

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

*Составитель **О.Г. Савичев***

Издательство
Томского политехнического университета
2018

УДК 624.131.6+556(075.8)

ББК 26.22я73

И62

И62 Инженерно-гидрометеорологические изыскания и гидрологические расчеты : учебное пособие / сост. О.Г. Савичев ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 239 с.

ISBN 978-5-4387-0797-4

В пособии рассмотрены цели и задачи инженерно-гидрометеорологических изысканий и гидрологических расчётов, приведена информация об их месте в обеспечении жизненного цикла объектов капитального строительства. Изложены основные термины и определения, требования к составу полевых и камеральных работ, сведения о методах гидрологических расчётов, структуре и содержании отчётной документации.

Предназначено для студентов университетов, обучающихся по направлениям 20.04.02 «Природообустройство и водопользование» (магистры), 05.04.04 «Гидрометеорология» (магистры), 05.03.04 «Гидрометеорология» (бакалавры), и специалистов в области природообустройства, водного хозяйства, гидрологии, гидрогеологии, гидрохимии, геоэкологии.

УДК 624.131.6+556(075.8)

ББК 26.22я73

Рецензенты

Кандидат геолого-минералогических наук
генеральный директор АО «Томскгеомониторинг»

В.А. Льготин

Кандидат биологических наук
генеральный директор ООО «ИНГЕОТЕХ»

В.А. Базанов

ISBN 978-5-4387-0797-4

© Составление. ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2018

© Савичев О.Г., составление, 2018

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Согласно [30], гидрология – это наука, изучающая гидросферу, ее свойства и протекающие в ней процессы и явления во взаимосвязи с атмосферой, литосферой и биосферой. В составе гидрологии выделяется гидрология суши – раздел науки, рассматривающий поверхностные воды, под которыми понимаются те, что находятся на поверхности суши в виде различных водных объектов. В свою очередь, в составе гидрологии суши рассматриваются: 1) гидрография суши, изучающая закономерности географического распространения поверхностных вод, описывающая конкретные водные объекты и устанавливающая их взаимосвязь с географическими условиями территории, а также их режим и хозяйственное значение [30]; 2) гидрометрия, изучающая методы наблюдений за режимом водных объектов, применяемые при этом устройства и приборы, а также способы обработки результатов наблюдений [30]; 3) гидрологические прогнозы – научно обоснованное предсказание ожидаемого гидрологического режима [30]; 4) гидрологические расчеты – раздел гидрологии, в задачи которого, согласно [152], входит разработка методов, позволяющих рассчитывать значения различных характеристик гидрологического режима. Однако фактически гидрологические расчеты и инженерно-гидрологические изыскания (один из основных видов инженерных изысканий для строительства, предназначенный для комплексного изучения гидрометеорологических условий территории намечаемого строительства [152]) представляют собой две основные части инженерной гидрологии – раздела гидрологии, нацеленного на решение инженерных задач.

Главной целью данного учебного пособия является изложение основных требований и подходов к проведению инженерно-гидрометеорологических изысканий, а также методов гидрологических расчетов. Характеристика последних дана в соответствии с задачами инженерно-гидрометеорологических изысканий и не ограничивается только оценкой характеристик водного режима. Работа с учебным пособием предполагает предварительное изучение основ гидравлики, общей гидрологии, гидрогеоэкологии, гидрологических прогнозов и моделирования [2, 6, 8, 9, 10, 15, 21, 43, 46, 58, 59, 64, 67, 71, 73, 85, 92, 174, 179, 182]. Вопросы для контроля усвоения материала сформулированы с учетом требований к сотрудникам проектно-изыскательских организаций и экспертам в области инженерных изысканий [96, 97, 132–145].

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ

1.1. Общие сведения о градостроительной деятельности и архитектурно-строительном проектировании

Согласно [42], деятельность по развитию территорий называется градостроительной деятельностью и осуществляется в виде: 1) территориального планирования (планирования развития территорий); 2) градостроительного зонирования (выделения зон с установленными видами разрешенного использования земельных участков (регламентами)); 3) планировки территории; 4) архитектурно-строительного проектирования; 5) строительства (создании зданий, строений, сооружений); 6) реконструкции объектов капитального строительства (изменении их параметров, установленных в проектной документации; в случае линейных объектов – линий электропередачи, линий связи, трубопроводов, автомобильных дорог, железнодорожных линий и других подобных сооружений – изменении параметров без изменения класса, категории или показателей функционирования); 7) капитального ремонта (замены или восстановления элементов объекта без изменения ключевых параметров; в случае линейных объектов – изменении параметров, которое не влечет за собой изменение класса, категории или показателей функционирования и при котором не требуется изменение границ полос отвода или охранных зон); 8) эксплуатации зданий и сооружений (обеспечения их функционирования в соответствии с назначением).

Одним из ключевых видов градостроительной деятельности является архитектурно-строительное проектирование, которое осуществляется путем подготовки проектной документации, содержащей материалы в текстовой и графической формах и определяющей архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения для обеспечения строительства, реконструкции объектов капитального строительства (зданий, строений, сооружений, строительство которых не завершено), капитального ремонта [42]. Иными словами, архитектурно-строительное проектирование заключается в создании модели объекта капитального строительства, оформленной разработчиком в виде проектной документации.

Согласно [31], проектная продукция представляет собой различные виды документации (проектной, рабочей, отчетной по инженерным изысканиям и другой), предназначенной для организации, обеспечения и осуществления строительства с учетом соблюдения установленных

требований. При этом: 1) проектная документация – это «совокупность текстовых и графических документов, определяющих архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические и иные решения проектируемого здания, состав которых необходим для оценки соответствия принятых решений заданию на проектирование требованиям технических регламентов и документов в области стандартизации и достаточен для разработки рабочей документации для строительства»; 2) рабочая документация – это «совокупность текстовых и графических документов, обеспечивающих реализацию принятых в утвержденной проектной документации технических решений объекта капитального строительства, необходимых для производства строительных и монтажных работ, обеспечения строительства оборудованием, изделиями и материалами и/или изготовления строительных изделий» [31, п. 3.1.5, 3.1.6]. Текстовая часть проектной документации обычно содержит сведения об объекте капитального строительства, принятых технических и иных решениях, пояснениях и обоснованиях, ссылки на использованные документы, а графическая – технические решения, выполненные в виде чертежей, схем, планов, графиков [97].

1.2. Состав и примерное содержание проектной документации

В соответствии с [98] структура и содержание проектной (и иной) документации зависит от вида объектов капитального строительства: 1) производственного назначения – производственных зданий, строений, сооружений за исключением линейных объектов; 2) линейных – трубопроводов, автомобильных и железных дорог, линий электропередачи и подобных объектов; 3) непроизводственного назначения – зданий, строений, сооружений жилищного фонда, социально-культурного и коммунально-бытового назначения и других объектов непроизводственного назначения. Кроме того, при проектировании необходимо учитывать, относится ли объект строительства к особо опасным, технически сложным и уникальным. При этом к особо опасным и технически сложным объектам относятся: 1) объекты использования атомной энергии (в том числе ядерные установки, пункты хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, пункты хранения радиоактивных отходов); 2) гидротехнические сооружения первого и второго классов, устанавливаемые в соответствии с законодательством о безопасности гидротехнических сооружений; 3) сооружения связи, являющиеся особо опасными, технически сложными в соответствии с законодательством Российской Федерации (РФ) в области связи; 4) линии электропередачи и иные объекты электросетевого хозяйства напряжением 330 КВ и бо-

лее; 5) объекты космической инфраструктуры; 6) объекты авиационной инфраструктуры; 7) объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования; 8) метрополитены; 9) морские порты, за исключением объектов инфраструктуры морского порта, предназначенных для стоянок и обслуживания маломерных, спортивных парусных и прогулочных судов; 10) тепловые электростанции мощностью 150 МВт и выше; 11) подвесные канатные дороги; 12) опасные производственные объекты, подлежащие регистрации в государственном реестре в соответствии с законодательством РФ о промышленной безопасности опасных производственных объектов: 12.1) опасные производственные объекты I и II классов опасности, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества; 12.2) опасные производственные объекты, на которых получают, транспортируются, используются расплавы черных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 кг и более; 12.3) опасные производственные объекты, на которых ведутся горные работы (за исключением добычи общераспространенных полезных ископаемых и разработки россыпных месторождений полезных ископаемых, осуществляемых открытым способом без применения взрывных работ), работы по обогащению полезных ископаемых. К уникальным объектам относятся объекты капитального строительства (за исключением указанных выше), в проектной документации которых предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик: 1) высота более чем 100 м; 2) пролеты более чем 100 м; 3) наличие консоли более чем 20 метров; 4) заглубление подземной части ниже планировочной отметки земли более чем на 15 метров [42].

Состав и содержание разделов проектной документации определяется требованиями [42, 98]. Обычно проектная документация на строительство объектов производственного и непроизводственного назначения содержит разделы: 1) пояснительная записка; 2) схема планировочной организации земельного участка; 3) архитектурные решения; 4) конструктивные и объемно-планировочные решения; 5) сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений, в том числе подразделы: 5.1) система электрообеспечения; 5.2) система водоснабжения; 5.3) система водоотведения; 5.4) отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети; 5.5) сети связи; 5.6) система газоснабжения; 5.7) технологические решения; 6) проект организации строительства; 7) проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства;

8) перечень мероприятий по охране окружающей среды; 9) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности; 10) мероприятия по обеспечению доступа инвалидов; 11) смета на строительство объектов капитального строительства; 12) иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами [98].

Раздел «1. Пояснительная записка» проектной документации на строительство объектов производственного и непроизводственного назначения, как правило, содержит: 1.1) текстовую часть: 1.1.1) реквизиты документов, на основании которых принято решение о разработке проектной документации; 1.1.2) исходные данные и условия для подготовки проектной документации на объект капитального строительства, включая копии соответствующих документов; 1.1.3) сведения о функциональном назначении объекта капитального строительства, состав и характеристику производства, номенклатуру выпускаемой продукции, работ, услуг; 1.1.4) сведения о потребности объекта капитального строительства в топливе, газе, воде и электрической энергии; 1.1.5) данные о проектной мощности объекта капитального строительства; 1.1.6) сведения о сырьевой базе, потребности производства в воде, топливно-энергетических ресурсах; 1.1.7) сведения о комплексном использовании сырья, вторичных энергоресурсов, отходов производства; 1.1.8) сведения о земельных участках, изымаемых во временное и постоянное пользование, обоснование размеров изымаемого земельного участка; 1.1.9) сведения о категории земель, на которых будет располагаться объект капитального строительства; 1.1.10) информация о возмещении убытков правообладателям земельных участков; 1.1.11) сведения об использованных в проекте изобретениях, результатах проведенных патентных исследований; 1.1.12) технико-экономические показатели проектируемых объектов капитального строительства; 1.1.13) сведения о наличии разработанных и согласованных специальных технических условий; 1.1.14) данные о проектной мощности объекта капитального строительства, значимости объекта капитального строительства для поселений, сведения о численности работников и их профессионально-квалификационном составе, числе рабочих мест и другие данные; 1.1.15) сведения о компьютерных программах, которые использовались при выполнении расчетов конструктивных элементов зданий, строений и сооружений; 1.1.16) обоснование возможности осуществления строительства объекта капитального строительства по этапам строительства с выделением этих этапов; 1.1.17) сведения о предполагаемых затратах, связанных со сносом зданий и сооружений, переселением людей, переносом сетей инженерно-технического обеспечения; 1.1.18) заверение проектной организации о соответствии проектных решений действующему законодательству и техническим условиям [98].

