	18.02.1958	0.33



№ п/п	Название водного объекта и пункта наблюдений	Расстояние (км), от		А, км <sup>2</sup>	Период действия: число, месяц, год		Отметка нуля поста, м БС
		истока	устья		открыт	закрыт	
24	р. Мамоновка – г. Мамоново	45.0	6.20	300	01.10.1959	Действ.	5.50
25	р. Голубая – д. Угрюмово	36.0	23.5	395	01.10.1983	Действ.	18.00
26	р. Неман – г. Советск (Тильзит)	878	59.0	91800	01.01.1811	Действ.	1.90
27	р. Неман, рук. Матросовка – д. Мостовое	19.0	24.0	–	17.12.1968	Действ.	–2.00

Важнейшим вопросом при проведении инженерных изысканий является доступность информации о гидрологических рядах водотоков (годовой сток или среднегодовой расход). Основным источником о ежедневных уровнях и расходах рек на территории бывшего СССР являются гидрологические ежегодники (ГЕ), издававшиеся с 1936 г. До 1958 г. публиковался том 1 «Бассейн Балтийского моря», вып. 4–6: бассейн реки Западная Двина и бассейны к западу и югу от государственной границы. Этот выпуск включал информацию обо всех водотоках юго-восточной Прибалтики (за исключением рек Эстонии и Польши). Начиная с 1959 г. отдельно издавался вып. 5–6 [22], который не содержал данных по рекам Латвии.

Начиная с 1978 г. вместо ГЕ несколько лет издавались «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» (ежегодник Государственного водного кадастра); часть 1 – реки и каналы (см., например, [40]). Содержание [40] очень близко к ГЕ. С конца 80-х годов прошлого века доступность гидрометрических данных о реках России резко снизилась.

Следует высоко оценить деятельность Игоря Алексеевича Шикломанова по сбору и систематизации гидрологической информации. Директор Государственного гидрологического института И.А. Шикломанов (1939–2010) 20 лет являлся заместителем председателя Российского Национального комитета по Международной гидрологической программе ЮНЕСКО. Под его руководством был организован портал [117] с данными о среднемесячных расходах большего количества рек мира в открытом доступе. К сожалению, названный портал в настоящее время не функционирует, информации в открытом доступе нет. Данные о ежемесячных расходах в бассейне р. Преголи, ранее взятые из [117], помещены в приложении Д, чтобы специалисты могли их использовать при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий.

В табл. 3.1.2 перечислены реки Калининградской области, данные по которым ранее были в открытом доступе [117]. В указанной таблице  $Nm$  – общее количество месяцев, по которым есть результаты измерений расхода в данном створе;  $A$  – площадь водосборного бассейна вышерассматриваемого створа;  $Q$  – средний расход за весь приведенный период наблюдений;  $h$  – средний слой стока;  $q$  – средний модуль стока.

Глобальный центр данных речного стока [113] также представляет информацию, но только по запросу после всестороннего рассмотрения заявки.

Таблица 3.1.2 – Список рек Калининградской области, ежемесячные расходы которых были приведены на портале [117] (1901–1985)

Река	Гидропост	$N_m$	$A$	$Q$	$h$	$q$
			км <sup>2</sup>	м <sup>3</sup> /с	мм	л/(км <sup>2</sup> с)
Анграпа	с. Берестово	852	2460	14,5	186	5,91
Инструч	с. Ульяново	924	587	3,89	209	6,63
Писса	д. Зеленый Бор	895	1360	8,86	206	6,52
Преголя	г. Черняховск	571	5210	33,8	205	6,49
Преголя	г. Гвардейск	840	13600	85,2	198	6,26

С 2001 г. функционирует федеральный портал [33], на котором предоставляются ежедневные уровни воды на многих российских гидропостах практически в реальном времени. Такие данные важны при проведении измерений глубин водотоков, скоростей и расходов во время инженерно-гидрометеорологических изысканий. Они позволяют оценить текущий период стока и фазу водности. Правда, там размещается информация, не прошедшая проверку и содержащая отдельные промахи измерений.

На рис. 3.1.1 показаны результаты измерений абсолютного уровня (в Балтийской системе) р. Преголи у Гвардейска в конце июля и в конце декабря 2011 г. [33]. В указанное время не было зафиксировано сильного ветра западного направления, который мог привести к нагонным явлениям; в створе Черняховска никаких понижений уровня не наблюдалось. Следует считать результаты измерений 25 июля и 20 декабря 2011 г. промахами.

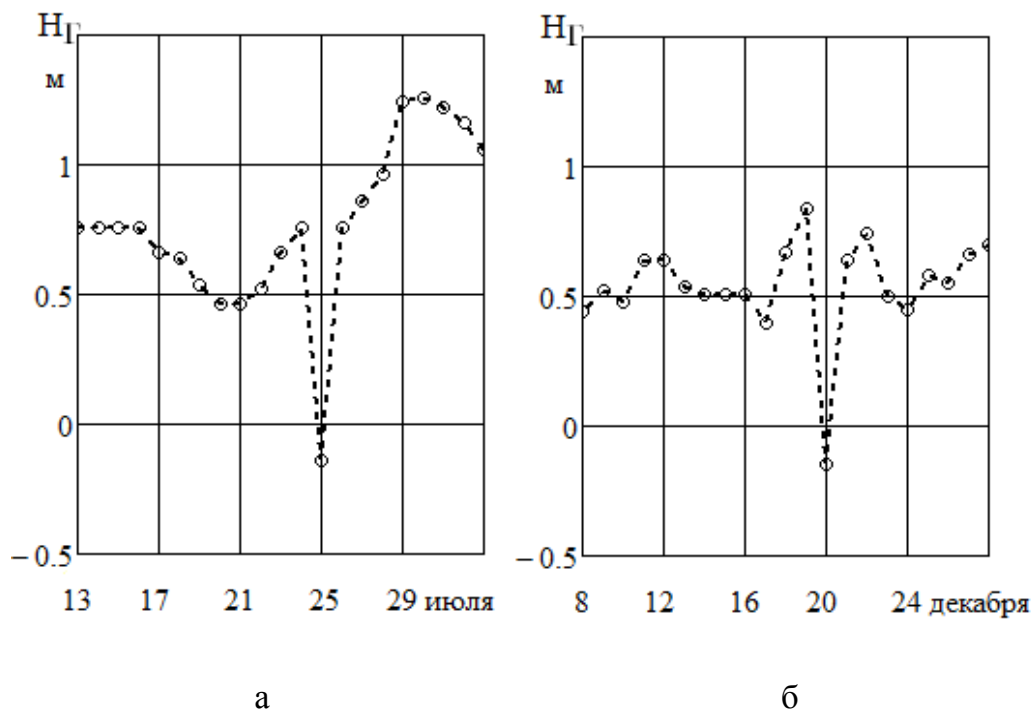


Рис. 3.1.1. Промахи измерения уровней р. Преголи (Гвардейск) [33] в июле (а) и декабре (б) 2011 г.

Первые годы ресурс [33] находился в свободном доступе и пользовался большой популярностью у туристов-водников и рыболовов. В результате портал не справлялся с наплывом посетителей и был закрыт. В настоящее время он [33] вновь доступен для ранее зарегистрированных пользователей (рис. 3.1.2). Регистрация новых пользователей закрыта.

Полная информация [33] включает: подробный график хода уровня поста Н, гидрограф (мгновенные расходы воды Q) поста, температуру воды, ледовые явления, график водности (зависимость Н-Q). В бассейне р. Преголи имеются данные (не во всех указанных разделах) по следующим постам: Преголя (Гвардейск), Преголя (Черняховск), Дейма (Полесск); плюс на территории Калининградской области – Неман (Советск), Матросовка (Мостовое).

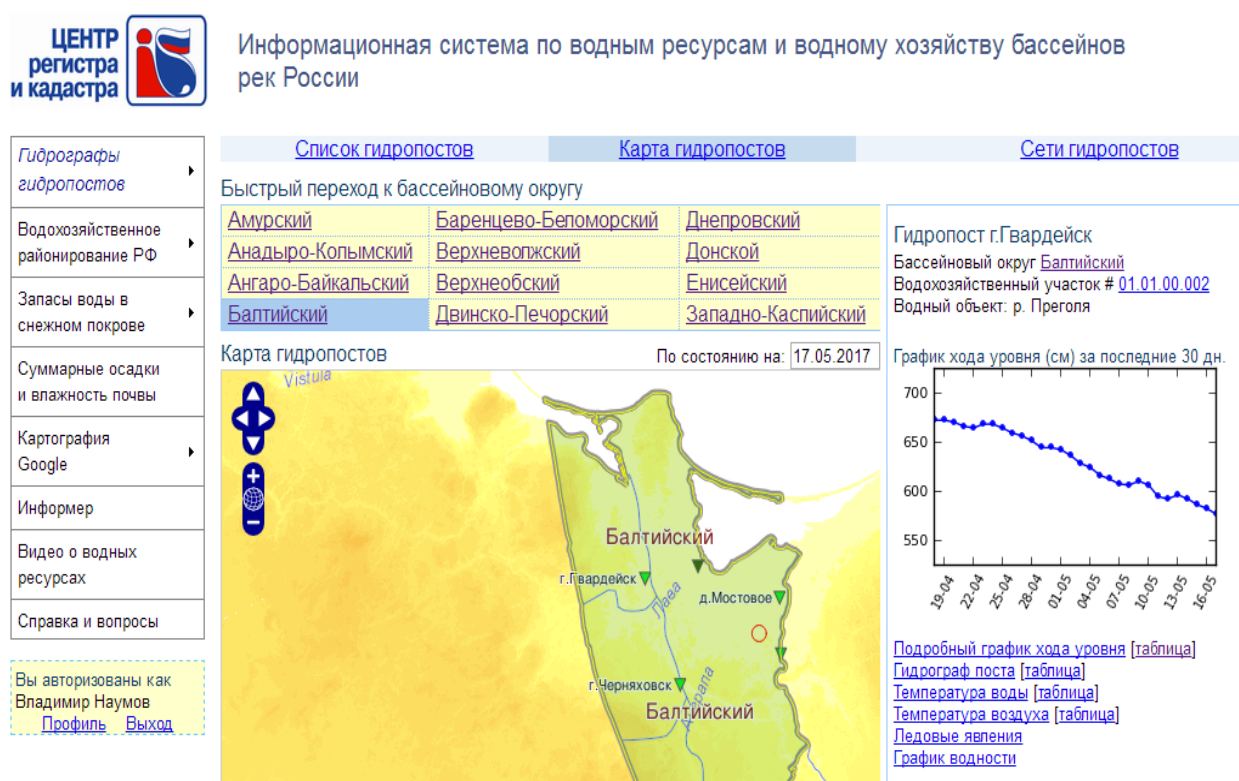


Рис. 3.1.2. Портал Центра регистра и кадастра. Балтийский бассейновый округ [33]

Интернет-ресурс [33] представляет информацию и в графической форме. На рис. 3.1.3 видны периоды, в которые отсутствуют результаты измерений уровня воды в 2003 г. (отдельные дни в январе, марте, апреле и т.д.).

Ежедневные уровни воды по постам р. Лава (д. Родники), р. Голубая (д. Угрюмово), р. Писса (д. Зеленый Бор), р. Инстроч (с. Ульяново), р. Анграпа (д. Берестово) сохранены в [33] только за 2013 г. На рис. 3.1.4 показана связь уровня над нулем поста р. Лавы (д. Родники) и расхода воды. К сожалению, графики водности на ресурсе [33] имеются только для отдельных постов.

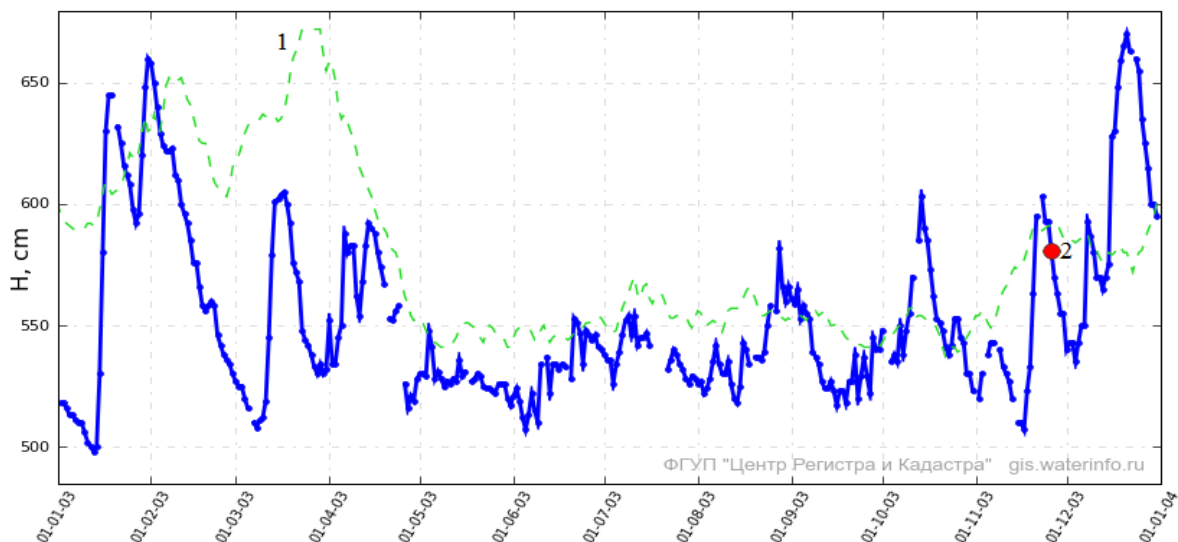


Рис. 3.1.3. Среднесуточные уровни р. Преголи (Гвардейск) над нулем поста в 2003 г. [33]; 1 – средний многолетний ход уровня; 2 – исправленный промах

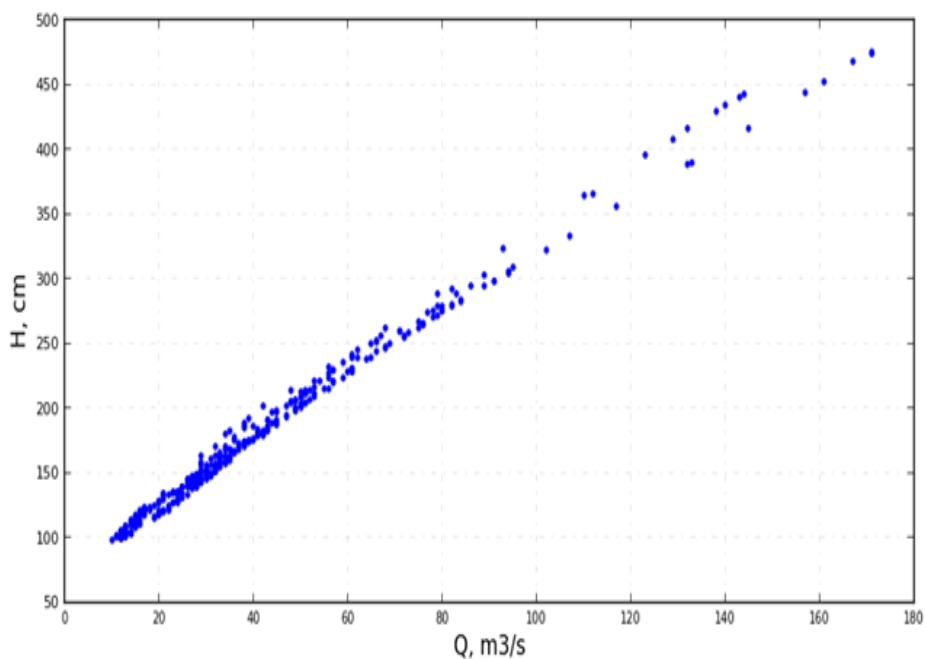


Рис. 3.1.4. Связь уровня над нулем поста и расхода воды р. Лавы (д. Родники) [33]

В настоящее время при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне р. Преголи можно воспользоваться текущими данными об уровнях воды, публикуемыми Калининградским ЦГМС [45] – рис. 3.1.5.

На рис. 3.1.6 построен график уровней воды р. Преголи в первой трети 2017 г. Видно, что [45] публикует данные с большими пробелами. Тем не менее, оно позволяют оценить период, в который проводятся полевые исследования во время инженерно-гидрометеорологических изысканий.



Коэффициент корреляции между уровнями воды гидропоста Гвардейск и гидропоста Калининград в первой трети 2017 г. составил всего  $r = 0,464$ . Тогда как коэффициент корреляции между уровнями Преголи в Черняховске и Гвардейске имеет величину не менее 0,9. Столь низкая степень стохастической связи между уровнями одной реки на сравнительно небольшом расстоянии объясняется влиянием сгонно-нагонных явлений в устье р. Преголи [42, 106].

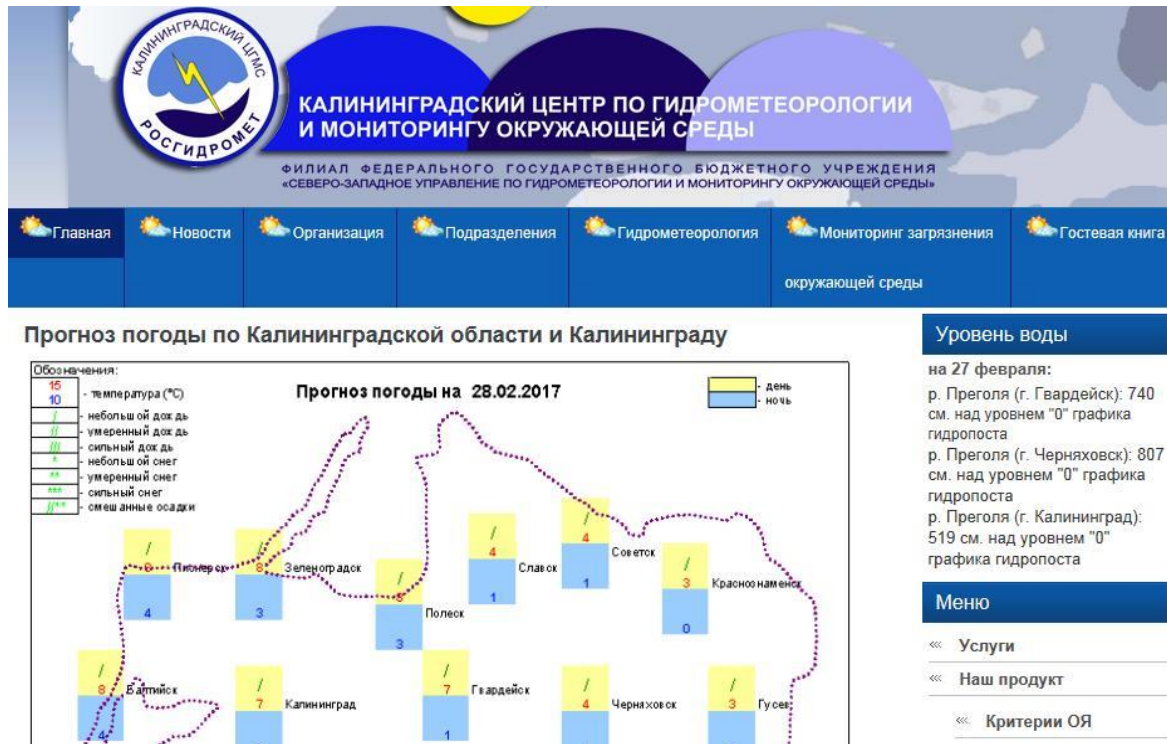


Рис. 3.1.5. Интернет-ресурс Калининградского ЦГМС [45]

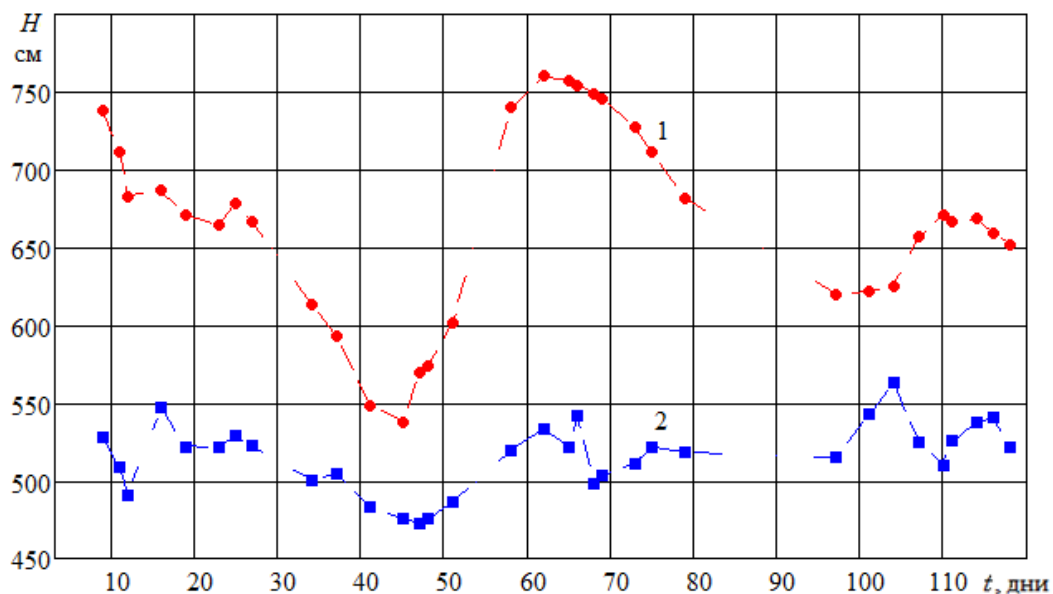


Рис. 3.1.6. График уровней воды р. Преголи в первой трети 2017 г. [45] над нулем поста: 1 – гидропост Гвардейск, 2 – гидропост Калининград

В 2008 г. начала работу автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [1]. Администрацией [1] был учтен негативный опыт предыдущего ресурса. Допуск на [1] возможен только для зарегистрированных пользователей. Публикуются данные лишь двухлетней давности, которые рыболовов уже мало интересуют. Информации о водных объектах гораздо больше, чем было [33]; Разделы «Архитектура» и «Формирование ресурсов АИС ГМВО» показаны на рис. 3.1.7–3.1.9.

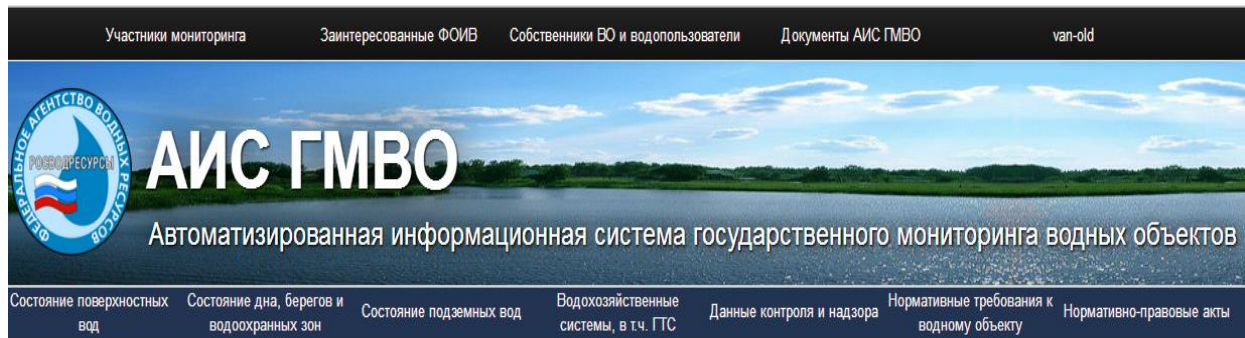


Рис. 3.1.7. Начальная страница АИС ГМВО [1]

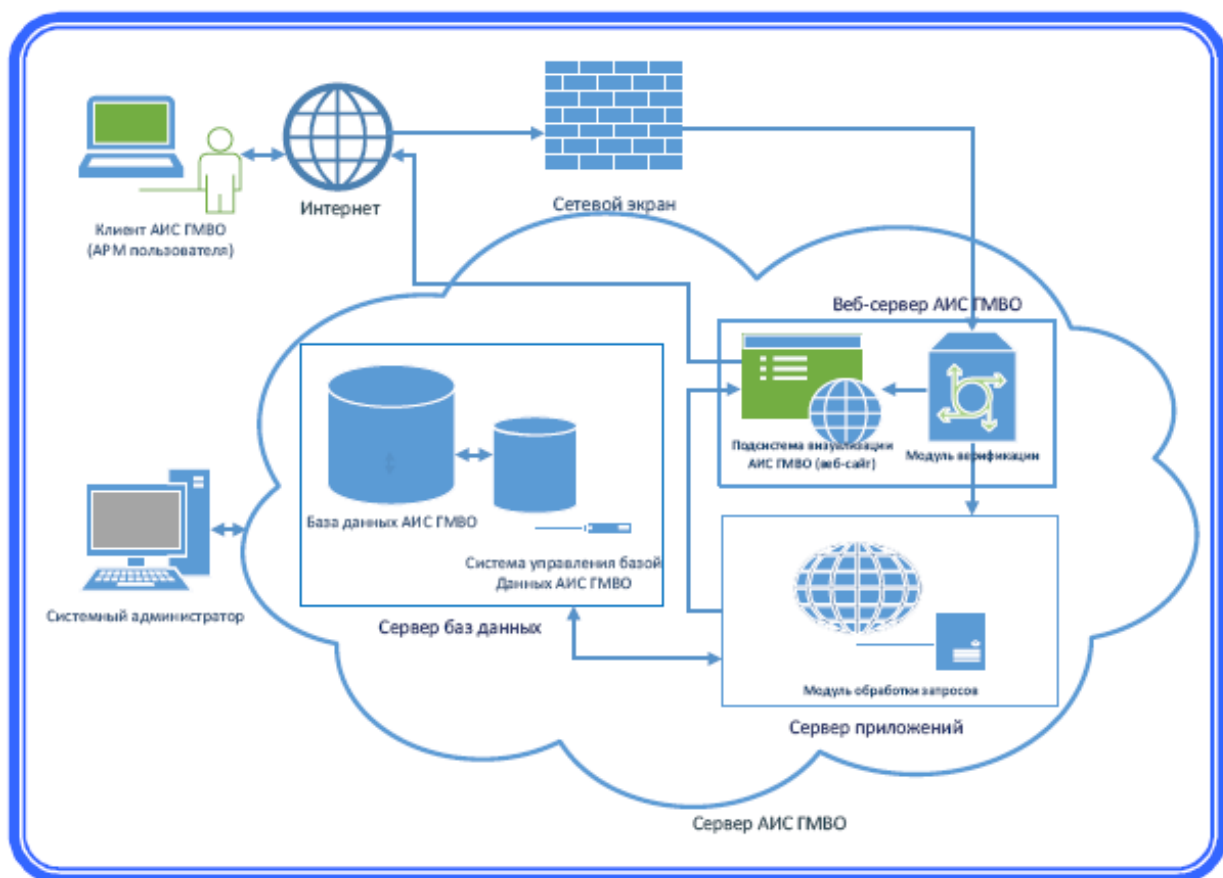


Рис. 3.1.8. Архитектура АИС ГМВО [1]

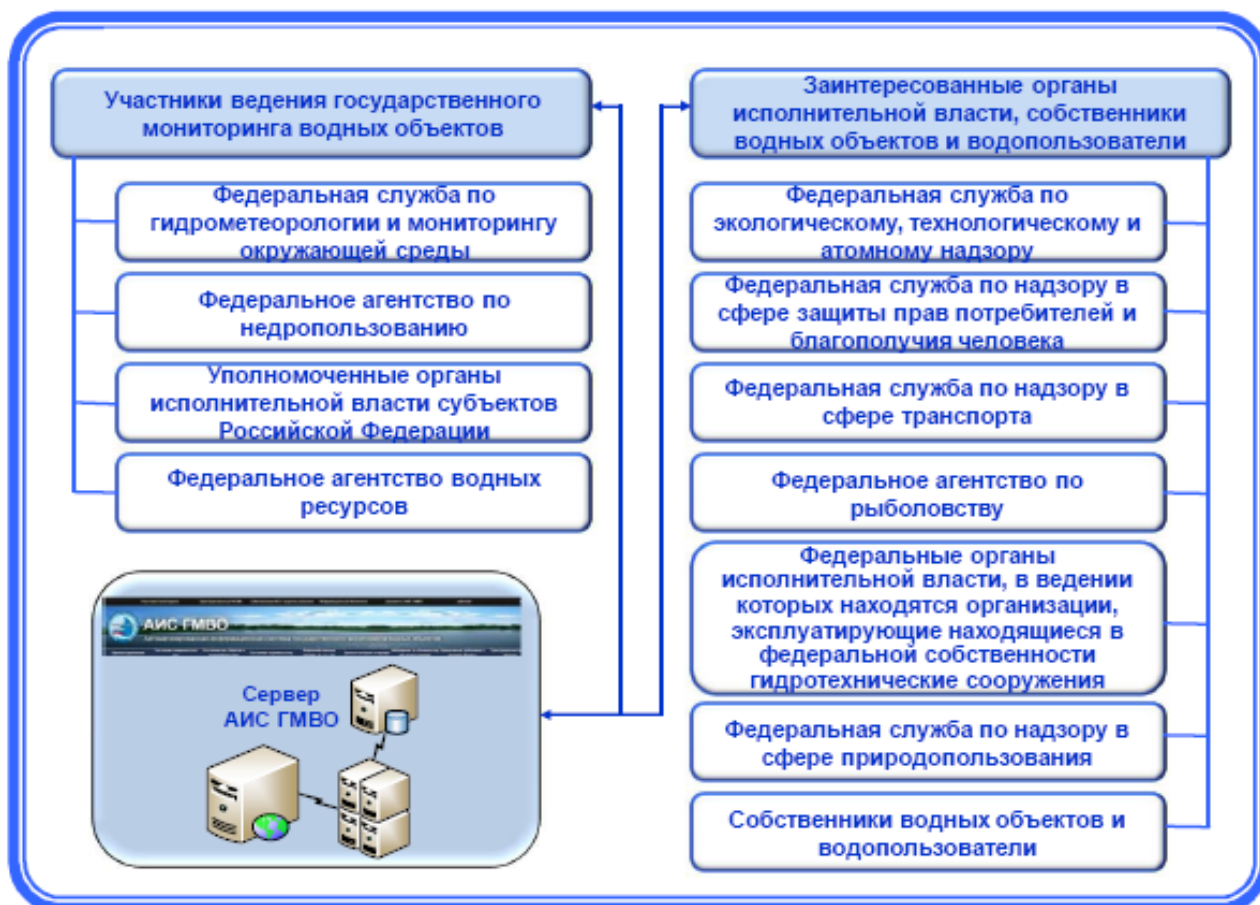


Рис. 3.1.9. Формирование информационных ресурсов АИС ГМВО [1]

Раздел «Состояние поверхностных вод» включает [1]:

- список гидрологических постов на реках, ручьях, каналах;
- список гидрологических постов на озерах, прудах, обводненных карьерах, водохранилищах;
- список пунктов гидрохимических наблюдений на реках, ручьях, каналах;
- список пунктов гидрохимических наблюдений на озерах, прудах, обводненных карьерах, водохранилищах;
- список пунктов гидробиологических наблюдений на реках, ручьях, каналах;
- список пунктов гидробиологических наблюдений на озерах, прудах, обводненных карьерах, водохранилищах;
- список станций наблюдения за гидрохимическими показателями морских вод;
- уровни воды рек, ручьев, каналов (см);
- расход воды рек, ручьев, каналов (куб. м/с);
- уровни воды озер, прудов, обводненных карьеров, водохранилищ (см);
- мутность воды в водных объектах (г/куб. м);
- расходы взвешенных и влекомых наносов (кг/с);
- толщину льда (см) и высоту снега (см) на льду;

- качество воды поверхностных водных объектов (гидрохимические показатели);
- данные наблюдений за состоянием водоемов, которые полностью расположены на территориях соответствующих субъектов РФ;
- данные наблюдений локального мониторинга по гидрохимическим показателям;
- режимы водохранилищ;
- сведения о санитарно-эпидемиологической обстановке на водных объектах – источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- сведения о загрязнении водных объектов – источников хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- сведения о радиационной безопасности водных объектов – источников хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- сведения о санитарно-эпидемиологической обстановке на водных объектах, используемых для рекреационных целей;
- сведения о состоянии водных объектов рыбохозяйственного значения;
- данные наблюдений за водными объектами (их морфометрическими особенностями).

Раздел «Состояние дна, берегов и водоохраных зон» включает [1]:

- данные о загрязнении донных отложений;
- данные о состоянии дна водных объектов;
- характеристику берегов водных объектов;
- данные о водоохраных зонах водных объектов;
- данные наблюдений за режимом использования водоохраных зон водных объектов;
- сведения о состоянии водоохраных зон водных объектов;
- сведения о режиме использования водоохраных зон водных объектов.

Раздел «Состояние подземных вод» включает [1]:

- перечень бассейнов подземных вод Российской Федерации;
- сведения о составе наблюдательной сети за подземными водными объектами;
- прогнозные ресурсы и эксплуатационные запасы подземных вод;
- изменение эксплуатационных запасов подземных вод;
- участки загрязнения подземных вод загрязняющими веществами 1-го класса опасности;
- распределение выявленных участков загрязнения подземных вод на территории Российской Федерации.

Чтобы получить данные наблюдений по бассейну р. Преголи требуется следующая последовательность выбора: Состояние поверхностных вод → Уровни воды рек, ручьев, каналов → Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды → Формирование таблиц → Среднесуточные уровни воды рек, ручьев, каналов по постам.

На странице можно отметить любое количество лет за 2008–2014 гг.;

01 – Балтийский бассейновый округ;

Неман и реки бассейна Балтийского моря;



Подбассейн – отсутствует; Водохозяйственный участок 01.01.000.002 – Преголя; Клавиша «Найти» вызывает табл. 3.1.3.

Таблица 3.1.3 – Результаты поиска в АИС ГМВО по разделу «Бассейн реки Преголи» [1]

Отметка	Код поста	Водный объект	Местоположение	Расстояние от устья
V	74413	р. Преголя	г. Черняховск	123.0
V	74416	р. Преголя	г. Гвардейск	56.0
V	74424	р. Преголя рук. Дейма	г. Полесск	5.0
V	74425	р. Инструч	с. Ульяново	50.0
V	74428	р. Анграпа	д. Берестово	30.0
V	74431	р. Писса	д. Зеленый Бор	11.0
V	74434	р. Лава	д. Родники	18.0
	74438	р. Мамоновка	г. Мамоново	6.2
V	74443	р. Голубая	с. Угрюмово	23.0

В табл. 3.1.3 АИС ГМВО вносит р. Мамоновку, которая не входит в бассейн р. Преголи. Это связано с тем, что Мамоновка и Преголя отнесены к одному водохозяйственному участку (ВХУ) 01.01.00.002 [110].

Поэтому в первом столбце ставим отметку во всех клетках, кроме предпоследней. Клавиша «Сформировать таблицу» генерирует массив выбранных данных. Есть возможность сохранить этот массив в формате doc или xls. Выбираем для последующей обработки doc и сохраняем файл на внешнем носителе. Можно повторить эти действия аналогично для расходов воды с последовательностью выбора: Состояние поверхностных вод → Расходы рек, ручьев, каналов и т.д.

Согласно [97] при проведении инженерно-гидрологических изысканий необходимо изучить результаты ранее выполненных исследований. Большой объем гидрологических и гидрохимических наблюдений на реках Калининградской области был выполнен под руководством профессора КГТУ Т.А. Берниковой [7-9, 60]. Некоторые материалы, опубликованные учеными БФУ имени И. Канта [5, 43, 114], Атлантического отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН [35, 39, 112], могут быть использованы в инженерно-гидрологических изысканиях на реках и водоемах области.

В следующих разделах монографии подробно описаны результаты исследований и инженерно-гидрологических изысканий кафедры водных ресурсов и водопользования КГТУ на водотоках региона.

### 3.2. Полнота гидрологической информации. Восстановление рядов

В качестве основного гидропоста, принимаемого за аналог в инженерно-гидрологических расчетах, стараются выбрать замыкающий створ водотока (по крайней мере, ближайший створ к устью), желательно с наибольшим рядом наблюдений. Казалось бы, по этим признакам следует выбрать из табл. 3.1.1 в качестве основного для объектов в бассейне р. Преголи гидропост г. Калининграда, открытый в 1811 г. практически в замыкающем створе реки.

Однако за аналог для средних рек региона, как правило, принимают гидростанцию г. Гвардейска, открытый в 1869 г. и действующий до настоящего времени. Дело в том, что измеренные уровни и рассчитанные расходы Преголи в Калининграде плохо коррелированы с результатами наблюдений на других региональных постах из-за сгонно-нагонных явлений в устье Преголи [42]. В [62, 70] показано, что значения коэффициентов корреляции среднемесячных расходов воды в створе г. Гвардейска и других региональных гидростанциях выше 0,7 (значимый уровень согласно [104]), за небольшим исключением.

Значительную часть времени мировых войн на территории Восточной Пруссии гидрологические наблюдения не проводились (см. табл. 3.2.1).

Таблица 3.2.1 – Сведения о данных наблюдений на важнейших гидростанциях р. Преголи и ее притоков

№ п/п	Река	Гидростанция	Год открытия	Имеются данные наблюдений о расходах
1	Преголя	Гвардейск	1869	1901–1915, 1921–1930, 1936–1942, 1948 – н/время
2	Преголя	Черняховск	1886	1901–1910, 1936–1939, 1941–1942, 1948–1950, 1958 – н/время
3	Анграпа	Берестово	1894	1901–1913, 1918–1939, 1941–1943, 1953 – н/время
4	Инструч	Ульяново	1885	1901–1913, 1916, 1918–1939, 1941–1943, 1947, 1949 – н/время
5	Писса	Зеленый Бор	1894	1901 – 1902, 1905 – 1913, 1918 – 1939, 1949 – н/время

Нет данных по р. Преголе (Гвардейск) за 1916 – 1920, 1931 – 1935, 1944 – 1947 гг. Ни на самой реке, ни на ее притоках не проводилось наблюдений в 1917 г. и 1944 – 1947 гг. Для восстановления гидрологических рядов пришлось привлекать данные гидрологических наблюдений на водотоках соседних регионов.

Вначале был проведен корреляционный анализ среднемесячных расходов рек Прибалтики, указанных на рис. 3.2.1, и нескольких рек соседних регионов для сравнения (табл. 3.2.2). В базе данных [117] с 1924 по 1985 г. было отобрано 43 года, за которые имеются совместные наблюдения за месячными расходами указанных рек; объем выборки по каждому посту составил  $n = 516$ .

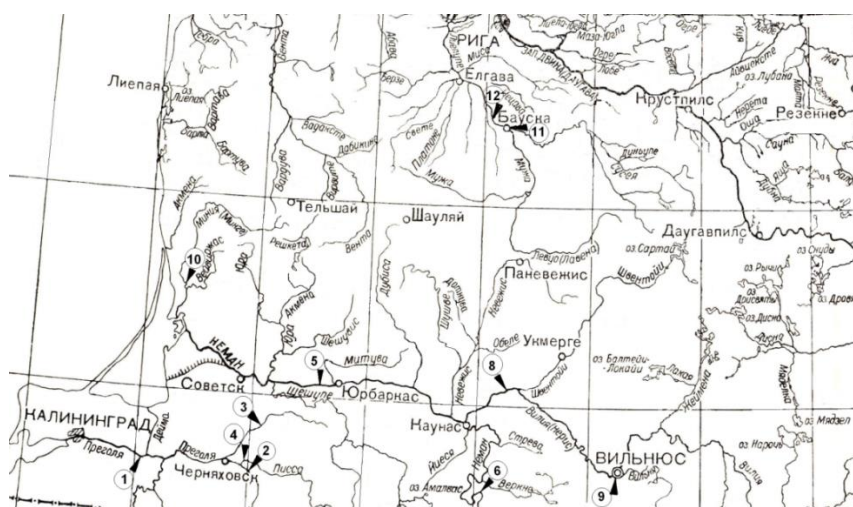


Рис. 3.2.1. Карта гидростанций на реках региона, по которым проведен анализ. Номер на рисунке соответствует номеру гидростанции в табл. 3.2.2

Таблица 3.2.2 – Сведения о гидропостах на реках (корреляционный анализ)

№ п/п	Река	Гидропост	Страна	A, км2	$\bar{Q}$ , м <sup>3</sup> /с	q, л/(с·км <sup>2</sup> )
1	Преголя	Гвардейск	Россия	13600	85,2	6,26
2	Анграпа	Берестово	Россия	2460	14,5	5,91
3	Инструч	Ульяново	Россия	587	3,89	6,63
4	Писса	Зеленый Бор	Россия	1360	8,86	6,52
5	Неман	Смалининкай	Литва	81200	539	6,64
6	Неман	Нямунай	Литва	42800	267	6,25
7	Неман	Гродно	Белоруссия	33600	198	5,88
8	Нярис	Ионава	Литва	24600	176	7,17
9	Нярис	Вильнюс	Литва	15200	109	7,18
10	Миния	Картяна	Литва	1230	15,6	12,7
11	Мужа	Бауска	Латвия	5320	25,0	4,69

Точечные оценки коэффициентов парной корреляции между среднемесячными расходами *i*-го и *k*-го постов, которые представлены в табл. 3.2.3, вычислены по формуле

$$\bar{r}_{i,k} = \frac{1}{(n-1) \sigma_i \sigma_k} \sum_{j=1}^n (Q_{i,j} - \bar{Q}_i)(Q_{k,j} - \bar{Q}_k). \quad (3.2.1)$$

Таблица 3.2.3 – Матрица парной корреляции среднемесячных расходов

Номер п/п	Наименование реки и гидропоста										
	Преголя, Гвардейск	Анграпа, Берестово	Инструч, Ульяново	Писса, Зеленый Бор	Неман, Смалининкай	Неман, Нямунай	Неман, Гродно	Нярис, Вильнюс	Нярис, Ионава	Миния, Картяна	Мужа, Бауска
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.00	0.92	0.88	0.92	0.71	0.67	0.66	0.62	0.66	0.72	0.71
2	0.92	1.00	0.85	0.93	0.72	0.70	0.68	0.61	0.65	0.68	0.68
3	0.88	0.85	1.00	0.91	0.68	0.61	0.60	0.57	0.62	0.77	0.73
4	0.92	0.93	0.91	1.00	0.77	0.73	0.71	0.66	0.70	0.73	0.75
5	0.71	0.72	0.68	0.77	1.00	0.97	0.96	0.95	0.97	0.64	0.90
6	0.67	0.70	0.61	0.73	0.97	1.00	0.99	0.92	0.92	0.56	0.81
7	0.66	0.68	0.60	0.71	0.96	0.99	1.00	0.91	0.91	0.56	0.81
8	0.62	0.61	0.57	0.66	0.95	0.92	0.91	1.00	0.98	0.55	0.85
9	0.66	0.65	0.62	0.70	0.97	0.92	0.91	0.98	1.00	0.61	0.89
10	0.72	0.68	0.77	0.73	0.64	0.56	0.56	0.55	0.61	1.00	0.70
11	0.71	0.68	0.73	0.75	0.90	0.81	0.81	0.85	0.89	0.70	1.00

Выборочные средние расходы и среднее квадратическое отклонение вычислялись по формулам:

$$\bar{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^n Q_{ij}}{n}; \quad \sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (Q_{ij} - \bar{Q}_i)^2}{n-1}}; \quad i = 1; 2; \dots; 11. \quad (3.2.2)$$



В табл. 3.2.3 достаточно высокое значение коэффициента корреляции расходов наблюдается у всех исследованных рек Прибалтики. В частности, значимая стохастическая связь с рядом  $r$ . Преголи у гидрологического ряда  $r$ . Неман (Смалининкай)  $r_{15} = 0,71$ . Ясно, что Неман нельзя считать аналогом Преголи из-за разных гидрологических условий и несоизмеримости площадей речных бассейнов. Но восстановить несколько членов ряда допустимо.

С учетом [64, 79] имеется  $n = 68$  данных совместных наблюдений. Так как статистическая связь расходов  $r$ . Неман (Смалининкай)  $QH$  и  $r$ . Преголя (Гвардейск)  $QP$  формируется за счет присутствия случайной составляющей в структуре обеих сравниваемых величин, то за ее оценку нужно принимать линию, соответствующую центральной оси эллипса рассеяния переменных [44]. Эта линия занимает среднее положение между регрессиями  $QP$  по  $QH$  (3.2.3) и  $QH$  по  $QP$  (3.2.4) и описывается уравнением (3.2.5) (см. рис. 3.2.2).

$$QP = \overline{QP} + r \cdot (QH - \overline{QH}) \cdot \sigma_P / \sigma_H, \quad (3.2.3)$$

$$QH = \overline{QH} + r \cdot (QP - \overline{QP}) \cdot \sigma_H / \sigma_P, \quad (3.2.4)$$

$$QP = \overline{QP} + (QH - \overline{QH}) \cdot \sigma_P / \sigma_H, \quad (3.2.5)$$

где  $\overline{QP} = 83,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $\overline{QH} = 533 \text{ м}^3/\text{с}$  – средние значения переменных  $QP$ ,  $QH$ ;  $\sigma_P = 23,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $\sigma_H = 91,6 \text{ м}^3/\text{с}$  – их среднеквадратические отклонения. Особенность приведенного уравнения (3.2.5) заключается в том, что в указанных условиях оно характеризует связь не исходных величин, а их детерминированных составляющих. Вычисляя величины в формуле (3.2.5) и раскрывая скобки, получим связь среднемесячных расходов (средняя относительная погрешность аппроксимации составляет  $\varepsilon = 19,2 \%$ ):

$$QP = f_1(QH) = 0,255 \cdot QH - 52,8. \quad (3.2.6)$$

Вычисленные по формуле (3.2.6) значения заносим в табл. 3.2.4.

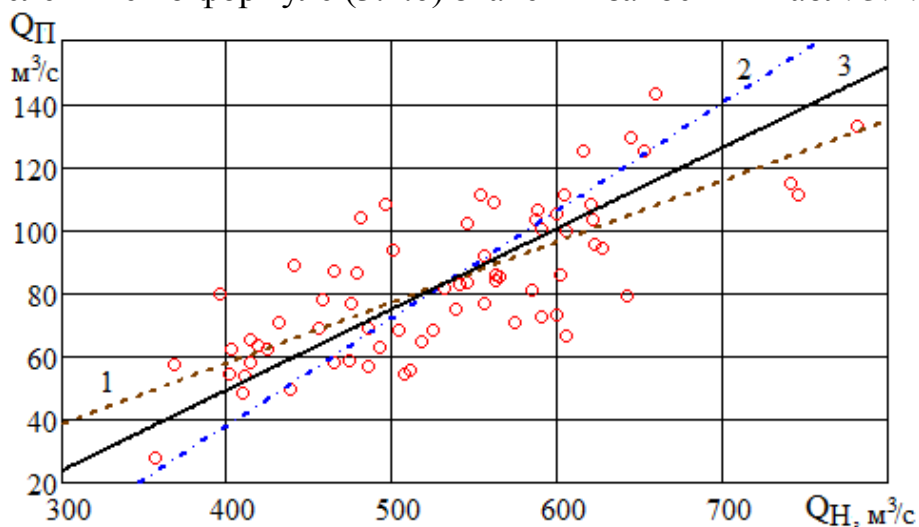


Рис. 3.2.2. Связь среднегодовых расходов  $r$ . Преголи (Гвардейск) и  $r$ . Неман (Смалининкай). Точки – опытные данные; 1, 2 и 3 – результаты расчетов по формулам (3.2.3), (3.2.4) и (3.2.5) соответственно

В табл. 3.2.1 находим, что данные за 1916, 1943 и 1947 г. имеются только по одному гидропосту бассейна – р. Инструч (Ульяново). Аналогично предыдущему методом наименьших квадратов находим связь между среднегодовыми расходами р. Преголи и р. Инструч (средняя относительная погрешность аппроксимации составляет  $\varepsilon = 18,6\%$ )

$$Q_{II} = f_2(Q_{PI}) = 0,255 \cdot Q_{PI} - 52,8. \quad (3.2.7)$$

На рис. 3.2.3 границы доверительного интервала для математического ожидания найдены по формулам [50]:

$$\varphi_1(Q_{PI}) = f_2(Q_{PI}) - t_{\gamma} G \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(Q_{PI} - \overline{Q_{PI}})^2}{\sum_{j=1}^n (Q_{PI_j} - \overline{Q_{PI}})^2}}, \quad (3.2.8)$$

$$\varphi_2(Q_{PI}) = f_2(Q_{PI}) + t_{\gamma} G \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(Q_{PI} - \overline{Q_{PI}})^2}{\sum_{j=1}^n (Q_{PI_j} - \overline{Q_{PI}})^2}}, \quad (3.2.9)$$

$$\overline{Q_{PI}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Q_{PI_j} = 4,08 \text{ м}^3/\text{с}, \quad G = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{j=1}^n (Q_{PI_j} - f_2(Q_{PI_j}))^2} = 18,6 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $n = 43$  – объем выборки;  $t_{\gamma}$  – коэффициент Стьюдента;  $\overline{Q_{PI}}$  – средний расход р. Инструч за рассматриваемый период;  $G$  – среднее квадратическое отклонение опытных данных от прямой (3.2.7).

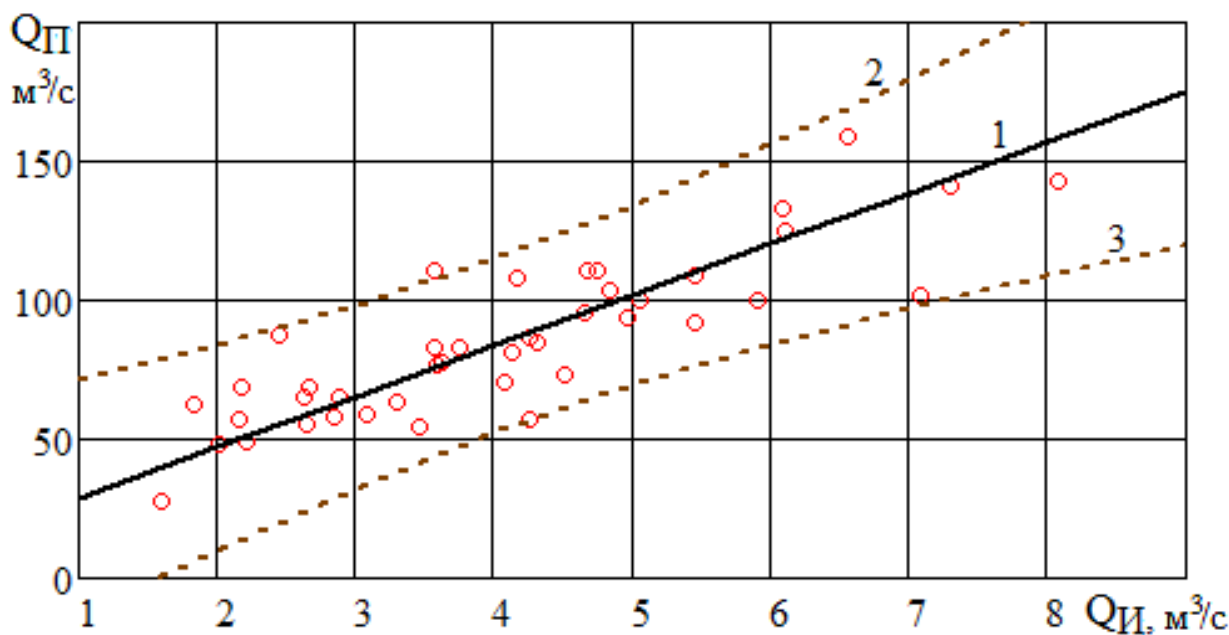


Рис. 3.2.3. Связь среднегодовых расходов р. Преголи (Гвардейск) и р. Инструч (Ульяново). Точки – опытные данные; 1 – результат расчета по формуле (3.2.7); 2 и 3 – верхняя и нижняя границы доверительного интервала

В табл. 3.2.1 находим, что данные за 1918–1920, 1931–1935 гг. имеются по трем гидропостам бассейна – реки Анграпа (расход  $Q_A$ ), Инструч ( $Q_I$ ) и Писса ( $Q_C$ ). В среде Mathcad по 58 совместным наблюдениям находим зависимость среднегодового расхода р. Преголи от расходов названных рек:

$$Q_P = f_3(Q_A, Q_I, Q_C) = 4,22 \cdot Q_A + 4,49 \cdot Q_I - 0,57 \cdot Q_C + 11,04. \quad (3.2.10)$$

Таблица 3.2.4 – Восстановленные значения среднегодовых расходов

№ п/п	Год	Расход $Q$ , м <sup>3</sup> /с	По каким рекам восстановлен	Средняя $\varepsilon$ , %
1	1916	121	Инструч	18,6
2	1917	96,7	Неман	19,2
3	1918	69,6	Анграпа, Инструч, Писса	13,8
4	1919	71,8	Анграпа, Инструч, Писса	13,8
5	1920	81,8	Анграпа, Инструч, Писса	13,8
6	1931	102	Анграпа, Инструч, Писса	13,8
7	1932	86,6	Анграпа, Инструч, Писса	13,8
8	1933	90,8	Анграпа, Инструч, Писса	13,8
9	1934	64,8	Анграпа, Инструч, Писса	13,8
10	1935	81,6	Анграпа, Инструч, Писса	13,8
11	1943	83,4	Инструч	18,6
12	1944	74,2	Неман	19,2
13	1945	113	Неман	19,2
14	1946	96,7	Неман	19,2
15	1947	70,6	Инструч	18,6

На рис. 3.2.4 представлен гидрологический ряд р. Преголи. Линейный тренд показывает изменение среднегодового расхода с 1901 по 2014 г. всего на 0,15 %, что меньше средней погрешности.

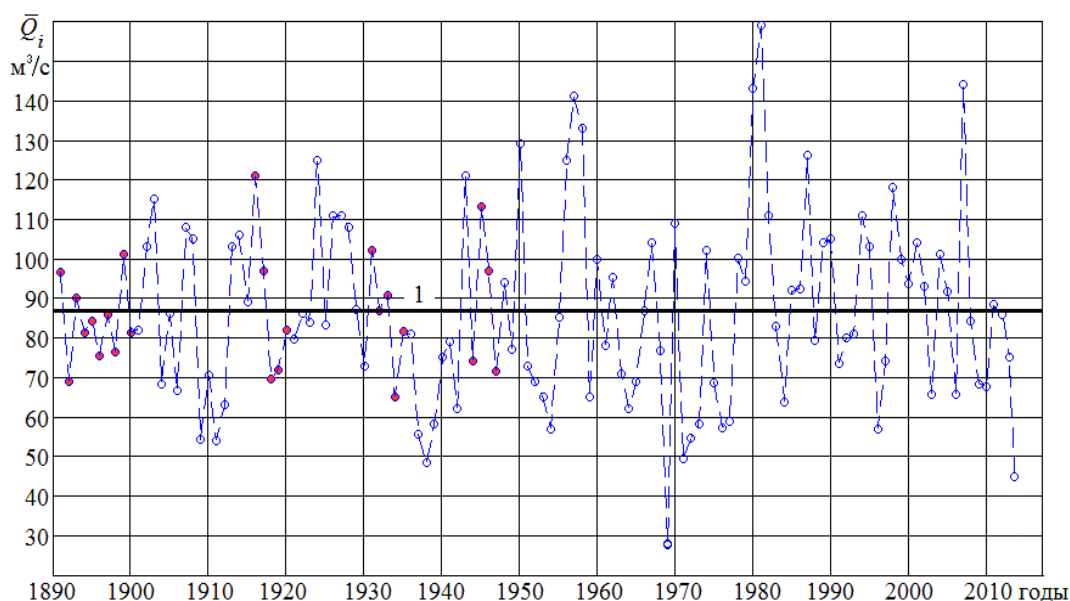


Рис. 3.2.4. гидрологический ряд р. Преголи (Гвардейск), 1891–2014. Закрашенные точки – восстановленные значения; 1 – линейный тренд

Можно считать, что норма стока за указанные годы практически не изменилась;  $\bar{Q} = 86,25 \text{ м}^3/\text{с}$ ; исторический минимум среднегодового расхода –  $27,8 \text{ м}^3/\text{с}$  (1969); коэффициент вариации составляет  $C_v = 0,261$ ; коэффициент асимметрии  $C_s = 0,466$ ; их отношение  $C_s/C_v = 1,787$ . Коэффициенты автокорреляции ряда:  $r(1) = 0,235$ ;  $r(2) = 0,065$ ;  $r(3) = -0,050$ . Рис. 3.2.4 позволяет построить гидрологические ряды притоков р. Преголи.

Появились возможности использования федеральных Интернет-ресурсов [1, 33] (см. табл. 3.2.5).

Таблица 3.2.5 – Сведения о максимальных уровнях на р. Преголя и ее притоках

Река, гидропост	Расстояние (в км) от устья реки	Отметка нуля (в м) Балтийской системы	Год открытия гидропоста	Площадь водосбора, тыс. кв. км	Имеются данные о максимальных уровнях в [33]	Имеются данные о максимальных уровнях в [1]
Преголя, Гвардейск	56,0	-5,17	1869	13,6	2001–2016	2008–2014
Преголя, Черняховск	125	3,21	1886	5,21	2001–2016	2008–2014
Анграпа, Берестово	30,0	23,85	1894	2,46	2013	2008–2014
Инструч, Ульяново	50,0	13,23	1885	0,587	2013	2008–2014
Писса, Зеленый Бор	11,0	20,90	1894	1,36	2013	2008–2014

### 3.3. Использование данных СКИОВО в инженерных изысканиях

СКИОВО [110] содержит утвержденное деление водосборного бассейна на ВХУ и подучастки (табл. 3.3.1, рис. 3.3.1–3.3.2).

Таблица 3.3.1 – Подучастки водохозяйственных участков (ВХУ), входящих в бассейн р. Преголи [110]

Номер подучастка	Описание подучастка	Верхний створ	Нижний створ	Площадь, км <sup>2</sup>
Подучастки ВХУ 01.01.00.002				
1	Бассейн р. Инструч	Исток, 101 км	Устье, 123 км от устья р. Преголи	1213.6
2	Бассейн р. Писсы	Исток, 98 км	Устье, 14 км от устья р. Анграпы	1070.8
3	Российская часть бассейна р. Анграпы	Граница РФ и Польши, 97 км от устья	Устье, 123 км от устья р. Преголи	630.5
4	Российская часть бассейна р. Лавы	Граница РФ и Польши, 65 км от устья	Устье, 72 км от устья р. Преголи	1313.4
5	Бассейн р. Преголи от г. Черняховска до г. Гвардейска без рук. Дейма	Исток, слияние Инструча и Анграпы, г. Черняховск, 123 км	г. Гвардейск, выше ответвления рук. Дейма, 56 км	1308,4



Номер под-участка	Описание подучастка	Верхний створ	Нижний створ	Площадь, км <sup>2</sup>
6	Бассейн р. Преголи от г. Гвардейска до устья	г. Гвардейск, выше ответвления рук. Дейма, 56 км	Устье, Калининградский залив	1046.4
Подучасток ВХУ 01.01.00.003				
2	Рук. Дейма с притоками	Рук. Дейма, исток, г. Гвардейск, 37 км	Устье рук. Дейма	385.5

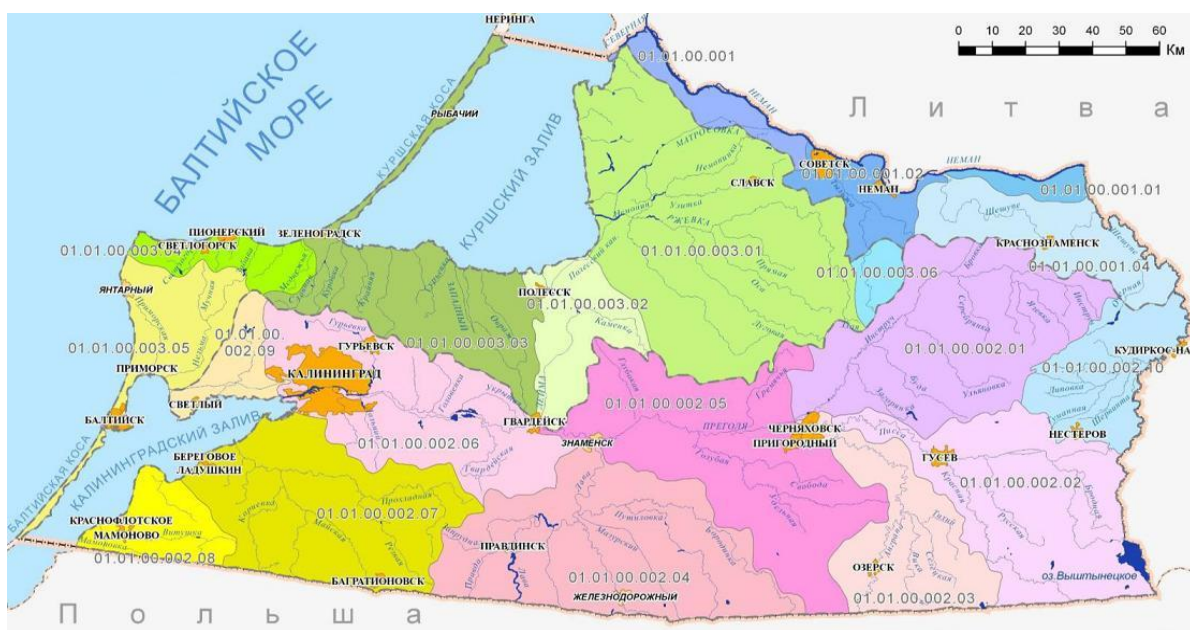


Рис. 3.3.1. ВХУ и подучастки в бассейне р. Преголи

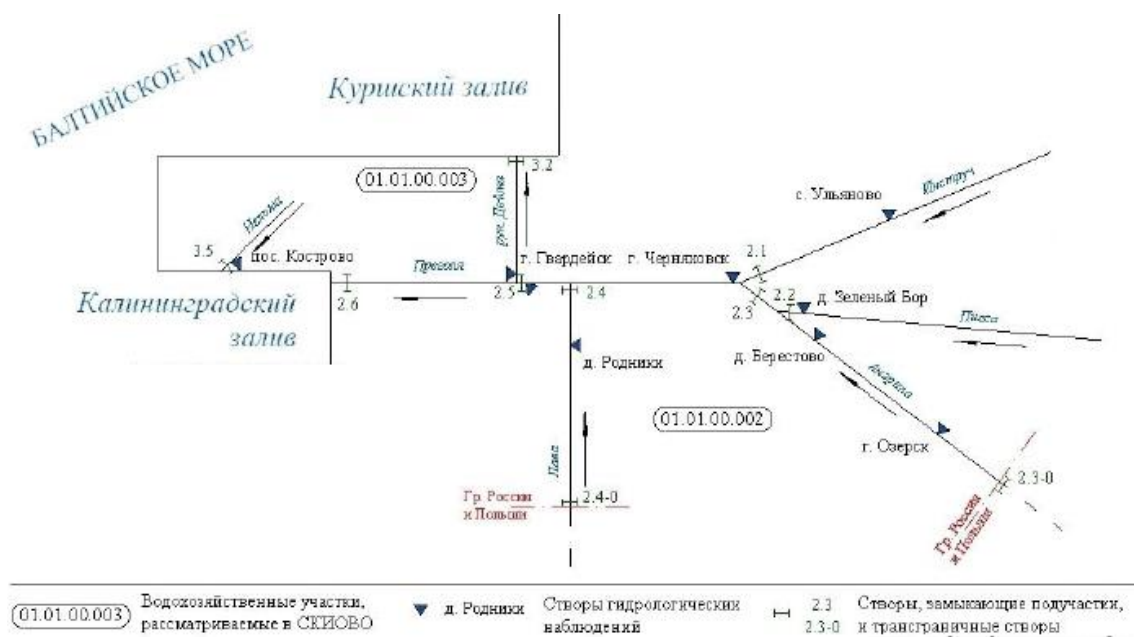


Рис. 3.3.2. Линейная схема. Основные притоки и расчетные створы

В [110] приведено только 19 рек бассейна Преголи (длиной более 25 км) без указания места впадения. Последнее не позволяет идентифицировать водотоки при инженерных изысканиях. В ГИ [26] допущена опечатка, которая не была исправлена и воспроизведена в [110]: ошибочно указано, что р. Писса впадает в р. Селецкую.

В табл. 3.3.2 в строку 25 внесено исправление: р. Писса впадает в р. Анграпу с правого берега.

Таблица 3.3.2 – Перечень водотоков бассейна р. Преголи с длиной 10 км и более

№ п/п	Номер по [ГИ]	Название водотока	Впадает		Длина водотока, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
			куда, с какого берега	расстояние от устья, км		
1	987	Преголя	Калининградский залив Балтийского моря	–	123	15500
2	988	Дейма, рукав р. Преголи	Куршский залив Балтийского моря	–	37	–
3	989	Инструч	Преголя, п	123	101	1250
4	990	Московка	Инструч, п	78	21	141
5	991	Подлесная	Московка, п	3	20	81,6
6	992	Язевка	Подлесная, п	3	18	41,4
7	993	Серебрянка	Инструч, л	64	18	53,0
8	994	Бровка (ручей)	Инструч, п	62	10	33,7
9	995	Нагорная	Инструч, п	50	14	53,6
10	996	Ручей без названия	Инструч, л	48	13	32,4
11	997	Ульяновка	Инструч, л	47	40	237
12	998	Окуневка	Ульяновка, п	10	20	61,0
13	999	Засыпка	Ульяновка, л	6	15	38,1
14	1000	Завитая	Инструч, л	33	11	21,6
15	1001	Буда	Инструч, л	34	31	123
16	1002	Скардупа	Буда, п	4	11	12,0
17	1003	Полевая	Инструч, л	30	12	14,7
18	1004	Загорянка	Инструч, л	23	24	56,8
19	1005	Анграпа	Преголя, л	123	169/97*	3960/1800*
20	1006	Шалевка	Анграпа, л	77	12	58,9
21	1007	Вика	Анграпа, п	56	26	256
22	1008	Разливная	Вика, п	11	12	37,1
23	1009	Селецкая	Вика, п	2	23	127
24	1010	Тихий (руч.)	Селецкая, п	4	18	65,8
25	1011	Писса	Анграпа, п	15	98	1440
26	1012	Бродная	Писса, п	70	20	33,6
27	1013	Глубокая	Писса, п	63	24	87,9
28	1014	Русская	Писса, л	49	31	235
29	1015	Раковка	Русская, п	1	23	110
30	1016	Красная	Писса, л	41	83/56	548/299

№ п/п	Номер по [ГИ]	Название водотока	Впадает		Длина водотока, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
			куда, с какого берега	расстояние от устья, км		
31	1017	Кемеровка	Красная	56	25	137
32	1018	Ручей без названия	Анграпа, л	2	14	38,7
33	1019	Гремячья	Преголя, п	109	28	166
34	1020	Голубая	Преголя, л	102	59	564
35	1021	Удельная	Голубая, л	34	28	81,1
36	1022	Южинка	Голубая, л	26	27	140
37	1023	Рагзде	Юджинка, п	19	11	38,6
38	1024	Песчанка	Юджинка, л	9	19	28,2
39	1025	Свобода	Голубая, п	19	25	89,0
40	1026	Кривуля	Голубая, п	5	11	33,5
41	1027	Торфянка	Преголя, п	98	24	144
42	1028	Шмаковка	Торфяная, п	6	12	52,3
43	1029	Глубокая	Преголя, л	86	21	105
44	1030	Большая	Преголя, п	83	16	69,0
45	1031	Лава – Лына	Преголя, п	72	289/65	7130/1370
46	1032	Зольная	Лава, п	3	16/10	76,0/12,8
47	1033	Правда	Лава, л	49	22/20	116/95,3
48	1034	Запрудная	Лава, л	38	19	95,3
49	1035	Жерновка	Лава, п	33	22/21	66,9/62,1
50	1036	Стоговка	Лава, п	25	64/45	380/206
51	1037	Гнилая	Стоговка, л	10	13	25,2
52	1038	Колбасная	Стоговка, л	7	11	19,0
53	1039	Мазурка	Стоговка, п	2	27	50,6
54	1040	Мазурский ка- нал	Лава, п	22	42/30	721*
55	1041	Путиловка	Мазурский канал, п	1	58/56	659/480
56	1042	Ясенка	Путиловка, л	34	10	48,6
56	1043	Бородинка	Путиловка, п	14	63	246
57	1044	Ручей без названия	Бородинка, п	36	12	37,2
58	1045	Красная	Лава, л	19	13	26,4
59	1046	Бобровая	Преголя, л	50	24	65,6
60	1047	Гвардейская	Преголя, л	50	24	57,4
61	1048	Байдуковка	Преголя, л	53	25	50,5
62	1049	Гурьевка	Преголя, п	18	27	85,2
63	1050	Ручей без названия	Преголя, л	17	19	56,3
64	1051	Школьная канава	Преголя, п	6	16	55,3
65	1052	Лаковка	Преголя, п	4	16	23,7
66	1053	Ручей без названия	Дейма, п	27	10	32,9

№ п/п	по [ГИ]	Название водотока	Впадает		Длина водотока, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
			куда, с какого берега	расстояние от устья, км		
67	1054	Полянка	Дейма, п	21	11	28,3
68	1055	Каменка	Дейма, п	10	23	95,2
69	1056	Часовенка	Каменка, п	8	14	29,5
70	1057	Ильичевка	Дейма, п	9	10	44,3
71	1058	Полесский канал	Дейма, п	4	18	–

\* здесь и далее в числителе – длина (площадь водосбора) общая, в знаменателе – на территории Калининградской области.

При проведении инженерных изысканий необходимы данные по обеспеченности территории подземными водами.

На рис. 3.3.3–3.3.4 представлены водоносные горизонты, месторождения подземных вод, сеть наблюдательных пунктов за состоянием подземных вод в бассейне р. Преголи [110].

В табл. 3.3.3 представлены эксплуатационные запасы подземных вод, прошедшие Государственную экспертизу (по данным [110] на 01.01.2011).



Рис. 3.3.3. Водоносные горизонты и месторождения подземных вод [110]





Рис. 3.3.4. Сеть наблюдений за состоянием подземных вод [110] в бассейне р. Преголи

Таблица 3.3.3 – Эксплуатационные запасы подземных вод, прошедшие государственную экспертизу, тыс. м<sup>3</sup>/сут [110]

Подучасток	Замыкающий створ	Всего	В том числе категории			
			А	В	С1	С2
<b>ВХУ 01.01.00.002</b>						
№ 1	Устье р. Инстроч	32.470	22.40	10.07	0	0
№ 2	Устье р. Писсы	28.200	11.60	11.60	5.0	0
№ 3	Устье р. Анграпы	12.100	2.50	3.60	6.0	0
№ 4	Устье р. Лавы	15.409	6.00	3.409	6.0	0
№ 5	р. Преголя, выше отв. рук. Дейма	0.173	0.173	0	0	0
№ 6	Устье р. Преголи	251.93	140.10	56.13	55.70	0
<b>ВХУ 01.01.00.003</b>						
№ 2	Устье рук. Дейма	6.60	2.34	2.26	2.00	0

Поверхностные водные ресурсы Калининградской области оцениваются в 23,9 км<sup>3</sup>/год [110], из них: формирующиеся на территории области – 2,8 км<sup>3</sup>/год; поступающие из сопредельных территорий (Литва, Польша) – 21,1 км<sup>3</sup>/год. По бассейну р. Преголи – в табл. 3.3.4.

На рис. 3.3.5. представлены среднегодовые расходы воды основных притоков р. Преголи [110]: р. Лава (пос. Родники, за 1960–2009 гг.), р. Анграпа (пос. Берестово, 1953–2007), р. Писса (пос. Зеленый Бор, 1948–2006), р. Инстроч (пос. Ульяново, 1947–2009).

Таблица 3.3.4 – Объем водных ресурсов бассейна р. Преголи

Река	Средний многолетний сток рек, км <sup>3</sup> /год		
	Всего	За пределами Калининградской обл.	На территории Калининградской обл.
Преголя	2.84	1.47	1.37
Инструч	0.28	–	0.28
Анграпа	0.75	0.34	0.41
Лава	1.40	1.13	0.27
рук. Дейма	1.14		

В [110] рассчитаны статистические параметры годового стока в створах бассейна Преголи (табл. 3.3.5). Значения параметров приблизительно соответствуют величинам, полученным в [94], за исключением отношения  $C_s/C_v$  для р. Анграпы. Величина  $C_s/C_v = 4$  явно завышена и не может быть рекомендована для расчетов. В [110] был использован метод автоматического подбора указанного отношения для кривой распределения Пирсона III типа, который не всегда корректен.

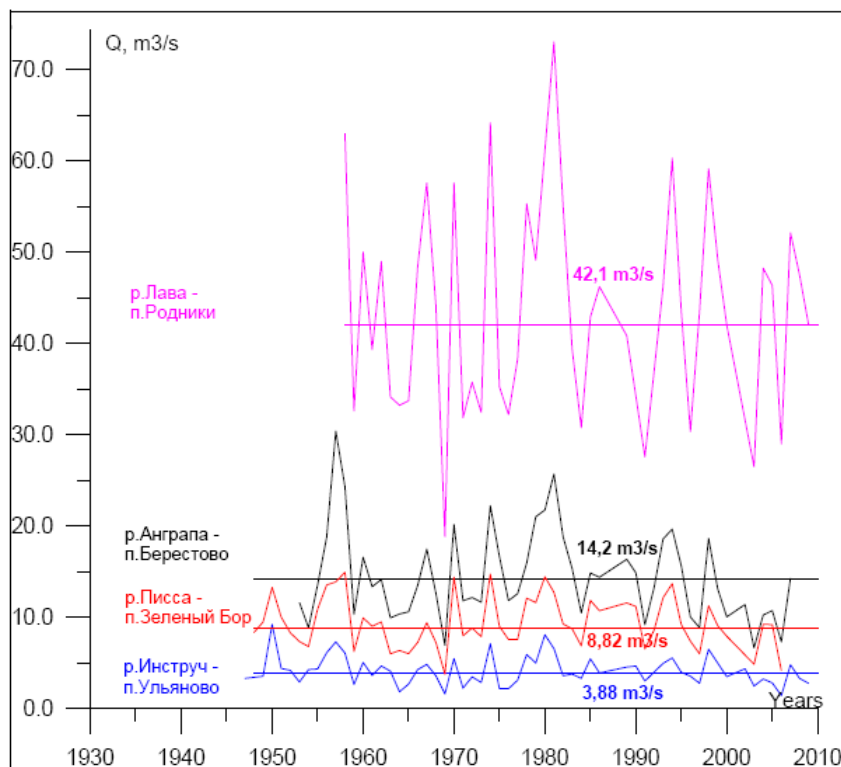


Рис. 3.3.5. Среднегодовые расходы воды основных притоков р. Преголи

Таблица 3.3.5 – Статистические параметры годового стока в створах бассейна р. Преголи [110]

Гидропост	Норма стока		$A$	$q$	$C_v$	$C_s/C_v$
	м <sup>3</sup> /с	млн. м <sup>3</sup>	км <sup>2</sup>	л/(с·км <sup>2</sup> )	–	–
Анграпа (Берестово)	14.8	465.7	2460	6.02	0.42	4
Анграпа (Озерск)	11.5	362.2	2060	5.58	0.42	4

Гидропост	Норма стока		$A$	$q$	$C_v$	$C_s/C_v$
	м <sup>3</sup> /с	млн. м <sup>3</sup>	км <sup>2</sup>	л/(с·км <sup>2</sup> )	–	–
Писса (Зеленый Бор)	9.72	306.1	1360	7.15	0.3	1
Инструч (Ульяново)	4,17	131.4	587	7.10	0.41	2
Лава (Ролннки)	43.5	1370.3	7020	6.20	0.28	2
Преголя (Черняховск)	33.0	1039.5	5210	6.33	0.32	2.5
Преголя (Гвардейск)	85.4	2690.1	13600	6.28	0.32	2.5
Дейма (Гвардейск)	33.7	1061.6	–	–	0.32	2

Таблица 3.3.6 – Годовой сток на подучастках бассейна р. Преголи, млн. м<sup>3</sup> [110]

Подуча- сток	Замыкающий створ	Норма стока	Обеспеченность, %				
			25 %	50 %	75 %	95 %	99 %
<b>ВХУ 01.01.00.002</b>							
№ 1	Устье р. Инструч	278.8	343.4	263.7	195.6	122.5	82.2
№ 2	Устье р. Писсы	324.5	387.5	321.3	256.7	173.6	119.4
№ 3	Устье р. Анграпы	749.7	894.6	715.1	563.9	400.1	315
№ 4	Устье р. Лавы	1398.6	1641.2	1360.8	1115.1	822.2	645.8
№ 5	р. Преголя, выше отв. рук. Дейма	2690.1	3213	2573.6	2047.5	1477.4	1162.4
№ 6	Устье р. Преголя	1707.3	2069.6	1641.2	1272.6	856.8	614.3
<b>ВХУ 01.01.00.003</b>							
№ 2	Устье рук. Дейма	1135.8	1351.7	1095.5	876.1	616.7	468.3

При проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий необходимо учитывать, что многие речные системы в долине р. Преголи используются в качестве водоприемников откачиваемых с польдерных земель вод (рис. 3.3.6). Осушительная мелиорация сельскохозяйственных, лесных и селитебных земель охватывает территорию общей площадью порядка 10,5 тыс. км<sup>2</sup> [110] (около 80% территории Калининградской области, рис. 3.3.7).

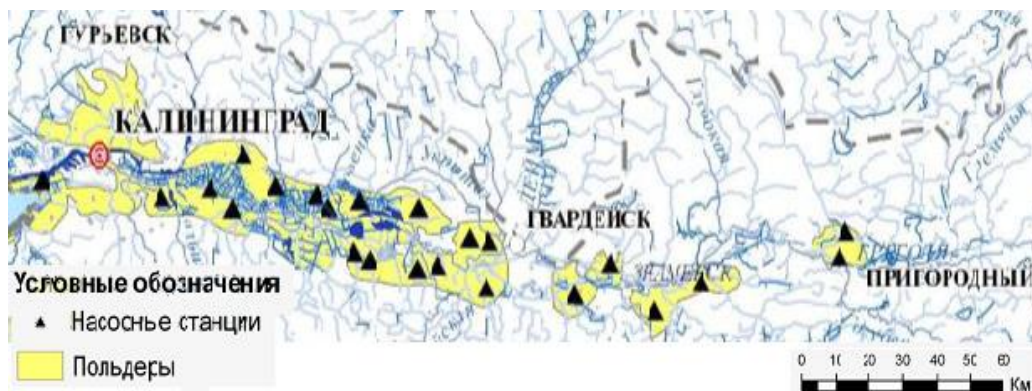


Рис. 3.3.6. Польдерные системы в бассейне р. Преголи [110]

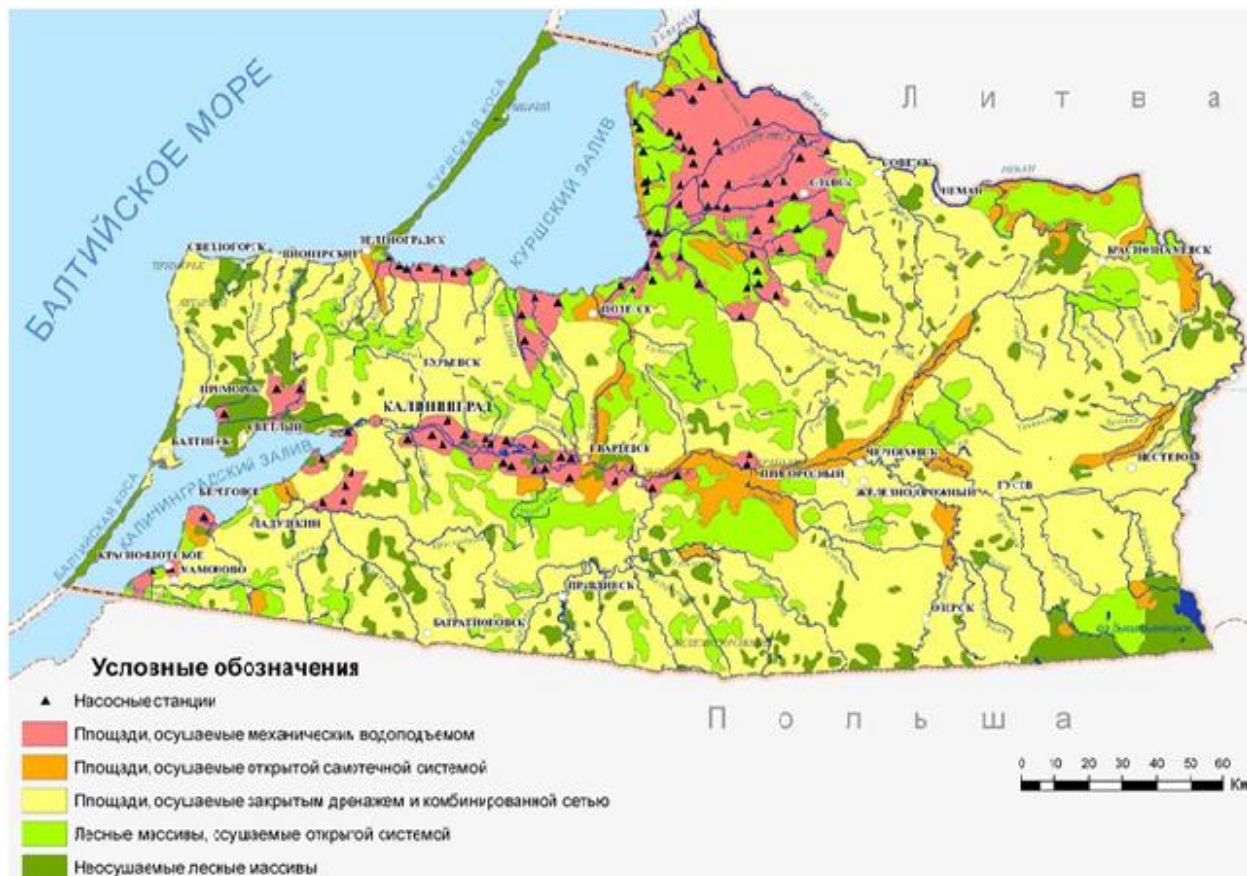


Рис. 3.3.7. Осушаемые земли Калининградской области [110]

### 3.4. Сгонно-нагонные явления в устье реки Преголи

При проведении инженерных изысканий на территории Калининграда и в окрестностях города необходимо учитывать сгонно-нагонные явления в устье р. Преголи.

Сгонно-нагонные колебания уровня в р. Преголи у Калининграда возникают в результате влияния двух основных факторов: распространения длинной волны из южной части Балтийского моря (при этом длина волны сравнима с размерами моря) и ветрового нагона водных масс в пределах акватории Калининградского залива вдоль его продольной оси, направленной с юго-запада на северо-восток. Самые высокие нагоны происходят в результате совместного действия этих факторов [106].

Нагонная волна при штормовых ветрах может распространяться до г. Гвардейска (56 км от устья). Даты прохождения максимальных расходов воды р. Преголи (ГП-1 Гвардейск) не совпадают с датами наблюдения максимальных уровней воды во время нагонов. При продолжительных юго-восточных, восточных ветрах возможно понижение уровня воды до отметок минус 100 см БС.

Наблюдения за уровнем воды в устьевой части р. Преголи были организованы в 1881 г. Первоначально пост располагался в 0,7 км от устья реки. Макси-



мальный уровень 166 см в Балтийской системе высот (БС) за период наблюдений до 1949 г. был отмечен в декабре 1913 г. Минимальный уровень –133 см БС в октябре 1898 г. Пост был восстановлен в 1949 г. и действовал на прежнем месте до 1972 г. В 1972 г. пост был перенесён в Торговый порт, в Вольную гавань.

С 1 января 1974 г. по 31 декабря 2007 г. Морской гидрометеорологический пост Калининград-порт (МГП-1) находился на территории Морского рыбного порта, на левом берегу р. Преголи в 5,7 км от устья, между Лесной и Индустриальной гаванями. Отметка нуля поста в Балтийской системе –5,00 м БС.

Для поста МГП-1 Калининград-порт установлены критерии опасности при повышении и понижении уровня воды, приведенные в табл. 3.4.1.

Таблица 3.4.1 – Неблагоприятные и опасные отметки уровней воды р. Преголи (МГП-1 Калининград-порт) [46]

Явление	Максимальный уровень воды, см БС	Минимальный уровень воды, см БС
Неблагоприятное (НЯ)	110	–80
Опасное (ОЯ)	155	–100

В работах [42, 58, 106] собраны данные об уровнях во время нагонных явлений в устье р. Преголи. Они представлены в приложении Е и могут быть использованы при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне р. Преголи от устья и до г. Гвардейска. Уровни воды при самых высоких нагонных явлениях отобраны в табл. 3.4.2.

В расчетах целесообразно воспользоваться величинами обеспеченности, определенными в [58] (табл. 3.4.3).

Таблица 3.4.2 – Самые высокие штормовые нагоны в устье р. Преголи у Калининграда за 1952–2007 гг.

№ п/п	Дата нагона	Высота, см БС
1	04.12.1999	198
2	29.01.1983	188
3	18.01.1983	183
4	14.01.2007	168
5	18.10.1967	160
6	18.11.2004	158
7	02.11.1981	155
8	10.08.2005	149
9	25.11.1981	144
10	02.02.1983	142

Таблица 3.4.3 – Распределение максимальных значений годовых уровней в устье р. Преголи, 1950–2009 гг.

Градация превышений уровня, см БС	Повторяемость, %	Обеспеченность, %
190 – 171	3,5	3,5
170 – 151	8,5	12,0
150 – 131	5,0	17,0
130 – 111	15,0	32,0
110 – 91	30,0	62,0
90 – 71	28,0	90,0
70 – 51	10,0	100

## 4. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

### 4.1. Зависимость расхода реки Преголи от уровня воды

В ГЕ до 1978 г. приводились результаты до нескольких десятков ежегодных измерений на гидропостах уровня воды  $H$ , расхода  $Q$ , средней  $V$  и максимальной скорости, площади живого сечения водотока  $\omega$ . По данным измерений строились среднегодовые зависимости, в частности  $Q = \varphi(H)$ . Эта зависимость позволяла достаточно точно вычислять ежедневные расходы по ежедневным измерениям уровня реки в каждом створе. Однако в настоящее время такая работа на многих гидропостах не проводится. В связи с этим возрастает роль исследования зависимостей между расходом  $Q$  и уровнем воды в реке  $H$ , полученных в предыдущие годы.

Далее остановимся на обработке результатов наблюдений гидропоста № 74416 на р. Преголе у г. Гвардейска. Нуль поста соответствует  $-5,17$  м в Балтийской системе. Результаты измерений содержатся в гидрологических ежегодниках [15–29] и на государственном Интернет-ресурсе [1].

Анализ был проведен для 17 лет наблюдений. Например, в 1965 г. из всей совокупности измерений  $m = 49$  были выделены измерения, выполненные без ледовых явлений (река свободна от ледостава явлений),  $m_{св} = 38$ . Тесная положительная стохастическая связь подтверждается коэффициентом корреляции, близким к единице,  $r_{HQ} = 0,947$ .

Обработка результатов измерений случайной функции при сравнительно небольшом числе реализаций должна включать предварительное сглаживание каждой реализации [76, 107]. Рассмотрим такое сглаживание реализации случайной функции  $Q = \varphi(H)$  р. Преголи (г. Гвардейск) в 1965 г. [28]. Будем искать сглаживающую функцию в виде многочлена  $n$ -й степени

$$\varphi_n(h) = a_0 + a_1 h + a_2 h^2 + \dots + a_n h^n. \quad (4.1.1)$$

В качестве меры отклонения опытных точек от сглаживающей кривой используем относительное среднее квадратическое отклонение

$$\sigma_n = 100 \sqrt{\frac{1}{m_{св} - n - 1} \sum_j \left( \frac{Q_i}{\varphi_n(h_j)} - 1 \right)^2};$$
$$\sigma_1 = 132,1; \sigma_2 = 34,5; \sigma_3 = 40,8. \quad (4.1.2)$$

Величина  $\sigma_2$  отличается от  $\sigma_1$  более чем на 73 %, а  $\sigma_3$  больше  $\sigma_2$ . Лучшей точности аппроксимации не удалось добиться из-за разброса опытных точек. Выбираем порядок многочлена  $n = 2$  ( $a_0 = 1,611 \cdot 10^3$ ;  $a_1 = -6,265$ ;  $a_2 = 0,00622$ ):

$$\varphi_2(h) = a_0 + a_1 h + a_2 h^2. \quad (4.1.3)$$

На рис. 4.1.1 показана сглаживающая кривая и опытные точки, полученные в 1965 г. [52].

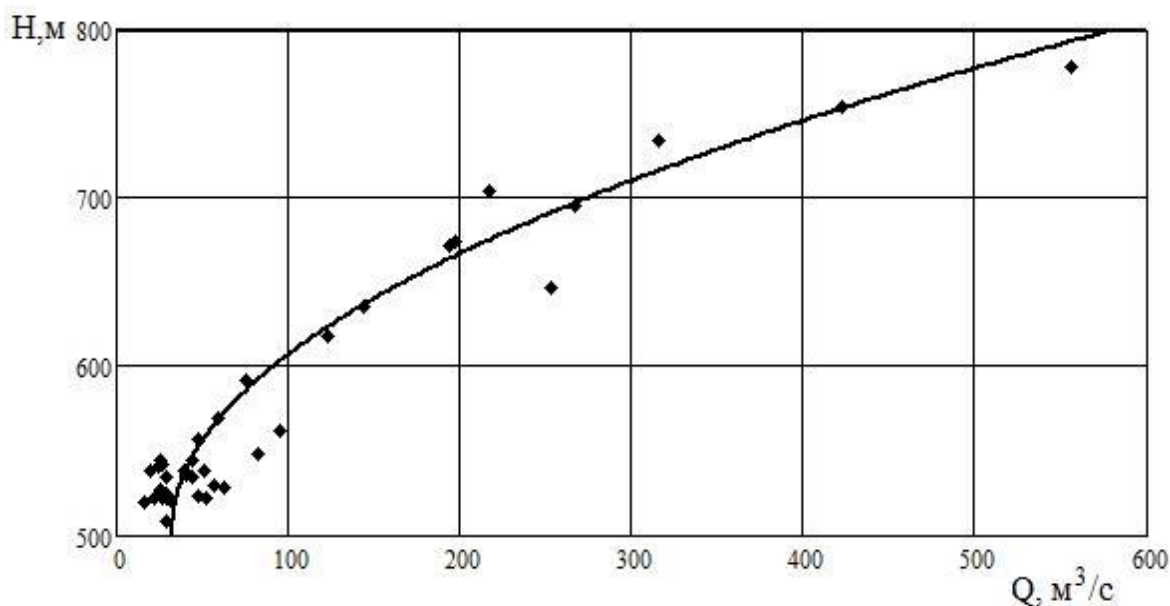


Рис. 4.1.1. Зависимость расхода от уровня воды, Преголя, 1965 г. Линия – результат расчета по формуле (4.1.3). Точки – опытные данные без ледовых явлений

Из общего характера распределения заметно выделяются данные 1951 и 1974 гг., скорее всего измерения в эти годы были выполнены с большой погрешностью. Данные за эти годы исключены из рассмотрения. Были получены зависимости вида (4.1.3) для опытных данных за 15 лет. Рассчитанные коэффициенты внесены в табл. 4.1.1. Чтобы не загромождать изображение, на рис. 4.1.2 приведены зависимости только за восемь лет.

Осреднение кривых за 15 лет позволило получить зависимость [52]

$$Q_{Г}(H) = 728,2 - 3,261 \cdot H + 3,6932 \cdot 10^{-3} \cdot H^2, \quad (4.1.4)$$

где  $H$  – уровень воды в реке над отметкой условного нуля гидропоста Гвардейск ( $-5,17$  м в Балтийской системе).

Таблица 4.1.1 – Коэффициенты степенной зависимости расхода от уровня воды в р. Преголе

№ п/п	Год	Коэфф. корреляции	Среднегодовой расход, м <sup>3</sup> /с	Коэффициенты		
				$a_0$	$a_1$	$a_2$
1	1950	0,992	158,88	-699,61	1,476	$-1,831 \cdot 10^{-4}$
3	1952	0,962	93,99	235,49	-1,654	$2,379 \cdot 10^{-3}$
4	1955	0,982	95,1	506,25	-2,57	$3,134 \cdot 10^{-3}$
5	1956	0,982	114,75	-385,37	0,463	$6,07 \cdot 10^{-4}$
6	1957	0,937	137,25	$1,41 \cdot 10^3$	-5,453	$5,434 \cdot 10^{-3}$
7	1958	0,948	220,32	912,95	3,862	$4,199 \cdot 10^{-3}$
8	1959	0,97	82,56	339,69	1,906	$2,517 \cdot 10^{-3}$
9	1960	0,949	169,85	$1,62 \cdot 10^3$	-6,16	$6,059 \cdot 10^{-3}$



№ п/п	Год	Коэфф. корреляции	Среднегодовой расход, м <sup>3</sup> /с	Коэффициенты		
				$a_0$	$a_1$	$a_2$
10	1961	0,918	82,60	1,19·10 <sup>3</sup>	-4,892	5,114 · 10 <sup>-3</sup>
11	1962	0,92	166,84	2,04·10 <sup>3</sup>	-7,635	7,314 · 10 <sup>-3</sup>
12	1963	0,97	76,95	-224,92	-0,122	1,160 · 10 <sup>-3</sup>
13	1964	0,976	77,8	678,76	-3,187	3,703 · 10 <sup>-3</sup>
14	1965	0,97	102,44	1,61·10 <sup>3</sup>	-6,265	6,221 · 10 <sup>-3</sup>
15	1966	0,966	84,24	994,34	-4,095	4,315 · 10 <sup>-3</sup>
16	1973	0,962	57,53	681,92	-3,049	3,427 · 10 <sup>-3</sup>
Средние				728,19	-3,261	3,693 · 10 <sup>-3</sup>

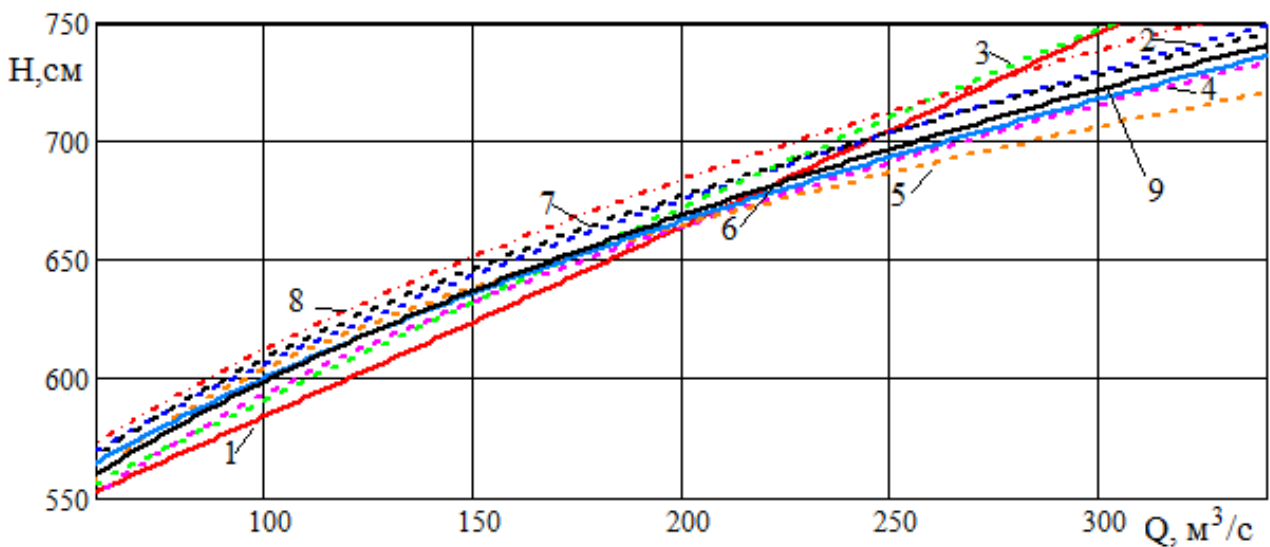


Рис. 4.1.2. Зависимость расхода от уровня воды, Преголя:  
 1 – 1950, 2 – 1955, 3 – 1956, 4 – 1958, 5 – 1962, 6 – 1964, 7 – 1966,  
 8 – 1973, 9 – средняя сглаживающая кривая

Нижняя и верхняя границы доверительного интервала математического ожидания  $Q = \varphi(H)$  [50] (рис. 4.1.3):

$$\varphi_l(H) = \varphi(H) - t_\gamma \sigma_Q \sqrt{1 + \frac{1}{ms} + \frac{(H - H_s)^2}{\sum_i (H_i - H_s)^2}}, \quad (4.1.5)$$

$$\varphi_l(H) = \varphi(H) + t_\gamma \sigma_Q \sqrt{1 + \frac{1}{ms} + \frac{(H - H_s)^2}{\sum_i (H_i - H_s)^2}}, \quad (4.1.6)$$

где  $ms$  – суммарное количество опытных точек по всем реализациям;  
 $t_\gamma$  – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности  $\gamma = 0,95$ ;

$$Hs = \frac{1}{ms} \sum_i H_i ; \quad (4.1.7)$$

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{1}{ms-2} \sum_i \left( Q_i - \left( 728,178 - 3,261 \cdot H_i + 3,6932 \cdot 10^{-3} \cdot H_i^2 \right) \right)^2} . \quad (4.1.8)$$

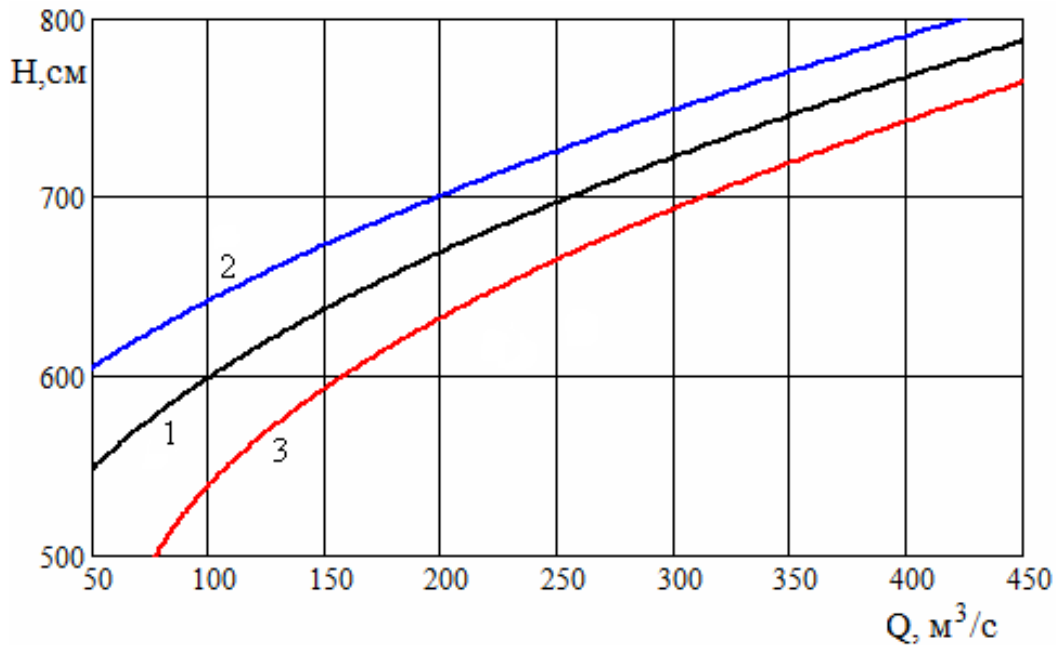


Рис. 4.1.3. Доверительный интервал: 1 – оценка математического ожидания  $Q = \varphi(H)$ ; 2 и 3 – нижняя и верхняя границы доверительного интервала

От степенной формы зависимости (4.1.4) перейдем к виду, общепринятому в инженерной гидрологии [41]:

$$Q(H) = A \cdot (H - H_0)^s , \quad (4.1.9)$$

где  $A$ ,  $H_0$ ,  $s$  – эмпирические параметры, подлежащие определению. Для их вычисления приравняем значения самой функции и двух ее первых производных при среднем значении уровня:

$$\begin{aligned} A \cdot (\bar{H} - H_0)^s &= a_0 + a_1 \cdot \bar{H} + a_2 \cdot \bar{H}^2 , \\ s \cdot A \cdot (\bar{H} - H_0)^{s-1} &= a_1 + 2 \cdot a_2 \cdot \bar{H} , \\ (s-1) \cdot s \cdot A \cdot (\bar{H} - H_0)^{s-2} &= 2 \cdot a_2 . \end{aligned} \quad (4.1.10)$$

Решение алгебраической системы уравнений (4.1.10) численным методом:  $A = 0,001141$ ;  $H_0 = 409,7$ ;  $s = 2,17$ .

По рис. 4.1.4 видно, что зависимости расхода от уровня воды в р. Преголе (Гвардейск) по формулам (4.1.3) и (4.1.9) практически совпадают.

Общеизвестно, что во время ледостава расход воды меньше, чем при свободной воде, при одинаковых уровнях  $H$  [41]. Кривая расхода при ледоставе (сплошная линия на рис. 4.1.5) проходит правее кривой расхода без ледостава (пунктирная линия).