Раздел «2. Схема планировочной организации земельного участка» обычно содержит: 2.1) в текстовой части: 2.1.1) характеристику земельного участка для размещения объекта капитального строительства; 2.1.2) обоснование границ санитарно-защитных зон объектов капитального строительства (в пределах границ земельного участка); 2.1.3) обоснование планировочной организации земельного участка; 2.1.4) технико-экономические показатели земельного участка для размещения объекта капитального строительства; 2.1.5) обоснование решений по инженерной подготовке территории; 2.1.6) описание организации рельефа вертикальной планировкой; 2.1.7) описание решений по благоустройству территории; 2.1.8) зонирование территории земельного участка, обоснование функционального назначения и принципиальной схемы размещения зон, обоснование размещения зданий и сооружений; 2.1.9) обоснование схем транспортных коммуникаций, обеспечивающих внешние и внутренние грузоперевозки или подъезд к объекту капитального строительства; 2.2) в графической части: 2.2.1) схему планировочной организации земельного участка с отображением мест размещения существующих и проектируемых объектов капитального строительства, границ зон действия публичных сервитутов, подлежащих сносу зданий и сооружений; решений по планировке, благоустройству, озеленению и освещению территории, этапов строительства, схемы движения транспортных средств на строительной площадке; 2.2.2) план земельных масс; 2.2.3) сводный план сетей инженерно-технического обеспечения; 2.2.4) ситуационный план размещения объекта капитального строительства в границах земельного участка с указанием границ населенных пунктов, границ зон с особыми условиями их использования, границ территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций, проектируемых транспортных и инженерных коммуникаций с обозначением мест их присоединения к существующим транспортным и инженерным коммуникациям [98].

Раздел «3. Архитектурные решения» обычно содержит: 3.1) в текстовой части: 3.1.1) описание и обоснование внешнего и внутреннего вида объекта капитального строительства, его пространственной, планировочной и функциональной организации; 3.1.2) обоснование принятых объемно-пространственных и архитектурно-художественных решений; 3.1.3) описание и обоснование использованных композиционных приемов при оформлении фасадов и интерьеров; 3.1.4) описание решений по отделке помещений основного, вспомогательного, обслуживающего и технического назначения; 3.1.5) описание архитектурных решений, обеспечивающих естественное освещение помещений с постоянным пребыванием людей; 3.1.6) описание архитектурно-строительных

мероприятий, обеспечивающих защиту помещений от шума, вибрации и другого воздействия; 3.1.7) описание решений по светоограждению объекта, обеспечивающих безопасность полета воздушных судов; 3.1.8) описание решений по декоративно-художественной и цветовой отделке интерьеров; 3.2) в графической части: 3.2.1) отображение фасадов; 3.2.2) цветовой решение фасадов; 3.2.3) поэтажные планы зданий и сооружений с приведением экспликации помещений; 3.2.4) иные графические и экспозиционные материалы [98].

Содержание раздела «4. Конструктивные и объемно-планировочные решения» включает: 4.1) в текстовой части: 4.1.1) сведения о топографических, инженерно-геологических, гидрогеологических, метеорологических и климатических условиях земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства; 4.1.2) сведения об особых природных климатических условиях территории; 4.1.3) сведения о прочностных и деформационных характеристиках грунта в основании объекта капитального строительства; 4.1.4) уровень грунтовых вод, их химический состав, агрессивность грунтовых вод и грунта по отношению к материалам, используемым при строительстве подземной части объекта капитального строительства; 4.1.5) описание и обоснование конструктивных решений зданий и сооружений, включая их пространственные схемы, принятые при выполнении расчетов строительных конструкций; 4.1.6) описание и обоснование технических решений, обеспечивающих необходимую прочность, устойчивость, пространственную неизменяемость зданий и сооружений объекта капитального строительства в процессе изготовления, перевозки, строительства и эксплуатации объекта капитального строительства; 4.1.7) описание конструктивных и технических решений подземной части объекта капитального строительства; 4.1.8) описание и обоснование принятых объемно-планировочных решений зданий и сооружений объекта капитального строительства; 4.1.9) обоснование номенклатуры, компоновки и площадей основных производственных, экспериментальных, сборочных, ремонтных и иных цехов, лабораторий, складских и административно-бытовых помещений, иных помещений вспомогательного и обслуживающего назначения; 4.1.10) обоснование проектных решений и мероприятий, обеспечивающих соблюдение требуемых теплозащитных характеристик ограждающих конструкций, снижение шума и вибраций, гидроизоляцию и пароизоляцию помещений, снижение загазованности, удаление избытков тепла, соблюдение безопасного уровня электромагнитных и иных излучений, соблюдение санитарно-гигиенических условий, пожарную безопасность; 4.1.11) характеристику и обоснование конструкций полов, кровли, подвесных потолков, перегородок, а также

отделки помещений; 4.1.12) перечень мероприятий по защите строительных конструкций и фундаментов от разрушения; 4.1.13) описание инженерных решений и сооружений, обеспечивающих защиту территории, отдельных зданий и сооружений объекта капитального строительства, а также персонала (жителей) от опасных природных и техногенных процессов; 4.2) в графической части: 4.2.1) поэтажные планы зданий и сооружений с указанием размеров и экспликации помещений; 4.2.2) чертежи характерных разрезов зданий и сооружений с изображением несущих и ограждающих конструкций, указанием относительных высотных отметок уровней конструкций, полов, низа балок, ферм, покрытий с описанием конструкций кровель и других элементов конструкций; 4.2.3) чертежи фрагментов планов и разрезов, требующих детального изображения; 4.2.4) схемы каркасов и узлов строительных конструкций; 4.2.5) планы перекрытий, покрытий, кровли; 4.2.6) схемы расположения ограждающих конструкций и перегородок; 4.2.7) план и сечения фундаментов [98].

Раздел «5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений», как правило, включает ряд подразделов: 5.1) «система электроснабжения»; 5.2) «система водоснабжения»; 5.3) «система водоотведения»; 5.4) «отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети; 5.5) «сети связи»; 5.6) «система газоснабжения»; 5.7) «технологические решения». Ниже приведено примерное содержание только подразделов «система водоснабжения», «система водоотведения» и «технологические решения», непосредственно связанных с гидрологическими изысканиями и расчетами [98].

Подраздел «5.2. Система водоснабжения» раздела 5 в целом содержит: 5.2.1) в текстовой части: 5.2.1.1) сведения о существующих и проектируемых источниках водоснабжения; 5.2.1.2) сведения о существующих и проектируемых зонах охраны источников питьевого водоснабжения, водоохранных зонах; 5.2.1.3) описание и характеристику системы водоснабжения и ее параметров; 5.2.1.4) сведения о расчетном расходе воды на хозяйственно-питьевые нужды, в том числе на автоматическое пожаротушение и техническое водоснабжение, включая оборотное; 5.2.1.5) сведения о расчетном расходе воды на производственные нужды; 5.2.1.6) сведения о фактическом и требуемом напоре в сети водоснабжения, проектных решениях и инженерном оборудовании, обеспечивающих создание требуемого напора воды; 5.2.1.7) сведения о материалах труб систем водоснабжения и мерах по их защите от агрессивного воздействия грунтов и грунтовых вод; 5.2.1.8) сведения о качестве

воды; 5.2.1.9) перечень мероприятий по обеспечению установленных показателей качества воды для различных потребителей; 5.2.1.10) перечень мероприятий по резервированию воды; 5.2.1.11) перечень мероприятий по учету водопотребления; 5.2.1.12) описание системы автоматизации водоснабжения; 5.2.1.13) перечень мероприятий по рациональному использованию воды, ее экономии; 5.2.1.14) описание системы горячего водоснабжения; 5.2.1.15) расчетный расход горячей воды; 5.2.1.16) описание системы оборотного водоснабжения и мероприятий, обеспечивающих повторное использование тепла подогретой воды; 5.2.1.17) баланс водопотребления и водоотведения по объекту капитального строительства в целом (и по основным производственным процессам); 5.2.2) в графической части: 5.2.2.1) принципиальные схемы систем водоснабжения объекта капитального строительства; 5.2.2.2) план сетей водоснабжения [98].

Подраздел «5.3. Система водоотведения» раздела 5 содержит: 5.3.1) в текстовой части: 5.3.1.1) сведения о существующих и проектируемых системах канализации, водоотведения и станциях очистки сточных вод; 5.3.1.2) обоснование принятых систем сбора и отвода сточных вод, объема сточных вод, концентраций их загрязнений, способов предварительной очистки, применяемых реагентов, оборудования и аппаратуры; 5.3.1.3) обоснование принятого порядка сбора, утилизации и захоронения отходов; 5.3.1.4) описание и обоснование схемы прокладки канализационных трубопроводов, описание участков прокладки напорных трубопроводов, условия их прокладки, оборудование, сведения о материале трубопроводов и колодцев, способы их защиты от агрессивного воздействия грунтов и грунтовых вод; 5.3.1.5) решения в отношении ливневой канализации и расчетного объема дождевых стоков; 5.3.1.6) решения по сбору и отводу дренажных вод; 5.3.2) в графической части: 5.3.2.1) принципиальные схемы систем канализации и водоотведения объекта капитального строительства; 5.3.2.2) принципиальные схемы прокладки наружных сетей водоотведения, ливнестоков и дренажных вод; 5.3.2.3) план сетей водоотведения [98].

Подраздел «5.7. Технологические решения» раздела 5 может содержать: 5.7.1) в текстовой части: 5.7.1.1) сведения о производственной программе и номенклатуре продукции, характеристику принятой технологической схемы производства в целом и характеристику отдельных параметров технологического процесса, требования к организации производства, данные о трудоемкости изготовления продукции; 5.7.1.2) обоснование потребности в основных видах ресурсов для технологических нужд; 5.7.1.3) описание источников поступления сырья и материалов; 5.7.1.4) описание требований к параметрам и качественным

характеристикам продукции; 5.7.1.5) обоснование показателей и характеристик (на основе сравнительного анализа) принятых технологических процессов и оборудования; 5.7.1.6) обоснование количества и типов вспомогательного оборудования, в том числе грузоподъемного оборудования, транспортных средств и механизмов; 5.7.1.7) перечень мероприятий по обеспечению выполнения требований, предъявляемых к техническим устройствам, оборудованию, зданиям, строениям и сооружениям на опасных производственных объектах; 5.7.1.8) сведения о наличии сертификатов соответствия требованиям промышленной безопасности и разрешений на применение используемого на подземных горных работах технологического оборудования и технических устройств; 5.7.1.9) сведения о расчетной численности, профессионально-квалификационном составе работников с распределением по группам производственных процессов, числе рабочих мест и их оснащенности; 5.7.1.10) перечень мероприятий, обеспечивающих соблюдение требований по охране труда при эксплуатации производственных и непромышленных объектов капитального строительства; 5.7.1.11) описание автоматизированных систем, используемых в производственном процессе; 5.7.1.12) результаты расчетов о количестве и составе вредных выбросов в атмосферу и сбросов в водные источники (по отдельным цехам, производственным сооружениям); 5.7.1.13) перечень мероприятий по предотвращению (сокращению) выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду; 5.7.1.14) сведения о виде, составе и планируемом объеме отходов производства, подлежащих утилизации и захоронению, с указанием класса опасности отходов; 5.7.1.15) описание и обоснование проектных решений, направленных на соблюдение требований технологических регламентов; 5.7.2) в графической части: 5.7.2.1) принципиальные схемы технологических процессов от места поступления сырья и материалов до выпуска готовой продукции; 5.7.2.2) технологические планировки по корпусам (цехам) с указанием мест размещения основного технологического оборудования, транспортных средств, мест контроля количества и качества сырья и готовой продукции и других мест; 5.7.2.3) схему грузопотоков (при необходимости); 5.7.2.4) схему расположения технических средств и устройств, предусмотренных проектными решениями [98].