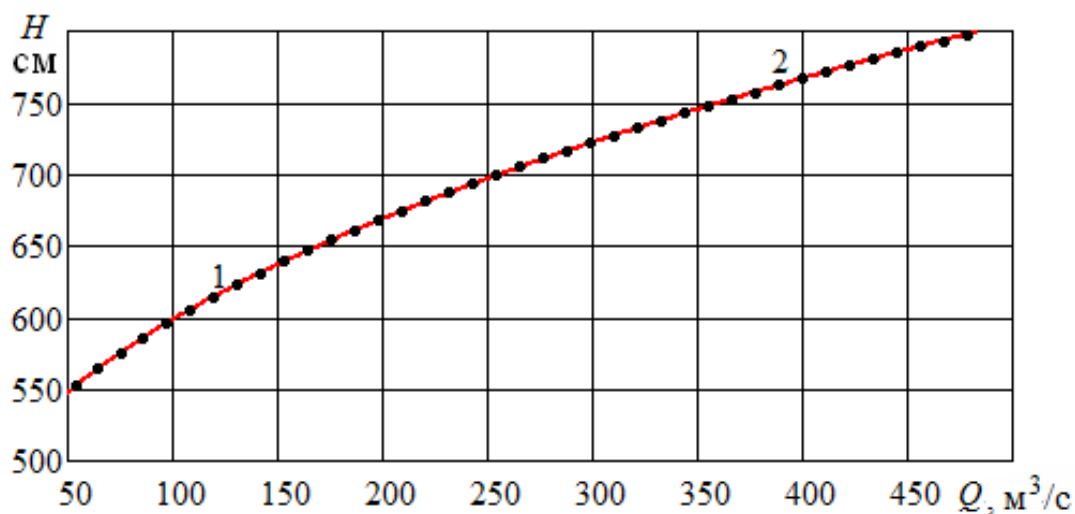


Рис. 4.1.4. Зависимость расхода от уровня воды, Преголя (Гвардейск):  
1 – по формуле (4.1.3); 2 – по (4.1.9)

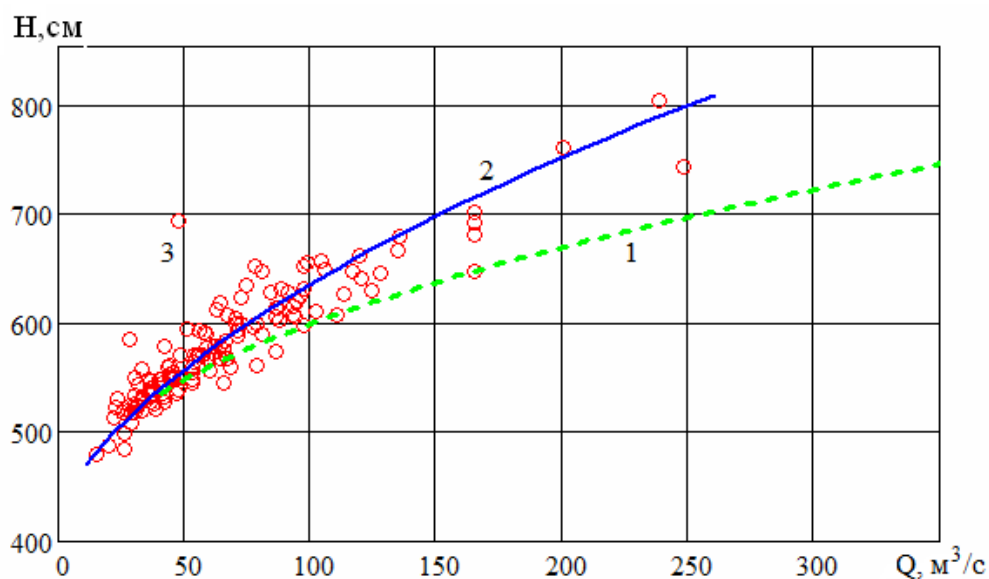


Рис. 4.1.5. Зависимость расхода от уровня: 1 – сглаживающая кривая без ледостава, 2 – сглаживающая кривая при ледоставе, 3 – опытные точки при ледоставе

На рис. 4.1.5 видно, что при сравнительно невысоких уровнях  $H \leq 535$  см кривые проходят по одним и тем же точкам, а с возрастанием уровня увеличивается и разница между расходами.

Общепринятой практикой является введение поправочного коэффициента для каждого конкретного месяца; в [52] предпринята попытка ввести коэффициент, зависящий от уровня, для этого найдено отношение двух сглаживающих кривых при уровнях воды выше 535 см:

$$KL(h) := \begin{cases} \frac{96.642 - 0.713 \cdot h + 1.13119 \times 10^{-3} \cdot h^2}{728.178 + (-3.261) \cdot h + 3.693 \times 10^{-3} \cdot h^2} & \text{if } h > 535 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Для удобства пользования приводим дробь к полиному третьего порядка.

$$KL(h) := \begin{cases} 5.514 - 0.016 \cdot h + (1.628 \times 10^{-5}) \cdot h^2 - 5.718 \cdot 10^{-9} \cdot h^3 & \text{if } h > 535 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.1.11)$$

Зависимость (4.1.11) показана на рис. 4.1.6.

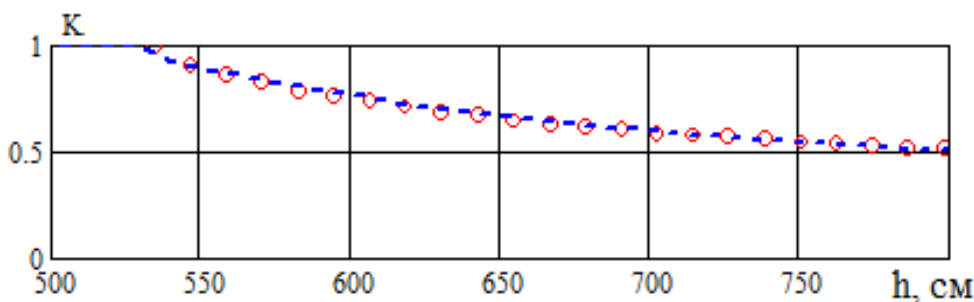


Рис. 4.1.6. Зависимость поправочного коэффициента, учитывающая ледостав, от уровня воды в р. Преголе (Гвардейск)

Аналогичным методом была получена эмпирическая зависимость, связывающая максимальные годовые расходы и уровни воды в р. Преголе (Гвардейск) за 1948–2012 гг.:

$$Q_m(H_m) = 0,002975 \cdot (H_m - 512,6)^{2,13} \quad (4.1.12)$$

Коэффициент корреляции между максимальными величинами, показанными на рис. 4.1.7, составил  $r = 0,863$ , что говорит о тесной стохастической связи между максимальными годовыми расходами и уровнями в р. Преголе.

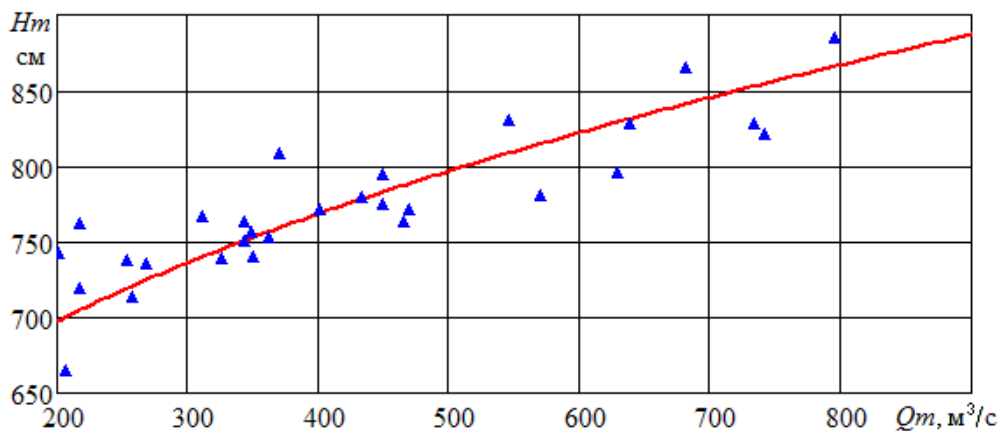


Рис. 4.1.7. Зависимость между максимальными годовыми расходами и уровнями воды в р. Преголе (Гвардейск). Точки – данные наблюдений, линия – результат расчета по формуле (4.1.12)



## 4.2. Проверка гидрологического ряда реки Преголи

Остановимся на проверке ряда среднегодовых расходов р. Преголи (Гвардейск, 1891–2014), полученного в подразделе 3.2 (рис. 3.2.4).

Простейшие характеристики ряда рассчитываются с помощью операторов Mathcad: средний многолетний расход (норма среднегодового расхода), среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации

$$Q_s = \text{mean}(Q) = 86,25 \text{ м}^3/\text{с}; \quad \sigma = \text{Stdev}(Q) = 23,06 \text{ м}^3/\text{с}; \quad (4.2.1)$$

$$C_v = \sigma / Q_s = 0,267.$$

Значения модульных коэффициентов среднегодовых расходов  $k$ , приведенных модульных коэффициентов  $K$  и данные для построения разностной интегральной кривой (см. рис. 4.2.1–4.2.2) рассчитываются по формулам:

$$k_i = \frac{Q_i}{Q_s}; \quad K_i = \frac{k_i - 1}{C_v}; \quad IR_0 = 0; \quad IR_i = IR_{i-1} + K_{i-1}, \quad i = 1..n \quad (4.2.2)$$

По разностной интегральной кривой (рис. 4.2.2) определяют периоды водности реки. В бассейне р. Преголи глобальный маловодный период продолжался с начала 60-х годов почти 20 лет. Он сменился длительным многоводным периодом вплоть до 2009 г. Далее вновь наметился маловодный период, но будет ли он столь же продолжительным пока неизвестно.

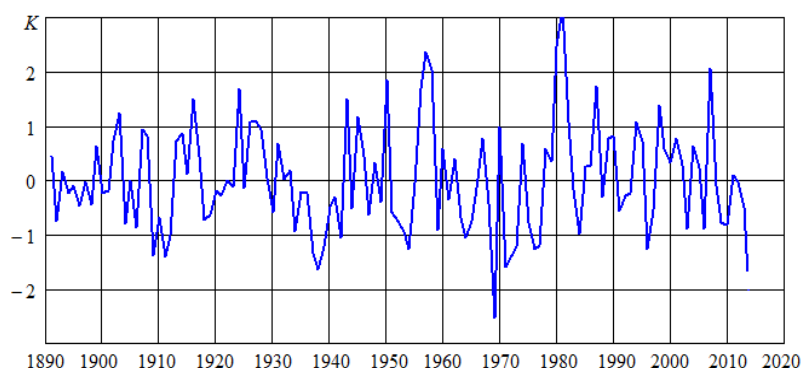


Рис. 4.2.1. Приведенные модульные коэффициенты среднегодовых расходов р. Преголи (Гвардейск) за 1891–2014 гг.

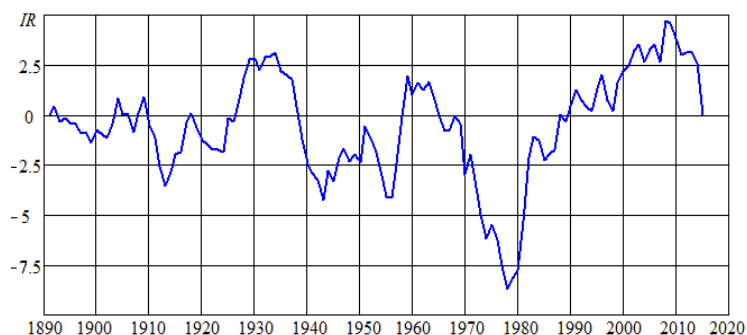


Рис. 4.2.2. Разностная интегральная кривая среднегодовых расходов р. Преголи (Гвардейск) за 1891–2014 гг.

Коэффициент асимметрии рассчитывается по формуле [104]:

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n-1)(n-2) \cdot C_v^3} = 0.374. \quad (4.2.3)$$

При  $C_v < 0,6$  и  $C_s < 1,0$  коэффициенты вариации и асимметрии допускается находить без введения поправок [104].

Далее определяется коэффициент автокорреляции между смежными членами ряда. Вспомогательные средние по формулам из [104]:

$$Q_{s1} := \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=2}^n Q_i = 86.17; \quad Q_{s2} := \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} Q_i = 86.74. \quad (4.2.4)$$

Смещенная оценка коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда по формуле [104]:

$$r_1 := \frac{\sum_{i=2}^n [(Q_i - Q_{s1}) \cdot (Q_{i-1} - Q_{s2})]}{\sqrt{\sum_{i=2}^n [(Q_i - Q_{s1})^2]} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} [(Q_i - Q_{s2})^2]}} = 0.225. \quad (4.2.5)$$

Несмещенная оценка коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда по формуле [104]:

$$R_1 := -0.01 + 0.98 \cdot r_1 - 0.06 \cdot r_1^2 + \left(1.66 + 6.46 \cdot r_1 + 5.69 \cdot r_1^2\right) \cdot \frac{1}{n} = 0.235. \quad (4.2.6)$$

**Проверка достаточности объема ряда.** Случайные средние квадратические погрешности выборочных средних при  $R_1 < 0,5$  определяют по приближенной зависимости из [104]

$$\Delta Q_s := \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{1+R_1}{1-R_1}} = 2.63. \quad (4.2.7)$$

Относительная погрешность выборочного среднего расхода

$$\varepsilon := \frac{\Delta Q_s}{Q_s} \cdot 100 = 3.1\% .$$

По п. 5.1 [104] продолжительность периода наблюдений считается достаточной, если относительная средняя квадратическая погрешность не превышает 10 % для годового и сезонного стоков.

**Проверка применимости модели случайной величины** выполняется по двум критериям.

1) Критерий общего числа серий. Сформируем массив  $DQ_i := Q_i - Q_s$ .

Серия состоит из следующих подряд элементов  $DQ_i$  одного знака. Общее число серий будет равно количеству изменений знака в соседних элементах указанного массива.

Математическое ожидание числа серий и среднее квадратическое отклонение для случайной величины [107]

$$mN := \frac{n+1}{2}; \quad \sigma N := \frac{\sqrt{n-1}}{2}.$$

Следующая программа [77] позволяет сосчитать это число:

$$Ns := \begin{cases} N \leftarrow 0 \\ \text{for } j \in 2..n \\ N \leftarrow N + 1 \text{ if } DQ_j \cdot DQ_{j-1} < 0 \\ N \end{cases}$$

В рассматриваемом примере  $Ns = 53$ .

Доверительный интервал для числа серий случайной величины

$$(mN - tn \cdot \sigma N; mN + tn \cdot \sigma N) \text{ или } (51; 74).$$

Так как  $Ns$  принадлежит найденному интервалу, нулевая гипотеза не отвергается.

2) Нулевая гипотеза: коэффициент автокорреляции генеральной совокупности равен нулю.

Абсолютная погрешность коэффициента автокорреляции [95]

$$\Delta R1 := \frac{1 - R1^2}{\sqrt{n-1}} + \left( \frac{Cv}{250} + \frac{R1}{33} + \frac{R1 \cdot Cs^2}{132} - \frac{1}{125} \right) = 0.086. \quad (4.2.8)$$

Квантиль нормального распределения (и других распределений) может быть найден по встроенной функции Mathcad

$$tn := qnorm(0.98, 0, 1) = 2.05.$$

Критическое значение  $Rz := tn \cdot \Delta R1 = 0.176 < R1$ . Следовательно, нулевая гипотеза отвергается.

**Проверка однородности ряда.** Разбиваем ряд на две части, так как нет гидрологических причин вводить иное разбиение:  $n1 = 62$ ;  $n2 = n - n1 = 62$ .

1) Нулевая гипотеза: дисперсии двух частей ряда равны.

Выборочные средние расходы каждой части ряда

$$Qg1 := \frac{1}{n1} \cdot \sum_{i=1}^{n1} Q_i = 85.55; \quad Qg2 := \frac{1}{n2} \cdot \sum_{i=n1+1}^{n2} Q_i = 86.95. \quad (4.2.9)$$

Исправленные выборочные дисперсии каждой части ряда

$$D1 := \frac{1}{n1-1} \cdot \sum_{i=1}^{n1} (Q_i - Qg1)^2 = 359.74; \quad (4.2.10)$$

$$D2 := \frac{1}{n2-1} \cdot \sum_{i=n1+1}^{n2} (Q_i - Qg2)^2 = 711.20. \quad (4.2.11)$$

Параметр критерия Фишера  $Ff := \frac{D2}{D1} = 1.977$ .

Критическое значение находится по встроенной функции Mathcad

$$Fc := qF(0.98; n1 - 1; n2 - 1) = 1.701.$$

$Ff > Fc$ , нулевая гипотеза о равенстве дисперсии отвергается.

2) Нулевая гипотеза: математические ожидания двух частей ряда равны. Оценка средневзвешенной дисперсии

$$Sf := \sqrt{\frac{(n1 - 1) \cdot D1 + (n2 - 1) \cdot D2}{n1 + n2 - 2}} = 23.14. \quad (4.2.12)$$

Значение параметра для проверки гипотезы о равенстве средних расходов

$$Tf := \frac{|Qg1 - Qg2|}{Sf} \cdot \sqrt{\frac{n1 \cdot n2}{n1 + n2}} = 0.337. \quad (4.2.13)$$

Критическое значение по распределению Стьюдента  $Tc := qF(0.98; n - 2) = 2.076$ .

$Tf < Tc$ , нулевая гипотеза о равенстве математических ожиданий расходов не отвергается.

Таким образом, данные выборки не противоречат гипотезе о равенстве средних расходов, но противоречат гипотезе о равенстве средних дисперсий. Рис. 4.2.1 подтверждает, что во второй половине ряда рассеивание увеличилось.

По указанной схеме была выполнена проверка ряда максимальных уровней р. Преголи в створе г. Гвардейска (рис. 4.2.3). Заметим, что данные по уровням р. Преголи опубликованы в ГЕ лишь с 1948 г.

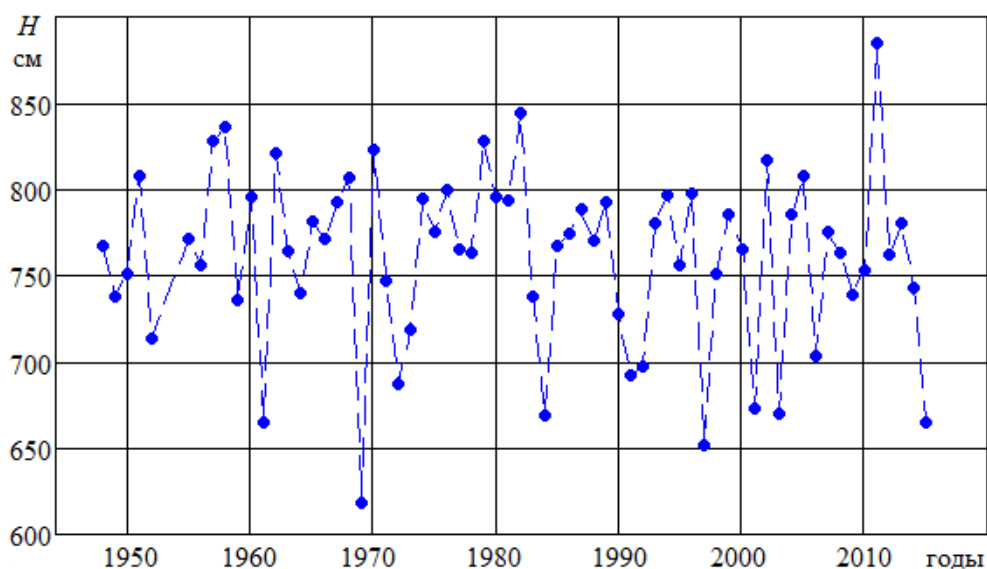


Рис. 4.2.3. Ряд максимальных уровней р. Преголи (Гвардейск) над нулем поста, 1948–2015 гг.

Среднее значение ряда максимальных уровней р. Преголи (Гвардейск) и среднее квадратическое отклонение в 1948–2015 гг.:



$$\bar{H}_m = \text{mean}(H_m) = 760,9 \text{ см}; \quad \sigma = \text{Stdev}(H_m) = 51,2 \text{ см}. \quad (4.2.14)$$

Точечная оценка коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда максимальных уровней получается небольшой по модулю и отрицательной:  $R1 = -0,160$ .

Прогнозирование минимальных уровней в реках важно для гидроэнергетики, планирования судоходства, обеспечения водой из поверхностных источников и других направлений использования водных ресурсов. С точки зрения гидрологических процессов правильным является раздельное рассмотрение минимальных уровней открытого русла и зимних (во время ледостава). Однако в действующих нормативных документах [97, 102] такого четкого разделения не сделано. При проверке отчетов о проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий эксперты требуют наличия расчетных минимальных годовых уровней реки без разделения по сезонам, для чего необходимо построить кривую обеспеченности минимальных годовых уровней в исследуемом створе.

Ряд минимальных годовых уровней р. Преголи в створе г. Гвардейска был представлен Калининградским ЦГМС. В расчетах использован ряд минимальных уровней за 1954–2015 гг. (длина ряда  $n = 62$ ), так как в гидрологических ежегодниках, изданных в послевоенные годы (см. [14–17] и др.), указана отметка условного нуля поста  $-5,00$  м БС. В последующие годы и до настоящего времени принята отметка условного нуля поста  $-5,17$  м БС (например, [18–20]). На рис. 4.2.4 и в дальнейшем все уровни даются в сантиметрах над указанной отметкой нуля поста.

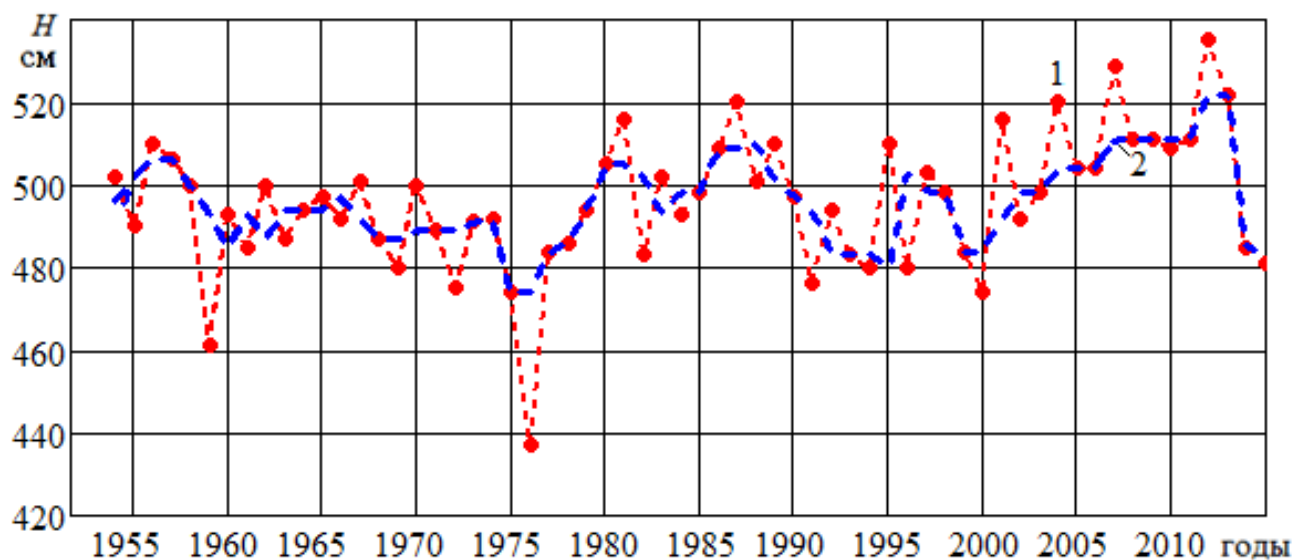


Рис. 4.2.4. Минимальные годовые уровни р. Преголи (г. Гвардейск):  
1 – данные наблюдений, 2 – со скользящим осреднением (3 года)

Низший уровень летне-осенней межени р. Преголи в створе г. Гвардейска был зафиксирован 06.12.59:  $H = 437$  см. В отдельные годы минимальный уровень наблюдался во время зимнего ледостава. Например, 06.12.59:

$H = 461$  см (низший уровень в зимние месяцы за все время наблюдений),  
12.03.60:  $H = 493$  см.

Точечные оценки математического ожидания и среднего квадратического отклонения минимальных годовых уровней рассчитаны по формулам:

$$\bar{H} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n H_i = 496,0 \text{ см}, \quad \bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2} = 16,3 \text{ см}. \quad (4.2.15)$$

### Проверка ряда минимальных уровней

Для проверки однородности разбиваем ряд на две части, так как нет гидрологических причин вводить иное разбиение:  $n_1 = 31$ ;  $n_2 = 1 - n_1 = 31$ .

Первая гипотеза: дисперсии двух частей ряда равны. Выборочные средние расходы каждой части ряда:

$$\bar{H}_1 = \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} H_i = 490,5 \text{ см}; \quad \bar{H}_2 = \frac{1}{n_2} \cdot \sum_{i=n_1+1}^n H_i = 501,4 \text{ см}. \quad (4.2.16)$$

Исправленные выборочные дисперсии каждой части ряда

$$\begin{aligned} \bar{D}_1 &:= \frac{1}{n_1-1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} (H_i - \bar{H}_1)^2 = 224,7 \text{ см}^2; \\ \bar{D}_2 &:= \frac{1}{n_2} \cdot \sum_{i=n_1+1}^n (H_i - \bar{H}_2)^2 = 253,7 \text{ см}^2. \end{aligned} \quad (4.2.17)$$

Статистика критерия Фишера  $Ff = \bar{D}_2 / \bar{D}_1 = 1,13$  меньше критического значения параметра при доверительной вероятности, начиная с  $\gamma > 0,65$ . Первая гипотеза не отвергается.

Вторая гипотеза: математические ожидания двух частей ряда равны. Оценка средневзвешенной дисперсии

$$Sf := \sqrt{\frac{(n_1-1) \cdot \bar{D}_1 + (n_2-1) \cdot \bar{D}_2}{n_1 + n_2 - 2}} = 15,47. \quad (4.2.18)$$

Значение параметра для проверки гипотезы о равенстве математических ожиданий:

$$Tf := \frac{|\bar{H}_1 - \bar{H}_2|}{Sf} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}} = 2,78. \quad (4.2.19)$$

Критическое значение  $Tf$  по распределению Стьюдента не будет превышено при доверительной вероятности  $\gamma = 0,996$  и более. Но если исключить резко отличающееся наблюдение 1976 г., то доверительную вероятность можно снизить до значения  $\gamma = 0,95$ . Поэтому и вторая гипотеза не отвергается.

Таким образом, данные выборки не противоречат гипотезе однородности ряда минимальных годовых уровней.

Для проверки применимости модели случайной величины используем критерий общего числа серий [50]. Нулевая гипотеза: минимальные годовые уровни можно считать случайной величиной. Сформируем массив

$$DH_i = H_i - \bar{H}. \quad (4.2.20)$$

Серия состоит из следующих подряд элементов  $DH_i$  одного знака. Общее число серий будет равно количеству изменений знака в соседних элементах указанного массива. Следующая программа [77] позволяет в среде Mathcad сосчитать это число:

$$Ns := \begin{cases} N \leftarrow 0 \\ \text{for } j \in 2..n \\ N \leftarrow N + 1 \text{ if } DH_j \cdot DH_{j-1} < 0 \\ N \end{cases}$$

В рассматриваемом примере  $Ns = 25$ . Математическое ожидание числа серий и среднее квадратическое отклонение для случайной величины [107]

$$mN = \frac{n+1}{2} = 31,5; \quad \sigma N = \frac{\sqrt{n-1}}{2} = 3,90. \quad (4.2.21)$$

Доверительный интервал для числа серий случайной величины:

$$[mN - tn \cdot \sigma N; mN + tn \cdot \sigma N] \text{ или } [25,1; 37,9].$$

Так как  $Ns$  принадлежит найденному интервалу, нулевая гипотеза не отвергается.

### 4.3. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов реки Преголи и ее притоков

И современные нормативные документы [104], и учебные пособия по статистической гидрологии [107] рекомендуют для построения теоретической кривой обеспеченности использовать специальные таблицы. Разработаны специализированные пакеты для гидрологических расчетов (см., например, [87]). Покажем, что студент (и, разумеется, инженер) может решить поставленную задачу с помощью нескольких операторов универсального пакета Mathcad.

В первую очередь вычисляются параметры

$$k_i = \frac{Q_i}{Q_s}, \quad \lambda_2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \ln(k_i) = -0.0382 \quad (4.3.1)$$

Затем численно решается система интегральных уравнений [95] с помощью следующих операторов [77]:

*Given*

$$\lambda_2 + \ln\left(\frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)}\right) - \frac{b}{\Gamma(\alpha)} \cdot \left(\int_0^{\infty} t^{\alpha-1} \cdot \ln(t) \cdot \exp(-t) dt\right) = 0; \quad (4.3.2)$$

$$\alpha \cdot \lambda 2 - \left( \frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \right)^{\frac{1}{b}} \cdot \left[ \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \ln(k_i) \cdot \left( k_i \right)^{\frac{1}{b}} \right] \right] + b = 0; \quad (4.3.3)$$

$$A := Find(\alpha, b); \quad \alpha := A_1 = 3.386; \quad b := A_2 = 0.484.$$

Найденные параметры позволяют записать плотность трехпараметрического гамма-распределения (Крицкого-Менкеля) среднего годового расхода р. Преголи (Гвардейск):

$$f(x) := \frac{1}{b \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot \left( \frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \right)^{\frac{\alpha}{b}} \cdot x^{\frac{\alpha}{b} - 1} \cdot \exp \left[ - \left( \frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \cdot x \right)^{\frac{1}{b}} \right]; \quad (4.3.4)$$

$$f(x) := 33.782 \cdot x^{6,0} \cdot \exp \left( - (1.740 \cdot x)^{2.064} \right). \quad (4.3.5)$$

Функция распределения и теоретическая вероятность превышения среднего годового расхода (обеспеченность)

$$F(x) := \int_0^x f(t) dt; \quad P(Q_w) := 100 \cdot \left( 1 - F \left( \frac{Q_w}{Q_s} \right) \right). \quad (4.3.6)$$

Собственно говоря, полученная функция  $P(Q)$  позволяет находить расход любой заданной обеспеченности (табл. 4.3.1), например, при  $P = 1\%$ :

$$Q_{-1} := root(P(Q_w) - 1, Q_w); \quad Q_{0-1} = 144,1. \quad (4.3.7)$$

Таблица 4.3.1 – Среднегодовые расходы р. Преголи (Гвардейск) заданной обеспеченности

$P, \%$	0.1	0,5	1	2	3	5	10	25
$Q, \text{м}^3/\text{с}$	164,8	150,8	144,1	136,8	132,2	126,0	116,6	101,4
$P, \%$	50	75	90	95	97	98	99	99,5
$Q, \text{м}^3/\text{с}$	85,2	69,9	57,2	50,1	45,7	42,6	37,9	33,9

Для наглядности кривая обеспеченности может быть показана на графике. В обычных координатах на рис. 2.3.1 это выполняется без усилий, естественным образом. Эмпирическая ежегодная вероятность превышения расхода [104]

$$P_i := \frac{i}{n+1} \cdot 100. \quad (4.3.8)$$

При этом выполнена сортировка гидрологического ряда по убыванию с помощью операторов:

$$Q_{11} := sort(Q); \quad Q_{1i} := Q_{11_{n-i+1}}. \quad (4.3.9)$$

Для построения клетчатки вероятности на рис. 4.3.2 студентами КГТУ в качестве НИРС была разработана специальная подпрограмма. Повторим, что



для нахождения расхода любой заданной обеспеченности в среде Mathcad графические изображения не требуются.

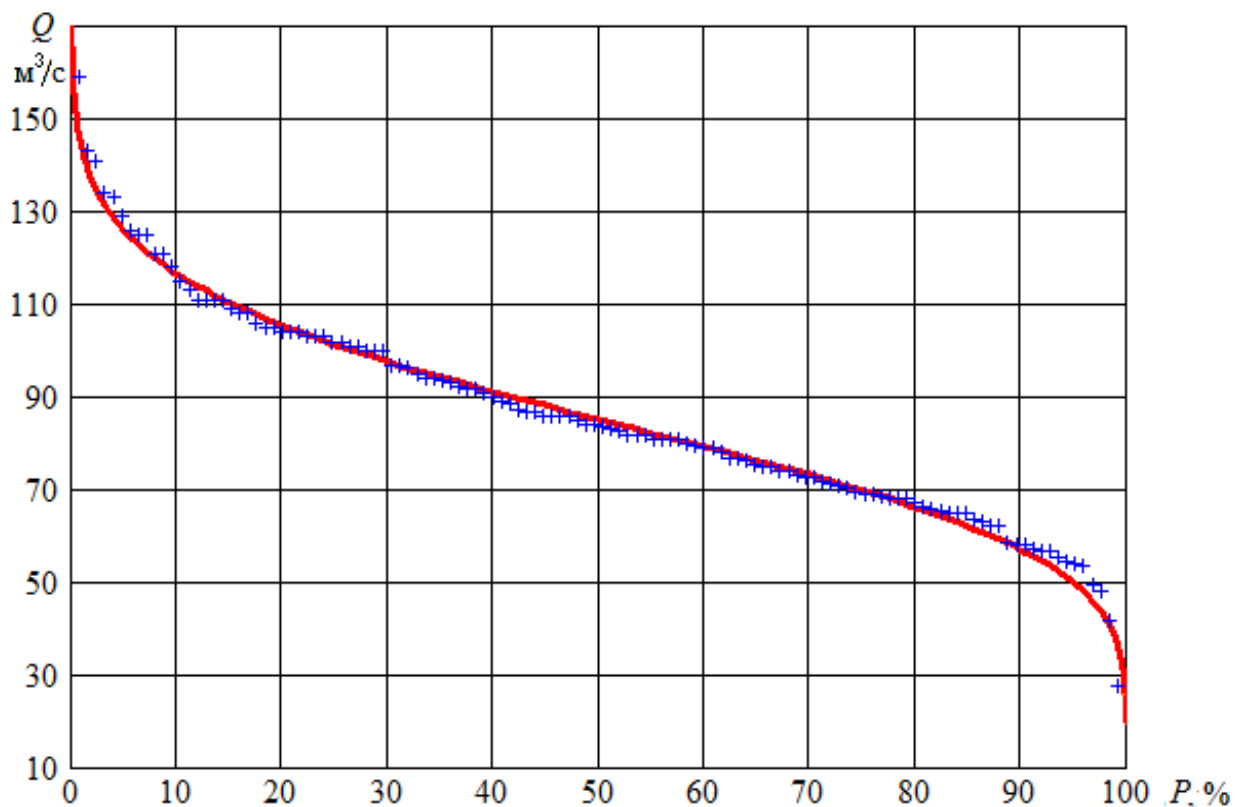


Рис. 4.3.1. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов р. Преголи (Гвардейск): точки – эмпирическая зависимость, линия – теоретическая, по формулам (4.3.5) – (4.3.6)

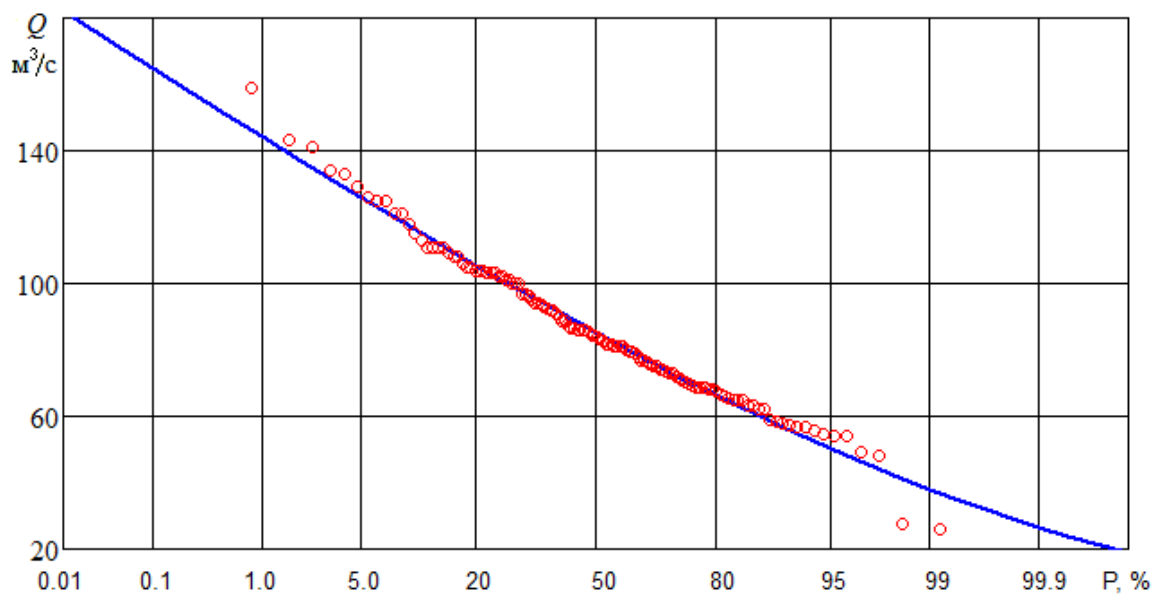


Рис. 4.3.2. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов р. Преголи (Гвардейск) на клетчатке вероятности

Покажем, как в среде Mathcad строить теоретическую кривую обеспеченности среднегодовых расходов (Крицкого-Менкеля) по трем заданным параметрам: среднему многолетнему значению  $Q_s$ , коэффициенту вариации  $C_v$ , коэффициенту асимметрии  $C_s$  (табл. 4.3.2).

Таблица 4.3.2 – Параметры кривой обеспеченности водотоков бассейна р. Преголи

Река – створ	$Q_s, \text{м}^3/\text{с}$	$C_v$	$C_s$	$\alpha$	$b$
Анграпа – Берестово	14,8	0,3	0,8	83,350	2,715
Анграпа – Озерск	11,5	0,3	0,8	83,350	2,715
Инструч – Ульяново	4,17	0,41	0,82	5,668	0,976
Лава – Родники	43,5	0,28	0,57	13,715	1,037
Писса – Зеленый Бор	9,72	0,3	0,3	2,634	0,476
Преголя – Черняховск	33,0	0,32	0,8	36,187	1,914

Требуется найти значения неизвестных параметров  $\alpha, b$ . Для этого в среде Mathcad задается форма плотности распределения модульных коэффициентов среднегодового расхода:

$$f(x, \alpha, b) := \frac{1}{b \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot \left( \frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \right)^{\frac{\alpha}{b}} \cdot x^{\frac{\alpha}{b} - 1} \cdot \exp \left[ - \left( \frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \cdot x \right)^{\frac{1}{b}} \right]. \quad (4.3.10)$$

Далее численным методом решается система интегральных уравнений (4.3.11) [95]. Результаты решения ( $\alpha; b$ ) вносим в последние столбцы табл. 4.3.2.

$$\int_0^{10} (x-1)^2 \cdot f(x, \alpha, b) dx = C_v^2; \quad \int_0^{10} (x-1)^3 \cdot f(x, \alpha, b) dx = C_s \cdot C_v^3. \quad (4.3.11)$$

Теоретические кривые обеспеченности (рис. 4.3.3-4.3.6) строятся по формулам [77]:

$$p(x) := 1 - \int_0^x f(t, \alpha, b) dt; \quad P(Q) := 100 \cdot p\left(\frac{Q}{Q_s}\right). \quad (4.3.12)$$

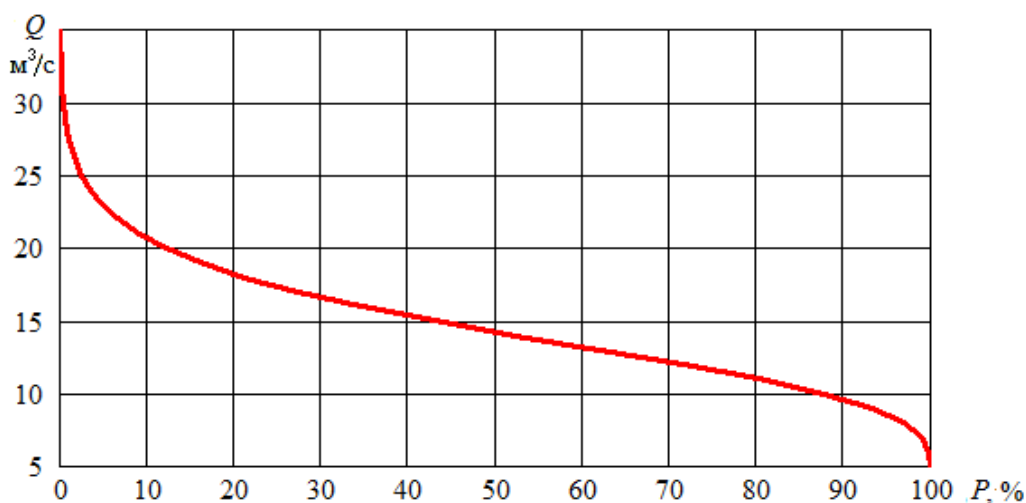


Рис. 4.3.3. Теоретическая кривая обеспеченности среднегодовых расходов р. Анграпы (Берестово)

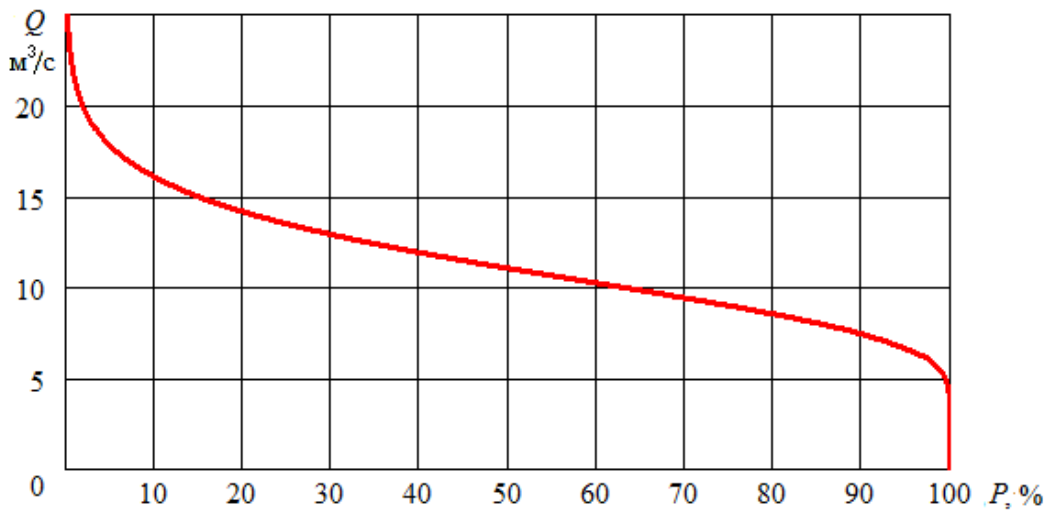


Рис. 4.3.4. Теоретическая кривая обеспеченности среднегодовых расходов р. Анграпы (Озерск)

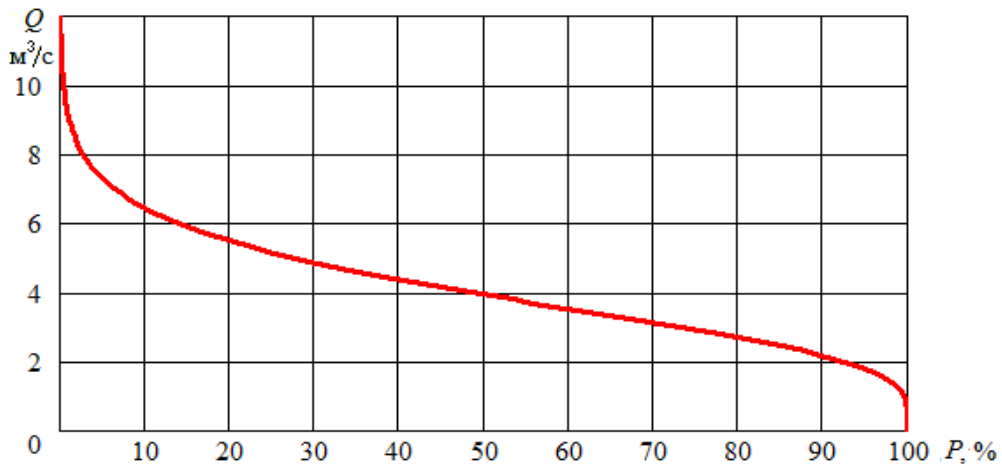


Рис. 4.3.5. Теоретическая кривая обеспеченности среднегодовых расходов р. Инструч (Ульяново)

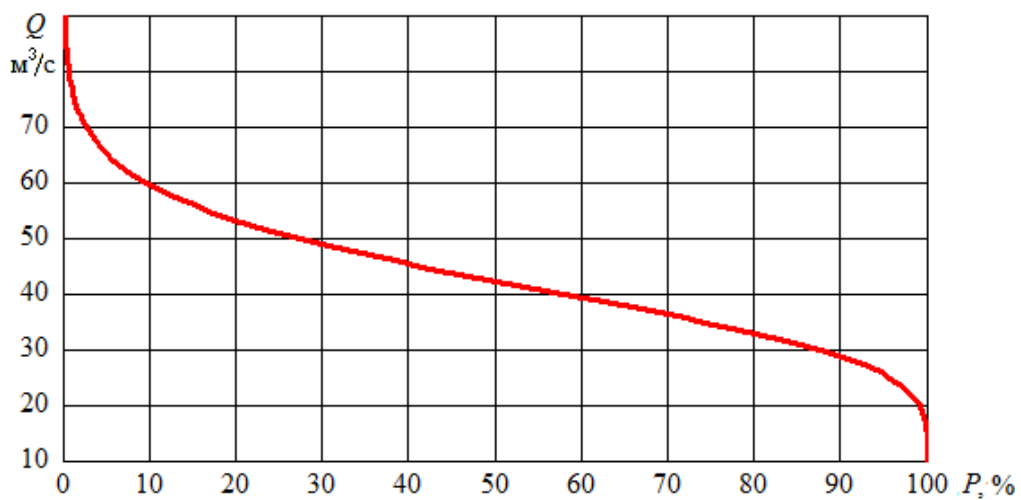


Рис. 4.3.6. Теоретическая кривая обеспеченности среднегодовых расходов р. Лавы (Родники)

По теоретическим кривым обеспеченности (рис. 4.3.7) и уравнениям (4.3.7) были рассчитаны расходы заданной вероятности превышения (табл. 4.3.3).

Преимущество разработанного метода в том, что при уточнении значений гидрологических характеристик  $Q_s$ ,  $C_v$ ,  $C_s$  могут быть легко пересчитаны параметры теоретической кривой обеспеченности  $\alpha$  и  $b$ . Далее легко найти новые расчетные значения среднегодовых расходов любой обеспеченности, не только приведенной в табл. 4.3.3.

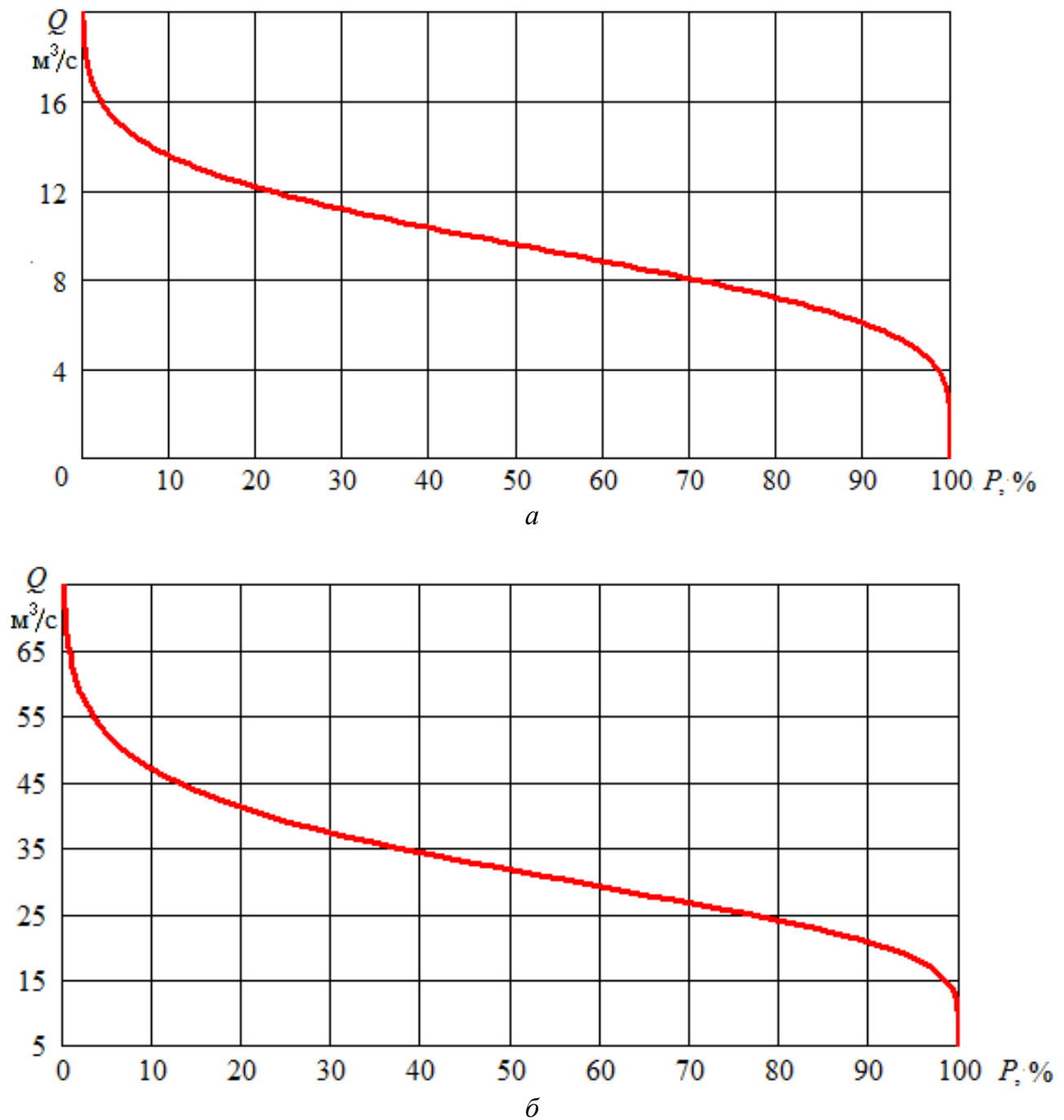


Рис. 4.3.7. Теоретическая кривая обеспеченности среднегодовых расходов: *a* - р. Писсы (Зеленый Бор) *б* - р. Преголи (Черняховск)



Таблица 4.3.3 – Среднегодовые расходы заданной обеспеченности, м<sup>3</sup>/с

Река – створ	Обеспеченность, %					
	5	10	25	50	75	95
Анграпа – Берестово	22,9	20,7	17,4	14,2	11,6	8,59
Анграпа – Озерск	17,8	16,1	13,5	11,1	9,0	6,68
Инструч – Ульяново	7,31	6,46	5,16	3,94	2,93	1,80
Лава – Родники	65,3	59,7	51,0	42,3	34,8	25,6
Писса – Зеленый Бор	14,8	13,6	11,6	9,57	7,65	5,18
Преголя – Черняховск	42,3	47,0	39,1	31,7	25,4	18,3
Преголя – Гвардейск	126,0	116,6	101,4	85,2	69,6	50,1

#### 4.4. Обеспеченность максимальных и минимальных уровней

##### Функция распределения максимальных расчетных уровней

Покажем, как найти параметры гамма-распределения (Крицкого-Менкеля) в среде Mathcad. Пусть задан ряд максимальных уровней  $H_1, H_2, \dots, H_n$ . В нашем случае по табл. 3.2.5 имеем значения с 1948 г. по 2015 г., т. е.  $n = 68$  (рис. 4.4.1).

Найдем первый параметр – среднее многолетнее значение максимального уровня  $H_s = 2,35$  м БС и модульные коэффициенты  $k_i = H_i / H_s$ .

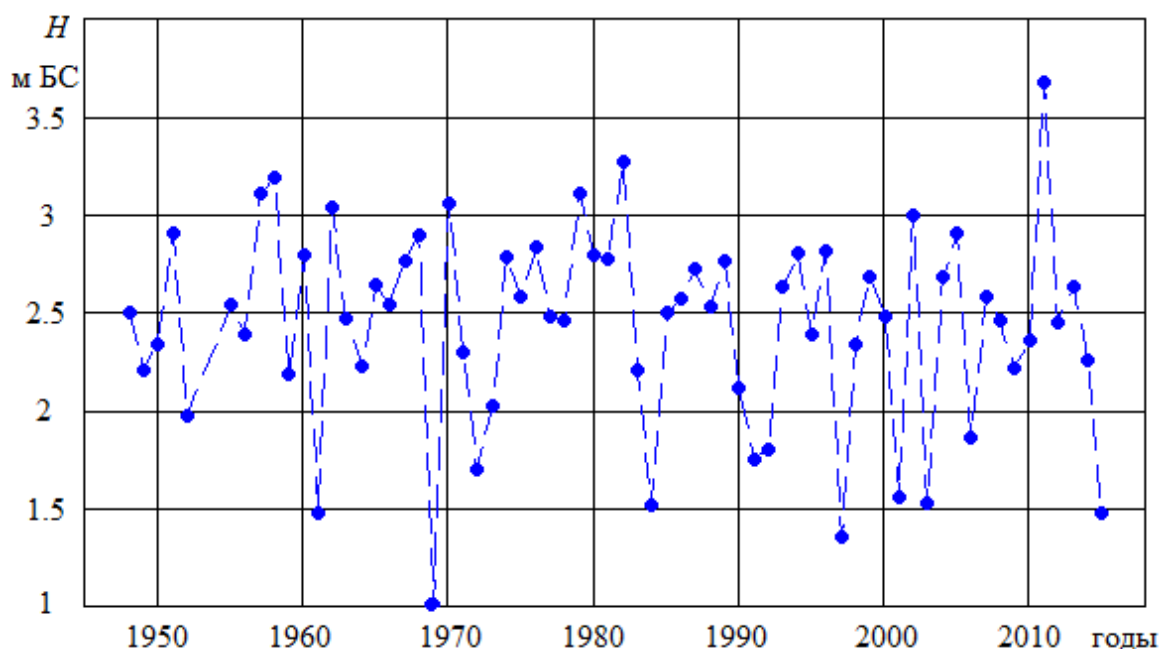


Рис. 4.4.1. Максимальные годовые уровни р. Преголи (Гвардейск)

Вычисляем параметр  $\lambda_2$ , задаем начальное приближение параметров трехпараметрического гамма-распределения  $\alpha$  и  $b$  [104]:

$$\lambda_2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \ln(k_i) = -0,0259, \quad \alpha = 1, \quad b = 1. \quad (4.4.1)$$

Два параметра гамма-распределения ( $\alpha$  и  $b$ ) находим методом наибольшего правдоподобия, для чего численно решаем систему интегральных уравнений [95] в среде Mathcad с помощью операторов Given-Find [77]:

$$\lambda 2 + \ln\left(\frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)}\right) - \frac{b}{\Gamma(\alpha)} \cdot \left(\int_0^{\infty} t^{\alpha-1} \cdot \ln(t) \cdot \exp(-t) dt\right) = 0, \quad (4.4.2)$$

$$\alpha \cdot \lambda 2 - \left(\frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)}\right)^{\frac{1}{b}} \cdot \left[\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\ln(k_i) \cdot (k_i)^{\frac{1}{b}}\right]\right] + b = 0. \quad (4.4.3)$$

Найденные параметры позволяют записать плотность трехпараметрического гамма-распределения

$$f(H) = \frac{1}{b \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot \left(\frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)}\right)^{\frac{\alpha}{b}} \cdot H^{\frac{\alpha}{b}-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)}\right) \cdot H\right]^{\frac{1}{b}}. \quad (4.4.4)$$

Функция распределения и теоретическая вероятность превышения (обеспеченность) максимального уровня

$$F(H) = \int_0^H f(t) dt; \quad P(H) = 100 \cdot \left(1 - F\left(\frac{H}{H_s}\right)\right). \quad (4.4.5)$$

Численное решение системы уравнений (4.4.2)-(4.4.3) дает:  $\alpha = 0,634$ ;  $b = 0,160$ . Запишем плотность трехпараметрического гамма-распределения по формуле

$$f(H) := 2,651 \cdot H^{3,947} \cdot \exp\left(-0,865 \cdot H\right)^{6,957}. \quad (4.4.6)$$

Формулы (4.4.5) и (4.4.6) дают функцию распределения и теоретическую вероятность превышения (обеспеченность), представленную на рис. 4.4.2. Данные наблюдений хорошо согласуются с теоретической кривой.

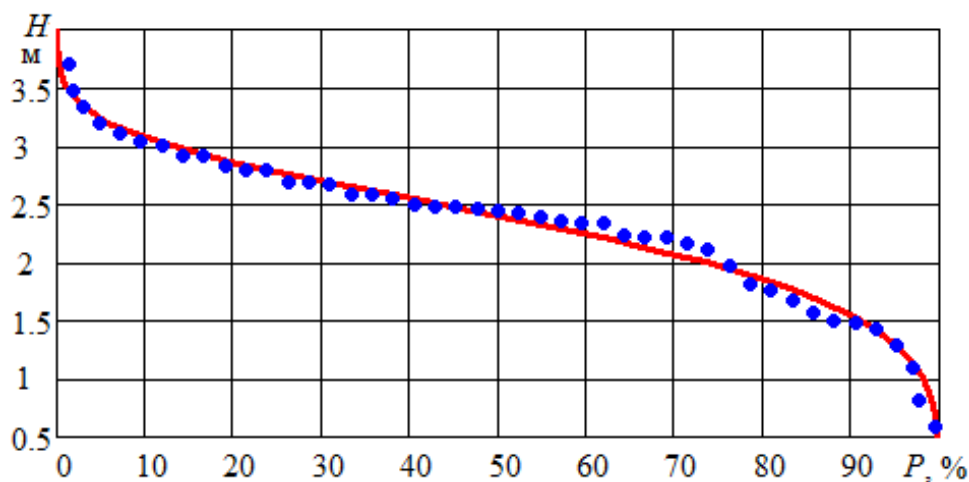


Рис. 4.4.2. Кривая обеспеченности максимальных годовых уровней р. Преголи (Гвардейск, м БС): точки – эмпирическая, линия – теоретическая

Найденная теоретическая кривая позволяет определить максимальные годовые расчетные уровни р. Преголи (Гвардейск) заданной обеспеченности, как было показано в п. 4.3. Затем по уравнению линейной регрессии можно пересчитать их на другой створ, для которого имеются совместные наблюдения (табл. 4.4.1)

Таблица 4.4.1 – Максимальные расчетные уровни р. Преголи (м БС)

Гидропост	Обеспеченность максимального уровня, %						
	0,01	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	50
Гвардейск	3,97	3,77	3,60	3,51	3,33	3,23	2,40
Черняховск	13,12	12,80	12,51	12,36	12,07	11,91	10,54

Заметим, что в устьевой части на уровень воды оказывают влияние сгонно-нагонные явления (изменения уровня ветрового происхождения) и штормовые нагоны (изменения уровня, возникающие в результате перемещения барических систем) [106].

Уровень воды повышается при сильных ветрах юго-западного, западного направлений, течение реки может быть направлено к истоку. Нагонная волна при штормовых ветрах может распространяться до г. Гвардейска. Эти явления необходимо учитывать при определении расчетных максимальных уровней в ходе инженерно-гидрометеорологических изысканий.

### Теоретическая кривая обеспеченности минимальных уровней

Выдвигаем гипотезу о распределении минимальных уровней по закону Крицкого-Менкеля [51, 59]:

$$f(x) := \frac{1}{b \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot \left( \frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \right)^{\alpha/b} \cdot x^{\alpha/b-1} \cdot \exp \left[ - \left( \frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \cdot x \right)^{1/b} \right], \quad (4.4.7)$$

где  $\Gamma$  – стандартная гамма-функция;  $\alpha, b$  – параметры, подлежащие определению; третий параметр теоретического распределения – среднее многолетнее значение минимальных уровней  $\bar{H}$  – известен.

Модульные коэффициенты минимальных годовых уровней и эмпирическая ежегодная вероятность превышения (в процентах) [104]:

$$k_i = H_i / \bar{H}; \quad P_i := 100 \cdot i / (n + 1). \quad (4.4.8)$$

Для определения параметров распределения (4.4.7) методом наибольшего правдоподобия вычисляем значение  $\lambda_2$  [104]:

$$\lambda_2 := \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \ln(k_i) = -5,753 \cdot 10^{-4}. \quad (4.4.9)$$

Параметры  $\alpha, b$  закона распределения могут быть найдены из системы интегральных уравнений [95]:

$$\lambda_2 + \ln \left( \frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \right) - \frac{b}{\Gamma(\alpha)} \cdot \left( \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} \cdot \ln(t) \cdot \exp(-t) dt \right) = 0, \quad (4.4.10)$$

$$\alpha \cdot \lambda_2 - \left( \frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \right)^{1/b} \cdot \left[ \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \ln(k_i) \cdot (k_i)^{1/b} \right] \right] + b = 0. \quad (4.4.11)$$

Систему интегральных уравнений (4.4.10)-(4.4.11) решаем в среде Mathcad численным методом, описанным в [77]:  $\alpha = 4,722$ ;  $b = 0,0683$ . Найденные параметры позволяют записать плотность трехпараметрического гамма-распределения модульных коэффициентов минимальных уровней:

$$f(x) := 867,16 \cdot x^{68,11} \cdot \exp \left( -(1,104 \cdot x)^{14,636} \right). \quad (4.4.12)$$

Тогда функция распределения и теоретическая вероятность превышения (обеспеченность) минимальных уровней (рис. 4.4.3) могут быть рассчитаны по формулам (4.4.5).

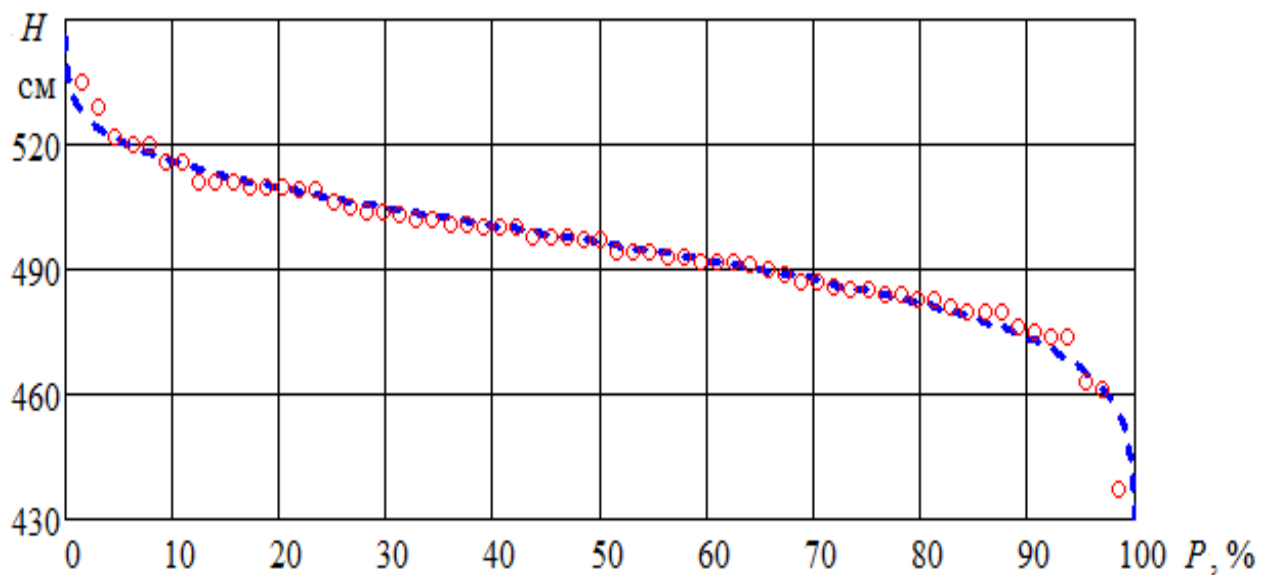


Рис. 4.4.3. Кривая обеспеченности минимальных годовых уровней р. Преголи (Гвардейск): точки – эмпирическая; линия – теоретическая по (4.4.12)

Проверку справедливости гипотезы о законе распределения выполним с помощью модифицированного критерия согласия Пирсона [50], характерной особенностью которого является разбиение оси абсцисс на интервалы, содержащие заданное, как правило, одинаковое количество результатов наблюдений.

Для применения модифицированного критерия согласия Пирсона разбиваем весь диапазон минимальных уровней на восемь интервалов так, чтобы по теоретическому распределению в каждый попало по 7–8 результатов наблюдений.

Значение статистики хи-квадрат, рассчитанное по табл. 4.4.2:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^8 \frac{(m_j - me_j)^2}{m_j} = 1,286. \quad (4.4.13)$$



Таблица 4.4.2 – Результаты расчета по модифицированному критерию согласия Пирсона

Номер интервала $j$	Границы интервалов, см	Количество точек, попавших в $j$ -й интервал	
		по теоретическому распределению, $m_j$	по наблюдениям, $me_j$
1	(400,0; 475,96]	7	6
2	(475,96; 484,30]	7	8
3	(484,30; 490,87]	8	7
4	(490,87; 496,35]	8	9
5	(496,35; 501,54]	8	10
6	(501,54; 507,05]	8	7
7	(507,05; 514,02]	8	8
8	(514,02; 600,0)	8	7

По таблице Пирсона [50] находим, что вероятность отклонения эмпирических частот попадания в интервалы от теоретических частот из-за случайных причин равна  $p = 0,936$ . Эта вероятность оказалась достаточно большой, поэтому гипотеза о распределении минимальных уровней по закону Крицкого-Менкеля не отвергается.

Найденная функция  $P(H)$  позволяет находить минимальный уровень любой заданной обеспеченности  $P_i$ , не пользуясь графиком на рис. 4.4.3, решая уравнение численным методом с помощью оператора root:

$$H_i := \text{root}(P(H_0) - P_i, H_0). \quad (4.4.14)$$

Результаты решения (4.4.14) занесены в табл. 4.4.3. Величина  $P(437 \text{ см}) = 99,84\%$  означает, что минимальный уровень 1976 г. достигается один раз примерно в 625 лет.

Таблица 4.4.3 – Расчетные минимальные годовые уровни  $p$ . Преголи (Гвардейск) над нулем поста

Вероятность превышения $P_i$ , %	Минимальный расчетный уровень, см	Вероятность превышения $P_i$ , %	Минимальный расчетный уровень, см
1	529,9	75	484,9
5	521,0	90	473,6
10	516,0	95	466,3
25	507,2	99	451,7
50	496,5	99,84	437,0

Для прогнозирования гидрологических условий судоходства результатов табл. 4.4.3 недостаточно, необходимо учитывать данные по глубинам (отметкам дна). Покажем это на примере [71] данных 1960 г. (табл. 4.4.4), взятых из [23].

Таблица 4.4.4 – Данные измерений уровней воды, глубин и расчета отметки дна р. Преголи (Гвардейск), 1960 г. [23]

Дата измерения	Уровень воды над нулем поста, см	Средняя глубина, м	Отметки дна, м БС
14/I	538	1,64	-1,43
22/I	534	1,60	-1,43
29/I	531	1,59	-1,45
10/II	508	1,40	-1,49
16/II	517	1,51	-1,51
23/II	525	1,58	-1,50
29/II	518	1,58	-1,57
10/III	499	1,39	-1,12
16/III	528	1,65	-1,54
19/IV	620	2,04	-1,01
25/IV	569	1,81	-1,29
29/IV	569	1,80	-1,28
7/V	554	1,71	-1,34
14/V	530	1,54	-1,41
21/V	521	1,52	-1,48
31/V	550	1,66	-1,33
7/VI	524	1,49	-1,42
14/VI	539	1,58	-1,36
29/VI	524	1,50	-1,43
11/VII	565	1,78	-1,30
19/VII	535	1,57	-1,39
29/VII	596	2,02	-1,23
8/VIII	608	2,04	-1,13
30/VIII	611	2,01	-1,07
7/IX	618	2,07	-1,06
15/IX	569	1,80	-1,28
26/IX	518	1,48	-1,47
10/X	502	1,39	-1,54
26/X	516	1,45	-1,46

По табл. 4.4.4 низшая отметка дна в 1960 г. (–1,57 м БС) отмечена 29.02.1960; высшая отметка –1,01 м БС (30.08.1960); средняя за год –1,36 м БС. Среднее квадратичное отклонение составило 0,156 м.

Вероятность того, что минимальные годовые уровни р. Преголи подчиняются трехпараметрическому гамма-распределению, составляет 0,936.

Проверка показала, что в первом приближении можно считать ряд минимальных уровней р. Преголи однородным и использовать модель случайной величины.

#### 4.5. Внутригодовое распределение стока в бассейне реки Преголи

Было показано [63, 65, 72, 84] внутригодовое распределение стока в бассейне р. Преголи, которое, в отличие от среднегодовых гидрологических характеристик, заметно изменилось за время инструментальных наблюдений. На рис. 4.5.1 приведено сравнение среднемесячных расходов р. Преголи в начале XX и XXI в. Данные взяты из ГЕ и [1].

Видно, что последние 15 лет весеннее половодье чаще всего наблюдается в марте; в начале прошлого века оно случалось в апреле немногим реже, чем в марте, что согласуется с прогнозами [105, 111]. В XXI в. среднемесячный расход февраля стал выше, чем апреля; в начале прошлого века наблюдалась обратная картина. В летне-осеннюю межень сток за указанный период наблюдений заметно уменьшился в августе и сентябре.

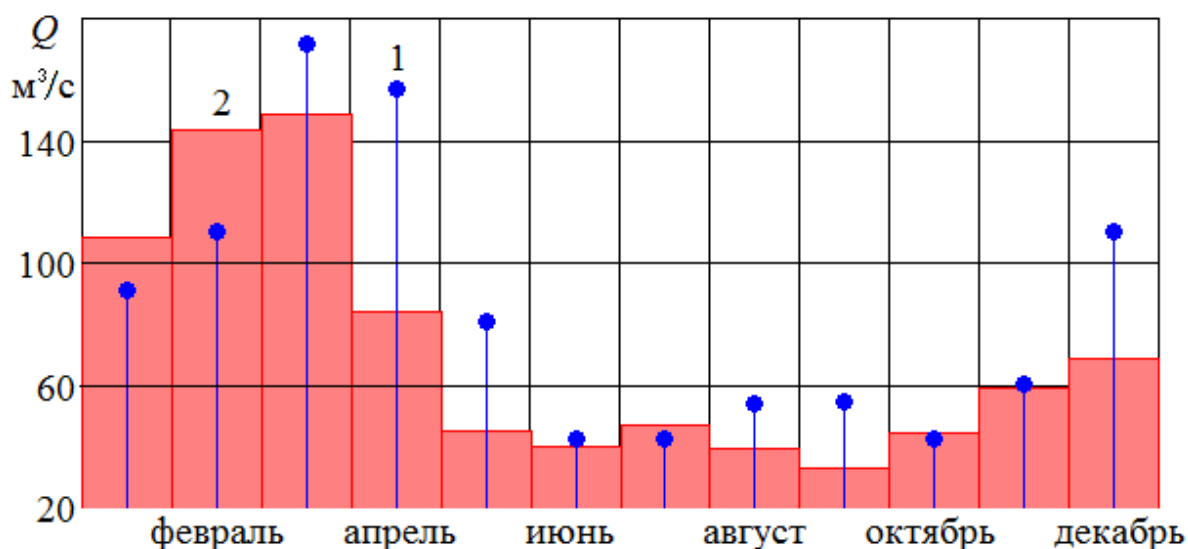


Рис. 4.5.1. Среднемесячные расходы р. Преголи (Гвардейск):  
1 – 1901–1915; 2 – 2000–2014

Многолетний речной сток представляет собой разность между осадками и испарением с площади соответствующего бассейна. При этом для инженерно-гидрологических расчетов необходимо получить средневзвешенные значения. Среднегодовая сумма осадков в Калининграде за 1951–1980 г. составила 757 мм, 1961–1990 – 803 мм, 1971–2000 – 804 мм, 1981–2010 – 818 мм [90]. По рис. 4.5.2 видно, за счет осадков каких месяцев произошло возрастание. Монотонный существенный рост осадков: январь-март, июнь; уменьшение отмечено в сентябре, небольшое уменьшение – в июле.

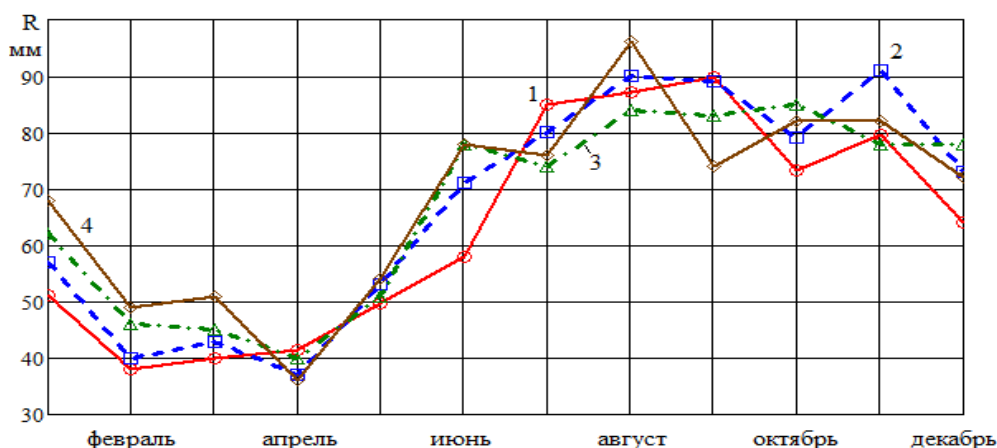


Рис. 4.5.2. Среднемесячные суммы осадков в Калининграде:  
1 – 1951–1980 гг.; 2 – 1961–1990; 3 – 1971–2000; 4 – 1981–2010

Изменение температуры воздуха оказывает непосредственное влияние на испарение – важную составляющую водного баланса рек. Наибольшая среднегодовая температура  $9,7^{\circ}\text{C}$  была зафиксирована в 1989 г.,  $9,3^{\circ}\text{C}$  – в 1990;  $9,2^{\circ}\text{C}$  – в 2015 г. [49, 90]. Среднегодовая температура в 2014 г. была высокой  $9,0^{\circ}\text{C}$ , а сумма годовых осадков небольшой – 648 мм, что и привело к самому малому стоку р. Преголи за все годы наблюдений.

В табл. 4.5.1 представлено изменение средних месячных температур воздуха (за каждые 30 лет) в г. Калининграде с 1951 по 2010 г. По последней колонке таблицы видно, за счет потепления в какие месяцы произошло возрастание средней годовой температуры. Потеплело в зимние месяцы, особенно в январе и феврале, в летние месяцы – июле и августе. Средняя температура в марте понизилась на  $0,6^{\circ}\text{C}$ , а в апреле повысилась на  $0,8^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура осенних месяцев существенно не изменилась. Заметим, Свод правил [103], актуализированный в 2012 г., уже устарел в связи с ростом температур.

Таблица 4.5.1 – средние месячные температуры воздуха ( $T^{\circ}\text{C}$ ) в г. Калининграде

Месяц	По СП [103]	Период расчета средних месячных температур				Изменение средних за 1981–2010 гг. по сравнению с 1951–1980
		1951–1980	1961–1990	1971–2000	1981–2010	
Январь	-2,2	-3,3	-3,2	-1,9	-1,5	+1,8
Февраль	-1,7	-3,1	-2,5	-1,4	-1,1	+2,0
Март	1,7	2,6	2,6	1,7	2,0	-0,6
Апрель	6,7	6,5	6,5	6,6	7,3	+0,8
Май	12,2	12,1	12,1	12,1	12,5	+0,4
Июнь	15,6	15,7	15,7	15,4	15,5	-0,2
Июль	17,7	17,3	17,3	17,4	18,1	+0,8
Август	17,3	16,9	16,9	17,1	17,6	+0,7
Сентябрь	12,9	13,2	13,2	12,7	13,1	-0,1
Октябрь	8,3	8,6	8,6	8,2	8,4	-0,2
Ноябрь	3,4	3,4	3,4	3,1	3,3	-0,1
Декабрь	-0,4	-0,7	-0,7	-0,1	-0,3	+0,4
Год	7,6	7,4	7,5	7,6	7,9	+0,5



На рис. 4.5.3–4.5.4 представлены значения среднесуточных уровней р. Преголи (Гвардейск) в последние годы [1]. Среднегодовые величины уровней над нулем поста (–5,17 м БС) составили: 2007 г. – 615,9 см; 2008 – 583,2; 2009 – 580,4; 2010 – 586,5; 2011 – 605,3; 2012 – 600,1; 2013 – 597,1; 2014 год – 559,6 см. Как уже указывалось, 2014 г. оказался самым маловодным за весь период наблюдений в бассейне р. Преголи. Наибольший средний уровень был отмечен в 2007 г.

Для анализа подобия внутригодовых (среднесуточных) изменений уровней воды р. Преголи были найдены коэффициенты парной корреляции между ними (табл. 4.5.2).

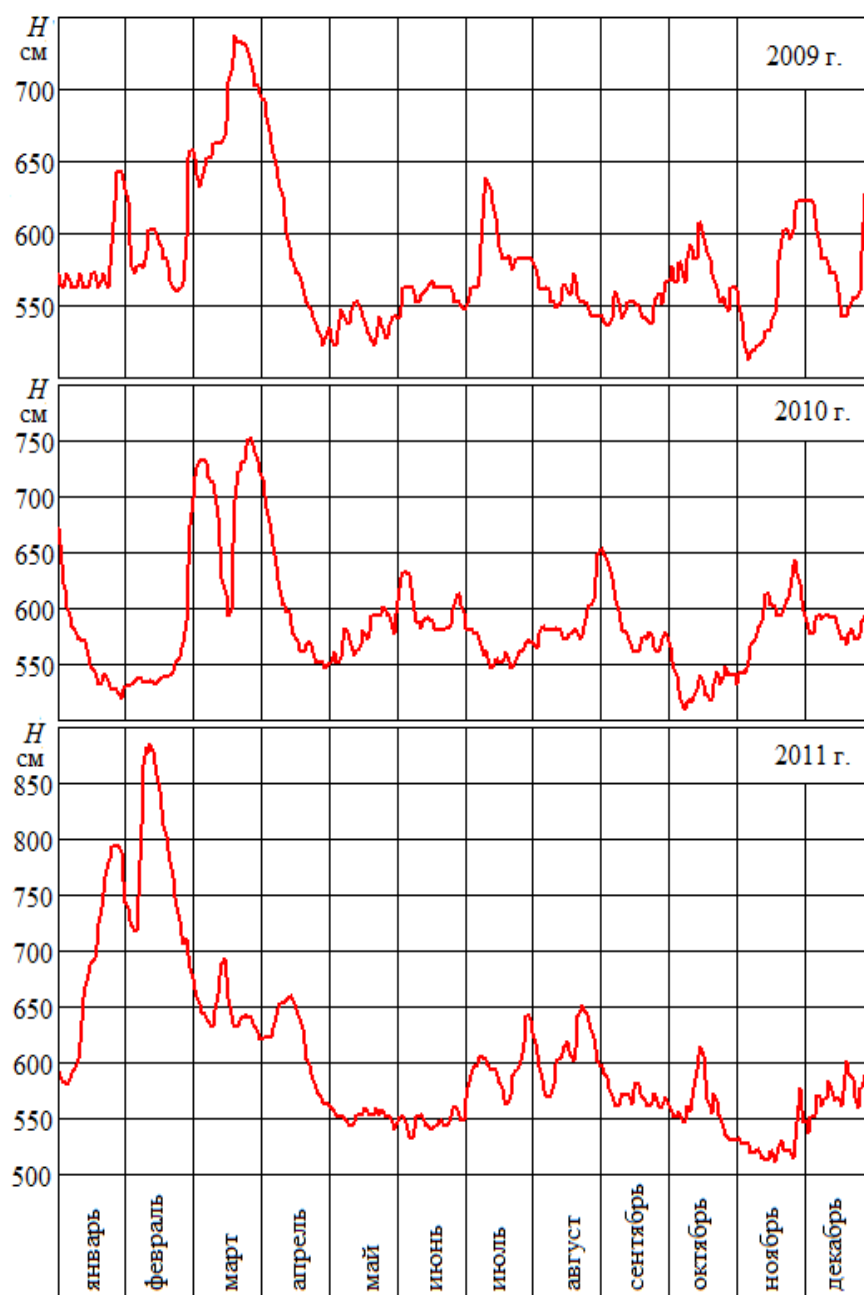


Рис. 4.5.3. Ежедневное изменение уровня р. Преголи (Гвардейск) над нулем поста, 2009–2011 гг.

На рис. 4.5.3 – 4.5.4, как и ранее, отмечаются осенне-летние дождевые паводки и подъем уровня воды в конце года, обусловленный оттепелью. Часто повторяющимся стало два (а в 2014 г. даже три) пика уровня во время весенне-го половодья.

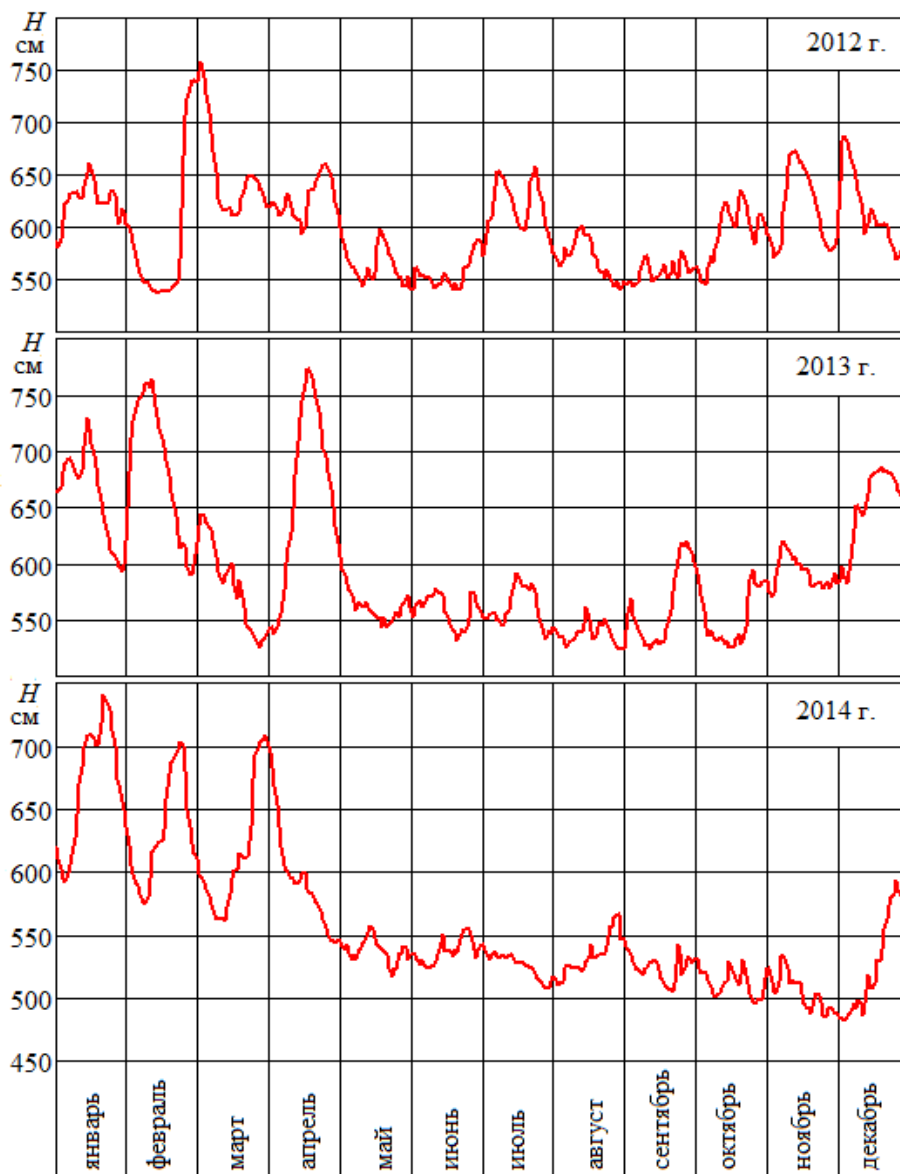


Рис. 4.5.4. Ежедневное изменение уровня р. Преголи (Гвардейск) над нулем поста, 2012–2014 гг.

Самым близким оказалось внутригодовое распределение уровней 2011 и 2014 г. ( $r = 0,715$ ); наименее – 2007 и 2011 г. ( $r = 0,018$ ). Величина коэффициента парной корреляции меньшая по модулю 0,1 означает, что стохастическая связь, практически, отсутствует.

Табл. 4.5.2 может быть использована для выбора лет с типичным внутригодовым распределением уровней. По среднему значению  $r_{cp} = 0,582$  среди рассмотренных лет таковым является распределение уровней 2008 г. Наибольшее отличие наблюдалось в 2010 г. ( $r_{cp} = 0,266$ ).

Таблица 4.5.2 – Матрица парной корреляции внутригодовых изменений уровней воды р. Преголи (Гвардейск)

Годы	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2007	1	0,630	0,446	0,018	0,770	0,304	0,419	0,534
2008	0,630	1	0,676	0,356	0,646	0,357	0,446	0,545
2009	0,446	0,676	1	0,562	0,350	0,417	-0,032	0,400
2010	0,018	0,356	0,562	1	-0,093	0,296	-0,191	0,177
2011	0,770	0,646	0,350	-0,093	1	0,061	0,475	0,715
2012	0,304	0,357	0,417	0,296	0,061	1	0,195	0,213
2013	0,419	0,446	-0,030	-0,191	0,475	0,195	1	0,381
2014	0,534	0,545	0,400	0,171	0,715	0,213	0,381	1
Среднее	0,515	0,582	0,478	0,266	0,491	0,355	0,337	0,496

В первичную обработку уровней воды входят: приведение измеренных уровней к нулю графика, вычисление среднесуточных уровней, составление таблицы ежедневных уровней (по годам), построение графиков их колебаний. Уровни над нулем графика выражаются в сантиметрах. Дальнейшая обработка заключается в определении многолетних характеристик уровней и дат их наступления.

По хронологическим графикам уровня (рис. 4.5.3 – 4.5.4) нельзя непосредственно определить, в течение какого периода уровень не опускался ниже заданного, какой уровень чаще всего встречается и т. д. Чтобы ответить на эти вопросы, проводят статистическую обработку уровней. Обрабатываются как сами уровни за любой период, так и даты наступления характерных уровней и ледовых явлений. Уровни располагают в убывающем порядке. Если один и тот же уровень встречается несколько раз, его несколько раз записывают в таблицу.

Ход убывания уровней от  $H_{max}$  до  $H_{min}$  изображают графически: по вертикальной оси откладывают уровни, а по горизонтальной – сутки (номера по порядку), как показано на рис. 4.5.5 из [88]. Такая кривая может быть построена с достаточной точностью и по значительно меньшему чем 365 (366) числу точек. Для этого уровни предварительно разбивают на 10...15 интервалов и подсчитывают их число в каждом интервале. Во избежание неопределенности при рассортировке уровней в интервалы включают неповторяющиеся значения.

Число уровней в интервале  $m_i$ , суммарное число суток  $m$  подсчитывают в процентах по отношению к общему числу суток  $n$ . Значения  $Nh_i$  выражают *повторяемость*, или *частоту уровней*, попадающих в данный интервал, а значения  $Pr_i$  – *продолжительность*, или *обеспеченность уровней* в пределах от наибольшего уровня  $H_{max}$  до нижней границы данного интервала. Откладывая по вертикальной оси уровни  $H$ , а по горизонтальной  $Nh_i$  против середины интервала и  $Pr_i$  против его нижней границы, получаем график частоты и обеспеченности уровней.

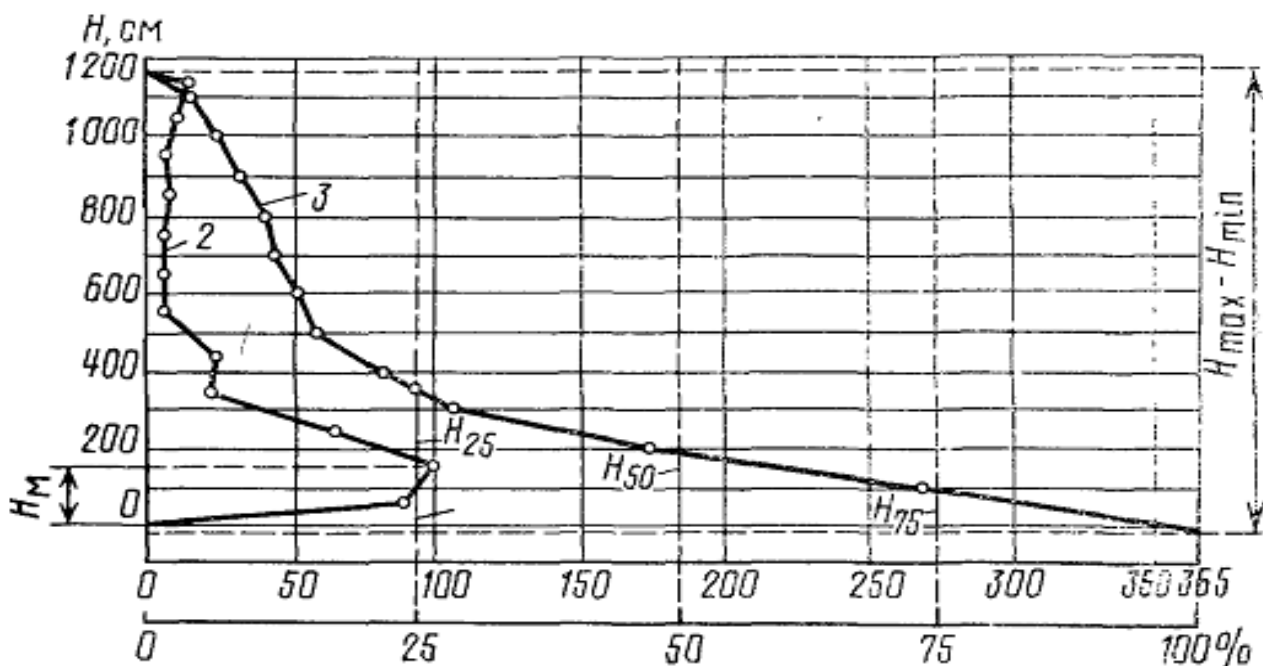


Рис. 4.5.5. Графики частоты 2 и обеспеченности 3 уровней воды [88]

График частоты может быть изображен в виде ступенчатой или ломаной линии. В последнем случае концы линии подводятся к точкам с  $H = H_{min}$  и  $H = H_{max}$  при нулевом значении оси абсцисс. График обеспеченности начинается в точке с  $H = H_{max}$  и заканчивается в точке с  $H = H_{min}$  ( $Pr = n$ ) (при обеспеченности 100%), как на рис. 4.5.5. При такой методике все расчеты и построения выполняются вручную, что является весьма трудоемкой процедурой даже для одного года. В [77] предложена методика расчета и построения указанных графиков в среде Mathcad. Покажем на примере обработки файла с данными уровнями 2009 г. (см. рис. 4.5.3).

$ORIGIN := 1$

Построчное считывание данных

$H := READPRN("2009.txt")$ .

Проверка количества наблюдений

$n := rows(H) = 365$ .

Количество интервалов

$s1 := 20 \quad s := s1 + 1$ .

Индексы массивов

$i := 1..n \quad j := 1..n \quad k := 1..s1 \quad k1 := 1..s$

Наибольшее и наименьшее значения уровня, см

$Ha := max(H) = 739$ ;

$Hi := min(H) = 511$ .

Размах варьирования, длина интервала, см

$$DH := Ha - Hi = 228; \quad \Delta H := \frac{DH}{s1} = 11.4. \quad (4.5.1)$$

Границы интервалов уровней, см

$$Hk_k := Ha - \Delta H \cdot (k - 1); \quad hp_{k1} := Hi + \Delta H \cdot (k1 - 1). \quad (4.5.2)$$

Распределение количества наблюдений по интервалам

$$Nh1 := hist(hp, H). \quad Nh_k := Nh1_{s-k}. \quad (4.5.3)$$



Продолжительность стояния уровней (с нарастающим итогом)

$$Pr_k := \sum_{i=1}^k Nh_i. \quad (4.5.4)$$

Результаты расчета наносим на рис. 4.5.6.

К характерным уровням относятся уровень наибольшей частоты  $H_M$ , называемый *модальным*, и уровень, обеспеченный на 50%, называемый *медианным*,  $H_{50}$ . Если бы кривая частоты по обе стороны от ординаты с наибольшей частотой имела одинаковые ветви, т.е. была бы симметричной, то модальный, медианный и среднеарифметический уровни были бы одинаковыми. Медианный уровень – более объективная характеристика среднего положения уровня, чем среднеарифметическое значение  $H_{cp}$ , так как на значениях  $H_{cp}$  отражаются редкие подъемы и понижения уровня, иногда не связанные с увеличением стока в бассейне реки (при образовании большого затора и др.). На медианный уровень эти факторы не влияют [41, 88].

Для характеристики нарастания уровней влево от медианного уровня используют уровень  $H_{25}$  25%-ной обеспеченности, называемый *верхним квадрилианным*. Для характеристики убывания уровней вправо от медианного используют нижний квадрилианный уровень  $H_{75}$  (обеспеченность 75%).

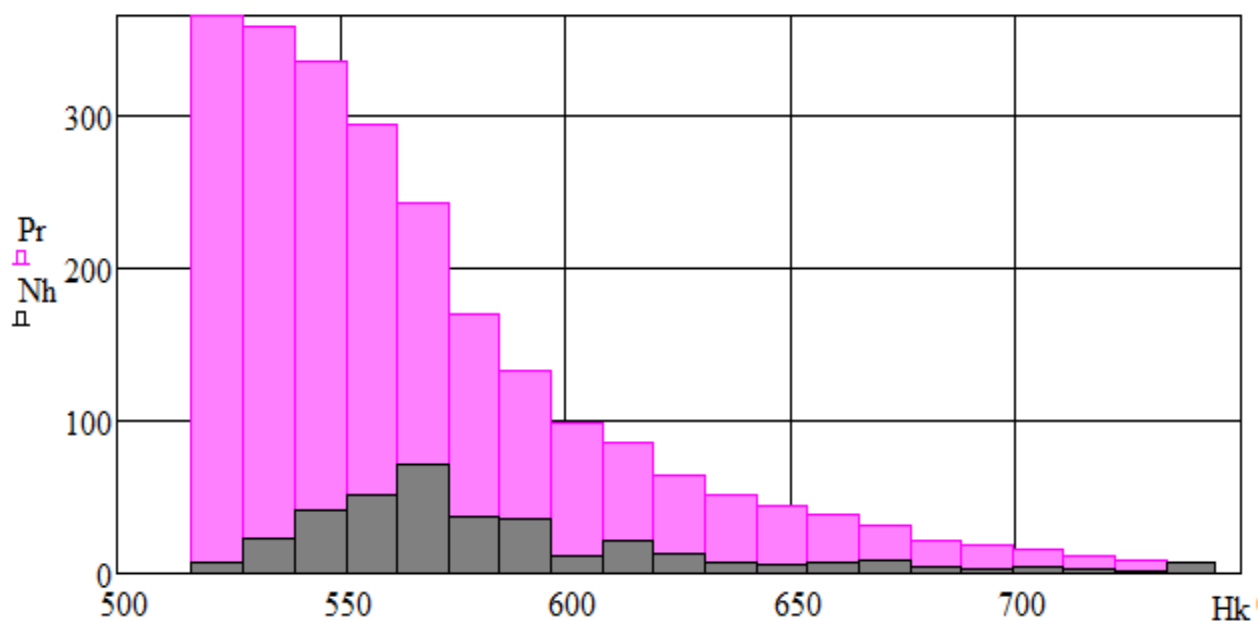


Рис. 4.5.6. Повторяемость  $Nh$  и продолжительность стояния уровней  $Pr$  (в днях) р. Преголи (Гвардейск) в 2009 г.

Для построения средней повторяемости уровней за несколько лет (рис. 4.5.7) создается общий массив данных, к которому применяется указанная процедура. Причем в конце суммарное значение повторяемости уровней делится на количество лет. Модальный уровень  $H_M = 540$  см.

Продолжительность стояния уровней (рис. 4.5.8), как и для одного года, получается суммированием по формуле (4.5.4).

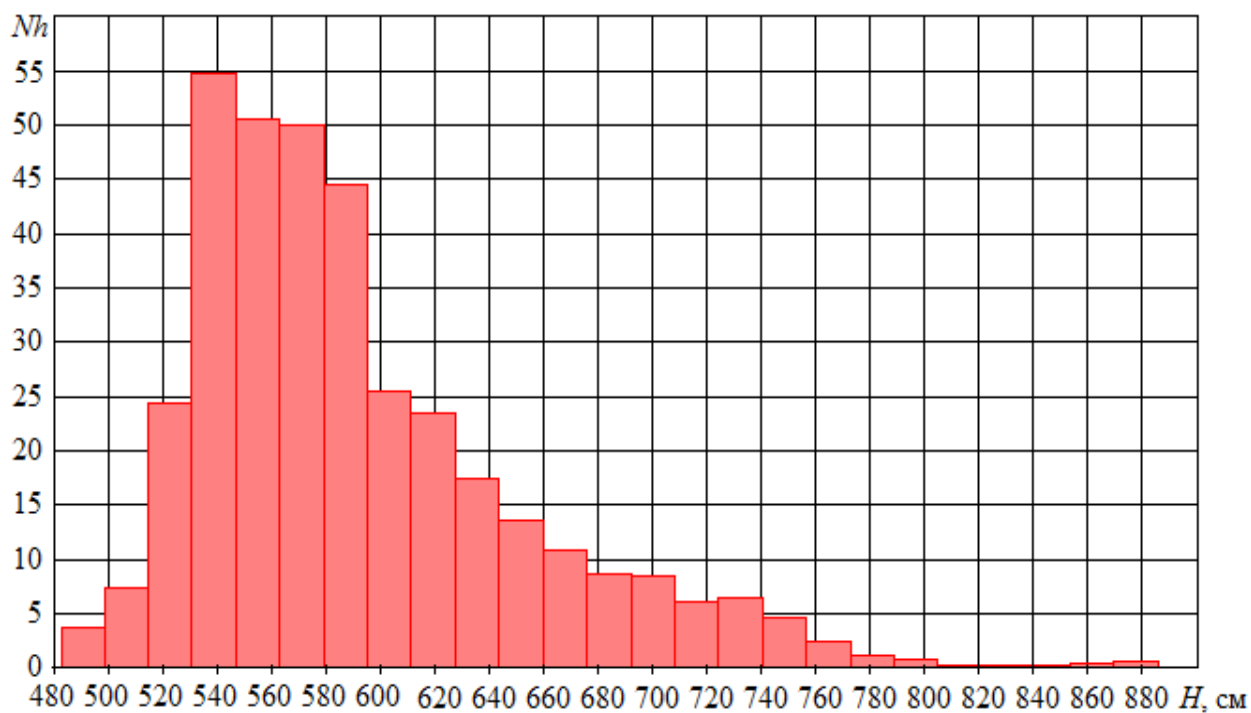


Рис. 4.5.7. Средняя повторяемость уровней р. Преголи (Гвардейск) в 2007–2014 гг.

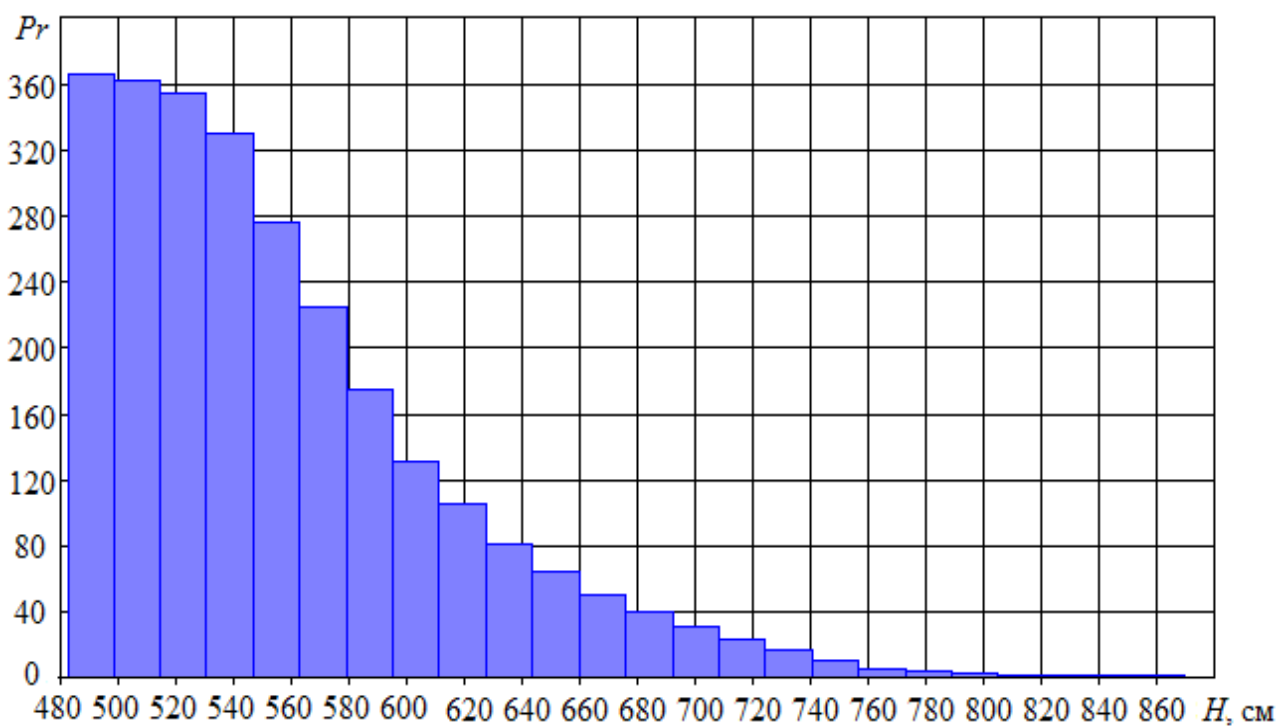


Рис. 4.5.8. Средняя продолжительность стояния уровней (в днях) р. Преголи (Гвардейск) в 2007–2014 гг.

Средняя продолжительность стояния уровней в процентах (табл. 4.5.3) рассчитывается по формуле

$$Pg_k = Pr_k / 3,65. \quad (4.5.5)$$

Таблица 4.5.3 – Средняя продолжительность стояния уровней в процентах р. Преголи (Гвардейск) в 2007–2014 гг.