Раздел «6. Проект организации строительства» обычно содержит: 6.1) в текстовой части: 6.1.1) характеристику района по месту расположения объекта капитального строительства и условий строительства; 6.1.2) оценку развитости транспортной инфраструктуры; 6.1.3) сведения о возможности использования местной рабочей силы при осуществлении строительства; 6.1.4) перечень мероприятий по привлечению для

осуществления строительства квалифицированных специалистов; 6.1.5) характеристику земельного участка, предоставленного для строительства, обоснование необходимости использования для строительства земельных участков вне земельного участка; 6.1.6) описание особенностей проведения работ в условиях действующего предприятия, в местах расположения подземных коммуникаций, линий электропередачи и связи; 6.1.7) обоснование принятой организационно-технологической схемы, определяющей последовательность возведения зданий и сооружений, инженерных и транспортных коммуникаций, обеспечивающей соблюдение установленных в календарном плане строительства сроков завершения строительства (его этапов); 6.1.8) перечень видов строительных и монтажных работ, ответственных конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения, подлежащих освидетельствованию с составлением соответствующих актов приемки перед производством последующих работ и устройством последующих конструкций; 6.1.9) технологическую последовательность работ при возведении объектов капитального строительства или их отдельных элементов; 6.1.10) обоснование потребности строительства в кадрах, основных строительных машинах, механизмах, транспортных средствах, в топливе и горюче-смазочных материалах, а также в электрической энергии, паре, воде, временных зданиях и сооружениях; 6.1.11) обоснование размеров и оснащения площадок для складирования материалов, конструкций, оборудования, укрупненных модулей и стендов для их сборки; 6.1.12) предложения по обеспечению контроля качества строительных и монтажных работ; 6.1.13) предложения по организации службы геодезического и лабораторного контроля; 6.1.14) перечень требований, которые должны быть учтены в рабочей документации, разрабатываемой на основании проектной документации; 6.1.15) обоснование потребности в жилье и социально-бытовом обслуживании персонала, участвующего в строительстве; 6.1.16) перечень мероприятий и проектных решений по определению технических средств и методов работы, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда; 6.1.17) описание проектных решений и мероприятий по охране окружающей среды в период строительства; 6.1.18) обоснование принятой продолжительности строительства объекта капитального строительства и его отдельных этапов; 6.1.19) перечень мероприятий по организации мониторинга за состоянием расположенных вблизи зданий и сооружений, которые могут оказать влияние на объект строительства; 6.2) в графической части: 6.2.1) календарный план строительства, включая подготовительный период (сроки и последовательность строительства основных и вспомогательных зданий и сооружений, выделение этапов

строительства); 6.2.2) строительный генеральный план подготовительного периода строительства и основного периода строительства с определением мест расположения постоянных и временных зданий и сооружений, материалов и оборудования [98].

Раздел «7. Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства» выполняется при необходимости сноса или демонтажа объекта (или его части) и содержит: 7.1) в текстовой части: 7.1.1) основание для разработки проекта организации работ по сносу или демонтажу зданий, строений и сооружений объектов капитального строительства; 7.1.2) перечень зданий, строений и сооружений объектов капитального строительства, подлежащих сносу; 7.1.3) перечень мероприятий по выведению из эксплуатации зданий, строений и сооружений объектов капитального строительства; 7.1.4) перечень мероприятий по обеспечению защиты ликвидируемых зданий, строений и сооружений объекта капитального строительства от проникновения людей и животных в опасную зону и внутрь объекта, а также защиты зеленых насаждений; 7.1.5) описание и обоснование принятого метода сноса; 7.1.6) расчеты и обоснование размеров зон развала и опасных зон в зависимости от принятого метода сноса; 7.1.7) оценку вероятности повреждения при сносе инженерной инфраструктур; 7.1.8) описание и обоснование методов защиты и защитных устройств сетей инженерно-технического обеспечения, согласованные с владельцами этих сетей; 7.1.9) описание и обоснование решений по безопасным методам ведения работ по сносу; 7.1.10) перечень мероприятий по обеспечению безопасности населения, в том числе его оповещения и эвакуации; 7.1.11) описание решений по вывозу и утилизации отходов; 7.1.12) перечень мероприятий по рекультивации и благоустройству земельного участка; 7.1.13) сведения об остающихся после сноса в земле и в водных объектах коммуникациях, конструкциях и сооружениях; сведения о наличии разрешений органов государственного надзора на сохранение таких коммуникаций, конструкций и сооружений в земле и в водных объектах; 7.1.14) сведения о наличии согласования с соответствующими государственными органами технических решений по сносу объекта путем взрыва, сжигания или иным потенциально опасным методом, перечень дополнительных мер по безопасности при использовании потенциально опасных методов сноса; 7.2) в графической части: 7.2.1) план земельного участка и прилегающих территорий с указанием места размещения сносимого объекта, сетей инженерно-технического обеспечения, зон развала и опасных зон в период сноса объекта с указанием мест складирования разбираемых материалов, конструкций, изделий и оборудования; 7.2.2) чертежи защитных устройств инженерной инфраструктуры и под-

земных коммуникаций; 7.2.3) технологические карты-схемы последовательности сноса строительных конструкций и оборудования [98].

Раздел «8. Перечень мероприятий по охране окружающей среды», как правило, содержит: 8.1) в текстовой части: 8.1.1) результаты оценки воздействия объекта капитального строительства на окружающую среду; 8.1.2) перечень мероприятий по предотвращению и (или) снижению возможного негативного воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов на период строительства и эксплуатации объекта капитального строительства, включающий: 8.1.2.1) результаты расчетов приземных концентраций загрязняющих веществ, анализ и предложения по предельно допустимым и временно согласованным выбросам; 8.1.2.2) обоснование решений по очистке сточных вод и утилизации обезвреженных элементов, по предотвращению аварийных сбросов сточных вод; 8.1.2.3) мероприятия по охране атмосферного воздуха; 8.1.2.4) мероприятия по оборотному водоснабжению; 8.1.2.5) мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов и почвенного покрова, в том числе мероприятия по рекультивации нарушенных или загрязненных земельных участков и почвенного покрова; 8.1.2.5) мероприятия по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке и размещению опасных отходов; 8.1.2.6) мероприятия по охране недр; 8.1.2.7) мероприятия по охране объектов растительного и животного мира и среды их обитания; 8.1.2.8) мероприятия по минимизации возникновения возможных аварийных ситуаций на объекте капитального строительства и последствий их воздействия на экосистему региона; 8.1.2.9) мероприятия, технические решения и сооружения, обеспечивающие рациональное использование и охрану водных объектов, а также сохранение водных биологических ресурсов; 8.1.2.10) программу производственного экологического контроля (мониторинга) за характером изменения всех компонентов экосистемы при строительстве и эксплуатации объекта, а также при авариях; 8.1.3) перечень и расчет затрат на реализацию природоохранных мероприятий и компенсационных выплат; 8.2) в графической части: 8.2.1) ситуационный план (карту-схему) района строительства с указанием на нем границ земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства, границ санитарно-защитной зоны, селитебной территории, рекреационных зон, водоохраных зон, зон охраны источников питьевого водоснабжения, мест обитания животных и растений, занесенных в Красную книгу РФ и красные книги субъектов РФ, а также мест нахождения расчетных точек; 8.2.2) ситуационный план (карту-схему) района строительства с указанием границ земельного участка, предоставленного для

размещения объекта капитального строительства, расположения источников выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и устройств по очистке этих выбросов; 8.2.3) карты-схемы и сводные таблицы с результатами расчетов загрязнения атмосферы при неблагоприятных погодных условиях и выбросов по веществам и комбинациям веществ с суммирующимися вредными воздействиями – для объектов производственного назначения; 8.2.4) ситуационный план (карту-схему) района с указанием границ земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства, с указанием контрольных пунктов, постов, скважин и иных объектов, обеспечивающих отбор проб воды из поверхностных водных объектов, а также подземных вод [98].

Раздел «9. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» содержит: 9.1) в текстовой части: 9.1.1) описание системы обеспечения пожарной безопасности объекта капитального строительства; 9.1.2) обоснование противопожарных расстояний между зданиями, сооружениями и наружными установками, обеспечивающих пожарную безопасность объектов капитального строительства; 9.1.3) описание и обоснование проектных решений по наружному противопожарному водоснабжению, по определению проездов и подъездов для пожарной техники; 9.1.4) описание и обоснование принятых конструктивных и объемно-планировочных решений, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности строительных конструкций; 9.1.5) описание и обоснование проектных решений по обеспечению безопасности людей при возникновении пожара; 9.1.6) перечень мероприятий по обеспечению безопасности подразделений пожарной охраны при ликвидации пожара; 9.1.7) сведения о категории зданий, сооружений, помещений, оборудования и наружных установок по признаку взрывопожарной и пожарной опасности; 9.1.8) перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и оборудованию автоматической пожарной сигнализацией; 9.1.9) описание и обоснование противопожарной защиты; 9.1.10) описание и обоснование необходимости размещения оборудования противопожарной защиты, управления таким оборудованием, взаимодействия такого оборудования с инженерными системами зданий и оборудованием, работа которого во время пожара направлена на обеспечение безопасной эвакуации людей, тушение пожара и ограничение его развития, а также алгоритма работы технических систем и средств противопожарной защиты; 9.1.11) описание организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта капитального строительства; 9.1.12) расчет пожарных рисков угрозы жизни и здоровью людей и уничтожения имущества; 9.2) в графической части: 9.2.1) ситуационный план организации земель-

ного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства, с указанием въезда и выезда на территорию и путей подъезда к объектам пожарной техники, мест размещения и емкости пожарных резервуаров, схем прокладки наружного противопожарного водопровода, мест размещения пожарных гидрантов и мест размещения насосных станций; 9.2.2) схемы эвакуации людей и материальных средств из зданий и сооружений (и с прилегающей к зданиям и сооружениям территории) в случае возникновения пожара; 9.2.3) структурные схемы технических систем и средств противопожарной защиты [98].

Раздел «10. Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов» должен содержать: 10.1) в текстовой части: 10.1.1) перечень мероприятий по обеспечению доступа инвалидов к объектам; 10.1.2) обоснование принятых конструктивных, объемно-планировочных и иных технических решений, обеспечивающих безопасное перемещение инвалидов на объектах, а также их эвакуацию из указанных объектов в случае пожара или стихийного бедствия; 10.1.3) описание проектных решений по обустройству рабочих мест инвалидов; 10.2) в графической части: 10.2.1) схему планировочной организации земельного участка с указанием путей перемещения инвалидов; 10.2.2) поэтажные планы зданий (строений, сооружений) объектов капитального строительства с указанием путей перемещения инвалидов по объекту капитального строительства, а также путей их эвакуации [98].

Раздел «11. Смета на строительство объектов капитального строительства» должен содержать текстовую часть в составе пояснительной записки к сметной документации и сметную документацию. Пояснительная записка к сметной документации содержит: 11.1) сведения о месте расположения объекта капитального строительства; 11.2) перечень сборников и каталогов сметных нормативов, принятых для составления сметной документации на строительство; 11.3) наименование подрядной организации; 11.4) обоснование особенностей определения сметной стоимости строительных работ для объекта капитального строительства; 11.5) другие сведения о порядке определения сметной стоимости строительства объекта капитального строительства, характерные для него. Сметная документация содержит сводку затрат, сводный сметный расчет стоимости строительства, объектные и локальные сметные расчеты (сметы), сметные расчеты на отдельные виды затрат [98].

Раздел «12. Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами» содержит документацию, необходимость разработки которой при осуществлении проектирования и строительства объекта капитального строительства предусмотрена законодательными актами Российской Федерации [98].

Состав и содержание разделов проектной документации на линейные объекты капитального строительства в целом сходны с составом и содержанием проектной документации на производственные и непроизводственные объекты. В частности, проектная документация на линейные объекты состоит из 10 разделов: 1) пояснительная записка; 2) проект полосы отвода; 3) технологические и конструктивные решения линейного объекта, искусственные сооружения; 4) здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта; 5) проект организации строительства; 6) проект организации работ по сносу (демонтажу) линейного объекта; 7) мероприятия по охране окружающей среды; 8) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности; 9) смета на строительство; 10) иная документация [98].

1.3. Особенности проектирования систем и сооружений природообустройства и водопользования

Качество и эффективность проектных работ и связанных с ними инженерных изысканий предполагает знание не только общих требований, но и целевого назначения проектируемых объектов и особенностей их функционирования. С учетом этого ниже приведена краткая характеристика особенностей проектирования основных объектов исследования (в рамках рассматриваемого учебного пособия) – систем и сооружений природообустройства и водопользования (более детально они рассмотрены в соответствующих нормативных документах по проектированию [38, 40, 128, 130, 131, 146, 148–154, 156, 157], пособиям по их применению [100, 101, 114], а также в [49, 123, 126]).