$k$	$Pg_k$	$k$	$Pg_k$	$k$	$Pg_k$	$k$	$Pg_k$	$k$	$Pg_k$
1	0,137	6	0,582	11	6,199	16	22,295	21	75,411
2	0,240	7	0,890	12	8,527	17	28,699	22	90,411
3	0,247	8	1,541	13	10,890	18	35,685	23	97,089
4	0,308	9	2,808	14	13,836	19	47,877	24	99,075
5	0,377	10	4,555	15	17,534	20	61,575	25	100

Находим по таблице  $Pg$ , между какими элементами находится нужный процент; например, 1% – между 7-м и 8-м. Тогда уровень обеспеченности 1% рассчитывается по формулам [88]:

$$H1 = Hk_8 + \frac{Hk_7 - Hk_8}{Pg_7 - Pg_8} \cdot (1 - Pg_8) = 777,5 \text{ см}; \quad (4.5.6)$$

$$H10 = Hk_{14} + \frac{Hk_{13} - Hk_{14}}{Pg_{13} - Pg_{14}} \cdot (10 - Pg_{14}) = 688,4 \text{ см}.$$

Верхний (или 25%) квадрильянный уровень

$$H25 := Hk_{17} + \frac{Hk_{16} - Hk_{17}}{Pg_{16} - Pg_{17}} \cdot (25 - Pg_{17}) = 628,6 \text{ см}.$$

(4.5.7)

Медианный (или 50%) уровень

$$H50 := Hk_{20} + \frac{Hk_{19} - Hk_{20}}{Pg_{19} - Pg_{20}} \cdot (50 - Pg_{20}) = 584,3 \text{ см}. \quad (4.5.8)$$

Нижний (или 75%) квадрильянный уровень, см

$$H75 := Hk_{21} + \frac{Hk_{20} - Hk_{21}}{Pg_{20} - Pg_{21}} \cdot (75 - Pg_{21}) = 555,0 \text{ см}; \quad (4.5.9)$$

$$H90 := Hk_{22} + \frac{Hk_{21} - Hk_{22}}{Pg_{21} - Pg_{22}} \cdot (90 - Pg_{22}) = 538,9 \text{ см};$$

$$H99 := Hk_{24} + \frac{Hk_{23} - Hk_{24}}{Pg_{23} - Pg_{24}} \cdot (99 - Pg_{24}) = 506,8 \text{ см}.$$

Коэффициент автокорреляции между смежными среднесуточными уровнями вычисляем (рис. 4.5.9) по формулам [65]:

$$r[k] = \frac{\sum_{i=k+1}^n [(H_i - Hk_1) \cdot (H_{i-(k+1)} - Hk_2)]}{\sqrt{\sum_{i=k+1}^n [(H_i - Hk_1)^2]} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-(k+1)} [(H_i - Hk_2)^2]}}; \quad (4.5.10)$$

$$Hk1 = \frac{1}{n-(k+1)} \cdot \sum_{i=k+1}^n H_i; \quad Hk2 := \frac{1}{n-(k+1)} \cdot \sum_{i=1}^{n-(k+1)} H_i. \quad (4.5.11)$$

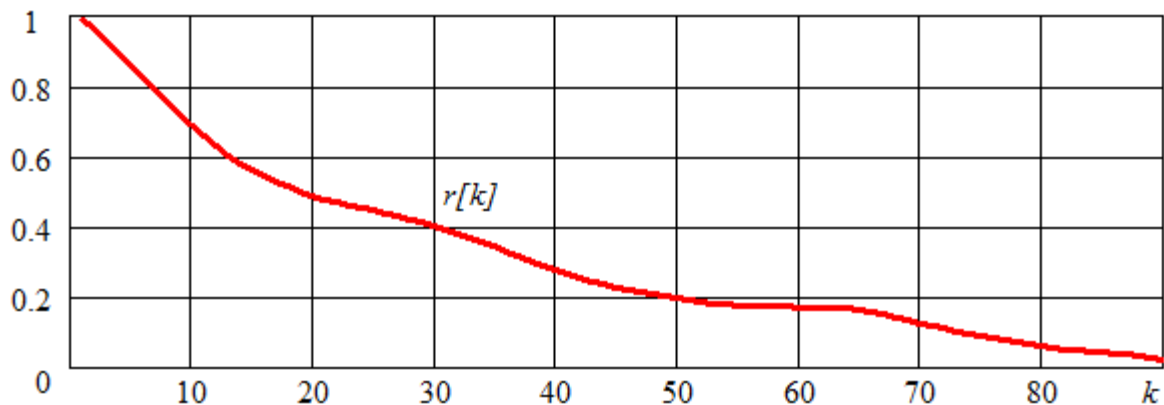


Рис. 4.5.9. Автокорреляционная функция суточных уровней р. Преголи

Коэффициент автокорреляции между смежными среднесуточными уровнями очень высок  $r[1] = 0,988$ . Стохастическая связь остается значимой ( $r[k] > 0,7$ ) вплоть до 10 сут; теряется ( $r[k] < 0,1$ ) примерно через 75 сут.

По ежедневным расходам  $Q_i$  построим скользящие 30-дневные средние расходы в 2011 г. (на рис. 4.5.10 показаны начальные даты 30-дневных интервалов):

$$Q_{30j} = \frac{1}{30} \sum_{i=j}^{j+29} Q_i. \quad (4.5.12)$$

По рис. 4.5.10 найдем важную гидрологическую характеристику – наименьший 30-дневный расход за 2011 г., он равен  $28,8 \text{ м}^3/\text{с}$  и начинается с 28 октября. Соответствующий модуль стока  $2,12 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ .

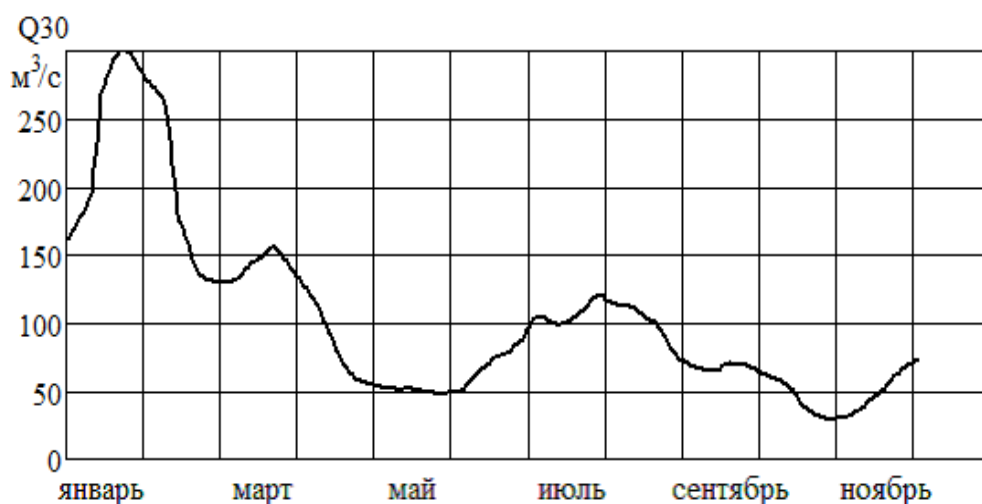


Рис. 4.5.10. Скользящие средние 30-дневные расходы р. Преголи (Гвардейск) в 2011 г.

## 5. ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕГИОНА ПРИ ОТСУТСТВИИ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

### 5.1. Методы определения расчетных расходов данной обеспеченности

При отсутствии гидрометрических наблюдений в расчетном створе параметры распределения и расчетные значения определяют с помощью следующих основных методов [104]: водного баланса; гидрологической аналогии; осреднения в однородном районе; построения карт изолиний; построения региональных зависимостей стоковых характеристик от основных физико-географических факторов водосборов; построения зависимостей между среднегодовыми стоковыми характеристиками и стокоформирующими факторами.

При статистической однородности параметров распределения в гидрологическом районе расчетное их значение в исследуемом створе определяется как среднеарифметическое для рек-аналогов, имеющих наиболее продолжительные ряды наблюдений, или по приведенным к многолетнему периоду данным. Однородность параметров распределения устанавливается по статистическим критериям однородности, как в подразделе 4.2.

Методы определения расчетных характеристик максимального стока весеннего половодья и дождевых паводков подразделяют на следующие [104]:

- а) при наличии одной или нескольких рек-аналогов;
- б) при отсутствии рек-аналогов.

Выбор рек-аналогов проводится с соблюдением требований [104]:

- однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки;
- географическая близость расположения водосборов;
- однородность условий формирования стока, сходство климатических условий, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, близкая степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов;

- средние высоты водосборов не должны существенно отличаться, для горных и полугорных районов следует учитывать экспозицию склона и гипсометрию;

- отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы воды, изъятие стока на орошение и другие нужды),

а также при соблюдении условий:

$$L / A^{0,56} \approx L_a / A_a^{0,56}; \quad J \cdot A^{0,5} \approx J_a \cdot A_a^{0,5}, \quad (5.1.1)$$

где  $L$  и  $L_a$  – длина исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км;

$J$  и  $J_a$  – уклон водной поверхности исследуемой реки и реки-аналога, ‰;

$A$  и  $A_a$  – площади водосборов исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км<sup>2</sup>.



## Максимальные расходы весеннего половодья

Расчет максимальных расходов весеннего половодья при отсутствии гидрометрических наблюдений выполняется по редуccionной формуле [104]

$$Q_{P\%} = K_0 \cdot h_p \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot A / (A + A_1)^{nr}, \quad (5.1.2)$$

где  $Q_{P\%}$  – максимальный расход воды весеннего половодья заданной ежегодной вероятности превышения, м<sup>3</sup>/с;  $nr$  – показатель степени редуccion, для всей территории Калининградской области принят  $nr = 0,18$  [94];  $K_0$  – параметр, характеризующий дружность половодья;  $h_p$  – слой суммарного стока половодья той же обеспеченности ( $P\%$ ), что и искомый максимальный расход воды;  $\mu$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды;  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  – коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды, соответственно, лесами и болотами;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние на сток озер, водохранилищ;  $A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $A_1$  – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редуccion модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км<sup>2</sup>.

Коэффициент  $\delta_1$  определялся по формуле [104]

$$\delta_1 = \alpha_1 / (Al + 1)^{0,22}, \quad (5.1.3)$$

где  $\alpha_1$  – параметр, учитывающий расположение леса на водосборе;  $Al$  – залесённость водосбора в процентах.

Коэффициент  $\delta_2$  определяется по формуле [104]

$$\delta_2 = 1 - \beta \cdot \lg(0,1 \cdot Ab + 1), \quad (5.1.4)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий тип болот и состав грунтов, для рассматриваемых водосборов, равен 0,8;  $Ab$  – заболоченность водосбора в процентах.

Коэффициент  $\delta$ , учитывающий снижение расхода весеннего половодья на реках, зарегулированных проточными озерами, определяется по формуле [104]

$$\delta = 1 / (1 + C A_{оз}), \quad (5.1.5)$$

где  $C$  – коэффициент, принимаемый равным 0,2 для лесной и лесостепной зон.

Указанный метод расчета максимальных расходов воды рек весеннего половодья применим для рек с площадями водосборов от элементарно малых (менее 1 км<sup>2</sup>) до 20000 км<sup>2</sup> для европейской части России [104]. Он пригоден для всех водотоков бассейна р. Преголи. В Калининградской области подбор коэффициента дружности половодья рек-аналогов осуществляется по табл. 5.1.1.

Очень важным является требование [104]: значения параметров и коэффициентов в расчетных формулах следует уточнять на основе использования гидрометеорологической информации за весь период наблюдений, включая последние годы. Поэтому из табл. 5.1.1 следует исключить строки: Оса – Краснознаменское, Инструч – Тимирязево, Лава – Орехово, так как гидропосты в указанных створах были закрыты.

Таблица 5.1.1 – Реки Калининградской области [94]

Река – створ	$A$ , км <sup>2</sup>	$\delta_1 \cdot \delta_2$	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$q_{1\%}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )	$h_{1\%}$ , мм	$K_0$
Злая – Приозерье	142	0,96	24,2	170	200	0,0021
Преголя – Гвардейск	13600	0,79	872	64,1	126	0,0028
Оса – Краснознаменское	68,5	0,95	11,6	169	196	0,0018
Инструч – Ульяновово	587	0,83	107	182	176	0,0032
Инструч – Тимирязево	1220	0,80	204	167	194	0,0031
Писса – Зеленый Бор	1360	0,70	159	117	126	0,0034
Красная – Токаревка	412	0,42	48,3	117	149	0,0023
Лава – Орехово	5800	0,78	295	50,9	106	0,0023
Лава – Родники	7020	0,78	431	61,4	93	0,0032
Проходное – Светлое	941	0,68	104	111	197	0,0019
Мамоновка – Мамоново	300	0,82	25,4	84,7	117	0,0020
Шешупе – Долгое	5830	0,56	715	123	174	0,0034

Свод правил [104] при наличии данных метеорологических наблюдений, позволяющих рассчитывать водоотдачу из снежного покрова, допускает рассчитывать расходы воды весеннего половодья малых рек по упрощенным генетическим формулам. Однако структура таких формул и методы определения параметров должны быть регламентированы Территориальными строительными нормами, которые в Калининградской области не утверждены.

В табл. 5.1.2 приведены полученные в [94] коэффициенты перехода от 1%-ных величин максимальных расходов весеннего половодья к расходам других обеспеченностей.

Таблица 5.1.2 – Коэффициенты перехода от 1%-ных величин максимальных расходов весеннего половодья

$P$ , %	0,1	1	2	3	5	10	25
$\lambda_p$	1,26	1,0	0,92	0,86	0,80	0,70	0,55

### Максимальные срочные расходы дождевых паводков

Выбор типа расчетной формулы для определения максимального срочного расхода воды дождевого паводка заданной вероятности превышения  $Q_{p\%}$  следует производить согласно табл. 5.1.3.

Методические возможности расчетных формул из табл. 5.1.3 позволяют выполнить расчет  $Q_{\max, P\%}$  без учета наиболее вероятных календарных сроков его прохождения. В [104] допускается IV тип расчетных формул: объемные, генетические и другие формулы, основанные на расчете стока по осадкам, в том числе через индексы предшествующего увлажнения. Они учитывают гидрографические характеристики русла и водосбора, озерность, заболоченность, инфильтрационные свойства почв, уровень подземных вод, стокоформирующие одно- и многосуточные осадки по календарным периодам года (на уровне декад и месяцев), показатель увлажненности почв, а также позволяют выполнить расчет  $Q_{\max, P\%}$  с учетом календарных сроков летне-осеннего сезона и имеющихся

представлений о формировании потерь стока. Однако структура формул типа IV и методы определения параметров должны быть утверждены в Территориальных строительных нормах.

Таблица 5.1.3 – Условия применения формул по определению максимального расхода воды дождевого паводка заданной обеспеченности

Расчетная формула	Площадь водосбора	Учитываемые характеристики бассейна
I. Эмпирическая редуционная формула (5.1.6) при наличии реки-аналога	$A > 200 \text{ км}^2$	Гидрографические характеристики русла, озерность, заболоченность, средняя высота водосбора
II. Эмпирическая редуционная формула (5.1.13) при отсутствии реки-аналога	То же	То же
III. Формула предельной интенсивности стока (5.1.15) и при отсутствии, и при наличии реки-аналога	$A < 200 \text{ км}^2$	Гидрографические характеристики русла и водосбора, озерность, тип и состав почв, суточный максимум осадков в году, интенсивность осадков

Расчетная формула типа I (редуционная) для определения  $Q_{p\%}$  при наличии одной или нескольких рек-аналогов имеет вид:

$$Q_{p\%} = q_{p\%,a} \Phi_M (\delta \delta_2 / \delta_a \delta_{2a}) A, \quad (5.1.6)$$

где  $q_{p\%,a}$  — модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога расчетной вероятности превышения  $P\%$ ,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ ; рассчитывают по формуле

$$q_{p\%,a} = Q_{p\%,a} / A_a, \quad (5.1.7)$$

где  $Q_{p\%,a}$  — максимальный расход воды дождевого паводка вероятности превышения  $P\%$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $A_a$  — площадь водосбора реки-аналога,  $\text{км}^2$ ;  $\Phi_M$  — коэффициент, учитывающий редуцию максимального модуля стока дождевого паводка ( $q_{1\%}$ ) с увеличением площади водосбора ( $A$ ,  $\text{км}^2$ ) или продолжительности руслового времени добега (  $\tau_r$ , мин); рассчитывают в зависимости от значения коэффициента  $\eta_\Phi$ , представляющего соотношение коэффициентов формы водосбора:

$$\eta_\Phi \approx L \cdot A_a^{0,56} / (L_a \cdot A^{0,56}), \quad (5.1.8)$$

где  $L$  и  $L_a$  — гидрографическая длина водотока для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км;  $A$  и  $A_a$  — площадь водосбора для исследуемой реки и реки-аналога соответственно,  $\text{км}^2$ .

Расчетное значение коэффициента  $\Phi_M$  определяют по формулам:

$$\Phi_M = (A_a / A) n \quad \text{при } \eta_\Phi < 1,5; \quad (5.1.9)$$

$$\Phi_M = (\Phi_a / \Phi)^{n_i} \quad \text{при } \eta_\Phi > 1,5; \quad (5.1.10)$$

где  $\Phi$  и  $\Phi_a$  — гидроморфометрическая характеристика русла для исследуемой реки и реки-аналога соответственно; определяют по формуле

$$\Phi_p = 1000 \cdot L / (m_p \cdot I_p^m \cdot A^{0,25}), \quad (5.1.11)$$

где  $m_p$  и  $m$  – гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока; определяют согласно приложению В;  $I_p$  – средневзвешенный уклон русла водотока, ‰;  $n$  и  $n_1$  – степенные коэффициенты, отражающие редукцию максимального модуля стока дождевого паводка  $q_{1\%}$ , соответственно, с увеличением площади водосбора  $A$ , км<sup>2</sup>, и руслового времени добега  $\tau_p$ .

Русловое время добега  $\tau_p$  (ч) для гидрологически изученной реки определяют по формуле

$$\tau_p = 1000L/V = 1000L/(m_p I_p^m Q_{1\%}^{0,25}), \quad (5.1.12)$$

где  $V$  – максимальное значение средней скорости добега воды по главному водотоку, м/с;  $m_p$ ,  $m$  и  $I_p$  – то же, что и в формуле (5.1.11);  $\delta$  и  $\delta_a$ ,  $\delta_2$  и  $\delta_{2a}$  – поправочные коэффициенты, учитывающие для исследуемой реки и реки-аналога регулирующее влияние, соответственно, озер (прудов, водохранилищ), а также болот и заболоченных земель.

Расчетная формула типа II для определения  $Q_{p\%}$  при отсутствии рек-аналогов:

$$Q_{p\%} = q_{200}(200/A)^n \delta \delta_2 \delta_3 \lambda_{p\%} A, \quad (5.1.13)$$

где  $q_{200}$  – модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ , приведенный к условной площади водосбора, равной 200 км<sup>2</sup> при  $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1,0$ ; определяют для исследуемой реки при наличии региональной карты параметра  $q_{200}$  интерполяцией, а при отсутствии – на основе использования многолетних данных гидрологически изученных рек;  $A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $\delta_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий изменение параметра  $q'_{200}$  с увеличением средней высоты водосбора  $\bar{H}$ , м, в полугорных и горных районах;  $\lambda_{p\%}$  – переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$  к значениям другой вероятности превышения ( $P < 25\%$ ):

$$\lambda_{p\%} = Q_{p\%} / Q_{1\%}. \quad (5.1.14)$$

Расчетная формула типа III для определения  $Q_{p\%}$  на водосборах ( $A < 200$  км<sup>2</sup>):

$$Q_{p\%} = q'_{1\%} \cdot \phi \cdot H_{1\%} \cdot \delta_1 \cdot \lambda_p \cdot A, \quad (5.1.15)$$

где  $\phi$  – сборный коэффициент стока;  $A$  – площадь водосбора для исследуемой реки, км<sup>2</sup>;  $H_{1\%}$  – максимальный суточный слой осадков вероятности превышения  $P = 1\%$ , мм (по данным метеорологических станций);  $\delta_1$  – коэффициент, учитывающий снижение расходов залесённостью водосбора;  $\lambda_p$  – переходный коэффициент от вероятности превышения  $P = 1\%$  к значениям другой вероятности превышения ( $P < 25\%$ ); назначаем по приложению В (район 2).

Относительный модуль максимального срочного расхода воды  $q'_{1\%}$  ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ , представляющий отношение

$$q'_{1\%} = q_{1\%} / \varphi \cdot H_{1\%}, \quad (5.1.16)$$

определяем для исследуемого района (район 3) в зависимости от гидроморфометрической характеристики русла  $\Phi_p$  и продолжительности склонового добега  $\tau_{ск}$ , мин по приложению Ж.

Гидроморфометрическая характеристика русла  $\Phi_p$  определяется по формуле

$$\Phi_p = 1000 \cdot L / \left( m_p \cdot I_p^{0,333} \cdot A^{0,25} \cdot (\varphi \cdot H_{1\%})^{0,25} \right), \quad (5.1.17)$$

где  $L$  – длина реки, км;  $I_p$  – средневзвешенный уклон реки;  $m_p$  – гидравлический параметр русла, зависящий от состояния русла и поймы, принимается согласно приложению В.

Сборный коэффициент стока  $\varphi$  определяется по формуле

$$\varphi = \frac{1,2 \cdot \varphi_0}{(A + 1)^{0,07}} \cdot \left( \frac{I_{в}}{50} \right)^{n_2}, \quad (5.1.18)$$

где  $\varphi_0$  – сборный коэффициент стока для для условного водосбора с площадью, равной  $10 \text{ км}^2$ , и средним уклоном  $I_{в}$ , равным  $50\%$ , определяется в зависимости от механического состава почв по приложению В;  $I_{в}$  – средний уклон водосбора, %.

Продолжительность склонового добега  $\tau_{ск}$  в минутах определяется по расчетной таблице [56] в зависимости от гидроморфологической характеристики склонов  $\Phi_{ск}$ , вычисляемой по формуле:

$$\Phi_{ск} = (1000 \cdot \bar{e})^{0,5} / m_{ск} \cdot I_{в}^{0,25} \cdot (\varphi \cdot H_{1\%})^{0,5}. \quad (5.1.19)$$

где  $\bar{e}$  – средняя длина безруслых склонов водосбора, км;  $m_{ск}$  – коэффициент, учитывающий шероховатость склонов водосбора, определяется приложению В;  $I_{в}$ ,  $\varphi$ , и  $H_{1\%}$  – то же, что и в других формулах.

При расчетах максимального стока по формуле предельной интенсивности следует иметь в виду, что редуцированные кривые осадков, приведенные в [94], основаны на данных наблюдений до 60-х годов и требуют обязательного уточнения.

### Минимальный сток воды рек

Основной расчетной характеристикой является минимальный 30-суточный или среднемесячный расход воды в зимний или летне-осенний сезоны. Минимальный среднесуточный расход обычно используют в случаях, когда не допускаются перерывы в подаче воды, его определяют по связи с 30-суточным.



Метод определения минимального 30-суточного расхода воды зависит от категории реки: малая, средняя или большая. К малым относят реки, у которых модуль минимального стока изменяется с возрастанием площади водосбора. В зависимости от района к малым причисляют реки с верхним пределом площади водосбора от 1000 до 5000 км<sup>2</sup>. Наименьшие значения отмечены в зонах избыточного и достаточного увлажнения, как в Калининградской области. К средним относят реки с площадью водосбора от вышеуказанных до 50000 км<sup>2</sup>. Реки с большей площадью считают большими [104].

Минимальные расходы воды на больших и средних реках определяют по интерполяции между пунктами наблюдений с учетом боковой приточности и данных полевых гидрометеорологических изысканий в расчетном створе.

При невозможности использовать эти указания, а также минимальный сток малых равнинных рек  $Q_{P\%}$ , м<sup>3</sup>/с, рассчитывают по зависимости минимальных 30-суточных расходов воды 80 %-ной обеспеченности от площади водосбора для районов, однородных по условиям формирования минимального стока. В общем виде эта зависимость имеет вид [104]:

$$Q_{P\%} = b(A \pm A_1)^m \delta_1 \delta_2 \lambda_{P\%}, \quad (5.1.20)$$

где  $A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $A_1$  – дополнительная площадь водосбора: при положительном значении отражает дополнительное питание рек в период минимального стока за счет озерного регулирования при относительной озерности водосбора до 5%; в случае отрицательного значения показывает площади водосбора с ежегодным отсутствием стока в течение 30 сут;  $\delta_1$  – коэффициент, учитывающий увеличение минимальных расходов воды на озерных реках;  $\delta_2$  – коэффициент, учитывающий увеличение минимальных расходов воды заболоченных водосборов;  $\lambda_{P\%}$  – переходный коэффициент от минимального 30-суточного расхода воды 80 %-ной обеспеченности к расходу воды расчетной обеспеченности.

Значение  $\delta_1$  определяется по формуле

$$\delta_1 = 1 / (1 - cA_{O3}), \quad (5.1.21)$$

где  $c$  – коэффициент, определяемый в зависимости от среднего многолетнего или 80 %-ной обеспеченности слоя минимального стока;  $A_{O3}$  – относительная озерность водосбора.

При относительной озерности меньше 2% и отсутствии ежегодного пересыхания или перемерзания формула (5.1.20) принимает вид:

$$Q_{P\%} = bA^m \delta_2 \lambda_{P\%}, \quad (5.1.22)$$

где  $b$ ,  $m$  — районные параметры, определяемые по рекам-аналогам или как средние районные значения с использованием минимальных расходов воды опорной обеспеченности, обычно 80%.

При  $A_{O3} = 5-15$  % формула (5.1.20) приобретает вид:

$$Q_{P\%} = bA^m \delta_1 \delta_2 \lambda_{P\%}. \quad (5.1.23)$$

При относительной озерности более 15 % рекомендуется использовать формулу

$$q_{30} = a_1(1 + b_1A_{03})n, \quad (5.1.24)$$

где  $q_{30}$  – модуль минимального 30-суточного стока 80 %-ной обеспеченности, л/(с·км<sup>2</sup>);  $a_1, b_1, n$  – районные параметры.

Коэффициент  $\delta_2$  определяют по формуле

$$\delta_2 = 1 + \beta^*lg(0,1A_6 + 1), \quad (5.1.25)$$

где  $\beta^*$  – эмпирический коэффициент, определяемый в зависимости от типа болот;  $A_6$  – относительная площадь болот на водосборе. При  $A_6 < 5\%$  коэффициент  $\delta_2$  принимают равным единице.

Меженные расходы воды расчетной обеспеченности  $P\%$  для неизученных водотоков Калининградской области рекомендуется [94] рассчитывать по формуле

$$Q_{P\%} = k_A \cdot k_{вг} \cdot q_{80\%} \cdot \lambda_{P\%} \cdot A, \quad (5.1.26)$$

где  $A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $q_{80\%}$  – модуль меженного стока вероятностью превышения  $P = 80\%$ , снимается с региональной карты, приведенной в приложении И;  $k_A$  – поправочный коэффициент к минимальному стоку малых водотоков (табл. 5.1.4);  $k_{вг}$  – поправочный коэффициент к минимальному стоку водотоков, содержащих на водосборах более 10% водопроницаемых грунтов (табл. 5.1.5);  $\lambda_{P\%}$  – переходный коэффициент от минимальных расходов 80%-ной обеспеченности к расходам обеспеченности  $P\%$ .

Таблица 5.1.4 – Поправочные коэффициенты к минимальному стоку малых водотоков [94]

$A, \text{ км}^2$	50	100	200	400	600	800	1000
$k_A$	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0

Таблица 5.1.5 – Поправочные коэффициенты к минимальному стоку водотоков, содержащих на водосборах более 10% водопроницаемых грунтов ( $A_{вг}$ ) [94]

$A_{вг}, \%$	10	20	30	40	50	60	70	80
$k_{вг}$	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8

Коэффициент  $\lambda_{P\%}$  определен для Калининградской области как средний в однородном районе по данным рек-аналогов с учетом гидрогеологических условий, глубины вреза русла реки и других факторов минимального стока (табл. 5.1.6).

Таблица 5.1.6 – Переходные коэффициенты для расчета минимальных 30-дневных модулей стока летне-осенней межени различной обеспеченности

$P, \%$	50	75	80	90	95	97
$\lambda_{P\%}$	1,72	1,09	1,00	0,76	0,64	0,57

Минимальный среднесуточный расход воды расчетной обеспеченности рассчитывается по формуле [104]

$$Q_{\text{сут.р}\%} = k_j \cdot Q_{80\%} \cdot \lambda_{\text{р}\%}, \quad (5.1.27)$$

где  $k_j$  – коэффициент, определяемый как средний по району по связи суточных и 30-суточных минимальных расходов; для Калининградской области приведен в [94] (табл. 5.1.7).

Таблица 5.1.7 – Переходные коэффициенты от минимального 30-дневного модуля стока к суточному и среднему за 5 и 10 дней летне-осенней межени

$j$ , сут	30	10	5	1
$k_j$	1,0	0,86	0,81	0,68

Максимальную (или среднюю) многолетнюю продолжительность ежегодного пересыхания (или перемерзания) реки в расчетном створе  $T$ , сут, определяют по формуле [104]:

$$T = d_1 (A + 1)^{-m_1}, \quad (5.1.28)$$

где  $A$  – площадь водосборного бассейна до расчетного створа, км<sup>2</sup>;  $d_1$  и  $m_1$  – региональные параметры.

## 5.2. Инженерно-гидрологические изыскания в бассейне реки Новой

Река Новая является левым притоком р. Преголи, исток реки расположен вблизи пос. Красновка Черняховского района. Схема водосборного бассейна показана на рис. 5.2.1. Основные морфометрические характеристики р. Новой представлены в табл. 5.2.1.

Систематические гидрометрические наблюдения на р. Новой не проводились. Для расчета основных гидрологических характеристик необходимо выбрать реку-аналог. Река Новая относится к малым водотокам. В качестве реки-аналога была принята малая р. Злая – с. Приозерье (табл. 5.2.2), которая имеет репрезентативный ряд наблюдений и самые близкие значения характерных параметров (табл. 5.2.3).

Таблица 5.2.1 – Основные морфометрические характеристики р. Новой

Средний уклон, ‰	Длина водотока L, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	В т.ч. леса $A_{\text{л}}$ , %	В т.ч. болота, $A_{\text{б}}$ , %	В т.ч. озера, $A_{\text{оз}}$ , %
2,2	10,1	13,2	12,7	4,5	0

Таблица 5.2.2 – Основные сведения по водомерному посту р. Злая – с. Приозерье

Пункт	Средний уклон, ‰	Расстояние от истока, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Период действия	
				открыт	закрыт
с. Приозерье	0,9	50,0	142	31.01.1961	Действует



Рис. 5.2.1. Схема площади водосбора р. Новой:  
1 и 2 – промерные створы

Таблица 5.2.3 – Значения характерных параметров для определения рек-аналогов

Водоток	$L/A^{0,56}$	$J \cdot A^{0,5}$
р. Злая	3,12	10,72
р. Новая	2,38	8,36

Расчётные слои стока ( $h_p$ , мм) реки-аналога определяются по трём параметрам: среднему многолетнему слою стока половодья  $h_o$ , коэффициентам вариации  $C_v$  и асимметрии  $C_s$  слоя стока. Параметр  $C_s$  принят как среднее из значений, установленных для группы створов-аналогов. Полученные таким образом значения параметров слоя стока половодья составляют:

$$h_o = 102 \text{ мм}; C_v = 0,57; C_s = 1,03;$$

максимального расхода весеннего половодья:

$$Q_0 = 12,3 \text{ м}^3/\text{с}; C_v = 0,43; C_s = 0,43.$$

Теоретические кривые обеспеченности слоев стока и расхода весеннего половодья (Крицкого-Менкеля) р. Злой построены в среде Mathcad методом, описанным в п. 4.3 (рис. 5.2.2–5.2.3).

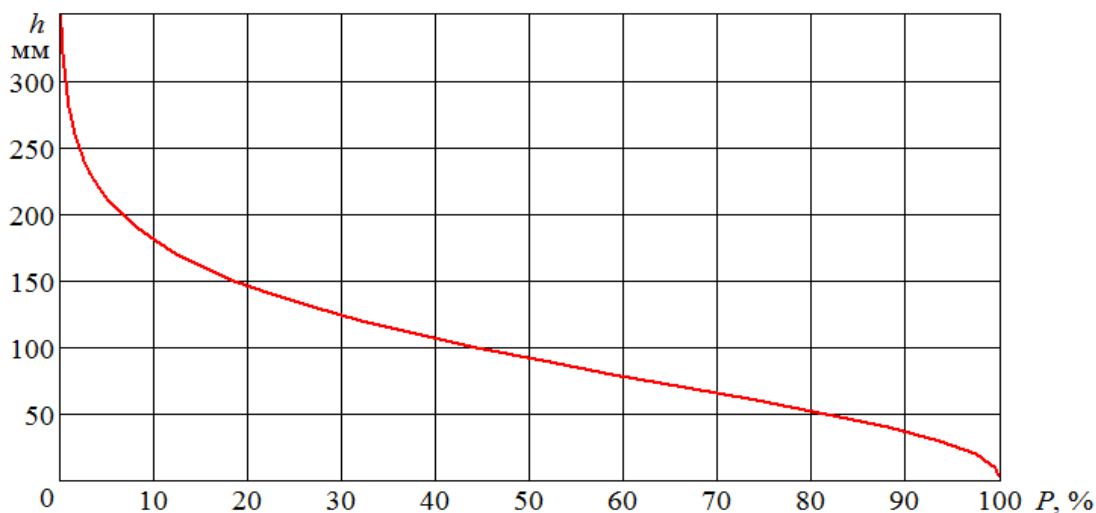


Рис. 5.2.2. Кривая распределения максимальных слоев стока весеннего половодья р. Злой (Приозерье)

Расчет максимальных расходов воды весеннего половодья в створах № 1 и 2 р. Новой был выполнен по формулам (5.1.2) – (5.1.4).

Значения неизменных коэффициентов и параметров:  $K_0 = 0,0023$ ;  $n = 0,18$ ;  $A_{оз} = 0$ ;  $A_1 = 1$ ;  $\delta = 1$ ;  $\alpha_1 = 1$ ;  $n_2 = 0,22$ ;  $\beta = 0,8$ ;  $\mu_{1\%} = 1$ ;  $\mu_{5\%} = 0,96$ ;  $\mu_{10\%} = 0,93$ ;  $h_{1\%} = 278$  мм;  $h_{5\%} = 212$  мм;  $h_{10\%} = 180$  мм. Результаты расчетов представлены в табл. 5.2.4.

Таблица 5.2.4 – Результаты расчета максимальных расходов воды весеннего половодья р. Новой

Расчетный створ	А, км <sup>2</sup>	Ал, %	Аб, %	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta \delta_1 \delta_2$	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{5\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{10\%}$ , м <sup>3</sup> /с
№ 1	12,2	12,7	4,5	0,562	0,871	0,490	2,463	1,803	1,483
№ 2	11,1	12,7	4,5	0,562	0,871	0,490	2,275	2,665	1,370

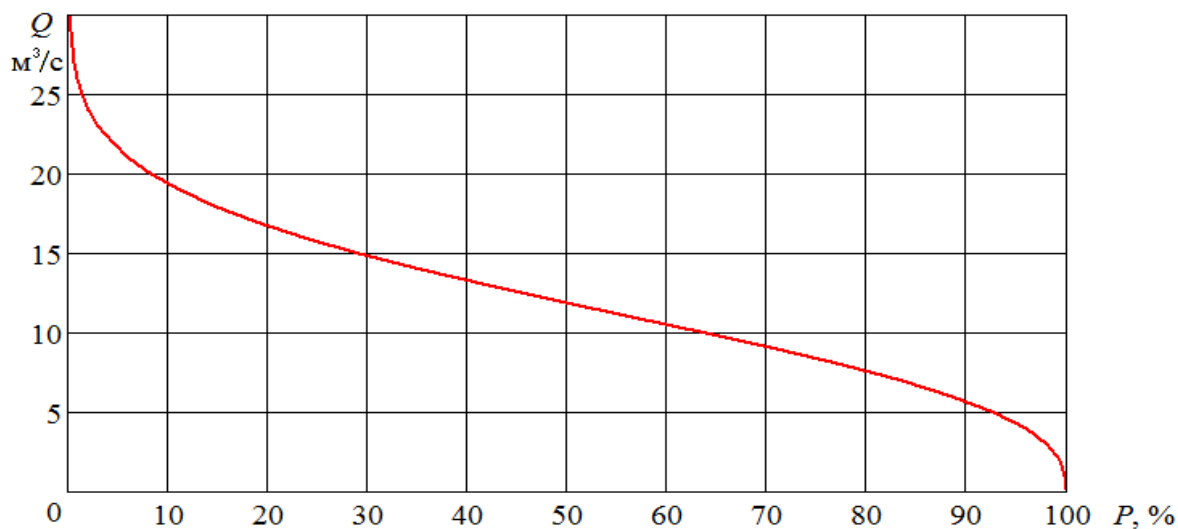


Рис. 5.2.3. Кривая распределения максимальных расходов весеннего половодья р. Злой (Приозерье)



Так как р. Новая имеет площадь водосборного бассейна  $A < 200 \text{ км}^2$ , расчет максимальных расходов воды дождевых паводков в створах № 1 и 2 был выполнен по формуле III типа (предельной интенсивности) (5.1.15). Значения неизменных коэффициентов и параметров:  $I_B = 15 \text{ ‰}$ ;  $n_2 = 0,65$ ;  $n_3 = 0,07$ ;  $A_{оз} = 0$ ;  $C = 1,2$ ;  $\varphi_0 = 0,38$ ;  $\varphi = 0,16$ ;  $m_{ск} = 0,3$ ;  $m_p = 11$ ;  $H_{1\%} = 120 \text{ мм}$ ;  $\lambda_{1\%} = 1$ ;  $\lambda_{5\%} = 0,67$ ;  $\lambda_{10\%} = 0,55$ . Результаты расчетов представлены в табл. 5.2.5.

Таблица 5.2.5 – Результаты расчета максимальных расходов воды дождевых паводков р. Новой

Расчетный створ	A, км <sup>2</sup>	L, км	Ал, %	Ip, ‰	Ф <sub>ск</sub>	τ <sub>ск</sub> , мин	Q <sub>1%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>5%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>10%</sub> , м <sup>3</sup> /с
№ 1	12,2	9,70	12,7	0,6	9,06	117,5	1,217	0,816	0,669
№ 2	11,1	9,25	12,7	0,6	9,05	117,9	1,167	0,782	0,642

Сравнение результатов расчетов табл. 5.2.4 и 5.2.5 показывает, что на р. Новой максимальные расчетные расходы воды дождевых паводков ниже соответствующих расходов весеннего половодья. Далее будем выполнять расчеты по последним значениям.

Промеры дна р. Новой были выполнены в створах № 1 и 2 (см. рис. 5.2.1). По отметкам дна (линия 1 на рис. 5.2.4–5.2.5) найдены зависимости площади живого сечения  $\omega$  и смоченного периметра  $\chi$  от глубины воды  $h$  (рис. 5.2.6–5.2.7); по ним получена зависимость гидравлического радиуса от  $h$ :

$$R(h) = \omega(h) / \chi(h). \quad (5.2.1)$$

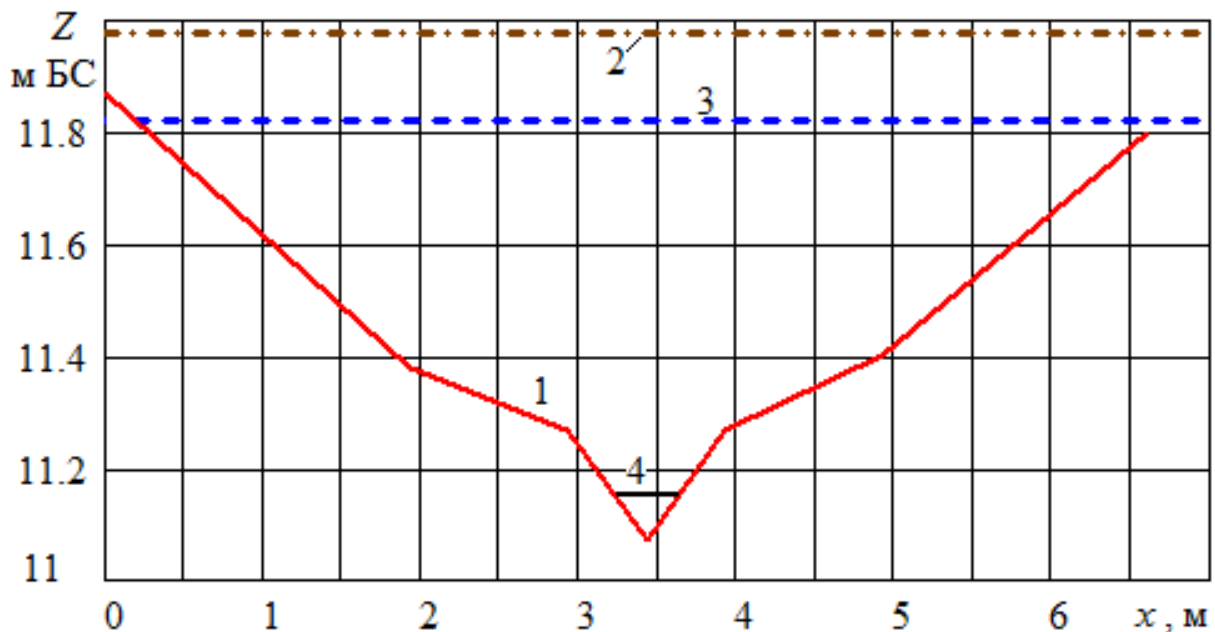


Рис. 5.2.4. Поперечный профиль р. Новой (створ № 1):  
1 – отметки дна, максимальные расчетные уровни половодья;  
2 –  $P = 1 \%$ , 3 –  $P = 10 \%$ ; 4 – минимальный уровень  $P = 10 \%$

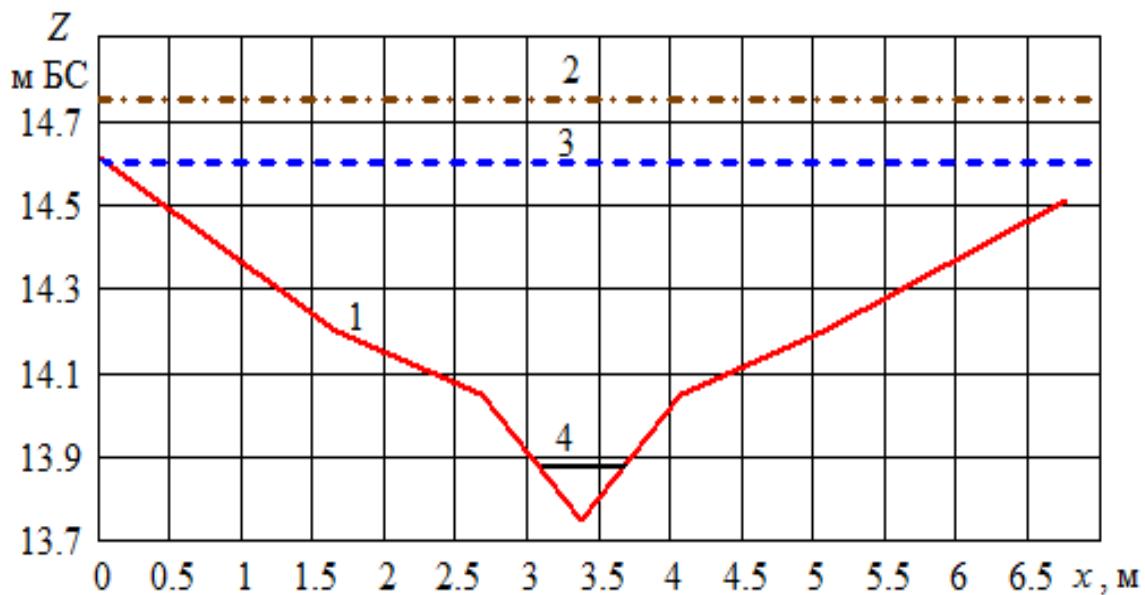


Рис. 5.2.5. Поперечный профиль р. Новой (створ № 2):  
 1 – отметки дна, максимальные расчетные уровни половодья;  
 2 – P = 1%, 3 – P = 10%; 4 – минимальный уровень P = 10%

Скорость воды по формуле Шези в приближении равномерного движения

$$V(h) = C(h) \cdot \sqrt{R(h) \cdot I}, \quad (5.2.2)$$

где  $I$  – гидравлический уклон по данным съемки.

Коэффициент Шези по формуле Павловского будет зависеть от  $h$ :

$$C(h) = R(h)^{y(h)} / n, \quad y(h) = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,5\sqrt{R(h)} \cdot (\sqrt{n} - 0,1), \quad (5.2.3)$$

где  $n$  – коэффициент гидравлической шероховатости (приложение К).

Зависимость  $V(h)$  показана на рис. 5.2.8–5.2.9.

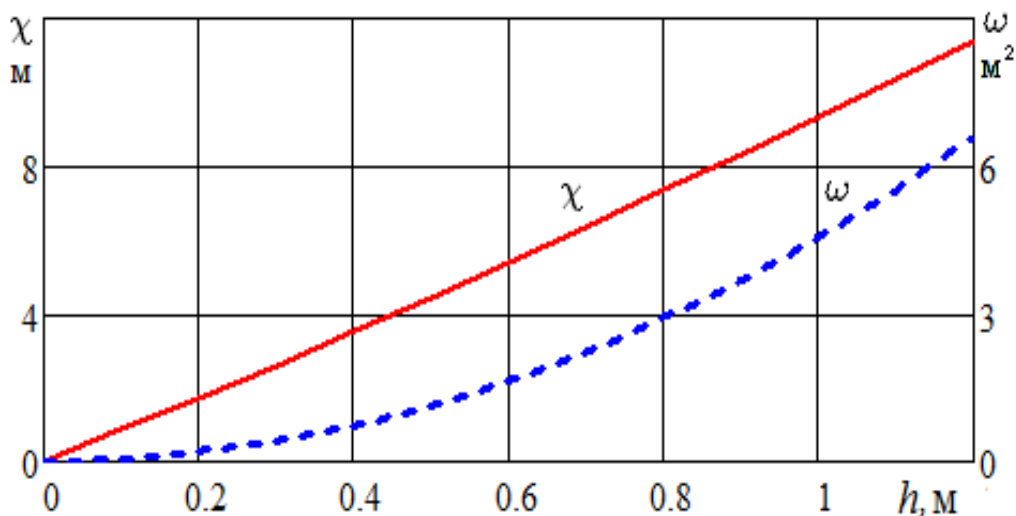


Рис. 5.2.6. Зависимость смоченного периметра и площади живого сечения от глубины воды (р. Новая, створ № 1)

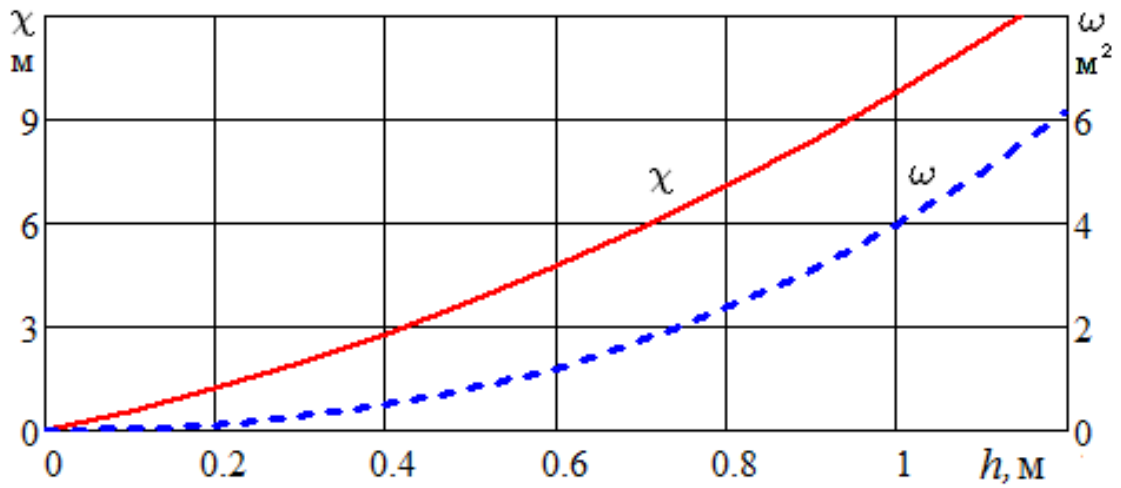


Рис. 5.2.7. Зависимость смоченного периметра и площади живого сечения от глубины воды (створ № 2)

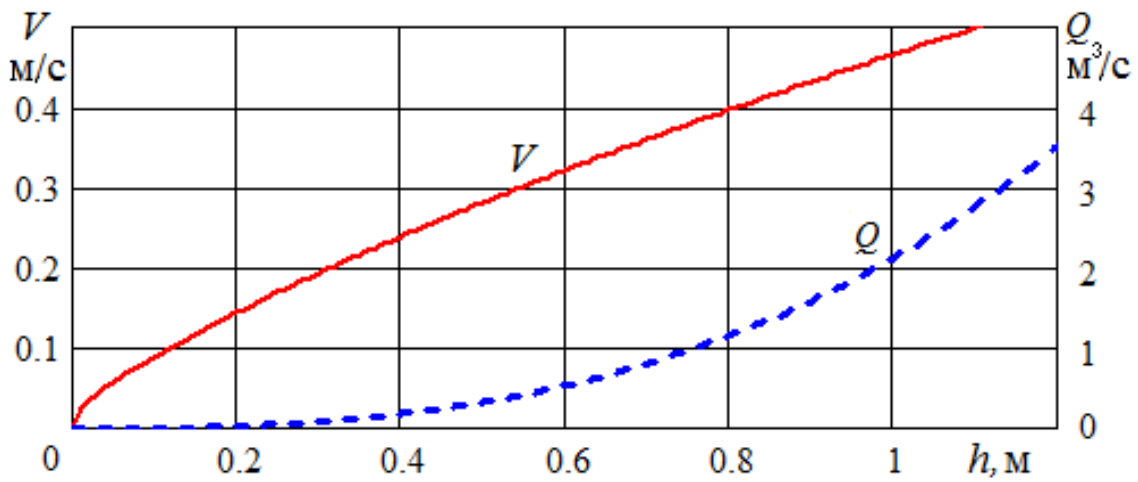


Рис. 5.2.8. Зависимость площади средней скорости и расхода от глубины воды в р. Новой (створ № 1)

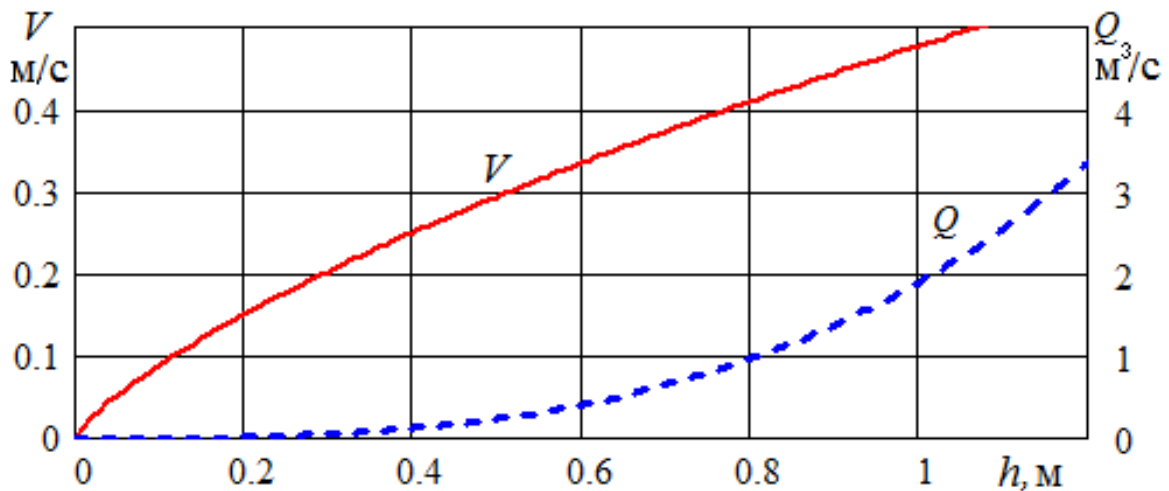


Рис. 5.2.9. Зависимость площади средней скорости и расхода от глубины воды в р. Новой (створ № 2)

Для найденных максимальных расчетных расходов весеннего половодья обеспеченности  $QP\%$  (см. табл. 5.2.4) решаем уравнение:

$$C(h_{P\%}) \cdot \sqrt{R(h_{P\%})} \cdot I = Q_{P\%}. \quad (5.2.4)$$

Корни уравнений (максимальная глубина воды) записаны в табл. 5.2.6. По ним определены максимальные расчетные уровни в БС, которые нанесены на рис. 5.2.4 и 5.2.5. Видно, что в створе № 1 и 2 максимальные расчетные уровни уже при обеспеченности  $P = 10\%$  приводят к затоплению.

Таблица 5.2.6 – Максимальные расчетные расходы и уровни весеннего половодья р. Новой

Створ	Максимальные расходы, м <sup>3</sup> /с			Максимальные глубины, м			Максимальные уровни, м БС		
	обеспеченностью P, %			обеспеченностью P, %			обеспеченностью P, %		
	1	5	10	1	5	10	1	5	10
№ 1	2,463	1,803	1,483	0,908	0,809	0,752	11,978	11,879	11,822
№ 2	2,275	2,665	1,370	1,060	0,958	0,899	14,810	14,708	14,649

Расчет минимальных расходов воды летне-осенней межени был выполнен по формуле (5.1.26). Результаты расчета – в табл. 5.2.7. Указанные проценты обеспеченности были использованы по требованию заказчика. По расходам определены глубины и уровни воды в створах № 1 и 2.

Таблица 5.2.7 – Результаты расчета минимальных меженных расходов воды р. Новой

Расчетный створ	A, км <sup>2</sup>	Q <sub>5%</sub> , л/с	Q <sub>10%</sub> , л/с	Q <sub>50%</sub> , м <sup>3</sup> /с
№ 1	12,2	3,730	3,616	1,827
№ 2	11,1	3,394	3,290	1,662

### 5.3. Инженерно-гидрологические изыскания в бассейнах рек Низовки и Головенки

Реки Низовка и Головенка являются правыми притоками р. Преголи. Схемы водосборных бассейнов показаны на рис. 5.3.1. Основные морфометрические характеристики представлены в табл. 5.3.1.

Таблица 5.3.1 – Основные морфометрические характеристики

Водоток	Створ	Расстояние от истока, км	Площадь водосбора, A, км <sup>2</sup>	В том числе f, %		
				озер	болот	леса
р. Головенка	№ 1	9,8	35,7	<1	<1	<1
р. Низовка	№ 1	14,3	62,5	<1	<1	<1





В соответствии с условиями (5.1.1) в качестве аналога принята река Инстроч – Ульяново. Расчеты максимальных расходов весеннего половодья и дождевых паводков заданной обеспеченности были выполнены так же, как в п. 5.2. Результаты расчетов представлены в табл. 5.3.3 и 5.3.4.

Таблица 5.3.3 – Максимальные расчетные расходы весеннего половодья, м<sup>3</sup>/с

Водоток	Створ	Площадь водосбора А, км <sup>2</sup>	Обеспеченность Р, %			
			1	2	3	10
р. Головенка	№ 1	9,8	5,04	4,29	3,88	2,77
р. Низовка	№ 1	14,3	6,72	5,73	5,17	3,70

Таблица 5.3.4 – Максимальные расчетные расходы дождевых паводков, м<sup>3</sup>/с

Водоток	Створ	Площадь водосбора А, км <sup>2</sup>	Обеспеченность Р, %			
			1	2	3	10
р. Головенка	№ 1	9,8	3,70	3,14	2,85	2,03
р. Низовка	№ 1	14,3	4,93	4,18	3,80	2,71

Так как максимальные расчетные расходы дождевых паводков ниже максимальных расчетных расходов весеннего половодья, расчет максимальных уровней проведем для последних значений.

При выполнении инженерно-геодезических изысканий на водотоках были сняты по три поперечных профиля русла (рис. 5.3.2–5.3.7).

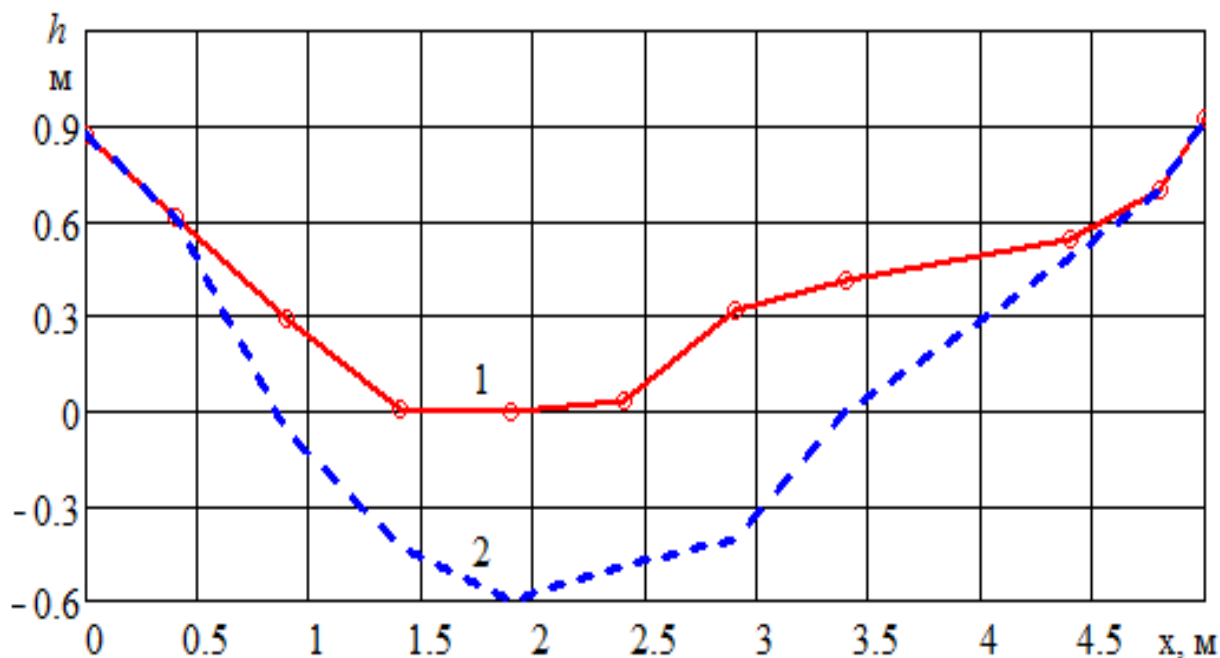


Рис. 5.3.2. Река Головенка, створ № 1:  
1 – профиль русла, 2 – глубина иловых отложений

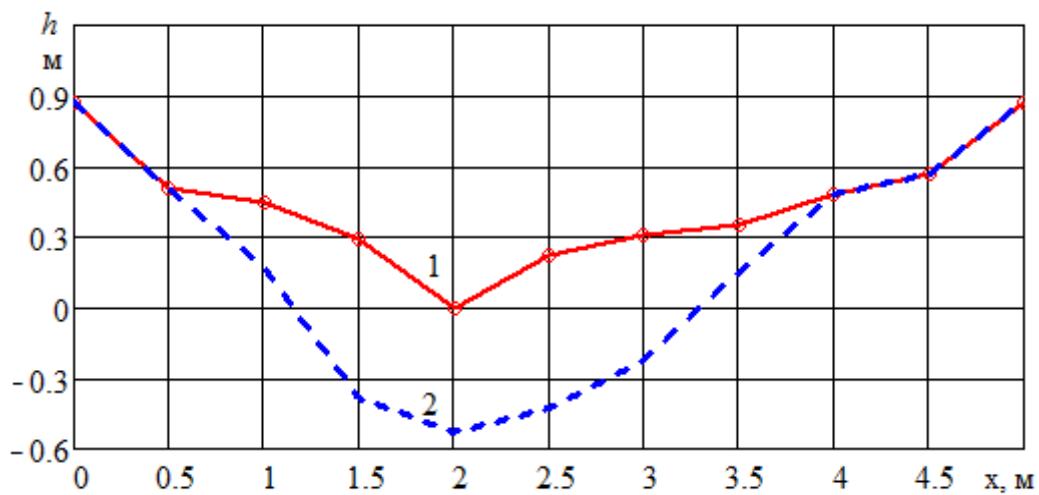


Рис. 5.3.3. Река Головенка, створ № 2 (50 м выше по течению от створа № 1):  
1 – профиль русла, 2 – глубина иловых отложений

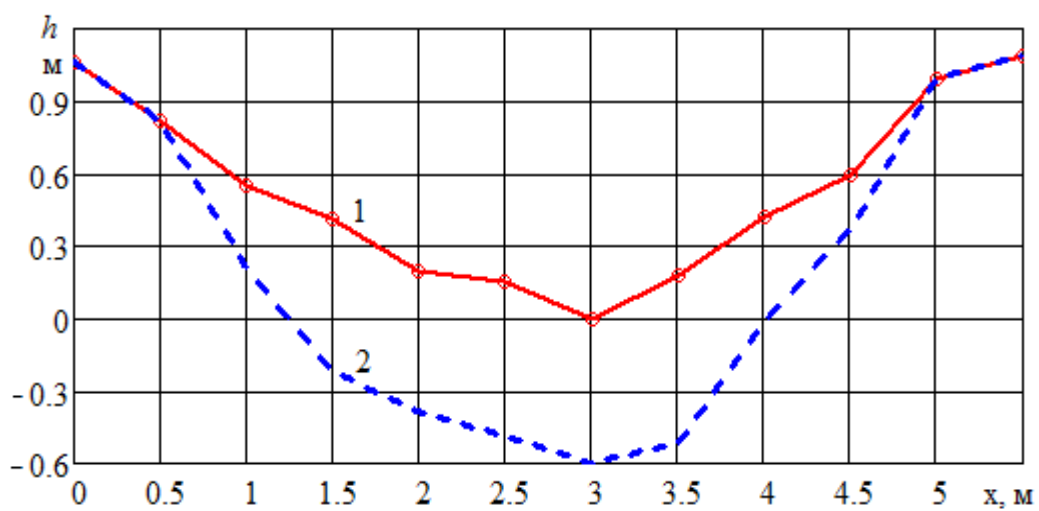


Рис. 5.3.4. Река Головенка, створ № 3 (50 м ниже по течению от створа № 1):  
1 – профиль русла, 2 – глубина иловых отложений

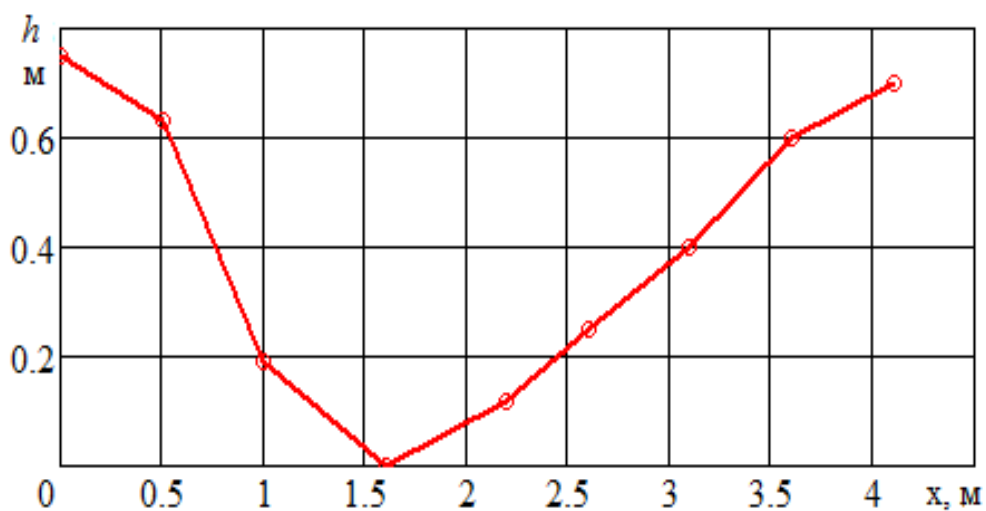


Рис. 5.3.5. Профиль русла р. Низовки, створ № 1

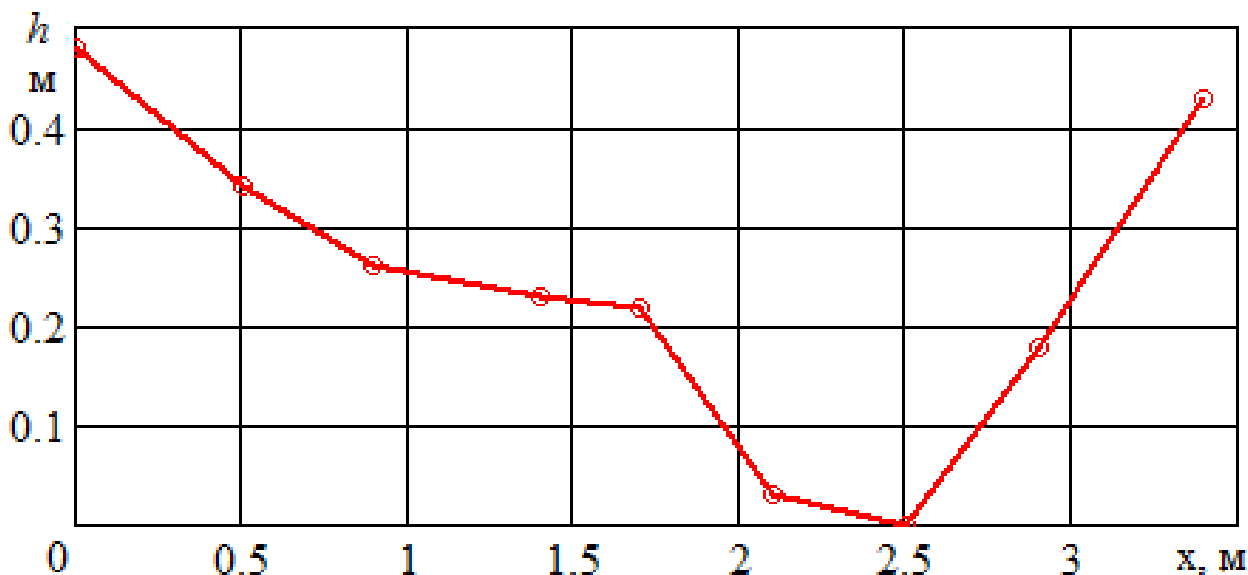


Рис. 5.3.6. Профиль русла р. Низовки, створ № 2  
(50 м выше по течению от створа № 1)

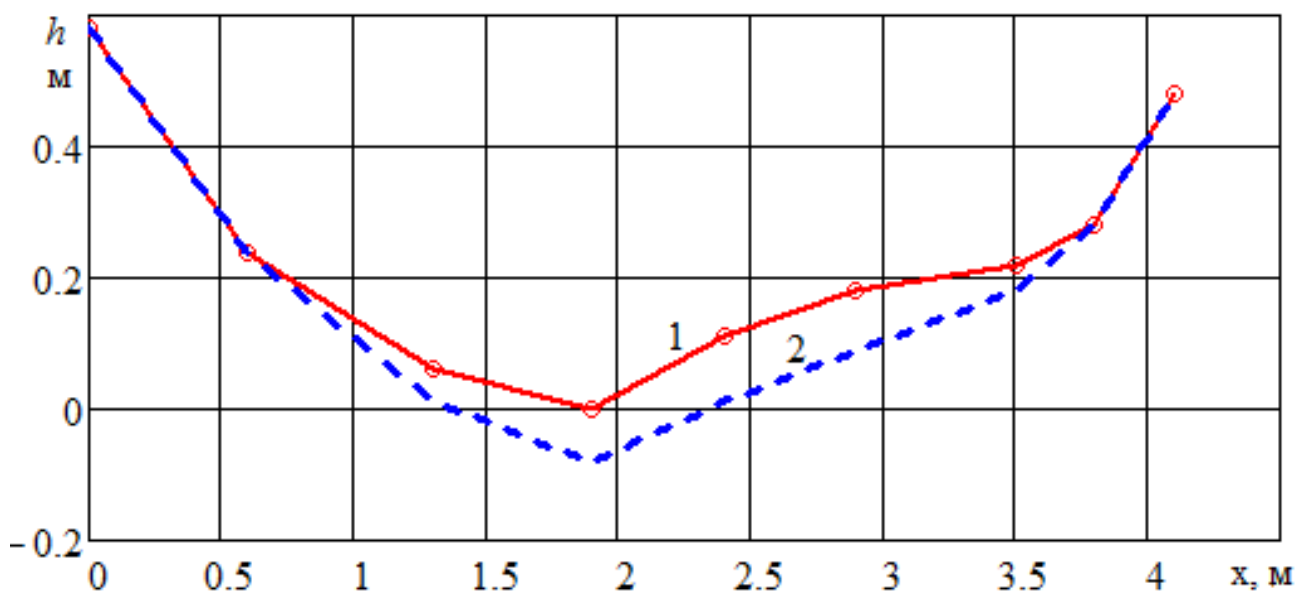


Рис. 5.3.7. Река Низовка, створ № 3 (50 м ниже по течению от створа № 1):  
1 – профиль русла, 2 – глубина иловых отложений

На протяжении от 0,5 до 1,2 м от берега русло р. Низовки заросло камышом. Толщина слоя ила не более 5–10 см. Толщина слоя ила р. Головенки достигает 0,6 м, что может повлиять на деформацию русла. Иловые отложения замазучены.

Поперечный профиль № 1 был использован для расчета максимальных уровней воды в водотоке. Для определения расчетных уровней воды были построены кривые зависимости площади живого сечения от глубины (рис. 5.3.8–5.3.9).

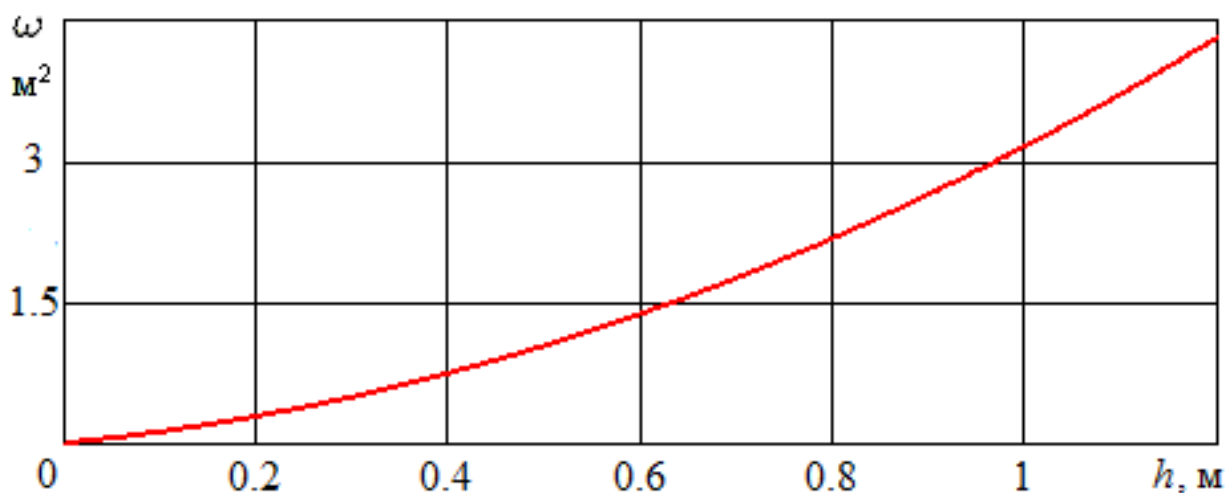


Рис. 5.3.8. Зависимость площади живого сечения от глубины р. Головенки, створ № 1

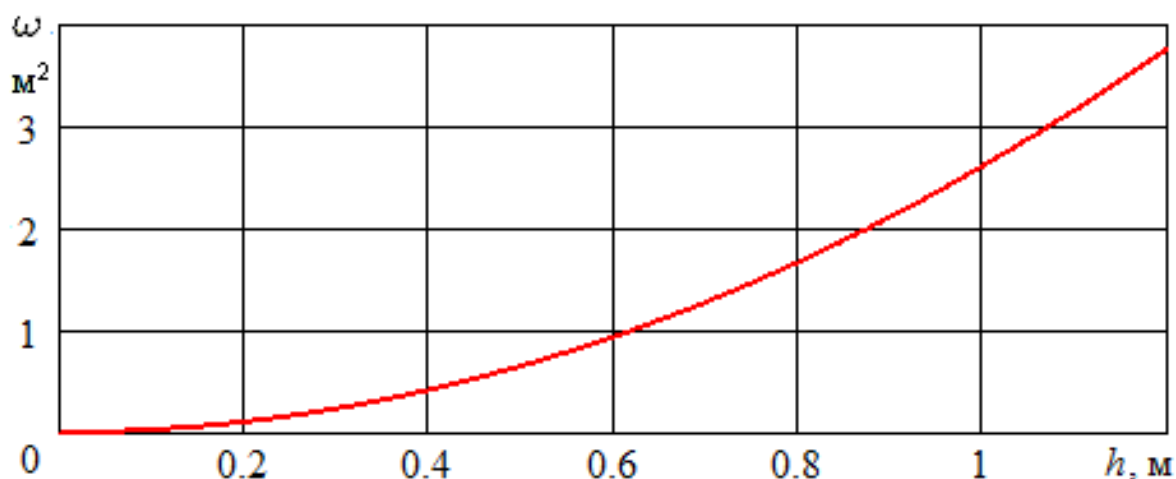


Рис. 5.3.9. Зависимость площади живого сечения от глубины р. Низовки, створ № 1

По расходам табл. 5.3.3 были рассчитаны максимальные глубины заданной обеспеченности. Расчетные максимальные глубины водотоков в створе № 1 приведены в табл. 5.3.5.

Таблица 5.3.5 – Расчетные максимальные глубины весеннего половодья водотоков в створе № 1, м

Водоток, створ	Обеспеченность P, %			
	1	2	3	10
р. Головенка, № 1	1,64	1,50	1,42	1,17
р. Низовка, № 1	1,69	1,56	1,48	1,25

#### 5.4. Инженерно-гидрологические изыскания в бассейне реки Голубой

На р. Голубой и ее притоке (кан. ГЧ-3) систематических гидрологических наблюдений не проводилось. Основные морфометрические характеристики р. Голубой представлены в табл. 5.4.1 и 5.4.2.

Таблица 5.4.1 – Основные морфометрические характеристики водотока р. Голубой

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>		Длина водотока, км		Средняя ширина русла, м	Основные притоки в пределах города	
общая	в пределах города	общая	в пределах города		кол-во	длина, км
31,8	6,94	13,9	9,5	3,5	4	5,02

Таблица 5.4.2 – Характеристики водотока р. Голубой к расчетным створам

Створ	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора к расчетному створу, км <sup>2</sup>	В т.ч. озера		В т.ч. леса		В т.ч. болота	
			Ао, га	f оз, %	Ал, га	f л, %	Аб, га	f б, %
-	0,0	31,8	-	-	636,6	20	276,0	8,68
№ 3	5,03	26,4	-	-	636,6	24,9	276,0	10,7

По табл. 5.4.2 р. Голубая в створе № 3 (на рис. 5.4.1 перед ул. 1-й Большой Окружной) характеризуется параметрами  $L/A^{0.56} = 1,418$ . Поэтому в качестве аналога выбираем р. Инструч – Ульяново (см. табл. 5.3.2). Максимальные расчетные расходы воды найдены, как в предыдущих подразделах. Результаты расчетов представлены в табл. 5.4.3 и 5.4.4.

Таблица 5.4.3 – Максимальные расчетные расходы воды весеннего половодья

Водоток	Расчетный створ	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора к створу, км <sup>2</sup>	Максимальные расходы, м <sup>3</sup> /с		
				обеспеченностью Р, %		
				1	2	10
Река Голубая	№ 3	5,03	26,4	3,182	2,705	1,474
Канал ГЧ-3	№ 2	0,89	0,42	0,286	0,243	0,168

Таблица 5.4.4 – Максимальные расчетные расходы воды дождевых паводков

Водоток	Расчетный створ	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора к створу, км <sup>2</sup>	Максимальные расходы, м <sup>3</sup> /с		
				обеспеченностью Р, %		
				1	2	10
Река Голубая	№ 3	5,03	26,4	1,748	1,486	0,809
Канал ГЧ-3	№ 2	0,89	0,42	0,235	0,199	0,129

Максимальные расчетные расходы воды дождевых паводков водотоков ниже максимальных расчетных расходов воды весеннего половодья водотока. Поэтому дальнейшие расчеты ведем по максимальным расходам воды весеннего половодья.



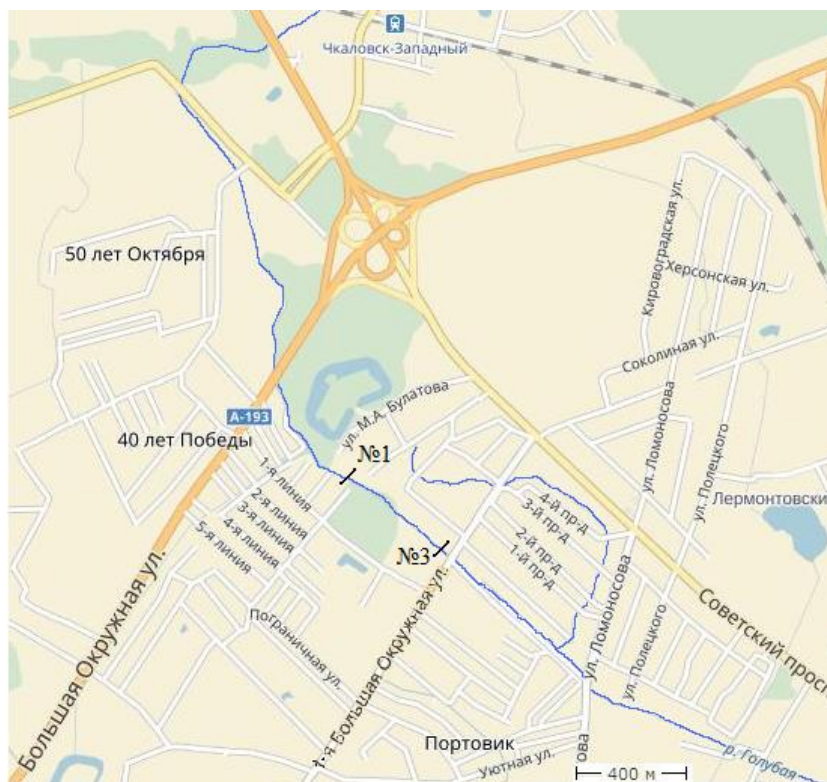


Рис. 5.4.1. Река Голубая. Схема района изысканий

По поперечному профилю р. Голубой в створе № 3 (рис. 5.4.2) построены зависимости площади живого сечения и смоченного периметра от глубины водотока (рис. 5.4.3).

Зависимость скорости и расхода от глубины рассчитаны в приближении равномерного движения водотока (рис. 5.4.4). Аналогичным способом был построен и использован поперечный профиль канала ГЧ-3 в створе № 2 (рис. 5.4.5).

Максимальные расходы и скорости во время весеннего половодья водотока р. Голубой были рассчитаны, как в предыдущих подразделах (табл. 5.4.5, 5.4.6).

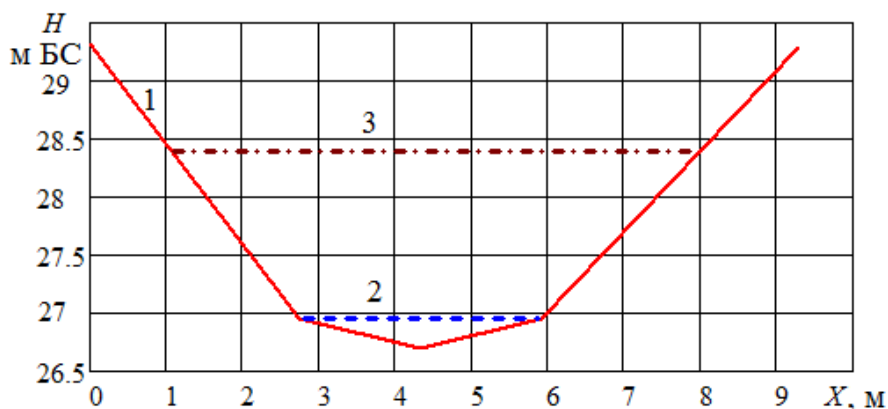


Рис. 5.4.2. Поперечный профиль р. Голубой (створ № 3): 1 – отметки дна, 2 – поверхность воды во время съемки, 3 – поверхность воды при максимальном расчетном расходе весеннего половодья  $P = 1\%$

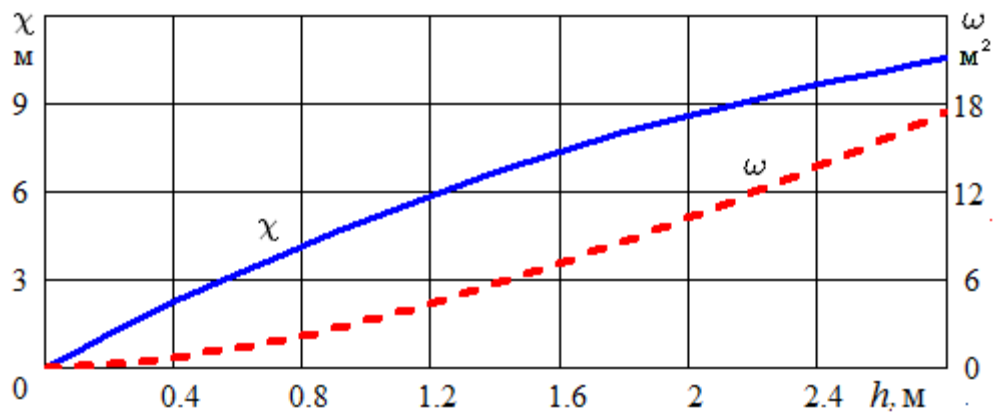


Рис. 5.4.3. Зависимость смоченного периметра и площади живого сечения от глубины р. Голубой (створ № 3)

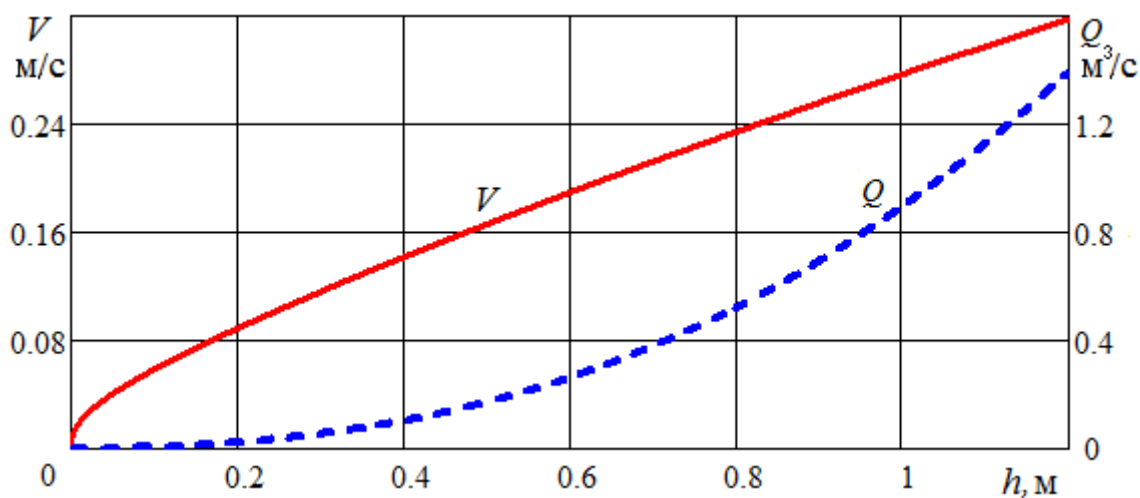


Рис. 5.4.4. Зависимость средней скорости и расхода от глубины р. Голубой (створ № 3)

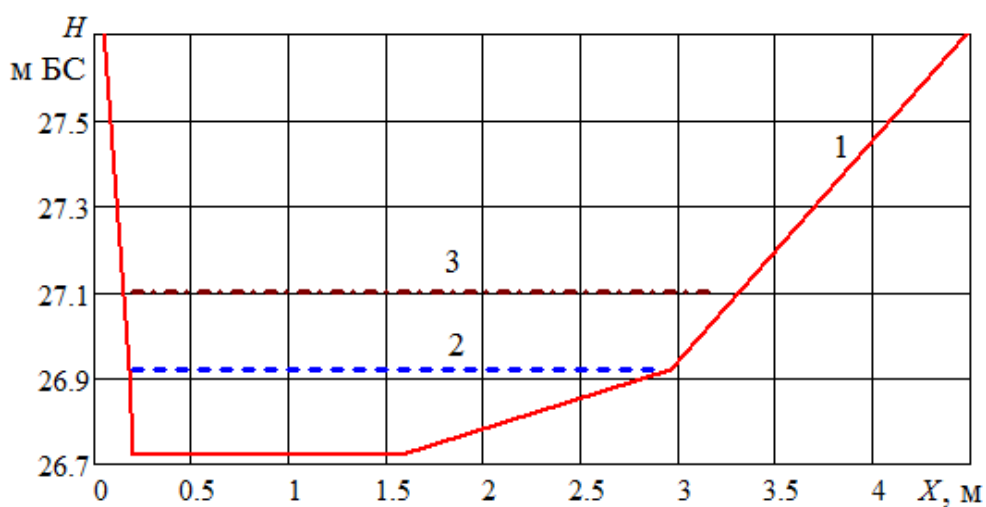


Рис. 5.4.5. Поперечный профиль кан. ГЧ-3 (створ № 2):  
 1 – отметки дна, 2 – поверхность воды во время съемки, 3 – поверхность воды при максимальном расчетном расходе весеннего половодья  $P = 1\%$

Таблица 5.4.5 – Максимальные расчетные расходы и скорости во время весеннего половодья р. Голубой (створ № 3)

Расчетная характеристика	Обеспеченность Р, %		
	1	2	10
Расход $Q$ , м <sup>3</sup> /с	3,182	2,705	1,474
Глубина $h$ , м	1,678	1,610	1,359
Уровень $H$ , м БС	28,39	28,31	28,06
Средняя скорость $V$ , м/с	0,648	0,603	0,504

Таблица 5.4.6 – Максимальные расчетные расходы и скорости во время весеннего половодья кан. ГЧ-3 (створ № 2)

Расчетная характеристика	Обеспеченность Р, %		
	1	2	10
Расход $Q$ , м <sup>3</sup> /с	0,286	0,243	0,168
Глубина $h$ , м	0,376	0,353	0,297
Уровень $H$ , м БС	27,09	27,07	27,01
Средняя скорость $V$ , м/с	0,361	0,322	0,274

По табл. 5.4.5 – 5.4.6 и рисункам профилей видно, что максимальные расчетные уровни весеннего половодья р. Голубой и кан. ГЧ-3 не вызовут подтопления.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ гидрологической изученности бассейна р. Преголи. В настоящее время Калининградским ЦГМС систематические гидрометрические измерения проводятся на реках региона: р. Преголя – Гвардейск и Черняховск, р. Инструч – с. Ульяново, р. Писса – д. Зеленый Бор, р. Злая – с. Приозерье, р. Нельма – пос. Кострово, р. Мамоновка – г. Мамоново, р. Голубая – д. Угрюмово, р. Дейма – Полесск и др. В гидрологических ежегодниках имеются данные по ныне закрытым постам: р. Инструч – с. Тимирязево, р. Писса – с.Илюшино, р. Писса – г. Гусев, р. Немонинка – с. Тимирязево, р. Оса - с.Краснознаменское, р. Красная – д. Токаревка, р. Прохладная – д. Светлое. Все реки, на которых проводились систематические гидрологические наблюдения, имеют категорию рыбохозяйственного значения.

В электронной форме имеется гидрометрическая информация о реках бассейна Преголи на федеральных Интернет-ресурсах:

- АИС государственного мониторинга водных объектов (2008–2014);
- Калининградский ЦГМС (текущие значения);
- ГИС-портал Центра регистра и кадастра (2002–2017).

Построен базовый ряд среднегодовых расходов р. Преголи (Гвардейск), 1891–2015, ряды максимальных уровней и минимальных расходов. Восстановлены гидрологические ряды притоков р. Преголи за время отсутствия наблюдений (в период мировых войн). Подобраны и помещены в приложении данные по среднемесячным расходам рек бассейна Преголи (1901–1985), необходимые при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий.

В среде Mathcad разработан метод и алгоритмы проверки рядов, построения теоретической кривой вероятности превышения, расчета максимальных уровней и расходов малых рек при наличии систематических наблюдений. Использование современных информационных технологий позволяет повысить надежность и сократить трудоемкость проводимых расчетов.

Начата систематизация результатов инженерных изысканий на тех водотоках, на которых отсутствуют систематические наблюдения (р. Новая, р. Товарная, р. Низовка, р. Головенка, р. Голубая, р. Нерпа и некоторые другие). Эта работа имеет важное значение для региональных инженерных изысканий и должна быть продолжена.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс]. – URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 08.03.2017).
2. Атлас Калининградской области [Электронный ресурс]. – URL: [http://hge.spbu.ru/?id=1512&Itemid=130&option=com\\_content&view=article](http://hge.spbu.ru/?id=1512&Itemid=130&option=com_content&view=article) (дата обращения 26.05.2017).
3. Ахмедова, Н.Р. Оценка качества воды малых водотоков Калининградской области / Н.Р. Ахмедова, Н.Л. Великанов, В.А. Наумов // Вода: химия и экология. – 2015. – № 10. – С. 20–25.
4. Барина, Г.М. Калининградская область: Климат / Г.М. Барина. – Калининград: Янтарный сказ, 2002. – 196 с.
5. Белов, Н.С. Оценка геоэкологической ситуации речных систем Калининградской области / Н.С. Белов, С.И. Зотов // Вестник РГУ им. И. Канта. Естественные науки. – 2008. – Вып. 1. – С. 6–16.
6. Берникова, Т.А. Гидрология с основами метеорологии и климатологии: учебник / Т.А. Берникова. – Москва: МОРКНИГА, 2011. – 596 с.
7. Берникова, Т.А. Малые реки Калининградской области: проблемы и возможные пути их решения / Т.А. Берникова, Н.А. Цупикова // Комплексное изучение бассейна Атлантического океана: сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2006. – С. 51–57.
8. Берникова, Т.А. Некоторые результаты гидрологического исследования водотоков Калининградской области / Т.А. Берникова, Н.Н. Нагорнова, Н.А. Цупикова // Известия КГТУ. – 2014. – № 32. – С. 74–84.
9. Берникова, Т.А. Роль водных объектов в обеспечении устойчивого развития городской среды (на примере бассейна пруда Верхнего в г. Калининграде) / Т.А. Берникова, Н.А. Цупикова, Н.Н. Нагорнова // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 4. – С. 97–106.
10. Великанов, Н.Л. Изменчивость качества воды реки Преголи / Н.Л. Великанов, В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Вода: химия и экология. – 2016. – № 8. – С. 86–93.
11. Результаты натурных исследований малых водотоков на мелиорированных землях региона / Н.Л. Великанов [и др.] // Вода: химия, экология. – 2013. – № 7. – С. 18–26.
12. Великанов, Н.Л. Особенности мониторинга состояния водотоков рыбохозяйственного значения / Н.Л. Великанов, В.А. Наумов, М.Н. Великанова // Вода: химия, экология. – 2012. – № 3. – С. 27–32.
13. Географический атлас Калининградской области / Гл. ред. В.В. Орленок. – Калининград: Изд-во КГУ, 2002. – 276 с.
14. Гидрологический ежегодник 1946 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Ю.П. Либровского. – Вып. 4–6. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1951. – 156 с.
15. Гидрологический ежегодник 1950 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Е.И. Мороз. – Вып. 4–6. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1956. – 416 с.



16. Гидрологический ежегодник 1951 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Л.И. Глазачевой. – Вып. 4–6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1957. – 330 с.
17. Гидрологический ежегодник 1952 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Л.И. Глазачевой. – Вып. 4–6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1957. – 330 с.
18. Гидрологический ежегодник 1955 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Л.И. Глазачевой. – Вып. 4–6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1959. – 633 с.
19. Гидрологический ежегодник 1956 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Л.И. Глазачевой. – Вып. 4–6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1960. – 401 с.
20. Гидрологический ежегодник 1957 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Л.И. Глазачевой. – Вып. 4–6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1961. – 388 с.
21. Гидрологический ежегодник 1958 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Л.И. Глазачевой. – Вып. 4–6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1962. – 409 с.
22. Гидрологический ежегодник 1959 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. В.В. Селянкиной. – Вып. 5,6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1963. – 209 с.
23. Гидрологический ежегодник 1960 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Л.М. Жвирздинене. – Вып. 5, 6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1963.– 262 с.
24. Гидрологический ежегодник 1961 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Л.М. Жвирздинене.– Вып. 5, 6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1963.– 198 с.
25. Гидрологический ежегодник 1962 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Л.М. Жвирздинене.– Вып. 5,6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1964.– 224 с.
26. Гидрологический ежегодник 1963 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Д.И. Абрайтене. – Вып. 5, 6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1965. – 237 с.
27. Гидрологический ежегодник 1964 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Д.И. Абрайтене. – Вып. 5, 6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1966. – 264 с.
28. Гидрологический ежегодник 1965 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Д.И. Абрайтене. – Вып. 5, 6. – Ленинград, 1967. – 241 с.
29. Гидрологический ежегодник 1966 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Д.И. Абрайтене. – Вып. 5, 6. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1968. – 278 с.
30. Гидрологический ежегодник 1973 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. Д.И. Абрайтене. – Вып. 5, 6. – Вильнюс: Гидрометеоздат, 1975.– 261 с.

31. Гидрологический ежегодник 1974 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. О.Д. Жукаускене. – Вып. 5, 6. – Вильнюс: Гидрометеиздат, 1976. – 277 с.
32. Гидрологический ежегодник 1975 г. – Т. 1. – Бассейн Балтийского моря / под ред. О.Д. Жукаускене. – Вып. 5, 6. – Вильнюс: Гидрометеиздат, 1977. – 214 с.
33. ГИС-портал Центра регистра и кадастра [Электронный ресурс]. – URL: <http://gis.vodinfo.ru/hydrographs/> (дата обращения: 01.05.2017).
34. Гидрометеорологический режим Вислинского залива / под ред. Н.Н. Лазаренко, А. Маевского. – Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1971. – 279 с.
35. Горбунова, Ю.А. Анализ сценариев развития агропромышленного сектора в водосборном бассейне реки Преголи как определяющего фактора биогенной нагрузки / Ю.А. Горбунова, Д.А. Домнин, Б.В. Чубаренко // Известия КГТУ. – 2015. – № 39. – С. 11–19.
36. ГОСТ 21.301-2014. Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2014 г. № 1831-ст введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 июля 2015 г.
37. Действующие метеорологические станции сети Росгидромета [Электронный ресурс]. – URL: [http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU\\_RINMI-WDC\\_2667](http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_RINMI-WDC_2667) (дата обращения: 26.05.2017).
38. Добровольский, С.Г. Межгодовые и многолетние изменения стока рек мира / С.Г. Добровольский // Водные ресурсы. – 2011. – Т. 38, № 6. – С. 643–660.
39. Домнин, Д.А. Анализ возможных изменений пресноводной составляющей водного баланса лагун юго-восточной Балтики в XXI веке (на примере Вислинского залива) / Д.А. Домнин, Б.В. Чубаренко // Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования: сб. трудов Всероссийской научной конференции (Калининград, 25–30 июля 2011 г.). – Калининград: Капрос, 2011. – С. 516–523.
40. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1986 г. – Ч. 1. Реки и каналы. – Ч. 2. Озера и водохранилища. – Т. 1. – Вып. 5, 6. Бассейны рек Нямунаса, Преголи и Вислы. – Вильнюс, 1988. – 277 с.
41. Железняков, Г.В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока: учебник / Г.В. Железняков, Т.А. Неговская, Е.Е. Овчаров. – Москва: Колос, 1984. – 295 с.
42. Зорина, В.А. Сгонно-нагонные колебания уровня в устьевой области р. Преголи / В.А. Зорина // Гидрология и гидрохимия морей и устьевых рек. – Вып. 98. – Москва: Гидрометеиздат, 1970. – С. 67–75.
43. Зотов, С.И. Оценка гидроэкологической ситуации в Калининградской области / С.И. Зотов // Экологические проблемы Калининградской области и Балтийского региона: сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во КГУ, 2001. – С. 8–10.

44. Иванов, Е.Г. Об особенностях формирования и способах описания статистических зависимостей в гидрологии / Е.Г. Иванов // Водное хозяйство России, 2007. – № 2. – С. 22–26.
45. Калининградский ЦГМС. Гидрология [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteo39.ru/gidro/gidrologiya.html> (дата обращения: 21.04.2017).
46. Калининградский ЦГМС. Перечень и критерии ОЯ [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteo39.ru/kriterii-oya.html> (дата обращения 09.06.2017).
47. Каталог гидрологических постов. ФГБУ «ВНИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteo.ru/services-and-products/131-hydro-data> (дата обращения: 01.05.2017).
48. Картвелишвили, Н.А. Стохастическая гидрология / Н.А. Картвелишвили. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1981. – 167 с.
49. Климатический монитор: погода в Калининграде [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=26702> (дата обращения: 08.08.2016).
50. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика / А.И. Кобзарь. – Москва: Физматлит, 2006. – 816 с.
51. Крицкий, С.Н. Расчеты речного стока / С.Н. Крицкий, М.Ф. Менкель. – Москва: Госстройиздат, 1934. – 260 с.
52. Маркова, Л.В. Зависимость расхода от уровня воды в реке Преголе / Л.В. Маркова // Состояние и перспективы развития водохозяйственного комплекса региона: сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – С. 68–75.
53. Маркова, Л.В. Качество воды, поступающей из реки Преголи на Южную водопроводную станцию Калининграда / Л.В. Маркова, В.А. Наумов // Водохозяйственные проблемы региона: сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – С. 60–67.
54. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений / ред. А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова. – Нижний Новгород: Вектор-ТиС, 2007. – 133 с.
55. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений / ред. А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова. – Санкт-Петербург: Изд-во ААНИИ, 2007. – 66 с.
56. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений / ред. А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова. – Санкт-Петербург: Нестор-История, 2009. – 193 с.
57. Михайлов, В.Н. Гидрология: учебник / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. – Москва: Высшая школа, 2008. – 463 с.
58. Москалец, В.Ф. Прогностические характеристики штормовых наводнений в устье реки Преголи (Калининградская область) / В.Ф. Москалец, О.Е. Любимова // Вестник БФУ им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2013. – Вып. 1. – С. 98–101.

59. Музылев, С.В. Стохастические модели в инженерной гидрологии / С.В. Музылев, В.Е. Привальский, Д.Я. Раткович. – Москва: Наука, 1982. – 184 с.

60. Нагорнова, Н.Н. Формирование гидрологических особенностей малых рек в физико-географических условиях Калининградской области на примере реки Прохладной / Н.Н. Нагорнова, Т.А. Берникова, Н.А. Цупикова // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 4. – С. 70–79.

61. Наумов, В.А. Анализ изменений уровней и расходов реки Преголи в 2011 году / В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Состояние и перспективы развития водохозяйственного комплекса региона: сборник научных трудов. – Калининград, 2012. – С. 75–81.

62. Наумов, В.А. Влияние даты начала гидрологического года на статистические характеристики рек Прибалтики / В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Вестник РАЕН: сборник научных трудов. – Вып. VI. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – С. 95–101.

63. Наумов, В.А. Внутригодовое распределение стока реки Преголи в створе города Гвардейска / В.А. Наумов, Е.Д. Проскурнин, Л.В. Маркова // Комплексное использование и охрана водных ресурсов региона: сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. – С. 108–117.

64. Наумов, В.А. Восстановление гидрологических рядов реки Преголи и ее притоков / В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Состояние и перспективы развития водохозяйственного комплекса региона: сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – С. 82–89.

65. Наумов, В.А. Гидрологические и климатические ряды: Статистический анализ для Калининградской области и соседних регионов / В.А. Наумов, Л.В. Маркова. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. – 109 с.

66. Наумов, В.А. Динамика изменения слоя осадков в городе Калининграде и соседних регионах / В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Вестник РАЕН: сборник научных трудов. – Вып. VI. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – С. 87–94.

67. Наумов, В.А. Изменение слоя осадков в городе Калининграде и соседних регионах / В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Известия КГТУ. – 2013. – № 28. – С. 121–128.

68. Наумов, В.А. Инженерно-гидрометеорологические изыскания в городских условиях / В.А. Наумов, Н.Р. Ахмедова, Н.А. Шерман // Энергоэффективность, ресурсосбережение и природопользование в городском хозяйстве и строительстве: III Международная научно-техническая конференция (20–25 мая 2016 года): материалы. – Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2016. – С. 68–75.

69. Наумов, В.А. К определению максимального относительного модуля срочного расхода воды во время дождевых паводков в формуле предельной интенсивности / В.А. Наумов // Строймного: электронный журнал, 2016. – № 3 (4). – URL: <http://stroymnogo.com/science/tech/k-opredeleniyu-maksimalnogo-otnosit/>.

70. Наумов, В.А. Корреляционный анализ внутригодового распределения стока рек региона / В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Известия КГТУ. – 2012. – № 26. – С. 40–46.

71. Наумов, В.А. К расчету минимальных годовых уровней реки Преголи заданной вероятности превышения / В.А. Наумов, Е.А. Нелюбина, Е.Ю. Шамсутдинова // Вестник науки и образования Северо-Запада России: электронный журнал, 2016. – Т. 2, № 4. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2016/12/2016-N4-Naumov.pdf>.

72. Наумов, В.А. Материалы инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне реки Преголи. Внутригодовое распределение стока / В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Вестник науки и образования Северо-Запада России: электронный журнал, 2015. – Т. 1, № 4. С. 47–55. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2015/11/2015-№4-Наумов.pdf>.

73. Наумов, В.А. Материалы инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне реки Преголи. Максимальные расчетные уровни воды / В.А. Наумов // Вестник науки и образования Северо-Запада России: электронный журнал, 2015. – Т. 1, № 3. – С. 42–48. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2015/11/2015-№3-Наумов.pdf>.

74. Наумов, В.А. Материалы инженерно-гидрометеорологических изысканий в бассейне реки Преголи. Среднегодовые расходы до 1985 / В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Вестник науки и образования Северо-Запада России: электронный журнал, 2015. – Т. 1, № 2. – С. 73–83. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2015/10/2015-№2-Наумов.pdf>.

75. Моделирование фонового гидрохимического режима реки Преголи / В.А. Наумов [и др.] // Вода: химия, экология. – 2012. – № 11. – С. 91–98.

76. Наумов, В.А. Методы обработки гидрологической информации / В.А. Наумов // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. Вып. 7. – Москва: Изд-во ФГБОУ ВПО «РГАУ им. К.А. Тимирязева», 2015. – С. 144–150.

77. Наумов, В.А. Методы обработки гидрологической информации. Лабораторный практикум для студентов высших учебных заведений, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки «Природообустройство и водопользование» / В.А. Наумов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 111 с.

78. Наумов, В.А. Методы обработки гидрологической информации: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки «Природообустройство и водопользование» / В.А. Наумов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 91 с.

79. Наумов, В.А. О моделировании гидрологических рядов в XXI веке и прогнозировании состояния водных ресурсов региона / В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Комплексное использование водных объектов Калининградской области: сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – С. 85–92.

80. Наумов, В.А. Повторяемость и продолжительность стояния уровней реки Преголи в створе города Гвардейска / В.А. Наумов, Н.В. Меснянкин // Водохозяйственные проблемы региона: сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – С. 79–74.