Природообустройство представляет собой деятельность, заключающуюся в изменении компонентов природы для повышения их потребительской стоимости, восстановления нарушенных компонентов и защите их от негативных последствий природопользования, а водопользование – деятельность по использованию водных объектов для любых нужд населения и экономики [19, 24, 167]. Природообустройство и водопользование представляют собой взаимосвязанные и взаимодополняющие виды деятельности, направленные на рациональное использование природных ресурсов, их восстановление и охрану. Их техническая реализация осуществляется, как правило, с помощью *гидротехнических сооружений* (сооружений, подвергающихся воздействию водной среды, предназначенных для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами [158]) и водохозяйственных систем (комплексов взаимосвязанных водных объектов и гидротехнических сооружений,

предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны вод [12]. Кроме гидротехнических сооружений (ГТС) и водохозяйственных систем (ВХС) в природообустройстве используются и иные системы и сооружения, например сооружения по очистке выбросов предприятий в атмосферный воздух.

Согласно [158], проектирование, строительство и эксплуатация ГТС проводится с учетом нагрузок, воздействий и их сочетаний, которые подразделяют на постоянные, временные (длительные, кратковременные) и особые. При проектировании и эксплуатации ГТС необходимо учитывать следующие нагрузки и воздействия:

1) постоянные и временные (длительные и кратковременные) нагрузки и воздействия: 1.1) собственный вес конструкции и сооружения; 1.2) вес постоянного технологического оборудования (затворов, турбоагрегатов, трансформаторов и др.), место расположения которого на сооружении не изменяется в процессе эксплуатации; 1.3) давление воды непосредственно на поверхность сооружения и основания; силовое воздействие фильтрующейся воды, включающее объемные силы фильтрации и взвешивания в водонасыщенных частях сооружения и основания и противодействие на границе водонепроницаемой части сооружения при нормальном подпорном уровне, соответствующем максимальным расходам воды расчетной вероятности превышения основного расчетного случая и нормальной работе противofiltrационных и дренажных устройств; 1.4) вес грунта и его боковое давление; горное давление; давление грунта, возникающее вследствие деформации основания и конструкции, вызываемой внешними нагрузками и температурными воздействиями; 1.5) давление от намытого золошлакового, шламового и т. п. материала; 1.6) давление отложившихся наносов; 1.7) нагрузки от предварительного напряжения конструкций; 1.8) нагрузки, вызванные избыточным поровым давлением незавершенной консолидации в водонасыщенном грунте при нормальном подпорном уровне и нормальной работе противofiltrационных и дренажных устройств; 1.9) температурные воздействия строительного и эксплуатационного периодов, определяемые для года со средней амплитудой колебания среднемесячных температур наружного воздуха; 1.10) нагрузки от перегрузочных и транспортных средств и складированных грузов, а также другие нагрузки, связанные с эксплуатацией сооружения; 1.11) нагрузки и воздействия от максимальных волн в расчетном шторме с частой повторяемостью; 1.12) нагрузки и воздействия от ледяного покрова максимальной толщины и прочности с частой повторяемостью; 1.13) нагрузки от судов (вес, навал, швартовные и ударные) и от плавающих тел; 1.14) снеговые и ветровые нагрузки; 1.15) нагрузки от подъ-

емных и других механизмов; 1.16) давление от гидравлического удара в период нормальной эксплуатации; 1.17) динамические нагрузки при пропуске расходов по безнапорным и напорным водоводам при нормальном подпорном уровне;

2) особые нагрузки и воздействия: 2.1) давление воды непосредственно на поверхности сооружения и основания; силовое воздействие фильтрующейся воды, включающее объемные силы фильтрации и взвешивания в водонасыщенных частях сооружения и основания и противодействие на границе водонепроницаемой части сооружения; нагрузки, вызванные избыточным поровым давлением незавершенной консолидации в водонасыщенном грунте, при форсированном уровне верхнего бьефа, соответствующем максимальным расходам воды расчетной вероятности превышения поверочного расчетного случая и при нормальной работе противофильтрационных или дренажных устройств или при нормальном подпорном уровне верхнего бьефа, соответствующем максимальным расходам воды расчетной вероятности основного расчетного случая и нарушения нормальной работы противофильтрационных или дренажных устройств; 2.2) температурные воздействия строительного и эксплуатационного периодов, определяемые для года с наибольшей амплитудой колебания среднемесячных температур наружного воздуха; 2.3) нагрузки и воздействия от максимальных волн в расчетном шторме с редкой повторяемостью; 2.4) нагрузки и воздействия от ледяного покрова максимальной толщины и прочности с редкой повторяемостью или прорыве заторов при зимних пропусках воды в нижний бьеф для плотин или других сооружений, участвующих в создании напорного фронта; 2.5) давление от гидравлического удара при полном сбросе нагрузки; 2.6) динамические нагрузки при пропуске расходов по безнапорным и напорным водоводам при форсированном уровне верхнего бьефа; 2.7) сейсмические воздействия; 2.8) динамические нагрузки от взрывов; 2.9) гидродинамическое и взвешивающее воздействия, обусловленные цунами. Нагрузки и воздействия необходимо принимать в наиболее неблагоприятных, но реальных для рассматриваемого расчетного случая сочетаниях отдельно для строительного и эксплуатационного периодов и расчетного ремонтного случая.

Согласно [156], ГТС по сроку эксплуатации подразделяются на постоянные и временные. К *временным* относятся сооружения, используемые только в период строительства и ремонта постоянных сооружений. Постоянные гидротехнические сооружения подразделяются: 1) на *основные* – сооружения, авария на которых приводит к полной остановке объекта (предприятия) либо существенно снижает производительность его работы; 2) *второстепенные* – сооружения и их отдельные ча-

сти, прекращение работы которых не влечет за собой столь тяжелых последствий, как после аварий основных ГТС.

По назначению гидротехнические сооружения подразделяются: 1) на водоподпорные (плотины и дамбы) – сооружения, перекрывающие естественные водотоки или рельеф овражно-балочного типа с целью накопления поверхностного стока (воды) с последующим его перераспределением во времени для подачи водопотребителям; 2) водосбросные (сифоны, шахтного типа, открытые сооружения, служащие для сброса излишков воды из прудов и водохранилищ (в основном в паводковый период) или для их частичного или полного опорожнения); 3) водопроводящие – сооружения, служащие для переброски воды в нужные для производственного цикла места (каналы, туннели, лотки, трубопроводы, водоотводные тракты); 4) водозаборные – сооружения, служащие для забора воды из источников и подачи ее потребителям; 5) регулирующие (выправительные) – сооружения, улучшающие естественные условия протекания водотоков и защищающие русла и берега рек от размыва, отложения наносов, воздействия льда и т. д. (спрямляющие каналы, берегоукрепительные сооружения, струенаправляющие дамбы); б) специальные – сооружения, служащие для складирования отходов переработки минерального сырья (шламонакопители, хвостохранилища, рассолоохранилища и др.), сооружения гидро- и селезащиты, пруды-охладители, градирни, брызгальные бассейны и т. д.

Гидротехнические сооружения в зависимости от возможных последствий их разрушения или нарушения эксплуатации подразделяются на четыре класса (наиболее ответственный – I класс). Прежде всего, с учетом высоты водоподпорных сооружений, типа грунтов основания, плотности жилого фонда, объемов промышленного производства, характера инженерных объектов определяется класс основных гидротехнических сооружений. Класс второстепенных гидротехнических сооружений принимают на единицу ниже класса основных сооружений данного гидроузла, но не выше III класса. Временные сооружения, как правило, относят к IV классу (в случае, если их разрушение может вызвать последствия катастрофического характера или значительную задержку возведения основных сооружений I и II классов, они могут быть отнесены при надлежащем обосновании к III классу). Класс основных гидротехнических сооружений комплексного гидроузла, обеспечивающего одновременно нескольких участников водохозяйственного комплекса, устанавливают по более высокому классу.

1.4. Экспертиза проектной документации и материалов инженерных изысканий

Согласно [42], проектная документация объектов капитального строительства в общем случае подлежат экспертизе (в форме государственной или негосударственной экспертизы). Исключение (в части проведения экспертизы) составляют следующие объекты (если они расположены вне охранных зон трубопроводного транспорта):

1) отдельно стоящие жилые дома с количеством этажей не более чем три, предназначенные для проживания одной семьи (объекты индивидуального жилищного строительства);

2) жилые дома с количеством этажей не более чем три, состоящие из нескольких блоков, количество которых не превышает десять и каждый из которых предназначен для проживания одной семьи, имеет общую стену без проемов с соседним блоком или соседними блоками, расположен на отдельном земельном участке и имеет выход на территорию общего пользования, в случае, если строительство или реконструкция таких жилых домов осуществляется без привлечения средств бюджетов бюджетной системы РФ;

3) многоквартирные дома с количеством этажей не более чем три, состоящие из одной или нескольких блок-секций, количество которых не превышает четыре, в каждой из которых находятся несколько квартир и помещения общего пользования и каждая из которых имеет отдельный подъезд с выходом на территорию общего пользования, в случае, если строительство или реконструкция таких многоквартирных домов осуществляется без привлечения средств бюджетов бюджетной системы РФ;

4) отдельно стоящие объекты капитального строительства с количеством этажей не более чем два, общая площадь которых составляет не более чем 1500 м² и которые не предназначены для проживания граждан и осуществления производственной деятельности, за исключением объектов, которые являются особо опасными, технически сложными или уникальными;

5) отдельно стоящие объекты капитального строительства с количеством этажей не более чем два, общая площадь которых составляет не более чем 1500 м², которые предназначены для осуществления производственной деятельности и для которых не требуется установление санитарно-защитных зон или для которых в пределах границ земельных участков, на которых расположены такие объекты, установлены санитарно-защитные зоны или требуется установление таких зон, за исключением объектов, которые являются особо опасными, технически сложными или уникальными объектами;

б) буровые скважины, предусмотренные подготовленными, согласованными и утвержденными в соответствии с законодательством РФ о недрах техническим проектом разработки месторождений полезных ископаемых или иной проектной документацией на выполнение работ, связанных с использованием участками недр.

Экспертиза проектной документации также не проводится: 1) в случае, если для строительства или реконструкции объекта капитального строительства не требуется получение разрешения на строительство; 2) в отношении разделов проектной документации, подготовленных для проведения капитального ремонта объектов капитального строительства, за исключением проектной документации, подготовленной для проведения капитального ремонта автомобильных дорог общего пользования. Экспертиза результатов инженерных изысканий не проводится в случае, если инженерные изыскания выполнялись для подготовки проектной документации объектов капитального строительства, указанных выше. Результаты инженерных изысканий могут быть направлены на экспертизу одновременно с проектной документацией или до направления проектной документации на экспертизу [42].

Государственная экспертиза проектной документации проводится федеральным органом исполнительной власти, органом исполнительной власти субъекта РФ, уполномоченными на проведение государственной экспертизы проектной документации, или подведомственными указанным органам государственными (бюджетными или автономными) учреждениями, уполномоченной организацией, осуществляющей государственное управление использованием атомной энергии и государственное управление при осуществлении деятельности, связанной с разработкой, изготовлением, утилизацией ядерного оружия и ядерных энергетических установок военного назначения [42].