81. Наумов, В.А. Применение компьютерных технологий при изучении методов обработки гидрологической информации / В.А. Наумов // IV Международный Балтийский морской форум (22–28 мая 2016 г.) [Электронный ресурс]: материалы Международного морского форума. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2016. – С. 1149–1155.
82. Наумов, В.А. Расчет дефицита влажности воздуха и слоя испарения в Калининграде по современным данным / В.А. Наумов, Н.Д. Ледянкина // Вестник ЗНЦ РАЕН: сборник научных трудов. – Вып. 9. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – С. 58–64.
83. Наумов, В.А. Расчет трехпараметрического гамма-распределения в среде Mathcad / В.А. Наумов // Вестник ЗНЦ РАЕН: сборник научных трудов. Вып. 10. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2016. – С. 92–97.
84. Наумов, В.А. Статистический анализ максимальных годовых расходов реки Неман (Смалининкай) в среде Mathcad / В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Инженерно-техническое обустройство территории региона: сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – С. 84–89.
85. Наумов, В.А. Результаты статистического анализа региональных гидрологических и климатических рядов / В.А. Наумов // Вестник науки и образования Северо-Запада России: электронный журнал, 2016. – Т. 2, № 3. – С. 46–56. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2016/08/2016-N3-Naumov.pdf>.
86. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные, части 1–6. Вып. 6. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. – 255 с.
87. НПО «Гидротехнологии» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.hydrotec.ru/> (дата обращения: 08.03.2017).
88. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока: учеб. пособие / В.Е. Овчаров [и др.] – Москва: Агропромиздат, 1988. – 224 с.
89. Патент на полезную модель № 135148. Мобильная установка для измерения скорости и направления течения воды в открытых водотоках / Великанов Н.Л., Наумов В.А., Маркова Л.В., Смирнова Л.В. Заявка № 20131121687. Зарегистрировано в государственном реестре полезных моделей РФ 27 ноября 2013 г.
90. Погода и климат. Архив погоды [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pogoda.ru.net/archive.php> (дата обращения: 19.07.2016).
91. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / ред. А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
92. Районирование Калининградской области (ветер). [Электронный ресурс]. – URL: <http://saitinpro.ru/glavnaya/raschety/klimatologiya/karta3/karta-3d-rajonirovanie-territorii-kaliningradskoj-oblasti-po-davleniyu-vetra/> (дата обращения: 27.05.2017).
93. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. – Т. 4. Прибалтийский район. – Вып. 3. Литовская ССР и Калининградская

область РСФСР / под ред. М.В. Силича. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1963. – 172 с.

94. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т. 4, вып. 3. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР / под ред. В.Е. Водогрецкого. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. – 508 с.

95. Рождественский, А.В. Статистические методы в гидрологии / А.В. Рождественский, А.И. Чеботарев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.

96. Свод правил СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Одобрен Департаментом развития научно-технической политики и проектно-изыскательских работ Госстроя России (письмо от 10.07.97 № 9-1-1/69). Принят и введен в действие с 15 августа 1997 г.

97. Свод правил СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. Одобрен Департаментом развития научно-технической политики и проектно-изыскательских работ Госстроя России № 9-1-1/69 от 10.07.97.

98. Свод правил СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Одобрен Департаментом развития научно-технической политики и проектно-изыскательских работ Госстроя России (письмо от 14 октября 1997 г. № 9-4/116). Принят и введен в действие с 1 января 1998 г.

99. Свод правил СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. I. Общие правила производства работ. Одобрен Департаментом развития научно-технической политики и проектно-изыскательских работ Госстроя России (письмо от 14 октября 1997 г. № 9-4/116). Принят и введен в действие с 1 марта 1998 г.

100. Свод правил СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. N 787 и введен в действие с 20 мая 2011 г.

101. Свод правил СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 28 декабря 2010 г. № 823 и введен в действие с 20 мая 2011 г.

102. Свод правил СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой России) от 10 декабря 2012 г. № 83/ГС и введен в действие с 1 июля 2013 г.

103. Свод правил СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 г. № 275 и введен в действие с 1 января 2013 г.

104. Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Одобрен для применения в качестве нормативного документа Постановлением Госстроя России № 218 от 26 декабря 2003 г.

105. Семенов, С.М. Осадки и водные ресурсы / С.М. Семенов // Гидрологические последствия изменений климата: Британско-Российская конференция (Новосибирск, 13–15 июня 2007): материалы. – Барнаул: Изд-во ООО «Пять плюс», 2009. – С. 128–135.

106. Сергеева, Л.Г. Исследование штормовых нагонов в устье реки Преголи у Калининграда / Л.Г. Сергеева // Известия ВГО, 1991. – Т. 123, Вып. 3. – С. 275–279.
107. Сикан, А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации: учеб. пособие / А.В. Сикан. – Санкт-Петербург: Изд-во РГГМУ, 2007. – 279 с.
108. Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.meteo.ru/climate/sp\\_clim.php](http://www.meteo.ru/climate/sp_clim.php) (дата обращения: 01.01.2016).
109. Строительные нормы и правила СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. Приняты и введены в действие с 1 января 1996 г. в качестве норм Российской Федерации Постановлением Минстроя России от 27 ноября 1995 г. № 18–100.
110. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Неман и рек бассейна Балтийского моря (Российская часть в Калининградской области). Утверждена приказом Невско-Ладожского БВУ Федерального агентства водных ресурсов от 9 декабря 2014 № 171 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nord-west-water.ru/activities/ndv/page-2/> (дата обращения: 08.03.2017).
111. Прогнозные оценки изменений стока на основе климатических сценариев / И.А. Шикломанов [и др.] // Водные ресурсы России и их использование: сборник научных трудов. – Санкт-Петербург: ГГИ, 2008. С. – 442–464.
112. Domnin, D. Vistula Lagoon Catchment: Atlas of water use / D. Domnin, B. Chubarenko, A. Lewandowski. – Moscow: Exlibris Press, 2015. – 106 p.
113. Global Runoff Data Centre [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage\\_node.html](http://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage_node.html) (дата обращения: 08.03.2017).
114. Zotov, S.I. The characteristics of the Pregolya River basin / S.I. Zotov, N.S. Belov // Transboundary waters and basins in the South-East Baltic. Kaliningrad: Terra Baltica, 2008. – P. 68–79.
115. Graham, L.P. Climate change effects on river flow to the Baltic Sea / L.P. Graham // *Ambio*, 2004. – V. 33, No 4–5. P. 235–241.
116. Storch, H. Perspectives for the future climate change in the Baltic Sea basin / H. Storch, A. Omstedt // *Regional climate studies. Assessment of climate change for the Baltic Sea basin*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. P. 24–26.
117. UNESCO. International Hydrological Programme [Электронный ресурс]. – URL: <http://webworld.unesco.org/water/> (дата обращения: 09.05.2014).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

Таблица П.А.1 – Водные объекты, входящие в бассейн р. Преголи

№ п/п	Название водного объекта	Рыбохозяйственная категория (по состоянию на 05.2017)
Водотоки		
1	р. Преголя	Высшая
2	р. Байдуковка	I
3	р. Бобровая	II
4	р. Большая	I
5	руч. Борисовский	II
6	р. Бочка	I
7	р. Буйная	I
8	руч. Воздушный	–
9	руч. Восточный	II
10	руч. Гагаринский	II
11	р. Гвардейская	I
12	р. Глубокая	I
13	р. Головенка	I
14	р. Голубая	I
15	р. Гремячья	I
16	р. Гурьевка	I
17	руч. Дальний	I
18	р. Житная	II
19	р. Загородка	I
20	руч. Золотой	I
21	р. Капитанка	I
22	р. Колечко	II
23	р. Лаковка	I
24	р. Лесная	II
25	руч. Лесной	I
26	кан. Лещевка	II
27	руч. Литовский	–
28	р. Луговая	I
29	руч. Менделеевский	I
30	руч. Молодежный	II*
31	р. Низовка	I
32	р. Новая	II
33	руч. Парковый	II
34	руч. Парковый – 1	–
35	р. Подлесная	I
36	р. Прегольна	I
37	р. Приток	II
38	р. Прудная	I

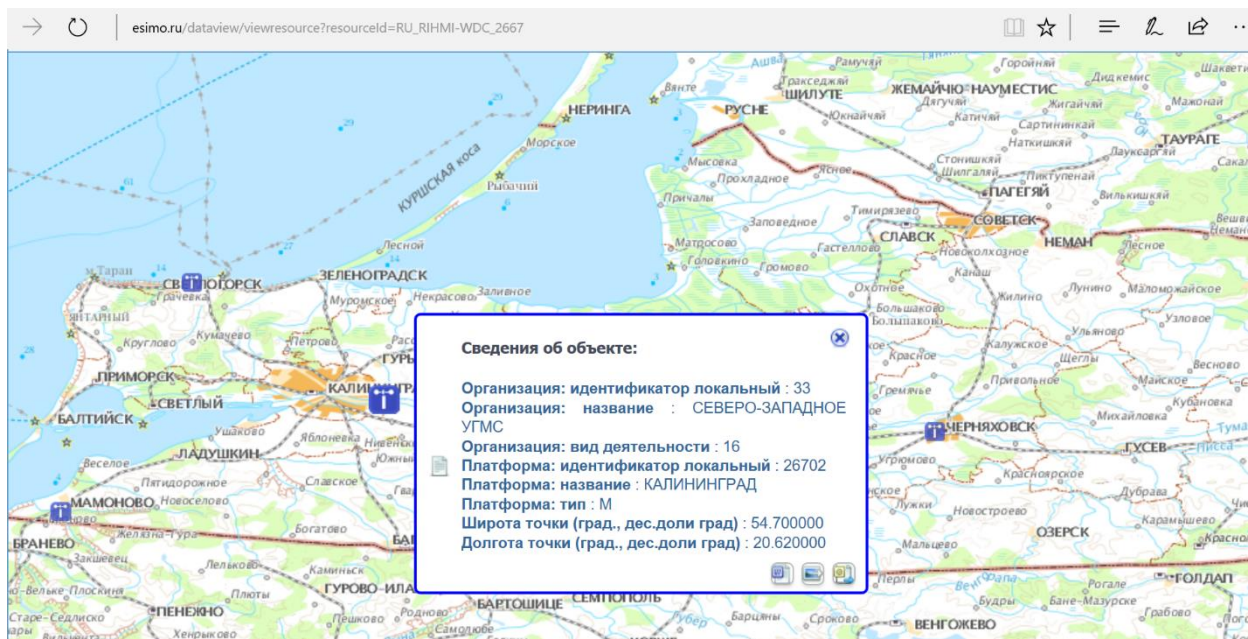
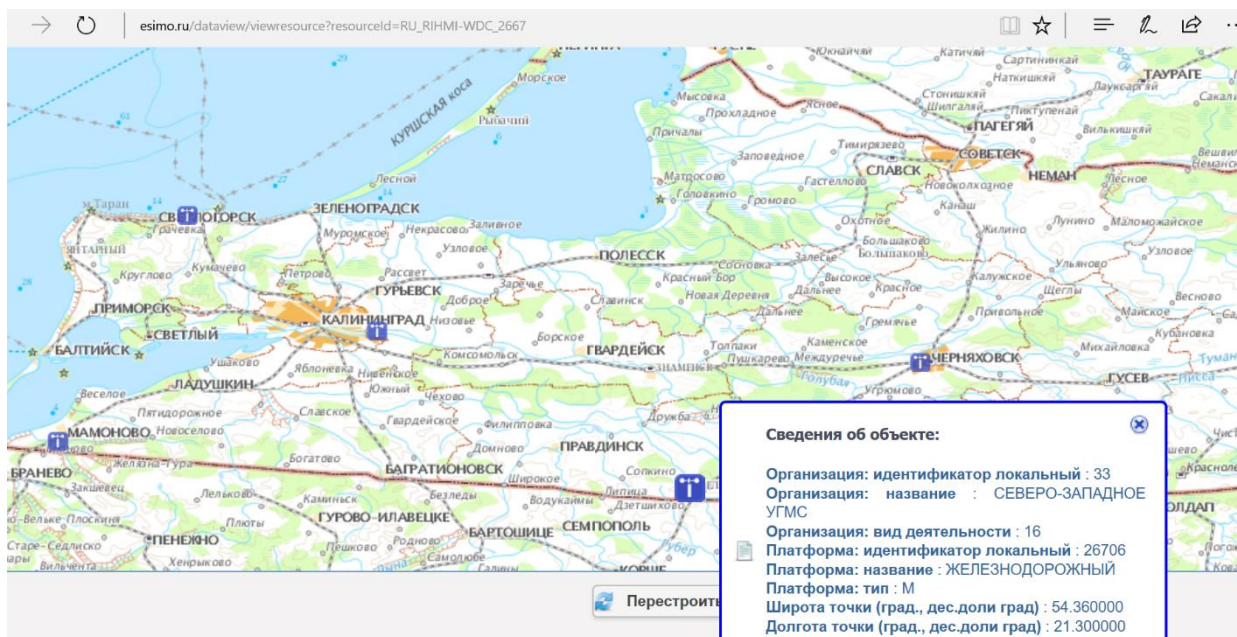
№ п/п	Название водного объекта	Рыбохозяйственная категория (по состоянию на 05.2017)
Водотоки		
39	руч. Румынка	I
40	р. Русак	I
41	руч. Северный	II
42	кан. Семерка (р. Рингель)	I
43	р. Серебрянка	I
44	р. Смоляная	II*
45	р. Стрелка	II*
46	р. Товарная	II
47	р. Торфяная	I
48	р. Укрытая	I
49	р. Шмаковка	I
Водоёмы		
№ п/п	Название водного объекта	Административно-территориальное образование области
50	пруд Верхний	Черняховский район
51	оз. Меловое	Черняховский район
52	оз. Старица	Черняховский район
53	оз. Большое	Гвардейский район
54	оз. Воронье	Гвардейский район
55	оз. Каменка	Гвардейский район
56	оз. Конское	Гвардейский район
57	оз. Лукавое	Гвардейский район
58	оз. Подгорное	Гвардейский район
59	оз. Пустое	Гвардейский район
60	оз. Цопино	Гвардейский район
61	оз. Бурное	Гурьевский район
62	водохранилище Васильковское	Гурьевский район
63	водохранилище Орловское	Гурьевский район
64	оз. Рыбное	Гурьевский район
65	пруд Чистый	Гурьевский район
66	пруд Верхний	г. Калининград
67	озера Голубые	г. Калининград
68	оз. Карповское	г. Калининград
69	оз. Лесное	г. Калининград
70	оз. Летнее	г. Калининград
71	пруд Мельничный	г. Калининград
72	пруд Нижний	г. Калининград
73	оз. Пелавское	г. Калининград
74	оз. Поплавок	г. Калининград



Окончание табл. П.А.1

№ п/п	Название водного объекта	Административно-территориальное образование области
Водоёмы		
75	оз. Шенфлиз	г. Калининград
76	пруд Ялтинский	г. Калининград
77	озеро без названия (ул. Катина)	г. Калининград
* Сведения в Государственном рыбохозяйственном реестре отсутствуют		

## Сведения о действующих метеорологических станциях на территории Калининградской области (сеть Росгидромета)





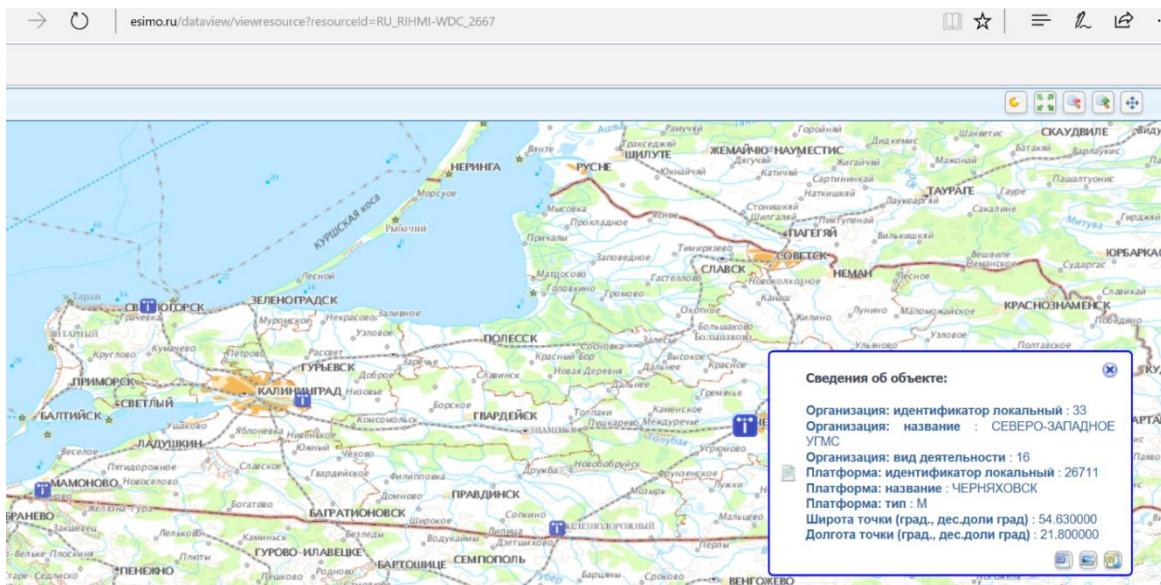
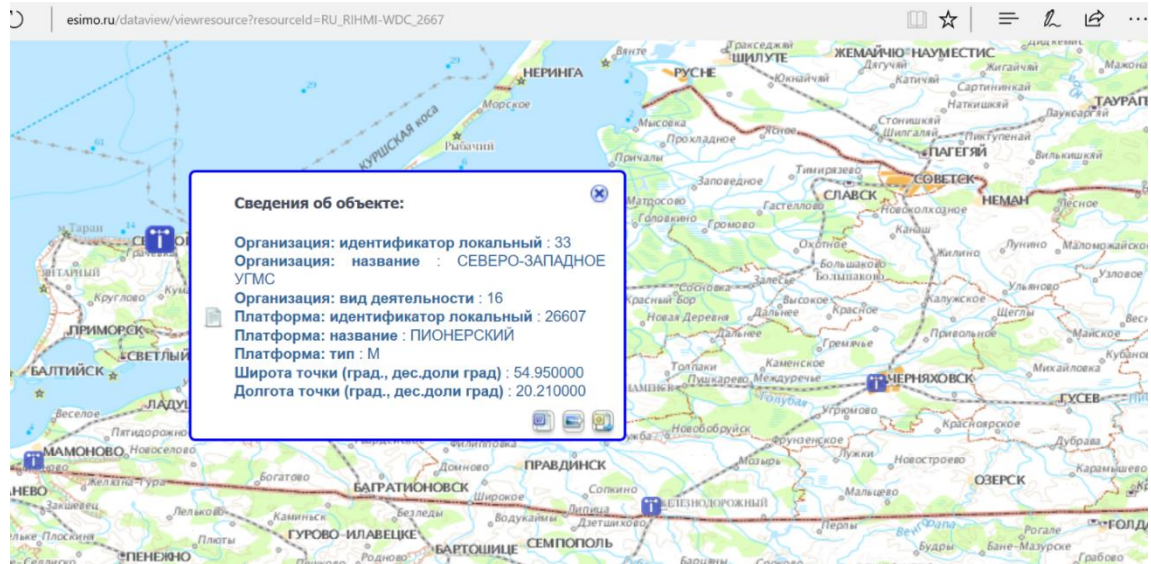
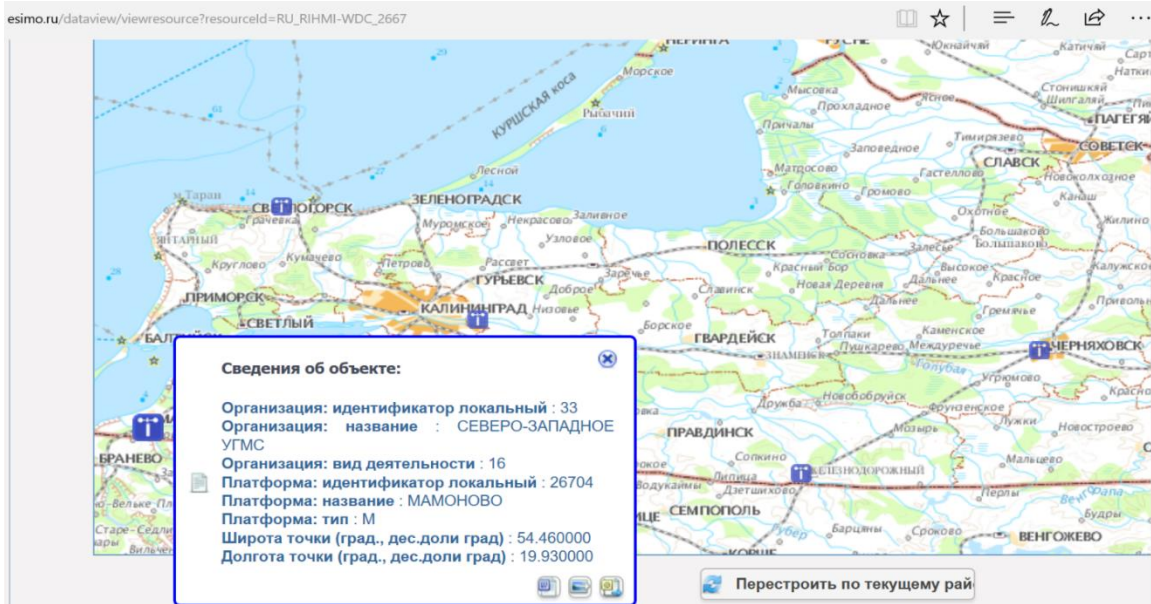


Таблица П.В.1 – Список действующих гидрохимических постов, находящихся в ведении ФГУ «Калининградский ЦГМС» (на территории гидрографической единицы 01.01.00)

№ п/п	Наименование	
	водного объекта	пункта наблюдений
1	р. Неман	г. Неман
		г. Советск
2	рук. Матросовка	д. Мостовое
3	р. Шешупе	с. Долгое
4	р. Преголя	г. Черняховск
5	р. Преголя	г. Гвардейск
6	р. Преголя	г. Калининград
7	рук. Дейма	г. Гвардейск
8	р. Инструч	с. Ульяново
9	р. Анграпа	д. Берестово
10	р. Писса	д. Зеленый бор
11	р. Лава	г. Знаменск
12	р. Нельма	п. Кострово
13	р. Мамоновка	г. Мамоново

Таблица П.Г.1 – Перечень и критерии опасных метеорологических явлений и комплексов гидрометеорологических явлений по району ответственности Калининградского ЦГМС

Название ОЯ	Интенсивность и характеристика ОЯ	Продолжительность
Метеорологические ОЯ (Калининградская область)		
ОЧЕНЬ СИЛЬНЫЙ ВЕТЕР	Скорость ветра (включая порывы) не менее 25 м/с	Любая
УРАГАН (ураганный ветер)	Скорость ветра (включая порывы) не менее 33 м/с	Любая
ШКВАЛ	Резкое кратковременное усиление ветра до 25 м/с и более	В течение нескольких минут, но не менее 1 мин
СМЕРЧ – сильный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к поверхности земли (воды)	Независимо от значения скорости ветра	Любая
СИЛЬНЫЙ ЛИВЕНЬ	Сильный ливневый дождь с количеством выпавших осадков не менее 30 мм	Не более одного часа
ОЧЕНЬ СИЛЬНЫЙ ДОЖДЬ (мокрый снег, дождь со снегом)	Количество осадков не менее 50 мм	Не более 12 ч
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫЕ СИЛЬНЫЕ ДОЖДИ	Количество осадков не менее 100 мм не менее 120 мм	Более 12 ч, но не менее 48 ч 2–5 сут
КРУПНЫЙ ГРАД	Диаметр градин не менее 20 мм	Любая
ОЧЕНЬ СИЛЬНЫЙ СНЕГ	Количество осадков не менее 20 мм	Не более 12 ч
СИЛЬНАЯ МЕТЕЛЬ	Средняя скорость ветра не менее 15 м/с при видимости не более 500м	Не менее 12 ч
СИЛЬНОЕ ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВОЕ ОТЛОЖЕНИЕ	Диаметр отложения не менее 20 мм для гололеда, 35 мм для сложного отложения или мокрого снега, 50 мм для зернистой или кристаллической изморози	Любая
СИЛЬНЫЙ ТУМАН (сильная мгла)	Видимость не более 50 м	Не менее 12 ч
СИЛЬНАЯ ЖАРА	Максимальная температура воздуха плюс 35 °С и выше	Любая
АНОМАЛЬНО-ЖАРКАЯ ПОГОДА	В период с апреля по сентябрь ожидаемое значение средней суточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7 °С и более	В течение 5 сут и более



Название ОЯ	Интенсивность и характеристика ОЯ	Продолжительность
ЧРЕЗВЫЧАЙНАЯ ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ	Показатель пожарной опасности относится к 5-му классу (10 000 °С по формуле Нестерова)	Любая
СИЛЬНЫЙ МОРОЗ	Минимальная температура воздуха минус 30°С и ниже	Любая
АНОМАЛЬНО-ХОЛОДНАЯ ПОГОДА	В период с октября по март ожидаемое значение среднесуточной температуры воздуха ниже климатической нормы на 10°С и более	В течение 5 сут и более
Комплексы гидрометеорологических явлений (Калининградская область)		
СИЛЬНЫЙ ВЕТЕР, ОСАДКИ	Скорость ветра (включая порывы) не менее 20 м/с в сочетании с осадками: жидкие – не менее 35 мм; твердые – не менее 14 мм	Любая для осадков ≤ 12 ч
СИЛЬНЫЙ ВЕТЕР (В Т.Ч. ШКВАЛ), СИЛЬНЫЙ ДОЖДЬ - ЛИВЕНЬ (И СОПУТСТВУЮЩИЕ КОНВЕКТИВНЫЕ ЯВЛЕНИЯ – ГРАД, ГРОЗА)	– Ветер (в т. ч. шквал) 20 – 24 м/с, – сильный дождь 35 – 49 мм, – конвективные явления	Любая ≤12 ч Любая
СИЛЬНЫЙ ВЕТЕР И НАГОННОЕ ЯВЛЕНИЕ	Скорость ветра (включая порывы) не менее 20 м/с в сочетании: уровень в устье р. Преголи 124–154 см БС	Любая
Название ОЯ	Пункт наблюдения	Критерий ОЯЗ
Гидрологические ОЯ (Калининградская область)		
ПОЛОВОДЬЕ	ГП-1 Черняховск р. Преголя	950 см
ПАВОДОК	ГП-1 Гвардейск р. Преголя	850 см
ЗАЖОР	ГП-1 Мостовое р. Матросовка	830 см
ЗАТОР	ГП-2 Советск р. Неман ГП-2 Полесск р. Дейма	750 см 660 см
РАННЕЕ ЛЬДООБРАЗОВАНИЕ	ГП-1 Черняховск р. Преголя	Ранние сроки ОЯ 11–20 ноября
	ГП-1 Гвардейск р. Преголя	11–20 ноября
	ГП-1 Родники р. Лава	11–20 ноября
	ГП-1 Мостовое р. Матросовка	01–10 ноября
	ГП-2 Советск р. Неман	01–10 ноября
	ГП-2 Полесск р. Дейма	01–10 ноября

## Среднемесячные расходы воды в бассейне реки Преголи [117]

Таблица П.Д.1 – Преголя (Черняховск), м<sup>3</sup>/с

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1901	23.4	22.1	74.5	90.3	30.6	46.5	27.2	14.8	18.1	16.6	39.7	72.6	<b>39.7</b>
1902	101.	41.6	77.7	69.8	40.6	32.0	31.6	41.7	27.8	22.7	18.0	18.6	<b>43.6</b>
1903	65.4	108.	71.7	56.9	74.9	39.4	47.8	49.0	42.5	41.7	46.6	53.9	<b>58.2</b>
1904	20.2	70.4	74.6	93.4	61.0	17.4	11.5	18.1	17.0	13.6	28.5	49.2	<b>39.6</b>
1905	32.2	55.6	102.	116.	59.2	21.0	11.8	11.4	16.4	19.3	41.7	33.2	<b>43.3</b>
1906	48.8	47.4	118.	52.4	25.2	31.7	9.70	9.30	7.92	11.8	13.8	39.6	<b>34.6</b>
1907	13.7	15.9	56.5	108.	33.1	23.6	45.1	59.8	111.	30.0	22.0	46.0	<b>47.1</b>
1908	37.7	70.8	114.	130.	68.1	33.0	12.2	11.0	14.7	8.22	11.0	18.3	<b>44.1</b>
1909	10.1	8.55	34.0	88.6	33.1	9.52	16.2	14.1	5.37	4.63	6.45	38.0	<b>22.4</b>
1910	71.3	45.2	38.8	13.4	19.0	4.74	28.7	45.6	17.0	6.97	27.4	33.6	<b>29.3</b>
1911	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1935	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1936	80.5	39.1	38.1	22.6	14.7	11.8	13.2	13.3	21.1	45.1	20.8	23.6	<b>28.7</b>
1937	25.8	20.4	83.7	46.0	17.2	11.8	12.0	12.9	10.8	12.8	12.2	3.22	<b>22.4</b>
1938	10.8	43.7	32.1	39.7	13.5	12.1	14.1	12.6	12.4	13.3	17.2	8.57	<b>19.2</b>
1939	37.2	54.8	49.8	20.4	15.0	12.8	12.8	10.8	12.6	12.6	34.0	18.1	<b>24.2</b>
1940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1941	2.62	7.82	92.6	104.	47.2	14.6	14.0	13.1	12.7	14.3	9.72	28.3	<b>30.1</b>
1942	8.14	2.96	3.69	85.8	30.8	13.8	20.5	14.3	13.4	15.3	11.9	37.4	<b>21.5</b>
1943	4.42	60.0	28.8	20.2	12.2	12.9	50.6	-	-	-	-	-	-
1944	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1947	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1948	33.8	68.0	42.7	34.6	13.1	35.3	37.2	15.7	19.2	11.8	37.2	16.7	<b>30.4</b>
1949	20.9	57.6	66.2	58.9	20.8	12.4	22.8	18.7	20.1	25.8	23.9	33.0	<b>31.8</b>
1950	27.8	42.4	78.6	52.0	37.5	21.8	23.2	29.6	30.3	51.7	97.8	67.3	<b>46.7</b>
1951	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1958	37.0	90.5	77.8	177.	68.6	26.8	28.2	19.6	14.0	21.5	23.2	52.6	<b>53.1</b>
1959	56.2	51.8	63.1	34.0	15.6	7.66	10.5	8.66	5.89	7.23	8.12	8.22	<b>23.1</b>
1960	10.5	8.20	87.4	73.9	17.8	17.0	21.6	60.7	38.0	21.6	41.1	69.9	<b>39.0</b>
1961	30.0	47.5	65.5	47.4	52.2	14.6	8.89	19.7	23.9	10.8	16.1	26.7	<b>30.3</b>
1962	31.6	18.7	18.6	146.	36.7	17.6	13.2	16.3	42.1	25.7	25.8	24.5	<b>34.7</b>
1963	8.33	8.81	28.5	67.5	31.6	8.81	5.82	5.80	7.73	13.8	81.6	23.8	<b>24.3</b>
1964	18.0	24.0	16.0	98.5	35.6	9.29	4.37	5.29	6.48	7.55	14.1	17.4	<b>21.4</b>
1965	17.6	12.9	77.9	56.1	22.1	13.6	11.0	10.8	11.4	11.7	11.3	38.7	<b>24.6</b>
1966	24.8	29.0	84.3	65.9	19.5	13.5	10.4	11.4	13.0	11.8	28.8	55.2	<b>30.6</b>
1967	29.8	72.1	145.	46.2	31.0	36.3	12.2	8.25	8.16	12.1	20.8	40.2	<b>38.5</b>
1968	33.0	76.0	81.6	61.4	24.0	16.9	11.1	6.75	8.08	9.65	9.53	8.55	<b>28.9</b>
1969	8.45	11.2	14.6	29.4	27.1	11.5	6.88	7.29	5.03	6.48	26.5	20.3	<b>14.6</b>
1970	12.0	13.2	34.1	215.	60.1	24.2	12.2	10.2	15.9	18.0	119.	65.1	<b>49.9</b>

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1971	29.9	68.6	79.2	55.2	18.9	9.68	8.06	4.88	5.73	7.73	7.64	15.9	<b>26.0</b>
1972	7.41	7.20	12.2	57.1	14.6	19.1	16.3	30.5	31.4	25.4	56.7	44.5	<b>26.9</b>
1973	23.3	70.9	45.7	26.3	21.6	12.3	12.3	14.6	13.0	13.7	32.0	35.9	<b>26.8</b>
1974	48.2	83.9	28.0	16.3	23.3	20.7	54.0	29.7	11.7	84.1	103.	108.	<b>50.9</b>
1975	117.	49.8	34.3	36.9	23.8	13.9	9.69	14.1	13.3	13.7	11.8	28.2	<b>30.5</b>
1976	59.6	19.1	39.8	72.0	40.4	25.1	9.57	11.4	9.44	9.01	6.85	14.0	<b>26.4</b>
1977	14.0	44.0	74.5	47.4	24.5	14.2	12.2	12.2	9.73	9.51	10.0	19.3	<b>24.3</b>
1978	30.4	13.3	86.9	40.4	15.2	9.52	13.5	11.6	58.8	98.5	65.0	60.2	<b>41.9</b>
1979	22.4	15.8	101.	147.	35.6	17.6	13.7	17.0	17.4	15.2	22.6	39.4	<b>38.7</b>
1980	14.5	18.7	16.6	117.	26.6	17.1	35.5	39.7	42.2	86.6	84.6	108.	<b>50.6</b>
1981	48.1	81.4	78.9	40.4	29.2	39.1	46.3	51.6	43.0	31.3	85.0	65.2	<b>53.3</b>
1982	82.3	48.8	131.	49.1	35.8	19.2	15.9	10.7	8.42	11.5	11.5	13.4	<b>36.5</b>
1983	44.1	45.1	79.8	58.2	35.3	14.4	9.16	8.97	6.83	8.58	11.8	13.8	<b>28.0</b>
1984	34.0	35.5	18.6	27.7	14.4	12.7	13.3	10.8	33.0	34.0	27.9	30.3	<b>24.4</b>
1985	14.9	18.0	62.2	101.	37.8	18.2	16.4	22.1	41.9	41.0	47.6	71.4	<b>41.0</b>

Таблица П.Д.2 – Преголя (Гвардейск), м<sup>3</sup>/с

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1901	35.0	33.7	196.	169.	50.7	73.2	39.6	20.5	27.9	28.7	72.7	233.	<b>81.7</b>
1902	380.	138.	191.	136.	74.8	56.4	46.4	57.4	44.9	41.6	34.3	36.6	<b>103.</b>
1903	106.	262.	163.	126.	190.	71.6	71.7	65.6	59.0	60.6	84.5	117.	<b>115.</b>
1904	40.6	124.	126.	163.	108.	33.6	27.4	28.6	25.7	24.9	41.4	73.8	<b>68.1</b>
1905	56.2	110.	202.	214.	110.	37.7	29.2	25.7	36.8	40.8	96.4	73.0	<b>86.0</b>
1906	81.6	63.8	229.	102.	50.7	56.9	28.3	28.1	24.1	25.6	34.4	73.2	<b>66.5</b>
1907	34.5	38.2	154.	189.	65.8	47.5	129.	160.	254.	65.0	56.9	105.	<b>108.</b>
1908	81.4	166.	258.	298.	145.	66.5	29.9	32.0	44.2	32.7	40.2	61.4	<b>105.</b>
1909	26.9	21.5	90.3	196.	84.4	27.5	33.4	29.9	20.5	19.3	20.5	79.3	<b>54.1</b>
1910	142.	91.4	92.7	44.7	56.3	21.6	73.8	104.	61.0	34.0	28.8	94.6	<b>70.4</b>
1911	60.0	103.	224.	83.1	38.4	24.0	20.3	17.2	20.8	18.7	17.7	18.2	<b>53.8</b>
1912	16.6	16.8	139.	86.5	31.8	31.5	17.4	77.1	73.6	42.7	89.9	134.	<b>63.1</b>
1913	71.1	95.8	137.	155.	89.9	29.0	43.6	119.	78.5	70.3	122.	220.	<b>103.</b>
1914	148.	267.	199.	140.	61.0	32.3	22.0	22.0	24.0	103.	97.0	153.	<b>106.</b>
1915	82.4	127.	173.	251.	57.6	26.6	23.1	22.8	27.1	25.8	70.0	180.	<b>88.9</b>
1916	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1920	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1921	150.	175.	140.	89.7	50.3	50.9	63.0	55.9	60.3	59.9	40.4	20.8	<b>79.7</b>
1922	175.	72.0	225.	89.2	65.0	57.7	55.9	62.0	54.0	50.3	53.0	72.6	<b>86.0</b>
1923	89.9	175.	100.	49.3	51.8	67.2	57.9	71.1	60.3	114.	58.8	110.	<b>83.8</b>
1924	105.	72.7	98.0	268.	151.	64.0	64.0	108.	115.	74.1	146.	230.	<b>125.</b>
1925	147.	135.	100.	69.3	50.3	64.0	55.9	65.0	76.1	85.3	79.8	69.1	<b>83.1</b>
1926	225.	130.	155.	146.	108.	67.7	65.0	91.4	90.8	90.9	98.1	69.1	<b>111.</b>

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1927	155.	73.1	196.	172.	93.9	96.0	75.7	57.9	64.5	108.	98.1	137.	<b>111.</b>
1928	103.	189.	75.2	140.	93.9	122.	70.1	67.0	86.0	104.	165.	78.2	<b>108.</b>
1929	55.9	38.2	95.0	232.	118.	57.7	70.1	54.3	59.3	63.0	91.3	111.	<b>87.2</b>
1930	81.2	46.1	108.	84.0	54.3	44.1	54.8	97.0	69.3	85.8	71.1	79.7	<b>72.9</b>
1931	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1935	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1936	179.	97.3	150.	74.4	38.4	43.1	33.4	29.3	61.3	115.	72.2	77.8	<b>80.9</b>
1937	73.6	61.2	237.	134.	44.0	16.6	15.1	18.8	15.6	12.8	16.6	22.2	<b>55.6</b>
1938	37.9	129.	102.	121.	34.0	26.2	21.3	14.7	14.0	17.6	33.9	26.5	<b>48.2</b>
1939	83.9	148.	140.	61.3	33.6	16.7	15.3	14.2	13.5	14.6	91.7	63.7	<b>58.0</b>
1940	17.6	24.0	101.	298.	68.5	20.2	24.0	33.5	82.0	92.4	83.0	57.2	<b>75.1</b>
1941	19.0	51.3	272.	242.	133.	27.1	18.4	21.8	22.5	21.7	37.9	81.0	<b>79.0</b>
1942	23.4	22.8	29.7	240.	97.6	38.3	51.1	58.7	19.9	25.9	29.7	108.	<b>62.1</b>
1943	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1947	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1948	215.	145.	128.	112.	36.5	57.1	94.9	33.0	31.7	50.4	124.	99.0	<b>93.9</b>
1949	85.7	164.	166.	148.	56.8	30.6	50.4	38.2	23.2	21.3	28.8	110.	<b>76.9</b>
1950	71.2	130.	237.	174.	120.	57.4	42.4	47.4	67.4	151.	245.	200.	<b>129.</b>
1951	143.	72.4	192.	232.	62.3	20.4	20.1	23.2	25.4	22.4	25.9	33.9	<b>72.8</b>
1952	27.5	30.5	31.6	129.	56.3	50.9	24.3	25.1	38.2	94.0	199.	120.	<b>68.9</b>
1953	74.0	182.	226.	92.7	45.2	31.5	21.0	23.0	15.5	27.2	20.1	19.7	<b>64.8</b>
1954	19.7	16.6	97.4	104.	47.6	20.3	16.2	54.9	34.4	56.2	68.6	147.	<b>56.9</b>
1955	129.	91.8	111.	260.	165.	76.8	39.5	14.3	13.4	27.6	25.9	67.9	<b>85.2</b>
1956	203.	77.5	75.9	271.	98.1	29.2	30.1	62.0	70.3	215.	144.	229.	<b>125.</b>
1957	130.	228.	113.	71.4	59.0	31.9	33.7	243.	274.	273.	102.	128.	<b>141.</b>
1958	113.	227.	176.	376.	177.	81.6	81.8	51.4	45.0	62.2	64.4	142.	<b>133.</b>
1959	160.	156.	151.	85.2	49.6	28.4	26.5	28.8	20.1	22.4	24.8	27.1	<b>65.0</b>
1960	42.6	29.4	210.	200.	60.2	55.3	64.5	146.	90.7	51.9	88.7	158.	<b>99.8</b>
1961	73.3	112.	162.	103.	116.	40.4	33.0	75.9	71.3	38.3	44.1	66.9	<b>78.0</b>
1962	94.3	67.9	57.5	333.	115.	66.1	41.9	50.4	108.	63.9	70.9	73.5	<b>95.2</b>
1963	31.6	30.6	98.1	196.	81.3	36.4	23.4	20.0	26.1	38.4	193.	74.7	<b>70.8</b>
1964	51.9	81.7	51.1	265.	104.	31.7	23.6	14.5	23.6	19.3	36.5	41.8	<b>62.1</b>
1965	55.2	36.0	195.	133.	58.1	33.5	33.9	37.5	35.9	42.9	39.5	127.	<b>69.0</b>
1966	79.4	91.3	186.	143.	50.8	32.4	58.1	46.0	42.8	40.2	73.6	196.	<b>86.6</b>
1967	119.	248.	291.	82.9	58.6	71.2	44.5	47.7	39.7	36.2	64.1	142.	<b>104.</b>
1968	124.	243.	186.	121.	58.1	44.0	50.4	21.5	12.5	16.3	22.9	21.1	<b>76.7</b>
1969	18.7	24.9	31.6	55.0	50.6	25.1	15.5	10.5	11.3	14.0	40.4	35.4	<b>27.8</b>
1970	17.8	18.3	63.3	446.	157.	40.7	24.3	22.9	46.4	58.9	269.	148.	<b>109.</b>
1971	66.3	108.	125.	107.	26.4	22.3	21.3	15.1	16.6	24.2	26.6	33.5	<b>49.4</b>
1972	16.5	14.5	21.6	90.2	39.4	36.7	58.1	33.6	47.5	61.8	136.	97.8	<b>54.5</b>

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1973	38.3	137.	107.	69.4	52.2	40.3	34.0	27.5	16.0	18.5	73.5	84.7	<b>58.2</b>
1974	115.	159.	49.8	29.9	31.3	32.1	106.	55.8	18.7	157.	238.	236.	<b>102.</b>
1975	320.	108.	59.6	71.6	42.9	25.8	19.3	17.1	16.9	21.8	22.4	95.5	<b>68.4</b>
1976	226.	68.6	58.8	117.	57.9	24.0	20.1	18.9	16.7	10.7	21.3	46.7	<b>57.2</b>
1977	40.1	110.	166.	112.	77.9	30.1	32.7	26.3	21.6	20.3	22.3	46.6	<b>58.8</b>
1978	91.4	37.0	178.	65.7	22.5	15.0	29.0	38.9	173.	221.	163.	169.	<b>100.</b>
1979	60.5	56.0	290.	338.	72.3	28.3	42.0	33.3	41.5	35.9	30.9	101.	<b>94.1</b>
1980	59.1	59.9	53.6	278.	72.2	47.4	117.	117.	127.	260.	222.	305.	<b>143.</b>
1981	180.	248.	192.	96.6	72.0	139.	130.	130.	130.	106.	276.	214.	<b>159.</b>
1982	285.	157.	389.	143.	88.4	60.9	51.7	33.0	30.1	26.4	31.8	40.5	<b>111.</b>
1983	119.	147.	223.	197.	91.6	48.8	26.2	23.4	22.2	27.7	29.7	36.9	<b>82.7</b>
1984	103.	97.9	47.5	82.4	37.9	38.6	39.1	31.1	55.3	94.9	52.7	82.0	<b>63.5</b>
1985	31.6	61.1	145.	217.	72.2	53.2	45.1	49.0	87.5	81.6	85.3	175.	<b>92.0</b>

Таблица П.Д.3 – Писса (Зеленый Бор), м<sup>3</sup>/с

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1901	7.54	6.53	15.9	21.3	5.08	7.30	3.15	2.55	3.44	3.53	7.26	14.7	<b>8.19</b>
1902	29.8	9.30	19.0	11.8	5.64	4.55	4.07	5.24	4.07	4.18	3.60	4.55	<b>8.82</b>
1903	23.3	-	-	-	12.3	5.85	11.5	8.05	4.62	5.43	8.24	10.0	-
1904	5.24	8.40	-	-	9.47	2.82	2.53	5.35	3.21	3.87	6.57	7.88	-
1905	7.96	9.17	19.9	22.2	9.82	4.58	2.94	2.62	3.43	4.37	7.42	5.20	<b>8.30</b>
1906	12.7	7.60	25.6	9.46	5.51	5.56	2.50	2.23	2.57	3.49	4.64	6.89	<b>7.40</b>
1907	5.23	5.23	17.2	21.6	6.36	4.79	8.12	6.77	23.7	4.56	4.17	7.11	<b>9.57</b>
1908	7.18	11.6	26.0	24.0	11.4	4.22	2.48	2.49	2.90	3.17	3.30	2.31	<b>8.42</b>
1909	2.31	2.34	13.9	15.2	5.81	2.87	3.27	2.71	2.26	2.43	2.47	5.61	<b>5.10</b>
1910	9.10	11.3	8.14	5.72	4.59	2.00	5.67	9.59	3.38	3.06	3.34	9.42	<b>6.28</b>
1911	4.17	14.5	15.6	8.21	3.51	2.42	1.61	0.95	0.81	1.52	2.38	2.36	<b>4.84</b>
1912	2.46	3.20	18.2	7.69	3.90	2.62	1.24	3.15	3.39	3.66	5.50	10.0	<b>5.42</b>
1913	5.73	6.30	11.2	13.0	7.04	3.20	6.49	15.1	10.2	7.49	12.6	22.0	<b>10.0</b>
1914	24.9	35.3	22.2	14.2	5.44	2.75	1.69	-	-	-	-	-	-
1915	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1916	37.4	8.64	13.8	10.5	3.76	5.47	19.4	16.5	12.3	9.44	-	-	-
1917	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.99	16.8	-
1918	7.98	26.2	21.1	11.4	3.54	1.87	2.72	3.49	2.65	3.31	4.17	3.22	<b>7.64</b>
1919	4.32	3.95	11.1	11.5	11.6	2.76	6.08	3.17	2.84	4.19	3.08	5.19	<b>5.82</b>
1920	5.62	10.2	20.7	5.91	4.48	2.94	1.61	2.98	4.56	2.60	3.18	3.43	<b>5.68</b>
1921	13.1	9.18	12.9	9.02	2.88	1.97	1.60	1.65	1.60	2.00	4.06	9.44	<b>5.78</b>
1922	9.03	10.4	31.1	8.23	4.37	2.21	5.10	4.01	3.20	2.98	5.09	15.9	<b>8.47</b>
1923	13.4	9.98	8.21	6.44	4.20	2.47	1.60	2.90	2.27	9.69	15.6	16.8	<b>7.80</b>
1924	9.37	4.79	23.6	27.4	16.7	4.84	3.47	22.7	7.72	6.50	6.64	8.80	<b>11.9</b>
1925	14.6	14.6	10.1	6.63	3.77	3.81	4.07	4.22	4.42	6.21	10.4	10.6	<b>7.79</b>
1926	17.1	7.28	17.6	20.3	10.9	3.84	2.15	5.27	4.42	6.22	8.66	9.61	<b>9.45</b>



Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1927	9.28	4.01	25.7	13.2	6.00	5.46	3.82	3.71	3.87	11.7	13.7	8.16	<b>9.05</b>
1928	7.87	9.79	7.14	15.5	9.00	9.43	2.45	2.14	3.89	5.95	8.58	7.78	<b>7.46</b>
1929	4.52	2.55	14.8	19.8	10.3	3.14	2.81	2.11	2.46	2.76	8.46	9.42	<b>6.93</b>
1930	8.15	4.41	17.3	8.41	5.62	2.53	1.56	6.21	3.37	7.10	28.7	13.9	<b>8.94</b>
1931	8.52	3.75	10.0	32.6	10.9	6.34	2.88	2.56	3.54	4.05	5.03	10.4	<b>8.38</b>
1932	9.03	5.16	5.45	31.5	8.81	9.32	3.33	13.8	4.52	10.8	11.0	13.2	<b>10.5</b>
1933	6.14	11.0	20.5	14.6	8.67	5.89	2.76	17.4	8.85	9.59	10.9	5.95	<b>10.2</b>
1934	7.08	21.5	26.5	11.0	3.54	1.92	2.68	2.51	2.43	4.78	6.62	4.48	<b>7.92</b>
1935	4.33	23.4	14.4	18.2	6.89	4.70	4.43	5.99	7.71	11.0	8.66	8.40	<b>9.84</b>
1936	20.2	11.0	12.8	7.45	3.49	3.36	2.59	3.12	5.10	9.80	6.23	7.86	<b>7.75</b>
1937	8.16	8.89	24.2	11.4	5.05	2.47	2.28	2.42	1.97	2.19	2.87	3.77	<b>6.31</b>
1938	6.29	9.33	10.3	13.6	3.70	2.41	2.98	2.26	2.06	2.83	4.63	4.16	<b>5.38</b>
1939	6.82	17.1	14.8	6.99	4.33	2.09	1.88	1.90	2.20	2.94	9.94	9.20	<b>6.68</b>
1940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.40	5.60	-
1941	7.70	8.48	27.7	22.6	8.22	2.50	2.22	2.11	2.19	2.32	-	-	-
1942	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1947	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1948	-	-	-	-	-	-	-	4.11	5.18	10.5	13.6	8.21	-
1949	5.54	17.9	20.7	17.6	7.58	4.46	12.0	5.47	3.10	3.58	4.74	10.9	<b>9.46</b>
1950	9.99	12.1	20.9	16.9	8.47	3.39	2.87	7.59	7.67	17.9	29.6	21.8	<b>13.3</b>
1951	18.4	8.96	26.3	30.2	10.4	3.74	3.45	2.47	2.58	3.14	4.43	5.97	<b>10.0</b>
1952	5.13	3.69	3.19	19.8	7.65	5.17	2.27	2.74	4.60	10.5	22.5	12.2	<b>8.29</b>
1953	8.22	21.0	29.4	9.19	3.40	2.42	2.07	2.54	2.89	2.18	2.16	2.62	<b>7.34</b>
1954	3.25	2.19	4.19	10.4	4.62	2.42	2.43	11.8	6.36	7.13	9.16	17.3	<b>6.77</b>
1955	14.8	9.44	15.5	32.2	17.4	9.33	4.88	3.21	2.68	3.33	4.29	13.7	<b>10.9</b>
1956	20.2	5.13	7.92	32.7	8.45	2.72	4.83	8.64	4.98	21.9	17.5	27.4	<b>13.5</b>
1957	12.1	23.2	9.56	6.97	5.01	2.44	2.48	16.7	34.5	26.5	10.7	16.2	<b>13.9</b>
1958	9.26	30.0	20.9	45.4	18.6	5.56	7.30	6.26	4.64	7.60	8.12	15.4	<b>14.9</b>
1959	13.8	12.4	13.9	9.33	4.37	2.79	3.87	3.73	2.65	3.00	2.97	2.07	<b>6.24</b>
1960	2.78	2.59	24.2	16.2	4.59	4.59	5.14	17.2	8.99	6.47	9.95	16.3	<b>9.92</b>
1961	7.76	12.5	19.9	15.1	16.3	5.94	3.82	5.47	6.33	3.91	4.84	6.09	<b>9.00</b>
1962	7.74	5.14	6.26	39.2	11.2	5.89	3.49	5.50	9.84	5.42	6.81	7.24	<b>9.48</b>
1963	2.63	2.91	7.80	17.9	8.69	2.65	1.84	2.03	2.38	3.28	15.4	4.32	<b>5.99</b>
1964	4.66	5.35	4.40	31.0	9.65	2.39	1.79	1.75	2.28	2.34	4.93	5.61	<b>6.35</b>
1965	5.48	4.08	19.1	13.4	5.54	3.79	2.93	2.84	2.32	2.44	2.48	7.60	<b>6.00</b>
1966	4.31	8.35	20.1	15.5	5.28	2.82	3.16	2.97	2.73	3.07	6.36	12.1	<b>7.23</b>
1967	6.18	19.0	35.2	12.2	8.15	8.70	3.11	2.10	1.66	2.48	4.30	9.57	<b>9.39</b>
1968	7.48	18.3	18.6	14.5	7.68	5.36	2.29	2.07	2.00	2.75	3.28	2.53	<b>7.24</b>
1969	1.60	1.71	2.42	7.23	6.53	2.62	1.29	1.30	1.68	2.23	10.2	6.10	<b>3.74</b>
1970	3.15	3.00	11.5	61.8	16.6	6.60	4.32	3.80	3.40	4.28	35.7	18.3	<b>14.4</b>
1971	11.0	19.8	24.8	15.9	5.10	2.97	2.49	1.29	2.16	2.58	2.76	4.76	<b>7.97</b>
1972	2.38	2.26	4.23	15.3	4.70	4.57	8.74	8.83	11.0	10.7	19.5	13.6	<b>8.82</b>
1973	6.53	21.3	14.3	9.66	6.74	3.01	4.88	4.02	2.70	3.24	9.24	8.84	<b>7.87</b>