Предметом экспертизы являются оценка соответствия проектной документации требованиям технических регламентов, в том числе санитарно-эпидемиологическим, экологическим требованиям, требованиям государственной охраны объектов культурного наследия, требованиям пожарной, промышленной, ядерной, радиационной и иной безопасности, а также результатам инженерных изысканий, и оценка соответствия результатов инженерных изысканий требованиям технических регламентов. Основаниями для отказа в принятии проектной документации, направленных на экспертизу, являются: 1) отсутствие в составе проектной документации предусмотренных разделов; 2) подготовка проектной документации лицом, которое не соответствует установленным требованиям; 3) отсутствие результатов инженерных изысканий или отсутствие положительного заключения экспертизы результатов инженерных

изысканий (в случае, если результаты инженерных изысканий были направлены на экспертизу до направления на экспертизу проектной документации); 4) несоответствие результатов инженерных изысканий установленным составу и форме; 5) выполнение инженерных изысканий, результаты которых направлены на экспертизу, лицом, которое не соответствует установленным требованиям; 6) направление на экспертизу не всех документов, предусмотренных Правительством РФ; 7) направление проектной документации или результатов инженерных изысканий в орган исполнительной власти, государственное учреждение, если проведение государственной экспертизы такой проектной документации осуществляется иным органом исполнительной власти или учреждением. Результатом экспертизы проектной документации является заключение о соответствии (положительное заключение) или несоответствии (отрицательное заключение) проектной документации требованиям технических регламентов и результатам инженерных изысканий, требованиям к содержанию разделов проектной документации, а также о соответствии результатов инженерных изысканий требованиям технических регламентов (в случае, если результаты инженерных изысканий были направлены на экспертизу одновременно с проектной документацией) [42].

Не допускается проведение иных экспертиз проектной документации, за исключением экспертизы проектной документации, предусмотренной настоящей статьей, государственной историко-культурной экспертизы проектной документации на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия, а также государственной экологической экспертизы проектной документации объектов, строительство, реконструкцию которых предполагается осуществлять в исключительной экономической зоне РФ, на континентальном шельфе РФ, во внутренних морских водах, в территориальном море РФ, на землях особо охраняемых природных территорий, на Байкальской природной территории, а также проектной документации объектов, используемых для размещения и (или) обезвреживания отходов I–V классов опасности, искусственных земельных участков на водных объектах [42].

Экспертиза экологическая – установление соответствия документов и (или) документации, обосновывающих намечаемую в связи с реализацией объекта экологической экспертизы хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, установленным техническими регламентами и законодательством в области охраны окружающей среды, в целях предотвращения негативного воздействия такой деятельности на окружающую среду [165].

В РФ осуществляются государственная экологическая экспертиза и общественная экологическая экспертиза. Государственная экологическая экспертиза организуется и проводится федеральным органом исполнительной власти в области экологической экспертизы и органами государственной власти субъектов РФ. Объектами государственной экологической экспертизы федерального уровня являются: 1) проекты нормативно-технических и инструктивно-методических документов в области охраны окружающей среды, утверждаемых органами государственной власти РФ; 2) проекты федеральных целевых программ, предусматривающих строительство и эксплуатацию объектов хозяйственной деятельности, оказывающих воздействие на окружающую среду, в части размещения таких объектов с учетом режима охраны природных объектов; 3) проекты соглашений о разделе продукции; 4) материалы обоснования лицензий на осуществление отдельных видов деятельности в области использования атомной энергии, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду; 5) проекты технической документации на новую технику, технологию, использование которых может оказать воздействие на окружающую среду, а также технической документации на новые вещества, которые могут поступать в природную среду; 6) материалы комплексного экологического обследования участков территорий, обосновывающие придание этим территориям правового статуса особо охраняемых природных территорий федерального значения, зоны экологического бедствия или зоны чрезвычайной экологической ситуации; 6.1) материалы, обосновывающие преобразование государственных природных заповедников в национальные парки; 7) объекты государственной экологической экспертизы на континентальном шельфе и в море; 7.1) проектная документация объектов, строительство, реконструкцию которых предполагается осуществлять на землях особо охраняемых природных территорий федерального значения, на Байкальской природной территории, а также проектная документация особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, объектов обороны и безопасности, строительство, реконструкцию которых предполагается осуществлять на землях особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения; 7.2) проектная документация объектов, используемых для размещения и (или) обезвреживания отходов I–V классов опасности, в том числе проектная документация на строительство, реконструкцию объектов, используемых для обезвреживания и (или) размещения отходов I–V классов опасности, а также проекты вывода из эксплуатации указанных объектов, проекты рекультивации земель, нарушенных при размещении отходов I–V классов опасности, и земель, используемых, но не предназначенных для размещения отходов I–V классов опасности; 7.3) проектная документация искусственных земельных

участков, создание которых предполагается осуществлять на водных объектах, находящихся в собственности РФ; 7.4) проект ликвидации горных выработок с использованием отходов производства черных металлов IV и V классов опасности; 8) объект государственной экологической экспертизы, указанный выше и ранее получивший положительное заключение государственной экологической экспертизы, в случае: доработки такого объекта по замечаниям проведенной ранее государственной экологической экспертизы; реализации такого объекта с отступлениями от документации, получившей положительное заключение государственной экологической экспертизы, и (или) в случае внесения изменений в указанную документацию; истечения срока действия положительного заключения государственной экологической экспертизы; внесения изменений в документацию, получившую положительное заключение государственной экологической экспертизы [165].

Государственная экологическая экспертиза объектов регионального уровня проводится органами государственной власти субъектов РФ. Объектами государственной экологической экспертизы регионального уровня являются: 1) проекты нормативно-технических и инструктивно-методических документов в области охраны окружающей среды, утверждаемых органами государственной власти субъектов РФ; 2) проекты целевых программ субъектов РФ, предусматривающих строительство и эксплуатацию объектов хозяйственной деятельности, оказывающих воздействие на окружающую среду, в части размещения таких объектов с учетом режима охраны природных объектов; 3) материалы комплексного экологического обследования участков территорий, обосновывающие придание этим территориям правового статуса особо охраняемых природных территорий регионального значения; 4) проектная документация объектов, строительство, реконструкцию которых предполагается осуществлять на землях особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения; 5) объект государственной экологической экспертизы регионального уровня, указанный в настоящей статье и ранее получивший положительное заключение государственной экологической экспертизы, в случае: доработки такого объекта по замечаниям проведенной ранее государственной экологической экспертизы; реализации такого объекта с отступлениями от документации, получившей положительное заключение государственной экологической экспертизы, и (или) в случае внесения изменений в указанную документацию; истечения срока действия положительного заключения государственной экологической экспертизы; внесения изменений в документацию, на которую имеется положительное заключение государственной экологической экспертизы [165].

Контрольные вопросы к главе 1

1. Что понимается под проектной документацией и рабочей документацией?
2. Виды объектов капитального строительства в зависимости от функционального назначения и характерных признаков. Перечень особо опасных, технически сложных и уникальных объектов.
3. Определение понятий «градостроительная деятельность» и «архитектурно-строительное проектирование».
4. Определение понятий «строительство», «реконструкция», «капитальный ремонт», «эксплуатация».
5. Отличия реконструкции и капитального ремонта объектов производственного и непроизводственного назначения от линейных объектов.
6. Состав разделов проектной документации для объектов строительства производственного и непроизводственного назначения.
7. Состав разделов проектной документации для линейных объектов капитального строительства.
8. На основании каких документов осуществляется подготовка проектной документации?
9. Объекты капитального строительства и проектная документация, которые подлежат государственной экспертизе.
10. Объекты капитального строительства, в отношении которых экспертиза проектной документации не проводится.
11. Что является предметом и результатом государственной экспертизы проектной документации и материалов инженерных изысканий?
12. Что является основанием для отказа в принятии проектной документации, направленной на государственную экспертизу? Основания для подготовки отрицательного заключения экспертизы.
13. Определение понятия «экологическая экспертиза». Условия проведения экологической экспертизы проектной документации.
14. Объекты государственной экологической экспертизы федерального уровня.
15. Объекты государственной экологической экспертизы регионального уровня.

2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

2.1. Назначение и виды инженерных изысканий

Для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства необходимо проведение инженерных изысканий, под которыми, согласно [42, ст. 1, п. 15], понимается «изучение природных условий и факторов техногенного воздействия в целях рационального и безопасного использования территорий и земельных участков в их пределах, подготовки данных по обоснованию материалов, необходимых для территориального планирования, планировки территории и архитектурно-строительного проектирования».

Согласно [42], целями инженерных изысканий является получение: 1) материалов о природных условиях территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция объектов капитального строительства, и факторах техногенного воздействия на окружающую среду, о прогнозе их изменения, необходимых для разработки решений относительно такой территории; 2) материалов, необходимых для обоснования компоновки зданий, строений, сооружений, принятия конструктивных и объемно-планировочных решений в отношении этих зданий, строений, сооружений, проектирования инженерной защиты таких объектов, разработки мероприятий по охране окружающей среды, проекта организации строительства, реконструкции объектов капитального строительства; 3) материалов, необходимых для проведения расчетов оснований, фундаментов и конструкций зданий, строений, сооружений, их инженерной защиты, разработки решений о проведении профилактических и других необходимых мероприятий, выполнения земляных работ, а также для подготовки решений по вопросам, возникшим при подготовке проектной документации, ее согласовании или утверждении [42, 155].

В соответствии с [95, 155] выделяют основные и специальные виды инженерных изысканий. К основным видам относят: 1) инженерно-геодезические изыскания; 2) инженерно-геологические изыскания; 3) инженерно-гидрометеорологические изыскания; 4) инженерно-экологические изыскания; 5) инженерно-геотехнические изыскания; к специальным: 1) геотехнические исследования; 2) обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений, их строительных конструкций; 3) поиск и разведка подземных вод для целей водоснабжения; 4) локальный мониторинг компонентов окружающей среды (система наблюдений и контроля за состоянием и изменением природных условий территории, в том числе под влиянием техногенных воздействий,

при строительстве и эксплуатации объекта); 5) разведка грунтовых строительных материалов; 6) локальные обследования загрязнения грунтов и грунтовых вод.

Цели основных видов инженерных изысканий, согласно [155], заключаются в следующем:

1) инженерно-геодезические изыскания выполняются для получения достоверных и достаточных топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности (в том числе дна водотоков, водоемов), существующих и строящихся зданиях и сооружениях (надземных, подземных и надземных), элементах планировки, проявлениях опасных природных процессов и факторов техногенного воздействия (в цифровой, графической, фотографической и иных формах), необходимых для осуществления градостроительной деятельности;

2) инженерно-геологические изыскания выполняются с целью комплексного изучения инженерно-геологических условий территории (площадки, участка, трассы) для получения необходимых и достаточных материалов при подготовке документов территориального планирования и планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции зданий и сооружений (инженерно-геотехнические изыскания выполняются в составе инженерно-геологических изысканий или отдельно на территории с изученными ранее инженерно-геологическими условиями под отдельные здания и сооружения на втором этапе изысканий при подготовке проектной документации объектов капитального строительства, а также при строительстве и реконструкции зданий и сооружений);

3) инженерно-гидрометеорологические изыскания выполняются для комплексного изучения гидрометеорологических условий территории (района, площадки, участка, трассы) и/или акватории намечаемого строительства, с целью получения необходимых и достаточных материалов для подготовки документов территориального планирования и планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции зданий и сооружений;

4) инженерно-экологические изыскания выполняются для получения материалов и данных о состоянии компонентов окружающей среды и возможных источниках ее загрязнения, необходимых для подготовки документов территориального планирования, документации по планировке территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции зданий и сооружений.

Инженерные изыскания выполняются индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, являющимися членами саморегулируемых организаций в области инженерных изысканий (если это спе-

циально не оговорено в Градостроительном кодексе РФ) в соответствии с требованиями технических регламентов и с учетом результатов ранее выполненных инженерных изысканий и иных материалов. Основанием для выполнения инженерных изысканий является заключаемый в соответствии с гражданским законодательством РФ договор между заказчиком (застройщиком) и исполнителем, к которому прилагаются техническое задание и программа выполнения инженерных изысканий [97, 155].

Техническое задание в общем виде должно содержать следующие сведения и данные: 1) наименование объекта; 2) местоположение объекта; 3) основание для выполнения работ; 4) вид градостроительной деятельности; 5) идентификационные сведения о заказчике; 6) идентификационные сведения об исполнителе; 7) цели и задачи инженерных изысканий; 8) этап выполнения инженерных изысканий (под этапом понимается законченная часть работ видов инженерных изысканий, позволяющая решить отдельные задачи при подготовке документов территориального планирования, документации по планировке территории и выборе площадок или трасс строительства, при архитектурно-строительном проектировании, строительстве, реконструкции объектов капитального строительства); 9) виды инженерных изысканий; 10) идентификационные сведения об объекте: назначение; принадлежность к объектам транспортной инфраструктуры и к другим объектам, функционально-технологические особенности которых влияют на их безопасность; принадлежность к опасным производственным объектам; пожарная и взрывопожарная опасность, уровень ответственности зданий и сооружений (характеристика здания или сооружения, определяемая в соответствии с объемом экономических, социальных и экологических последствий его разрушения); 11) предполагаемые техногенные воздействия объекта на окружающую среду; 12) данные о границах площадки (площадок) и (или) трассы (трасс) линейного сооружения (точки ее начала и окончания, протяженность); 13) краткая техническая характеристика объекта, включая размеры проектируемых зданий и сооружений; 14) дополнительные требования к выполнению отдельных видов работ в составе инженерных изысканий с учетом отраслевой специфики проектируемого здания или сооружения (в случае, если такие требования предъявляются); 15) наличие предполагаемых опасных природных процессов и явлений, многолетнемерзлых и специфических грунтов на территории расположения объекта; 16) требование о необходимости научного сопровождения инженерных изысканий (для объектов повышенного уровня ответственности, а также для объектов нормального уровня ответственности, строительство которых планируется на территории со сложными природными и техногенными условиями),

и проведения дополнительных исследований, не предусмотренных требованиями нормативных документов обязательного применения; 17) требования к точности и обеспеченности необходимых данных и характеристик при инженерных изысканиях, превышающие предусмотренные требованиями нормативных документов обязательного применения; 18) требования к составлению прогноза изменения природных условий; 19) требования о подготовке предложений и рекомендаций для принятия решений по организации инженерной защиты территории, зданий и сооружений от опасных природных и техногенных процессов и устранению или ослаблению их влияния; 20) требования по обеспечению контроля качества при выполнении инженерных изысканий; 21) требования к составу, форме и формату предоставления результатов инженерных изысканий, порядку их передачи заказчику; 22) перечень передаваемых заказчиком во временное пользование исполнителю инженерных изысканий результатов ранее выполненных инженерных изысканий и исследований, данных о наблюдавшихся на территории инженерных изысканий осложнениях в процессе строительства и эксплуатации сооружений, в том числе деформациях и аварийных ситуациях; 23) перечень нормативных правовых актов, нормативно-технических документов, в соответствии с требованиями которых необходимо выполнять инженерные изыскания [155].

Программа инженерных изысканий должна содержать сведения, необходимые и достаточные для выполнения работ и включать следующие основные разделы:

1) общие сведения (наименование, местоположение объекта; сведения о заказчике; сведения об исполнителе работ; цели и задачи инженерных изысканий; идентификационные сведения об объекте; вид градостроительной деятельности; этап выполнения изысканий; краткая техническая характеристика объекта; обзорная схема размещения объекта; общие сведения о землепользовании и землевладельцах);

2) изученность территории (перечень исходных материалов и данных, представленных заказчиком; результаты анализа степени изученности природных условий территории по материалам ранее выполненных инженерных изысканий, наблюдений и исследований и иным данным с оценкой возможности использования имеющихся материалов, в том числе с учетом срока их давности и репрезентативности для исследуемой территории; перечень материалов и данных, дополнительно получаемых или приобретаемых);

3) краткая характеристика района работ (краткая физико-географическая характеристика района работ: геоморфология и рельеф, гидрография, климатические условия); краткая характеристика природ-

ных условий района работ и техногенных факторов, влияющих на организацию и выполнение инженерных изысканий);

4) состав и виды работ, организация их выполнения (обоснование состава, объемов, методов и технологий выполнения видов работ в составе инженерных изысканий, методов получения расчетных характеристик, мест (пунктов) выполнения отдельных видов работ (исследований) и последовательности их выполнения; виды и объемы запланированных работ; применяемые приборы, оборудование, инструменты, программные продукты; мероприятия по соблюдению требований к точности и обеспеченности данных и характеристик получаемых по результатам инженерных изысканий; обоснование выбора методик прогноза изменений природных условий; сведения о метрологической поверке (калибровке), аттестации средств измерений (перечень применяемых средств измерений, подлежащих поверке); порядок выполнения работ на территории со «специальным режимом», на земельных участках (объектах недвижимости), не принадлежащих заказчику на праве собственности или ином законном основании, использования и передачи материалов и данных ограниченного пользования; организация выполнения полевых работ, в том числе обеспеченность транспортом, проживанием, связью и организация камеральных работ; мероприятия по обеспечению безопасных условий труда; мероприятия по охране окружающей среды);

5) контроль качества и приемка работ (сведения о принятой в организации исполнителя системе контроля качества и приемки полевых, лабораторных и камеральных работ; виды работ по внутреннему контролю качества; оформление результатов внутреннего контроля полевых, лабораторных и (или) камеральных работ и их приемки; выполнение внешнего контроля качества заказчиком);

6) используемые документы и материалы (перечень нормативных правовых актов; нормативно-технических документов, в соответствии с требованиями которых будут выполнены инженерные изыскания; материалов ранее выполненных инженерных изысканий на данной территории, которые будут использованы; научно-методических материалов);

7) представляемые отчетные материалы (перечень и состав отчетных материалов, сроки, форма и порядок их представления заказчику; количество экземпляров технических отчетов на бумажных и электронных носителях; форматы текстовых и графических документов в электронном виде).

К программе инженерных изысканий должны прилагаться копия задания, а также текстовые и графические приложения, необходимые для выполнения инженерных изысканий [155].

Инженерные изыскания проводятся в соответствии с требованиями законодательства РФ и с использованием средств измерений, прошедших метрологическую поверку или аттестацию. Стоимость инженерных изысканий определяется с применением сметных нормативов, внесенных в федеральный реестр сметных нормативов, а при отсутствии соответствующей информации – на основании трудозатрат на выполнение данных работ [97, 155].

Согласно [42], результаты инженерных изысканий, выполненных для подготовки проектной документации объектов капитального строительства, в общем случае подлежат экспертизе (в форме государственной или негосударственной экспертизы). Исключение (в части проведения экспертизы) составляют объекты, указанные в разделе 1.4 «Экспертиза проектной документации и материалов инженерных изысканий».

Государственная экспертиза результатов инженерных изысканий проводится тем же органом или учреждением, что и в случае государственной экспертизы проектной документации. Предметом экспертизы также являются оценка соответствия проектной результатов изысканий установленным требованиям. Основания для отказа в принятии проектной документации или материалов инженерных изысканий и результат экспертизы указаны в разделе 1.4 «Экспертиза проектной документации и материалов инженерных изысканий» [42].

2.2. Результаты инженерных изысканий и отчетная документация

Согласно [42, 97, 155], материалы и результаты инженерных изысканий оформляются в виде отчетной документации о выполнении инженерных изысканий, состоящей из текстовой и графической частей, а также приложений к ней. Результаты инженерных изысканий представляют собой документ о выполненных инженерных изысканиях, содержащий материалы в текстовой форме и в виде карт (схем) и отражающий сведения о задачах инженерных изысканий, о местоположении территории, на которой планируется осуществлять строительство, реконструкцию объекта капитального строительства, о видах, объеме, способах и сроках проведения работ по выполнению инженерных изысканий в соответствии с программой инженерных изысканий, о качестве выполненных инженерных изысканий, результатах комплексного изучения природных и техногенных условий указанной территории, в том числе о результатах изучения, оценки и прогноза возможных изменений природных и техногенных условий указанной территории применительно к объекту капитального строительства при осуществлении стро-

ительства, реконструкции такого объекта и после их завершения и о результатах оценки влияния строительства, реконструкции такого объекта на другие объекты капитального строительства.

Инженерные изыскания выполняются для решения следующих задач: 1) подготовки документов территориального планирования; 2) подготовки документации по планировке территории; 3) выбора площадок (трасс) строительства; архитектурно-строительного проектирования; 4) архитектурно-строительного проектирования; 5) строительства и реконструкции объектов капитального строительства, капитального ремонта автомобильных дорог общего пользования [42, 155]. Соответственно этим задачам должны быть получены следующие материалы.

1. *Инженерные изыскания для подготовки документов территориального планирования, документации по планировке территории* и выбору площадки (трассы) строительства должны обеспечивать получение сведений о природных условиях территории, необходимых и достаточных для принятия решений о функциональном назначении территорий, в целях обеспечения их устойчивого развития, сохранения окружающей среды, создания условий для привлечения инвестиций, выделения элементов планировочной структуры, установления границ земельных участков и зон планируемого размещения объектов федерального, регионального, муниципального значения, защиты территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и составления прогноза изменения природных условий. Результаты инженерных изысканий, кроме сведений о природных условиях территории, должны содержать карты территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [155].

2. *Для подготовки документации по планировке территории* инженерные изыскания выполняются для получения: 2.1) материалов о природных условиях территории, в отношении которой осуществляется подготовка такой документации, и факторах техногенного воздействия на окружающую среду, прогнозов их изменения для обеспечения рационального и безопасного использования указанной территории; 2.2) материалов, необходимых для установления границ зон планируемого размещения объектов капитального строительства, уточнения их предельных параметров, установления границ земельных участков; 2.3) материалов, необходимых для обоснования проведения мероприятий по организации поверхностного стока вод, частичному или полному осушению территории и других подобных мероприятий (далее – инженерная подготовка), инженерной защите и благоустройству территории. Результаты инженерных изысканий для подготовки документации по планировке территории должны содержать сведения о природных условиях

территории и факторах техногенного воздействия, о границах проявления и развития опасных природных процессов, прогноз изменений природных условий, рекомендации для принятия решений по мероприятиям инженерной защиты [155].

3. *Инженерные изыскания для выбора площадки (трассы) строительства* выполняются при отсутствии данных объектов в документах территориального планирования или документации по планировке территории. Результаты инженерных изысканий для обоснования выбора площадки (трассы) строительства должны обеспечивать: 3.1) получение необходимых и достаточных материалов о природных условиях и факторах техногенного воздействия конкурентных вариантов площадок и трасс линейных сооружений; 3.2) определение возможного воздействия на площадку (трассу) строительства опасных природных процессов и явлений и оценку их характеристик по различным вариантам расположения площадки (трассы) строительства; 3.3) выбор оптимального (по топографическим, инженерно-геологическим, инженерно-гидрометеорологическим и инженерно-экологическим условиям) варианта площадки (трассы) строительства и подготовку рекомендаций для принятия решений по инженерной защите зданий и сооружений; 3.4) определение предварительной базовой стоимости строительства; 3.5) принятие принципиальных объемно-планировочных и конструктивных решений по наиболее ответственным сооружениям; 3.6) оценку воздействия объекта строительства на окружающую среду [155].

4. *Инженерные изыскания для архитектурно-строительного проектирования* при подготовке проектной документации объектов капитального строительства выполняются для получения необходимых материалов и данных о природных условиях выбранной площадки (трассы) и составления прогноза изменения природных условий, с учетом влияния техногенных факторов, а также обеспечения дальнейшей детализации и уточнения природных условий, в том числе в пределах сферы взаимодействия зданий и сооружений с окружающей средой. При недостаточности изученности территории или отсутствия материалов для принятия проектных решений инженерные изыскания выполняются в два этапа. На первом этапе выполнения инженерных изысканий для подготовки проектной документации должны быть получены материалы и данные о природных условиях территории выбранной площадки (трассы) и факторах техногенного воздействия для: обоснования компоновки зданий и сооружений, принятия конструктивных и объемно-планировочных решений в отношении этих зданий и сооружений; составления ситуационного плана и/или схемы генерального плана проектируемого объекта; составления качественного прогноза развития опас-

ных природных процессов и явлений и их воздействия на проектируемые здания и сооружения; принятия решений при разработке мероприятий и проектировании сооружений инженерной защиты; принятия решений при разработке мероприятий по охране природной среды [155].