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1974	12.7	22.0	9.87	5.59	5.64	5.75	15.4	8.05	2.28	22.4	33.4	33.6	<b>14.7</b>
1975	38.3	14.8	10.5	11.0	6.33	4.94	2.59	3.34	2.67	2.81	3.23	7.40	<b>8.99</b>
1976	14.6	6.54	12.2	23.5	9.63	5.25	2.96	3.37	2.46	2.23	3.18	4.86	<b>7.57</b>
1977	4.27	12.6	20.1	17.5	8.72	3.78	5.48	2.98	2.42	2.62	3.46	6.73	<b>7.56</b>
1978	9.41	4.75	25.4	13.4	5.09	3.12	5.07	3.27	17.0	27.1	17.8	13.5	<b>12.1</b>
1979	6.24	5.55	36.1	38.9	9.92	3.49	2.69	6.26	5.69	5.20	6.36	12.8	<b>11.6</b>
1980	5.14	6.45	6.19	33.6	8.11	7.65	9.25	9.50	8.77	21.7	24.2	32.6	<b>14.4</b>
1981	11.3	21.9	22.3	10.8	7.60	9.08	7.79	11.3	9.04	5.88	18.7	17.0	<b>12.7</b>
1982	18.5	9.54	34.4	14.7	9.40	4.72	4.02	2.92	2.72	2.79	3.22	4.07	<b>9.25</b>
1983	12.7	14.7	28.4	17.2	9.32	4.52	2.87	2.34	2.17	2.48	3.59	4.39	<b>8.72</b>
1984	9.14	9.05	5.78	7.73	4.47	5.12	4.42	2.80	8.47	7.88	7.60	9.72	<b>6.85</b>
1985	4.29	6.52	20.5	27.7	9.15	6.22	3.54	6.81	13.8	10.3	11.6	21.5	<b>11.8</b>

Таблица П.Д.4 – Инстроч (Ульяново), м<sup>3</sup>/с

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1901	4.38	1.78	13.6	12.0	0.87	7.30	1.70	0.62	0.58	0.43	5.36	8.89	<b>4.79</b>
1902	16.4	1.63	9.66	4.77	0.89	0.65	1.49	5.36	1.29	1.39	0.63	1.92	<b>3.84</b>
1903	8.25	12.5	5.70	4.50	8.17	1.31	2.48	6.12	5.89	7.96	6.02	8.25	<b>6.43</b>
1904	1.09	6.30	8.86	9.26	5.51	0.52	0.55	2.11	1.19	6.30	3.73	7.28	<b>4.39</b>
1905	2.35	7.71	14.2	11.7	1.80	0.61	0.62	0.54	0.61	1.34	6.56	2.67	<b>4.23</b>
1906	4.55	2.06	17.3	2.42	0.72	2.54	0.56	0.29	0.26	0.28	0.37	2.54	<b>2.82</b>
1907	0.52	1.02	10.5	7.27	0.95	0.81	1.09	2.67	11.0	0.47	0.32	3.02	<b>3.30</b>
1908	3.79	8.79	11.9	8.68	4.40	1.08	0.33	0.39	0.82	0.30	0.44	0.99	<b>3.49</b>
1909	0.51	0.16	4.60	7.41	1.37	1.16	2.14	2.95	0.50	0.26	0.23	8.84	<b>2.51</b>
1910	6.92	4.55	3.81	0.66	0.71	0.34	1.89	0.80	0.68	0.49	0.40	5.60	<b>2.24</b>
1911	1.25	5.30	7.37	1.98	0.41	0.38	0.27	0.21	0.19	0.21	0.23	0.22	<b>1.50</b>
1912	0.17	0.18	7.47	3.33	0.30	0.57	0.17	0.060	0.080	0.060	0.59	4.80	<b>1.48</b>
1913	1.24	2.21	6.04	4.86	1.01	0.080	1.53	7.25	3.70	2.78	2.52	3.48	<b>3.06</b>
1914	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1915	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1916	21.0	2.55	8.17	3.19	0.15	0.76	9.40	10.0	6.88	4.38	2.52	3.48	<b>6.04</b>
1917	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1918	1.88	9.21	5.56	1.74	0.060	0.030	0.030	0.040	0.020	0.080	0.60	1.03	<b>1.69</b>
1919	1.24	1.97	6.35	7.97	5.05	0.15	5.22	1.42	0.18	0.28	0.41	3.36	<b>2.80</b>
1920	3.73	6.61	10.0	0.23	0.040	0.16	0.0100	1.39	2.63	0.15	0.080	0.080	<b>2.09</b>
1921	8.25	3.64	5.61	3.15	0.18	0.030	0.050	0.040	0.050	0.040	0.29	5.75	<b>2.26</b>
1922	3.03	1.81	16.0	4.33	0.37	1.06	0.070	0.39	0.080	0.060	0.28	6.02	<b>2.79</b>
1923	4.00	3.57	4.54	0.37	0.24	0.12	0.10	1.01	0.34	11.1	9.87	11.5	<b>3.90</b>
1924	0.59	0.60	10.3	12.8	8.24	3.36	1.04	11.4	3.28	1.05	2.73	0.63	<b>4.67</b>
1925	7.80	8.19	5.24	1.21	0.26	0.26	0.35	0.99	4.34	4.37	7.81	1.97	<b>3.57</b>
1926	12.4	4.13	10.7	6.98	2.96	0.19	0.21	1.04	1.87	3.85	6.63	5.12	<b>4.67</b>
1927	3.03	0.32	13.6	9.30	1.91	5.33	5.19	0.22	1.00	7.05	7.77	2.19	<b>4.74</b>
1928	3.48	6.66	1.68	5.79	4.82	7.70	0.37	0.12	4.14	5.14	6.40	3.70	<b>4.17</b>

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1929	0.11	0.0100	7.92	8.99	3.65	0.13	1.20	0.16	0.12	0.10	3.39	3.53	<b>2.44</b>
1930	2.84	1.72	8.55	1.34	3.51	0.31	0.16	6.06	0.55	5.76	20.8	2.59	<b>4.52</b>
1931	2.50	0.62	4.46	23.8	2.22	0.28	0.22	0.15	0.36	0.40	0.60	6.20	<b>3.48</b>
1932	1.90	0.75	0.33	13.2	3.78	3.63	0.44	2.58	1.91	10.0	6.38	3.71	<b>4.05</b>
1933	0.22	3.41	7.13	4.12	2.44	3.97	2.83	8.26	2.60	3.28	2.73	0.35	<b>3.44</b>
1934	0.35	7.91	14.9	1.65	0.19	0.18	0.29	0.52	0.26	1.29	3.70	1.22	<b>2.71</b>
1935	0.58	11.6	4.01	5.67	0.58	0.46	3.63	3.03	4.49	7.36	3.79	4.71	<b>4.16</b>
1936	17.0	7.57	5.84	1.54	0.85	0.92	0.68	0.98	1.75	6.82	1.76	3.99	<b>4.14</b>
1937	4.16	5.05	17.3	3.09	0.58	0.25	0.22	0.36	0.24	0.22	0.15	0.21	<b>2.65</b>
1938	2.46	10.4	4.11	4.37	0.26	0.28	0.36	0.20	0.14	0.12	0.99	0.51	<b>2.02</b>
1939	8.90	9.79	7.48	0.77	0.28	0.21	0.30	0.20	0.14	0.17	2.52	3.48	<b>2.85</b>
1940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1941	0.040	0.33	18.6	14.4	3.81	0.26	0.30	0.29	0.27	0.22	0.73	6.75	<b>3.83</b>
1942	0.30	0.12	0.15	13.7	3.16	0.70	2.86	2.62	0.62	2.38	1.44	11.7	<b>3.31</b>
1943	0.35	11.9	2.78	0.81	0.94	0.24	9.06	5.81	10.5	0.43	1.53	3.48	<b>3.99</b>
1944	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1945	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1946	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1947	0.51	0.64	12.4	9.64	1.76	1.28	2.09	2.64	1.26	1.25	2.52	3.48	<b>3.29</b>
1948	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1949	2.06	7.11	9.36	5.74	1.02	0.74	4.70	1.87	0.29	0.23	0.49	8.65	<b>3.52</b>
1950	7.46	10.3	14.6	8.64	3.84	0.40	0.30	5.04	4.89	14.2	24.6	16.2	<b>9.21</b>
1951	7.72	2.28	20.4	17.8	3.01	0.29	0.29	0.16	0.090	0.090	0.12	0.34	<b>4.38</b>
1952	0.49	0.25	0.31	13.9	2.41	2.27	0.64	0.27	0.85	9.15	16.8	2.75	<b>4.17</b>
1953	2.33	14.5	13.6	2.33	0.43	0.50	0.23	0.23	0.16	0.14	0.14	0.13	<b>2.89</b>
1954	0.68	0.18	8.83	7.16	0.95	0.22	0.31	4.38	2.83	6.21	5.19	14.1	<b>4.25</b>
1955	3.40	7.24	8.57	20.8	5.92	2.74	0.37	0.17	0.14	0.14	0.18	2.13	<b>4.32</b>
1956	13.4	1.13	1.43	20.0	3.36	0.33	0.42	0.96	1.62	12.5	6.18	12.0	<b>6.11</b>
1957	3.87	14.1	2.84	1.31	1.14	0.50	0.86	16.2	25.2	10.1	2.76	8.64	<b>7.29</b>
1958	6.39	19.6	9.10	21.7	2.83	0.58	1.80	1.11	0.44	0.76	1.02	7.63	<b>6.08</b>
1959	7.54	7.96	8.68	4.08	1.00	0.40	0.44	0.28	0.21	0.26	0.33	0.40	<b>2.63</b>
1960	0.81	0.55	18.7	8.27	0.76	0.86	1.47	6.37	3.94	0.80	6.32	11.7	<b>5.05</b>
1961	2.80	7.08	8.89	4.21	4.19	0.83	0.52	3.59	4.17	0.66	1.56	4.89	<b>3.62</b>
1962	5.62	1.57	0.86	22.2	3.68	1.16	0.51	1.12	8.36	2.88	4.06	3.77	<b>4.65</b>
1963	0.36	0.46	5.28	11.2	3.09	0.54	0.70	0.28	0.59	2.40	22.1	1.92	<b>4.08</b>
1964	1.26	2.74	2.08	10.9	1.33	0.35	0.29	0.32	0.30	0.27	1.01	1.07	<b>1.83</b>
1965	1.31	0.60	16.8	4.50	0.56	0.41	0.37	0.37	0.26	0.58	0.73	5.46	<b>2.66</b>
1966	1.74	3.74	14.8	9.43	1.44	0.53	1.94	0.55	1.01	0.97	5.54	9.36	<b>4.25</b>
1967	2.37	9.65	18.5	5.34	2.89	6.89	0.52	0.34	0.32	0.55	3.35	7.24	<b>4.83</b>
1968	2.74	11.3	17.5	6.34	1.42	1.32	0.37	0.25	0.30	0.46	0.60	0.46	<b>3.59</b>
1969	0.25	0.31	1.52	4.44	1.38	0.43	0.23	0.12	0.23	0.33	7.11	2.71	<b>1.59</b>
1970	0.72	0.61	6.31	32.4	4.09	0.74	0.30	0.28	0.30	0.84	11.2	7.73	<b>5.46</b>
1971	2.00	6.07	11.9	3.98	0.60	0.37	0.35	0.090	0.12	0.27	0.37	0.57	<b>2.22</b>

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1972	0.37	0.21	0.81	9.38	0.85	1.25	1.74	2.01	4.10	5.65	11.1	4.21	<b>3.47</b>
1973	0.94	9.64	6.04	2.84	1.37	0.50	0.67	0.79	0.48	0.81	6.16	3.82	<b>2.84</b>
1974	6.59	15.4	2.42	0.89	0.63	0.76	8.17	6.89	0.74	14.6	12.8	15.2	<b>7.09</b>
1975	12.7	3.22	1.83	2.71	1.53	0.69	0.30	0.25	0.18	0.32	0.51	1.85	<b>2.17</b>
1976	7.68	1.15	3.99	7.89	1.99	0.67	0.35	0.24	0.14	0.18	0.37	1.22	<b>2.16</b>
1977	0.74	6.59	11.9	9.28	2.76	0.45	0.65	0.42	0.19	0.29	0.76	3.08	<b>3.09</b>
1978	7.79	0.49	15.7	4.11	0.81	0.33	0.77	1.00	10.7	14.4	8.14	6.59	<b>5.90</b>
1979	0.45	0.41	25.3	15.9	2.61	0.40	0.50	1.36	0.93	1.01	2.60	8.19	<b>4.97</b>
1980	1.11	1.49	1.15	24.0	2.08	0.76	0.70	8.32	7.27	15.6	14.4	20.0	<b>8.07</b>
1981	5.20	13.4	11.4	2.78	1.71	5.50	5.89	6.32	3.34	3.95	11.1	8.06	<b>6.55</b>
1982	4.74	3.12	28.1	2.53	0.96	0.44	0.58	0.29	0.22	0.36	0.51	1.02	<b>3.57</b>
1983	9.89	8.86	13.0	7.64	1.89	1.07	0.25	0.17	0.19	0.28	0.60	1.34	<b>3.76</b>
1984	5.30	4.85	0.95	2.16	0.57	1.01	1.35	0.62	6.51	7.23	3.87	5.07	<b>3.29</b>
1985	0.78	1.29	12.1	14.3	3.58	0.99	1.65	2.25	4.86	3.40	7.07	13.1	<b>5.45</b>

Таблица П.Д.5 – Анграпа (д. Берестово), м<sup>3</sup>/с

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1901	8.81	7.50	24.0	19.9	8.20	11.2	9.97	7.09	6.56	5.40	8.13	38.6	<b>12.9</b>
1902	48.0	22.4	33.1	18.5	8.90	9.60	11.0	12.4	9.40	6.70	5.82	8.80	<b>16.2</b>
1903	30.7	34.2	17.6	13.3	21.9	17.1	20.6	18.7	14.0	12.2	14.2	19.9	<b>19.5</b>
1904	24.1	22.4	22.0	23.7	16.8	8.86	8.00	9.29	7.84	5.75	8.22	11.8	<b>14.1</b>
1905	21.0	25.5	34.9	31.8	20.7	12.2	10.2	8.99	8.03	6.71	9.45	10.6	<b>16.7</b>
1906	15.4	11.2	26.1	12.0	10.3	16.9	8.54	8.63	6.71	6.25	5.95	15.1	<b>11.9</b>
1907	10.3	8.92	23.1	27.3	10.9	11.8	26.0	22.3	35.4	10.8	9.46	17.3	<b>17.8</b>
1908	24.2	26.4	36.7	48.2	21.1	16.0	11.9	10.8	10.5	6.38	6.10	10.4	<b>19.1</b>
1909	8.37	7.32	17.1	23.3	11.4	6.16	8.77	8.60	5.54	3.85	3.96	8.08	<b>9.37</b>
1910	14.6	11.0	8.72	4.96	9.86	6.50	12.2	21.2	9.54	6.47	4.73	19.2	<b>10.7</b>
1911	7.76	16.7	23.9	10.6	6.37	6.39	4.66	3.69	3.64	2.88	3.10	2.60	<b>7.69</b>
1912	3.20	3.50	17.4	8.92	4.89	6.97	5.75	12.5	9.83	6.39	9.14	14.6	<b>8.59</b>
1913	15.6	11.6	14.3	19.0	14.9	10.9	13.8	23.0	13.2	11.5	15.6	27.9	<b>15.9</b>
1914	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1917	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1918	26.1	33.3	22.7	17.9	6.96	6.90	6.92	6.80	5.78	7.69	6.94	9.21	<b>13.1</b>
1919	10.6	12.2	20.3	11.4	14.6	8.12	16.9	13.0	7.79	7.89	7.68	16.0	<b>12.2</b>
1920	28.9	30.9	31.7	11.7	9.35	10.9	6.96	10.6	14.2	7.70	8.64	11.5	<b>15.3</b>
1921	23.2	28.1	26.0	14.4	8.48	7.67	5.59	4.61	4.41	3.85	4.28	11.9	<b>11.9</b>
1922	16.7	19.9	31.9	12.0	10.8	6.97	5.69	8.07	6.70	6.58	7.75	18.4	<b>12.6</b>
1923	13.0	37.6	20.7	9.56	8.12	7.94	6.04	6.67	5.44	17.0	19.8	26.3	<b>14.8</b>
1924	16.7	11.9	27.5	39.1	23.8	12.8	9.68	20.6	16.1	13.3	14.8	17.2	<b>18.6</b>
1925	22.6	21.8	16.9	14.3	10.2	10.7	10.2	8.89	10.5	11.9	16.0	18.4	<b>14.4</b>
1926	35.0	18.9	25.5	24.8	16.8	12.8	9.49	11.1	9.94	10.5	13.2	24.1	<b>17.7</b>
1927	28.1	12.5	35.2	24.6	9.74	13.8	11.0	9.87	10.0	17.4	21.5	17.8	<b>17.6</b>
1928	20.0	30.3	15.2	24.1	14.7	14.0	6.60	5.10	8.45	11.3	13.5	18.2	<b>15.1</b>

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1929	16.7	14.3	26.1	28.2	16.7	7.19	7.29	6.07	6.48	5.89	9.55	11.3	<b>13.0</b>
1930	9.40	3.36	18.0	13.1	11.2	6.15	4.46	14.7	11.3	13.5	43.6	26.2	<b>14.6</b>
1931	30.8	18.9	37.9	50.2	17.5	8.88	7.13	7.21	7.81	9.90	11.4	18.6	<b>18.9</b>
1932	18.5	10.6	11.2	32.9	12.8	6.28	6.20	22.0	7.95	14.1	17.8	19.5	<b>15.0</b>
1933	13.7	27.6	30.8	19.2	14.0	9.72	6.84	16.0	19.6	16.4	16.1	9.36	<b>16.6</b>
1934	14.4	20.3	27.5	18.1	7.42	5.20	5.52	5.58	5.60	5.67	7.68	7.38	<b>10.9</b>
1935	6.44	24.2	20.7	23.6	12.0	6.27	7.45	11.6	9.82	14.2	12.7	14.4	<b>13.6</b>
1936	24.8	26.4	25.6	12.8	6.88	9.54	6.48	7.54	13.0	22.5	15.5	13.5	<b>15.4</b>
1937	19.6	16.6	36.9	17.3	9.45	5.16	5.40	4.81	3.64	3.75	3.86	3.85	<b>10.9</b>
1938	4.88	11.5	13.5	14.0	5.37	3.81	3.80	3.58	3.58	4.15	6.43	5.12	<b>6.64</b>
1939	14.3	19.6	19.4	11.5	7.43	4.43	4.38	3.95	4.79	3.98	16.1	17.3	<b>10.6</b>
1940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1941	11.3	15.7	36.3	40.8	23.3	5.29	3.69	5.35	5.21	6.60	12.0	9.24	<b>14.6</b>
1942	3.57	4.99	9.17	36.9	11.4	9.03	4.59	9.02	3.56	4.28	2.92	14.2	<b>9.47</b>
1943	9.85	19.6	14.2	6.86	5.55	4.23	26.6	14.1	11.0	7.01	9.01	11.6	<b>11.6</b>
1944	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1952	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1953	15.0	32.0	37.5	16.9	10.0	5.15	3.09	3.44	4.12	4.39	4.05	3.58	<b>11.6</b>
1954	3.87	2.38	11.3	15.7	8.95	4.30	4.25	6.82	5.09	9.86	11.1	22.3	<b>8.83</b>
1955	19.5	15.2	18.5	36.0	25.9	18.0	5.17	2.46	2.04	3.08	4.24	12.5	<b>13.5</b>
1956	20.1	8.49	8.30	38.8	16.3	7.34	6.97	10.4	8.94	31.9	25.0	43.0	<b>18.8</b>
1957	27.8	41.1	25.1	17.9	13.4	7.08	5.86	66.0	57.5	47.1	25.7	30.1	<b>30.4</b>
1958	22.8	41.4	34.8	62.1	34.7	16.5	14.7	9.81	7.56	12.3	14.1	20.9	<b>24.3</b>
1959	21.7	19.9	23.7	17.3	8.65	4.23	6.05	4.57	3.17	3.94	5.89	4.62	<b>10.3</b>
1960	5.12	4.48	28.7	23.6	9.10	8.83	11.8	28.2	18.4	13.6	19.1	28.0	<b>16.6</b>
1961	14.9	21.3	28.7	23.2	23.0	7.06	4.35	7.18	8.61	5.65	7.10	9.04	<b>13.3</b>
1962	13.6	9.59	9.59	48.0	15.6	9.52	6.00	7.89	14.3	10.8	12.6	12.1	<b>14.1</b>
1963	5.56	4.72	12.1	26.9	13.6	4.51	3.18	3.05	4.66	5.47	23.9	11.4	<b>9.92</b>
1964	8.09	9.68	8.40	48.2	19.0	6.46	3.26	3.06	3.39	2.93	4.89	6.90	<b>10.4</b>
1965	8.27	6.95	28.2	21.5	10.5	7.56	7.32	5.44	4.62	5.35	5.70	15.6	<b>10.6</b>
1966	11.6	17.5	29.9	26.3	11.0	5.71	4.69	5.84	6.42	6.04	12.6	24.1	<b>13.5</b>
1967	13.8	29.3	55.1	24.3	17.7	16.8	8.24	5.18	5.33	6.74	9.29	17.8	<b>17.5</b>
1968	15.9	25.7	30.9	27.9	14.5	6.63	3.74	4.11	4.57	5.44	6.88	5.42	<b>12.6</b>
1969	4.55	5.38	6.53	14.0	15.0	6.87	3.61	2.50	3.16	3.22	11.6	6.49	<b>6.91</b>
1970	5.41	6.44	14.0	73.7	29.2	11.8	6.50	5.18	6.99	9.96	46.8	25.9	<b>20.2</b>
1971	14.7	27.1	33.7	25.4	10.4	5.28	3.75	2.09	2.69	3.08	3.92	9.57	<b>11.8</b>
1972	5.53	4.59	6.90	19.2	7.52	9.28	9.59	11.8	16.6	13.3	24.6	16.9	<b>12.2</b>
1973	10.0	27.1	20.0	13.7	11.1	6.98	8.47	6.14	3.97	5.38	11.8	15.0	<b>11.6</b>
1974	18.2	33.4	14.3	8.19	10.3	11.2	27.5	10.4	5.28	35.7	44.2	48.0	<b>22.2</b>
1975	59.7	27.2	21.9	24.1	15.3	7.72	6.13	6.26	4.57	4.34	4.37	18.3	<b>16.7</b>
1976	26.0	10.4	21.7	31.6	16.5	8.62	5.07	5.02	2.94	2.87	4.00	7.08	<b>11.8</b>
1977	7.44	19.1	31.6	26.6	14.6	7.28	8.43	7.17	5.81	5.30	5.98	11.6	<b>12.6</b>
1978	13.6	8.03	32.9	18.2	10.6	4.81	7.62	7.67	28.5	3.73	31.1	24.3	<b>15.9</b>



Окончание табл. П.Д.5

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1979	14.2	11.8	48.8	64.9	24.8	13.4	9.97	10.5	10.3	10.6	13.3	19.5	<b>21.0</b>
1980	8.89	11.0	11.1	44.4	13.8	9.67	16.2	14.9	19.4	40.2	31.5	40.0	<b>21.8</b>
1981	28.6	41.3	36.6	20.3	16.4	21.7	19.5	21.6	22.3	15.4	34.9	29.7	<b>25.7</b>
1982	35.4	25.5	58.8	29.7	19.1	12.9	10.5	7.60	5.54	6.20	6.47	8.06	<b>18.8</b>
1983	25.2	23.8	43.3	28.6	18.2	10.0	6.94	5.40	3.88	5.05	5.98	7.55	<b>15.3</b>
1984	14.8	13.0	9.99	12.6	6.16	6.40	6.46	5.13	12.1	14.3	12.3	12.4	<b>10.5</b>
1985	7.32	8.06	20.7	33.2	14.2	9.70	6.36	7.40	16.0	14.1	15.8	25.2	<b>14.8</b>

### Нагонные явления в устье реки Преголи

Таблица П.Е.1 – Близкие к неблагоприятным, неблагоприятные и опасные нагоны в устье р. Преголи с 1903 по 1932 г.

№ п/п	Дата нагона	Уровень, см БС
1	09.1903	104
2	10.1905	117
3	11.1906	147
4	11.1909	100
5	11.1913	100
6	12.1913	166
7	05.1915	100
8	07.1916	102
9	10.1916	110
10	11.1917	138
11	12.1917	152
12	01.1925	102
13	09.1925	107
14	10.1925	114
15	12.1926	108
16	04.1927	147
17	11.1930	137
18	09.1932	116

Таблица П.Е.2 – Близкие к неблагоприятным, неблагоприятные и опасные нагоны в устье р. Преголи с 1952 по 2007 г.

№ п/п	Дата нагона	Уровень, см БС
1	16.01.1952	104
2	9-11.12.1955	107
3	22.01.1956	114
4	26.08.1956	125
5	11.11.1957	110
6	02.12.1961	105
7	14.10.1963	103
8	25.09.1964	108
9	18.10.1967	160
10	29.10.1969	110
11	10.11.1969	106
12	21.11.1969	109
13	29.10.1970	98
14	02.11.1970	116
15	10.11.1970	95
16	17.11.1971	112
17	23.11.1971	124
18	14.11.1972	109

№ п/п	Дата нагона	Уровень, см БС
19	25.11.1973	105
20	04.01.1975	117
21	06.01.1975	132
22	07.01.1975	129
23	10.01.1975	102
24	12.01.1976	122
25	12.09.1977	110
26	13.11.1977	107
27	20.04.1980	116
28	08.02.1981	118
29	02.11.1981	155
30	21.11.1981	125
31	25.11.1981	144
32	16.12.1982	102
33	14.01.1983	110
34	18.01.1983	183
35	21.01.1983	128
36	21.01.1983	130
37	22.01.1983	96
38	22.01.1983	100
39	28.01.1983	121
40	29.01.1983	188
41	30.01.1983	111
42	02.02.1983	142
43	03.02.1983	106
44	15.01.1984	104
45	12.10.1985	106
46	06.12.1985	111
47	06.11.1986	98
48	02.12.1986	103
49	30.12.1987	105
50	13.03.1988	101
51	20.02.1989	112
52	27.01.1990	104
53	03.03.1990	101
54	04.03.1990	111
55	10.03.1990	132
56	12.03.1990	126
57	01.10.1990	107
58	05.01.1992	110
59	26.11.1992	115
60	14.01.1993	99
61	22.01.1993	128
62	24.01.1993	118

№ п/п	Дата нагона	Уровень, см БС
63	25.01.1993	128
64	26.01.1993	110
65	27.01.1993	128
66	05.02.1993	103
67	28.03.1995	100
68	08.04.1995	101
69	05.11.1998	126
70	04.12.1999	198
71	15.11.2001	116
72	29.01.2002	139
73	13.02.2002	99
74	27.02.2002	100
75	27.08.2003	100
76	15.12.2003	90
77	18.11.2004	158
78	09.01.2005	130
79	21.01.2005	108
80	22.01.2005	97
81	10.08.2005	149
82	31.12.2006	109
83	11.01.2007	101
84	13.01.2007	140
85	14.01.2007	168
86	15.01.2007	106
87	19.01.2007	125
88	20.01.2007	116
89	21.01.2007	119
90	22.01.2007	131
91	23.01.2007	104
92	28.01.2007	102
93	05.02.2007	98

**Таблицы значений параметров расчетных формул  
при отсутствии данных гидрометрических наблюдений [91, 104]**

Таблица П.Ж.1 – Гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока

Характеристика русла и поймы	<i>m</i>	<i>m<sub>p</sub></i> , м/мин
Реки и водотоки со средними уклонами $I_p < 35 \%$ ; 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 $I_p \geq 35 \%$	1/7	10

Таблица П.Ж.2 – Значения коэффициента *m<sub>ск</sub>*

Характеристика поверхности склонов	Травяной покров склонов		
	редкий или отсутствует	обычный	густой
Укатанная, спланированная грунтовая; такыровидные равнины	0,40	0,30	0,25
Без кочек, в населенных пунктах с застройкой менее 20 %	0,30	0,25	0,20
Кочковатая, таежные завалы, а также в населенных пунктах с застройкой более 20 %	0,20	0,15	0,10

Таблица П.Ж.3 – Примерное значение уклона водной поверхности реки вблизи створа в равнинных районах

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Уклон водной поверхности реки, ‰, при рельефе местности			
	Возвышенности	Увалы	Холмистые равнины	Низменности
100	2,84	1,70	0,72	0,28
500	1,60	0,96	0,41	0,16
1000	1,28	0,76	0,32	0,13
5000	0,70	0,43	0,18	0,07
20000	0,44	0,27	0,11	0,04
50000	0,32	0,19	0,08	0,03
100000	0,25	0,15	0,06	0,03



Таблица П.Ж.4 – Относительный максимальный модуль стока  $q'_1\%$  при  $\delta = 1$  (для кривых редукции осадков 3, 4, 9, 17, 27, 32-го районов)

Продолжительность склонового добега, мин	Максимальный модуль стока $q'_1\%$ при $\Phi_0$ , равных																
	0	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300
10	0,45	0,42	0,32	0,25	0,15	0,10	0,076	0,060	0,050	0,043	0,037	0,033	0,030	0,018	0,014	0,011	0,0085
30	0,25	0,24	0,21	0,17	0,12	0,085	0,067	0,054	0,046	0,040	0,035	0,031	0,028	0,018	0,013	0,010	0,0084
60	0,16	0,15	0,14	0,12	0,088	0,070	0,058	0,049	0,042	0,036	0,032	0,029	0,026	0,017	0,013	0,010	0,0082
100	0,11	0,10	0,095	0,085	0,068	0,058	0,050	0,047	0,038	0,033	0,030	0,027	0,024	0,017	0,013	0,010	0,0082
150	0,075	0,074	0,070	0,065	0,053	0,045	0,043	0,038	0,034	0,030	0,027	0,025	0,023	0,016	0,012	0,0098	0,0080
200	0,062	0,060	0,055	0,053	0,048	0,042	0,036	0,032	0,029	0,027	0,025	0,023	0,021	0,015	0,012	0,0094	0,0078

Таблица П.Ж.5 – Переходные коэффициенты от максимальных расходов при  $P = 1\%$  к максимальным расходам другой ежегодной вероятности превышения

Номер района	Площадь водосбора $A$ , км <sup>2</sup> , средняя высота водосбора $\bar{H}_b$ , м	Переходные коэффициенты $\lambda, \%$ при вероятности превышения $P\%$ , равной						
		0,1	1	2	3	5	10	25
1	$A > 0$	1,4	1,0	0,82	0,74	0,64	0,54	0,38
2	$A \geq 0,1$	1,5	1,0	0,85	0,77	0,67	0,55	0,36
	$A < 0,1$	1,4	1,0	0,76	0,69	0,60	0,50	0,32

Таблица П.Ж.6 – Значения параметров в зависимости от типа почв

Природная зона	Тип почв	Параметры $\Phi_0$ и $n_2$ в зависимости от типа почв, механический состав которых					
		глинистый и тяжелосуглинистый		среднесуглинистый и суглинистый		супесчаный, песчаный, меловой, трещиноватый	
		$\Phi_0$	$n_2$	$\Phi_0$	$n_2$	$\Phi_0$	$n_2$
Лесотундра, лесная	Глеево-подзолистые на плотных породах (включая глеево-мерзлотно-таежные), глеево-болотные оглеенные	0,42	0,50	0,28	0,65	0,23	0,80
	Тундрово-глеевые, глеево-болотные, подзолистые, серые лесные	0,56	0,50	0,38	0,65	0,30	0,80

Региональные карты гидрологических характеристик [94]

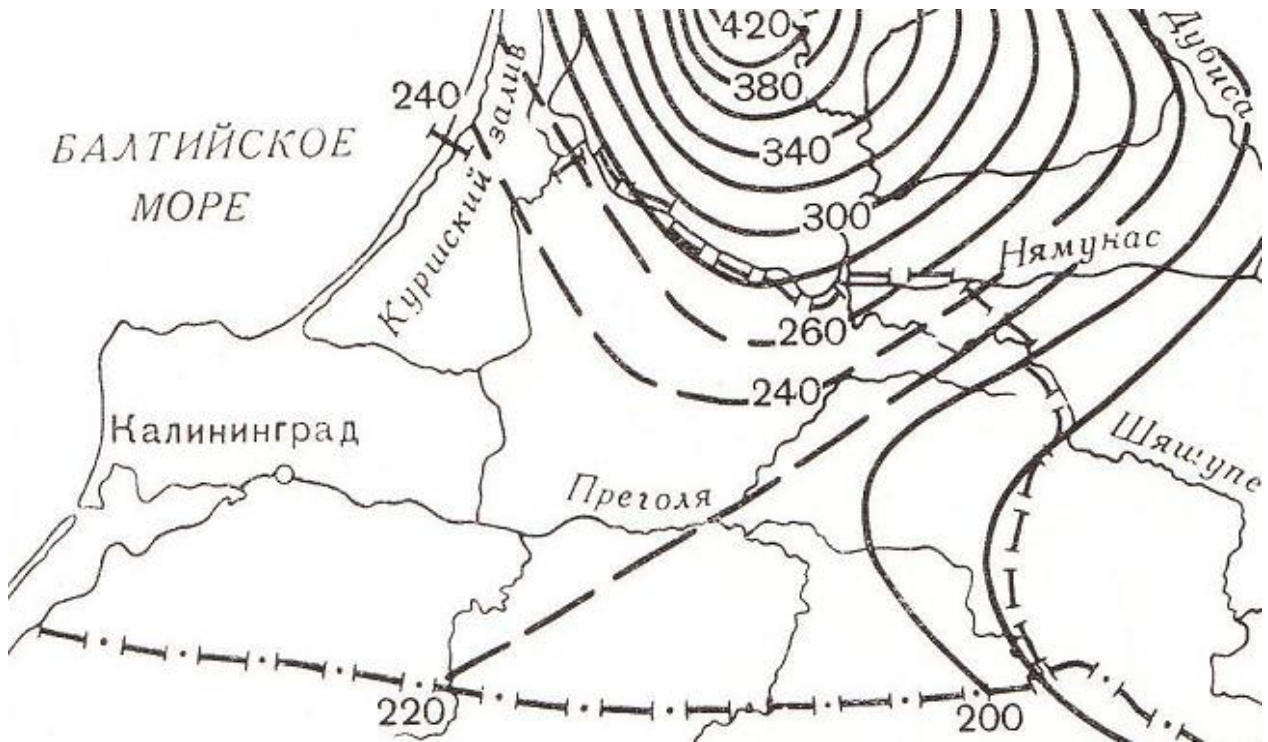


Рис. П.И.1. Карта изолиний среднего годового слоя стока,  $h$  (мм)

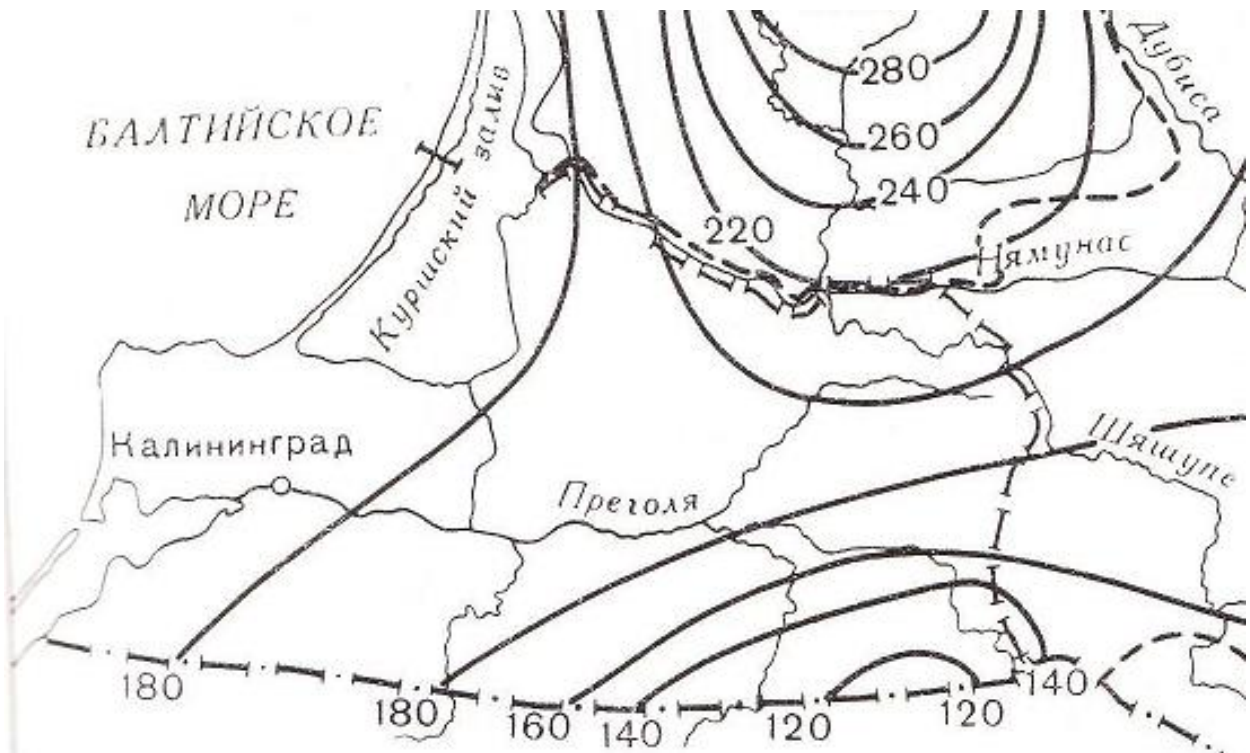


Рис. П.И.2. Карта изолиний слоя стока весеннего половодья ( $P = 1\%$ ),  $h$  (мм)

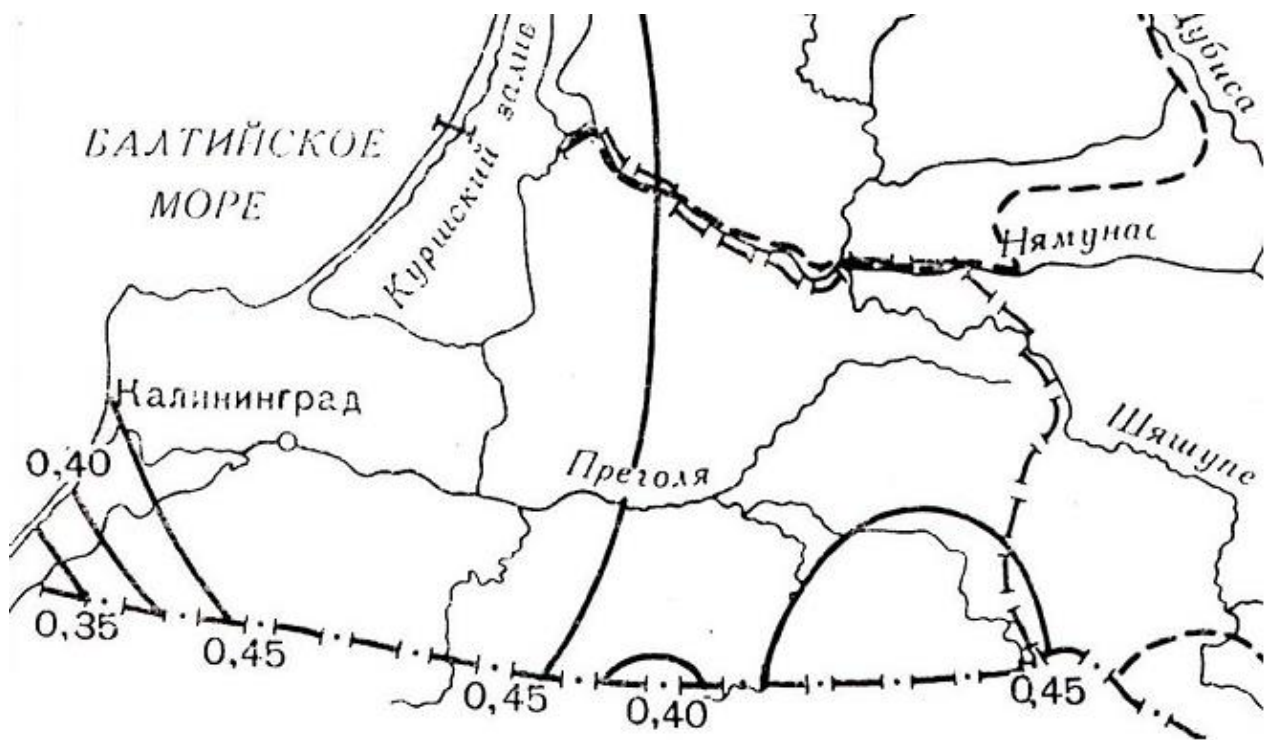


Рис. П.И.3. Карта изолиний коэффициента вариации слоя стока весеннего половодья

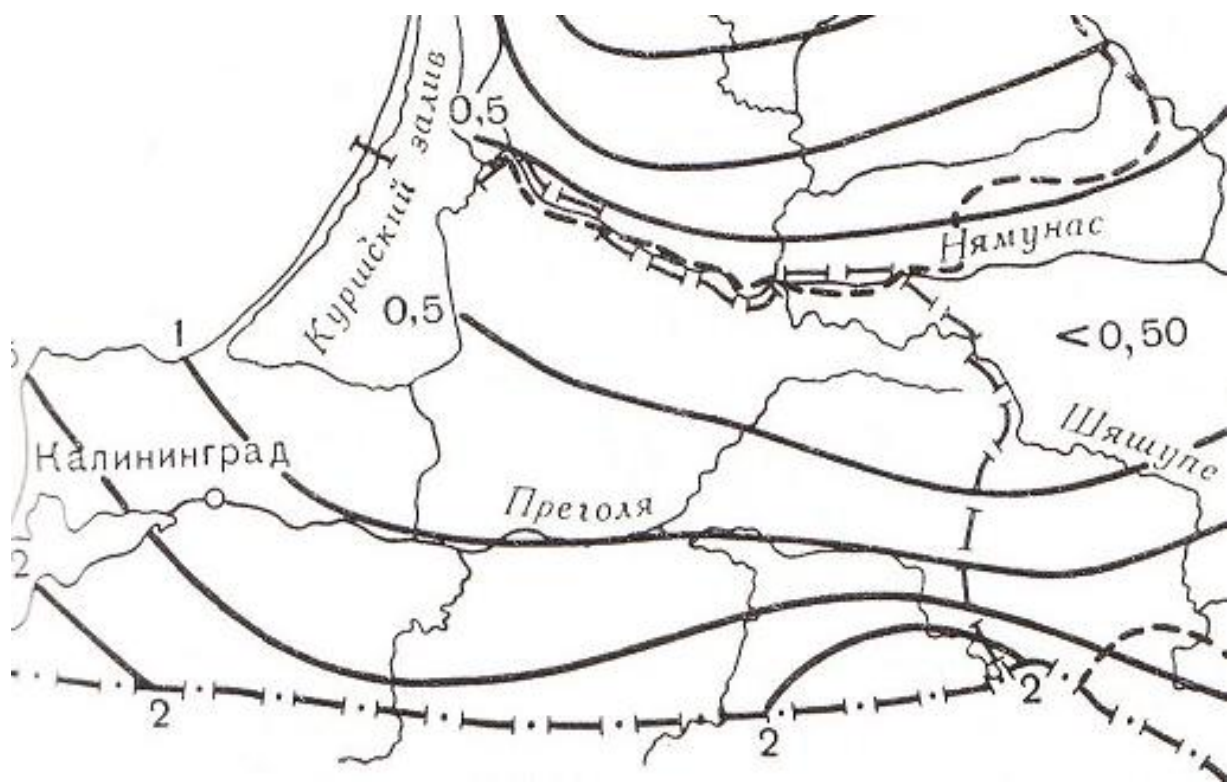


Рис. П.И.4. Карта изолиний среднего минимального летне-осеннего модуля стока,  $q$ , л/(с · км<sup>2</sup>)



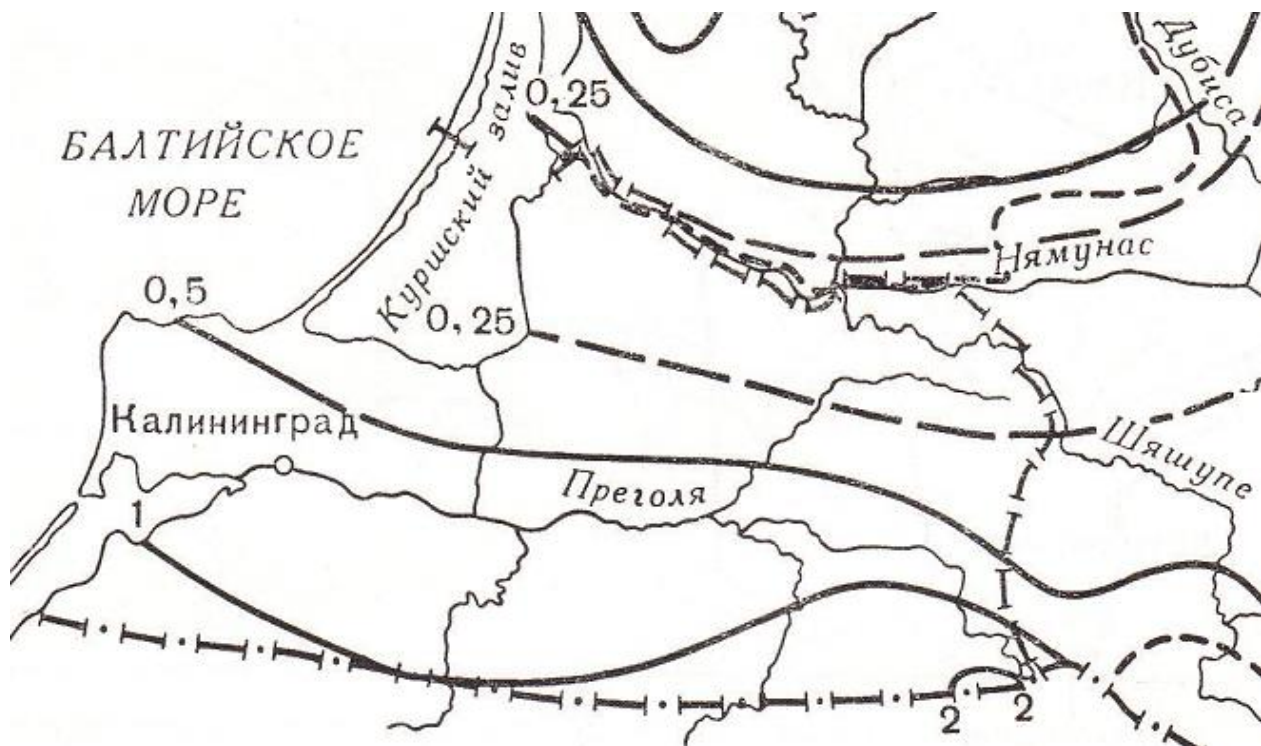


Рис. П.И.5. Карта изолиний минимального летне-осеннего модуля стока ( $P = 80\%$ ),  $q$ , л/(с · км<sup>2</sup>)



Рис. П.И.6. Карта изолиний коэффициента дружности весеннего половодья,  $1000 \cdot K_0$

## Шкала шероховатости речных русел и пойм

Таблица П.К.1 – Коэффициенты гидравлической шероховатости  $n$  к формулам Павловского [91]

$n$	Характеристика русел и пойм		
	Равнинные реки	Полугорные и горные реки	Поймы
0,020	Прямолинейные русла канализированных рек в плотных грунтах	–	–
0,025	Естественные земляные русла, чистые, прямые, со спокойным течением	Искусственные отводы русел, высеченные в скале	Ровная чистая пойма с низкой травой без сельскохозяйственного использования
0,030	Гравийно-галечные русла в тех же условиях	Гравийно-галечные русла в благоприятных условиях. $J = 0,8 ‰ – 1,0 ‰$	Ровная пойма под пашней без посевов и пастбищем с низкой травой
0,040	Сравнительно чистые русла водотоков с некоторыми неправильностями в направлениях струй, неровностями дна и берегов	Земляные русла периодических водотоков в благоприятных условиях. Правильные галечные русла в нижнем течении. $J = 0,8 ‰ – 1,0 ‰$	Ровная пойма, занятая зрелыми полевыми культурами, пастбищем с высокой травой и вырубками без побегов
0,050	Засоренные русла больших и средних рек, частично заросшие с неспокойным течением. Чистые русла периодических водотоков	Значительно засоренные каменистые русла с бурным течением. Периодические водотоки с крупногалечным покрытием ложа. $J = 7 ‰ – 15 ‰$	Пойма, поросшая редким кустарником и деревьями (весной без листвы), изрезанная староречьями
0,065	Скалистые русла больших и средних рек. Русла периодических водотоков засоренные и заросшие	Галечно-валунные русла с бурным течением. Засоренные периодические водотоки. $J = 15 ‰ – 20 ‰$	Пойма под редким кустарником и деревьями с листвой или вырубками с развивающейся порослью
0,080	Речные русла, значительно заросшие, с промоинами и неровностями дна и берегов	Валунные русла в средней и верхней частях бассейна и периодические водотоки с бурным течением. $J = 50 ‰ – 90 ‰$	Поймы, покрытые кустарником средней и большой густоты (весной без листвы)
0,100	Русла рек, сильно заросшие, загроможденные стволами деревьев и валунами	Русла водопадного типа в верховьях с крупновалунным ложем и бурным течением. $J = 90 ‰ – 200 ‰$	Поймы, занятые лесом при уровне ниже ветвей и кустарником средней и большой густоты с листвой
0,140	Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода)	Русла с завалами из валунов и обломков скал и валунами. $J = 90 ‰ – 200 ‰$	Поймы, покрытые лесом при затоплении ветвей
0,200	–	Русла с завалами из валунов и обломков скал	Глухие, сплошь заросшие, труднопроходимые поймы таежного типа

*Научное издание*

*Владимир Аркадьевич Наумов,  
Наталья Равиловна Ахмедова*

**ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПРЕГОЛИ**

*Редактор Г.Е. Смирнова*

Подписано в печать 7.11.2017 г. Формат 60 × 90 1/16.  
Уч.-изд. л. 11,6. Печ. л. 11,6. Тираж 500 экз. Заказ № 91.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
236022, Калининград, Советский проспект, 1