На втором этапе выполнения инженерных изысканий для подготовки проектной документации уточняются характеристики природных условий в пределах сферы взаимодействия зданий и сооружений с окружающей средой с учетом принятых конструктивных решений. Результаты второго этапа выполнения инженерных изысканий должны обеспечивать получение необходимых материалов для: уточнения расчетных характеристик природных условий, полученных при инженерных изысканиях на первом этапе, и повышения их достоверности; расчета оснований, фундаментов и конструкций зданий и сооружений; составления количественного прогноза развития опасных природных процессов и явлений и их воздействия на проектируемые здания и сооружения; детализации проектных решений по инженерной защите, охране окружающей среды, рациональному природопользованию; обоснования методов производства земляных работ; разработки проекта организации строительства. Материалы инженерных изысканий должны содержать информацию, позволяющую оценить необходимость проведения локального мониторинга компонентов окружающей среды и, при необходимости, разработать проект локального мониторинга. Инженерные изыскания для подготовки проектной документации объектов капитального строительства при достаточности материалов и данных о природных условиях территории могут выполняться в один этап и обеспечивать получение указанных выше необходимых материалов [155].

5.1. *Инженерные изыскания при строительстве зданий и сооружений* должны обеспечивать: получение материалов, необходимых для подтверждения и/или уточнения данных о природных условиях, заложенных в проектной документации; геодезическое сопровождение и геотехнический контроль строительства объекта; контроль за развитием опасных природных процессов и явлений для предотвращения их негативного воздействия на объект, а также оценку влияния техногенного воздействия возводимого объекта на окружающую среду, здания и сооружения, находящиеся в зоне влияния строительства [155].

5.2. *Инженерные изыскания при реконструкции зданий и сооружений* должны обеспечивать: получение материалов и данных о соответствии характеристик природных условий, использованных при разработке проектной документации, фактическим природным условиям и их изменении в результате взаимодействия со зданием или сооружением; получение уточненных расчетных характеристик компонентов природ-

ной среды, необходимых для разработки проектной документации на осуществление реконструкции объекта строительства; оценку эффективности работы систем инженерной защиты зданий и сооружений. При активизации развития опасных природных процессов и явлений на прилегающих территориях (вследствие строительства или эксплуатации зданий и сооружений) результаты инженерных изысканий должны обеспечивать исходными данными разработку проектной документации по соответствующим компенсационно-восстановительным мероприятиям. Особенности инженерных изысканий для целей капитального ремонта линейных объектов, включая автомобильные дороги, связаны с необходимостью осуществления таких изменений параметров линейных объектов или их участков, которые не влекут за собой изменение класса, категории и (или) первоначально установленных показателей функционирования таких объектов и при котором не требуется изменение границ полос отвода и (или) охранных зон таких объектов [42, 155].

5.3. Выполнение *инженерных изысканий при сносе (демонтаже) зданий и сооружений* или их частей определяется заказчиком в зависимости от метода сноса (демонтажа), природных и техногенных воздействий на объект, характера окружающей застройки, а также, при необходимости, оценки возможных негативных воздействий на окружающую среду, возникающих в результате сноса [155].

Результаты инженерных изысканий оформляются (и затем предоставляются заказчику) в виде технического отчета, включающего результаты по всем видам выполненных инженерных изысканий или в виде технических отчетов по отдельным видам инженерных изысканий на весь объект изысканий или на его часть (в случае двухэтапного выполнения изысканий технический отчет должен содержать результаты, полученные на первом и втором этапах) [155].

В общих чертах технический отчет по результатам инженерных изысканий должен содержать следующие разделы и сведения:

1) *введение*: наименование и местоположение объекта; цели, задачи и сроки выполнения инженерных изысканий; основание для выполнения инженерных изысканий; вид градостроительной деятельности, этап выполнения инженерных изысканий); идентификационные сведения об объекте, сведения о заказчике, об исполнителе работ; лицензии на выполнение определенных видов работ (при выполнении таких работ); общие сведения о землепользовании и землевладельцах; обоснование отступлений от требований программы при их наличии; обзорная схема района (полосы трассы) выполнения инженерных изысканий;

2) *изученность территории*: сведения о ранее выполненных инженерных изысканиях и исследованиях, в том числе о материалах и дан-

ных, представленных заказчиком и полученных исполнителем, оценка возможности использования имеющихся материалов при выполнении изысканий с учетом их репрезентативности и срока давности;

3) *физико-географические условия района работ и техногенные факторы*: климат, рельеф; гидрография; почвы и растительность, хозяйственное освоение территории (основные сведения);

4) *методика и технология выполнения работ*: состав, виды и объемы работ; сравнительная таблица фактически выполненных объемов работ и объемов работ, запланированных к выполнению программой; период выполнения; применяемые методики; техника и оборудование, программные продукты; метрологическая поверка (калибровка) средств измерений и/или аттестации испытательного оборудования;

5) *результаты инженерных изысканий*: результаты изучения природных условий территории и техногенных воздействий на нее, в том числе результаты полевых, лабораторных и камеральных работ, результаты прогноза возможных изменений природных условий территории (в том числе под влиянием техногенных воздействий) при осуществлении строительства, эксплуатации, реконструкции объекта капитального строительства;

6) *сведения о контроле качества и приемке работ*: сведения о внутреннем контроле качества работ, в том числе виды и методы выполненного контроля работ, результаты полевого, лабораторного и камерального контроля и приемки работ, оценка качества работ, сведения о выполнении внешнего контроля качества заказчиком;

7) *заключение*: краткое изложение результатов выполненных инженерных изысканий (по разделам), сведения о полноте и качестве выполненных инженерных изысканий (их соответствии требованиям договора, задания и программы инженерных изысканий); рекомендации для принятия проектных решений по размещению проектируемых объектов и организации мероприятий по инженерной защите;

8) *использованные документы и материалы*: перечень нормативных правовых актов; научно-технические документы, в соответствии с требованиями которых выполнены инженерные изыскания; материалов ранее выполненных инженерных изысканий на данной территории; научно-методических материалов;

9) *текстовые приложения*: копия задания; копия программы; копия свидетельства о допуске к видам работ в составе инженерных изысканий, влияющих на безопасность объектов капитального строительства и лицензий; копии результатов метрологической поверки (калибровки) средств измерений и/или аттестации испытательного оборудования; копии переписки исполнителя и заказчика по вопросам изменения сроков,

объемов и видов работ, получения и использования исходных данных; копии актов контроля и приемки работ; копии материалов согласований; текстовые материалы, характеризующие выполнение и результаты работ (ведомости, таблицы, протоколы); фотоматериалы;

10) *графическая часть*: копии карт, планов, ортофотокарт и ортофотопланов, планов трасс, картограмм, схем, разрезов, профилей, графиков и иных приложений, содержащих результаты изысканий [155].

2.3. Основные термины и определения

При проведении инженерных изысканий используются следующие основные понятия и определения (основное внимание уделено терминам и определениям из области инженерно-гидрометеорологических изысканий; основные термины и определения в области иных видов инженерных изысканий приведены с учетом сопряженности этих видов с инженерно-гидрометеорологическими изысканиями).

2.3.1. Основные термины и определения в области инженерных изысканий

Жизненный цикл здания или сооружения – период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения [155].

Застроенная территория – участок местности в пределах землеотводов и охранных зон объектов капитального строительства (при выполнении инженерных изысканий к застроенной территории также относится местность в административных границах поселений) [155].

Зона влияния нового строительства (расширения, реконструкции) – территория, примыкающая к участку строительства, в пределах которой прослеживаются дополнительные воздействия, связанные со строительными работами и эксплуатацией сооружений (изменения напряжений в грунтовом массиве, активизация инженерно-геологических процессов, изменения гидрогеологических условий) [141].

Зоны с особыми условиями использования территорий – охранные, санитарно-защитные зоны, зоны охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов РФ (далее – объекты культурного наследия), водоохранные зоны, зоны санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, зоны охраняемых объектов, иные зоны, устанавливаемые в соответствии с законодательством РФ [155].

Инженерная защита – комплекс сооружений, направленных на защиту людей, здания или сооружения, территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация здания или сооружения, от воздействия опасных природных процессов и явлений и (или) техногенного воздействия, угроз террористического характера, а также на предупреждение и (или) уменьшение последствий воздействия опасных природных процессов и явлений и (или) техногенного воздействия, угроз террористического характера [155]; инженерная защита территорий, зданий и сооружений – комплекс инженерных сооружений и мероприятий, направленный на защиту (предотвращение или уменьшение негативных последствий) от отрицательных воздействий опасных геологических и инженерно-геологических процессов [138].

Ключевой участок – участок территории, на котором выполняются инженерные изыскания, с характерными природными условиями и техногенными воздействиями, выбранный для проведения комплексных детальных исследований для экстраполяции полученных данных на всю изучаемую площадь (или на ее часть) [155].

Мониторинг (в геотехнике) – единая система, включающая: комплексные наблюдения за инженерно-геологическими процессами, эффективностью инженерной защиты, состоянием сооружений и территорий в периоды строительства и эксплуатации объекта; анализ результатов наблюдений, расчетов и моделирования, рекомендаций по усилению инженерной защиты, совершенствованию конструкций сооружений и т. п.; проектирование дополнительных мероприятий по обеспечению надежности сооружений и эффективности инженерной защиты, по предотвращению социально-экологических последствий; осуществление дополнительных мероприятий при геотехническом надзоре [146].

Наилучшая доступная технология – технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения [168].

Объекты инженерной защиты – отдельные сооружения инженерной защиты территории, обеспечивающие защиту народнохозяйственных объектов, населенных пунктов, сельскохозяйственных земель и природных ландшафтов от затопления и подтопления [131].

Опасные природные процессы и явления – землетрясения, сели, оползни, лавины, подтопление территории, ураганы, смерчи, эрозия почвы и иные подобные процессы и явления, оказывающие негативные или разрушительные воздействия на здания и сооружения [155].

Основание здания или сооружения – массив грунта, воспринимающий нагрузки и воздействия от здания или сооружения и передающий на здание или сооружение воздействия от природных и техногенных процессов, происходящих в массиве грунта [155].

Особые природно-техногенные условия – условия, связанные с воздействием значительных техногенных нагрузок (плотная городская застройка территорий, включая историческую застройку, подработка территорий в результате горно-эксплуатационной деятельности и др.), влияющих на инженерно-геологические особенности района и на организацию и проведение инженерных изысканий [141].

Оценка риска – расчеты, используемые для идентификации и прогнозирования опасностей, оценки уязвимости территорий и объектов, установления возможных последствий, определения вероятности и размеров возможных потерь (ущерба и социальных потерь) [146].

Прогноз изменения природных условий – качественная или количественная оценка изменения свойств и состояния окружающей среды во времени и в пространстве под влиянием естественных и техногенных факторов [155].

Репрезентативность пункта наблюдений – степень представительности того или иного пункта наблюдений в отношении изучаемого элемента как с точки зрения соответствия данного пункта наблюдений предъявляемым требованиям, так и с точки зрения отражения условий, характерных для более или менее значительных территорий [155].

Сложные природные условия – наличие специфических по составу и состоянию грунтов и (или) риска возникновения (развития) опасных природных процессов и явлений и (или) техногенных воздействий на территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация здания или сооружения [155].

Социальные потери – гибель, ранение, заражение, моральные травмы населения, вызванные опасными процессами [146].

Стационарные наблюдения – постоянные (непрерывные или периодические) наблюдения (измерения) за изменениями состоянием отдельных факторов (компонентов) территории в заданных пунктах [155].

Схемы инженерной защиты (генеральные, детальные, специальные) – проектный материал, разработанный с целью определения и обоснования оптимального комплекса инженерной защиты, его укрупненной ориентировочной стоимости и очередности осуществления [146].

Территория промышленного предприятия – участок местности в границах землеотвода объекта производственного назначения, в том числе линейного объекта; при выполнении инженерных изысканий к территории промышленного предприятия также следует относить:

охранные зоны экологически вредных и опасных производств, в том числе линейных объектов; охранные зоны объектов обороны и безопасности; ведомственные подъездные пути к предприятиям и другим объектам, связанным с ними производственным циклом; принадлежащие предприятию инженерные коммуникации, являющиеся неотъемлемой частью производственного цикла (промышленные водоводы, линии электропередачи и связи, специальная канализация, магистральные трубопроводы и т. д.), в пределах их полосы землеотвода или охранной зоны; полигоны бытовых и промышленных отходов [155].

Техногенные воздействия – опасные воздействия, являющиеся следствием аварий в зданиях, сооружениях или на транспорте, пожаров, взрывов или высвобождения различных видов энергии, а также воздействия, являющиеся следствием строительной деятельности на прилегающей территории [155].

Трасса – положение оси линейного сооружения (трубопровода, кабеля, др.), отвечающее ее проектному положению на местности [135]; условная линия, которая определяет ось линейного сооружения (трубопровода, кабеля, др.), соответствующая проектному положению на местности [155].

2.3.2. Основные термины и определения в области инженерно-геодезических изысканий

Вынос трассы в натуру – комплекс полевых изыскательских работ в составе инженерно-геодезических изысканий по проложению (трассированию) и закреплению на местности проектного положения оси линейного сооружения [134].

Геодезическая основа для строительства – совокупность пунктов геодезических сетей на территории изысканий, используемых при осуществлении строительной деятельности и включающих государственные, опорные и съемочные геодезические сети, а также пункты геодезической разбивочной основы [134].

Геодезическая привязка – определение положения закрепленных на местности точек, зданий и сооружений и их элементов в принятых системах координат и высот [134].

Геодезический пункт временного закрепления – геодезический пункт (деревянный столб, отрезок металлической трубы, уголка и т. д.), метод закрепления которого обеспечивает сохранность центра (при условии отсутствия умышленных разрушающих воздействий), а также неизменность его координат и/или отметки в пределах точности геодезической сети, к которой он относится, на период выполнения полевых работ (включая их приемку) [155].

Геодезический пункт долговременного закрепления – геодезический пункт (грунтовый, стенной, скальный, закрепленный на пнях свежесрубленных деревьев, обечайках смотровых люков колодцев подземных коммуникаций, оголовках труб и других элементах фундаментальных конструкций и т. д.), метод закрепления которого обеспечивает сохранность центра (при условии отсутствия умышленных разрушающих воздействий), а также неизменность его координат и/или отметки в пределах точности геодезической сети, к которой он относится, на период, предусмотренный заданием и/или программой выполнения инженерных изысканий [155].

Геодезический пункт постоянного закрепления – геодезический пункт (грунтовый, стенной, скальный), способ закрепления которого обеспечивает сохранность центра (при отсутствии умышленных разрушающих воздействий), а также неизменность его координат и/или отметки (в пределах точности геодезической сети, к которой он относится) на весь период сохранения ненарушенного состояния участка местности или объекта, на котором он установлен [155].

Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) – система, состоящая из созвездия навигационных спутников, службы контроля и управления и аппаратуры пользователей, позволяющая определять местоположение (координаты) антенны приемника потребителя; ГЛОНАСС – ГНСС, разработанная в России; GPS – ГНСС, разработанная в США [145].

Грунтовый репер – нивелирный репер, основание которого устанавливается ниже глубины промерзания, оттаивания или перемещения грунта и служащий в качестве высотной геодезической основы при создании (развитии) геодезических сетей [134].

Деформационный знак (деформационная марка) – геодезический знак (поверхностный, глубинный и стенной), устанавливаемый для наблюдений за смещениями (деформациями) зданий, сооружений, земной поверхности и толщи горных пород (в специальных штольнях, выработках и др.) [134].

Допустимая погрешность (геодезических) измерений (предел допускаемой погрешности геодезических измерений) – погрешность геодезических измерений, верхний предел которой установлен в нормативной документации [145].

Опорная геодезическая сеть – сеть геодезических пунктов постоянного и (или) долговременного закрепления заданного класса (разряда) точности, создаваемая на объекте капитального строительства в установленных системах координат и высот для геодезического обеспечения производства инженерных изысканий [155].

План инженерно-топографический – картографическое изображение на специализированном плане, созданном или обновленном в цифровой, графической и иных формах, элементов ситуации и рельефа местности (в том числе дна водотоков, водоемов), ее планировки, пунктов (точек) геодезической основы, существующих зданий и сооружений (подземных, наземных и надземных) с их техническими характеристиками [155].

Система WGS-84 – всемирная система геодезических параметров Земли 1984 года, используемая в GPS, в число которых входит система геоцентрических координат [145].

Система ПЗ-90 – российская система геодезических параметров Земли 1990 года, используемая в ГЛОНАСС, в число которых входит система геоцентрических координат [145].

Стенной репер (марка) – нивелирный репер, устанавливаемый на несущих конструкциях капитальных зданий и сооружений [134].

Топографическая съемка – область геодезических измерений, связанная с созданием плана (карты) объекта, осуществляемым на объекте измерений в сочетании со сбором и анализом информации [145].

Трассирование линейных сооружений – комплекс проектно-изыскательских работ, выполняемых для выбора оптимального положения линейного сооружения на местности [134]. Полевое трассирование – комплекс полевых изыскательских работ в составе инженерных изысканий по проложению (трассированию) на местности оси линейного сооружения [134]. Камеральное трассирование – трассирование вариантов положения оси линейного сооружения, представленных в графической, цифровой или иных формах, выполняемое по картам, планам, аэро- и космоснимкам и другим картографическим материалам [134].

2.3.3. Основные термины и определения в области инженерно-геологических изысканий

Активность (интенсивность) развития опасного процесса – увеличение площади (или объема) затронутых опасным процессом пород по отношению к общей площади (объему) исследуемой территории (массива) за расчетный период времени [138].

Аномалия – отклонение измеренного параметра поля от нормального, в качестве которого принимается поле над однородным полупространством (при наблюдениях на поверхности) или в неограниченном пространстве (при скважинных наблюдениях) [142].

Вскрышные породы (вскрыша) – часть геологической среды или (и) техногенных образований, перекрывающая полезную толщу сверху, подлежащая удалению в отвалы при разработке [144].

Выветривание – совокупность процессов физического, химического и биологического разрушения минералов и горных пород верхней части литосферы под влиянием колебаний температуры, влажности, воздействия газов (атмосферных и растворенных в воде), растений и т. п. [139].

Выщелачивание – растворение и вынос какого-либо вещества из минерала без нарушения его цельности, тогда как при растворении кристалл разрушается полностью [139].

Геологическая среда – верхняя часть литосферы, представляющая собой многокомпонентную динамическую систему (горные породы, подземные воды, газы, физические поля – тепловые, гравитационные, электромагнитные, сейсмические) [155].

Геологический процесс – изменение состояния компонентов геологической среды во времени и в пространстве под воздействием природных факторов [155]. Эндогенными называются геологические процессы, вызванные внутренними силами Земли и протекающие внутри планеты. К ним относятся тектонические, магматические, метаморфические и гидротермальные процессы, образование некоторых типов месторождений. Экзогенные процессы – это геологические процессы, вызванные внешними по отношению к Земле силами и протекающие на ее поверхности.

Геологический риск – вероятностная мера геологической опасности события, возникшего в результате строительства, эксплуатации, реконструкции или ликвидации объекта капитального строительства, или совокупности таких событий, определяемая в виде возможных потерь (ущерба) за заданное время [146].

Геотехнические работы – исследование физико-механических свойств пород и грунтов лабораторными и «in-situ» методами [145].

Геофизические методы – способы и средства изучения строения, состава и состояния геологической среды путем измерения информативных параметров физических полей искусственного или естественного происхождения с последующей обработкой и интерпретацией получаемой при этом информации [142].

Геофизические поля – различные физические поля в Земле (естественные и искусственно создаваемые), обусловленные взаимодействием нейтральных или заряженных материальных тел, элементарных частиц и квантов энергии; к геофизическим полям относятся: гравитационные, магнитные, электрические, электромагнитные, сейсмических волн, температурные, радиационные, параметры которых изменяются во времени и в пространстве [142].

Геофизические условия – совокупность компонентов геологической среды, определяющих структуру и интенсивность геофизических

полей, от которых зависят возможности различных геофизических методов исследования, а также условий, определяющих возможность выполнения геофизических наблюдений, и которые необходимо учитывать при выборе методики наблюдений и способов интерпретации получаемых материалов [142].

Геоэлектрическое, геосейсмическое и др. строение – распределение в изучаемом массиве соответствующих свойств, изучаемых данным методом геофизики – удельных электрических сопротивлений, скоростей упругих волн и др. [142].

Гидравлический метод оценки производительности водозаборных скважин – метод расчета, основанный непосредственно на данных опыта (в частности, на данных опытной откачки из скважины при разных дебитах) по определению эксплуатационного дебита и понижения [143].

Гидрогеологическая модель – абстрактное или вещественное отображение или воспроизведение изучаемого гидрогеологического объекта, адекватное ему в отношении некоторых критериев, которое дает возможность получить новую информацию об этом объекте и его свойствах [138].

Гидрогеологическое картографирование – метод создания пространственных образно-знаковых (картографических) гидрогеологических моделей, которые дают возможность решать теоретические и практические задачи – выявление закономерностей изменения подземной гидросферы под влиянием техногенных факторов, оценка опасности инженерно-геологических процессов (в том числе подтопления), инженерная защита от опасных процессов, разработка природоохранных мероприятий и т. п.; включает изучение природных условий и техногенных факторов на региональном и локальном уровнях, построение комплекса карт: регионального и типологического гидрогеологического районирования, гидрогеодинамических и гидрогеохимических характеристик, техногенных факторов и др. [138].

Гидродинамические границы (внешние и внутренние, в плане и разрезе) – границы области фильтрации, определяемые совокупностью условий, влияющих на изменение динамики потока подземных вод (изменения уровня, напора, расхода, линий тока, скорости фильтрации и других характеристик фильтрационного потока); такими границами могут служить: а) водоемы и водотоки; б) дренажные и оросительные системы; в) линейные и площадные системы техногенного инфильтрационного питания; г) подземные сооружения, создающие барраж; д) контуры изменения фильтрационных свойств пород; е) контуры выклинивания водовмещающих и водоупорных пород и т. д. [138].

Гидрохимические условия подземных вод – характеристика формирования и распространения химического состава подземных вод в

плане и по разрезу и их изменений во времени под воздействием природных и техногенных факторов [143].

Глубина исследований – глубина, до которой характеризуется массив применяемым геофизическим методом или комплексом методов [142].

Глубина нулевых годовых колебаний температуры грунтов – глубина, на которой температура грунта не изменяется в течение одного года (при заданной точности измерений $\pm 0,1$ °C) [140].

Горно-технические условия (факторы) – совокупность компонентов геологической среды и (или) техногенных образований, обуславливающих выбор системы разработки грунтовых строительных материалов и применяемых при этом механизмов [144].

Государственный фонд недр – используемые участки, представляющие собой геометризованные блоки недр, и неиспользуемые части недр в пределах территории Российской Федерации и ее континентального шельфа. К участкам недр федерального значения относятся участки недр: 1) содержащие месторождения урана, особо чистого кварцевого сырья, редких земель иттриевой группы, никеля, кобальта, тантала, ниобия, бериллия, лития, коренные месторождения алмазов или коренные (рудные) месторождения металлов платиновой группы, с запасами, учтенными государственным балансом запасов полезных ископаемых начиная с 1 января 2006 года; 2) расположенные на территории субъекта Российской Федерации или территориях субъектов Российской Федерации и содержащие на основании сведений государственного баланса запасов полезных ископаемых начиная с 1 января 2006 года месторождения: с извлекаемыми запасами нефти от 70 миллионов тонн; с запасами газа от 50 миллиардов кубических метров; коренные (рудные) с запасами золота от 50 тонн; с запасами меди от 500 тысяч тонн; 3) внутренних морских вод, территориального моря, континентального шельфа Российской Федерации; 4) при пользовании которыми необходимо использование земельных участков из состава земель обороны, безопасности. К участкам недр местного значения относятся: 1) участки недр, содержащие общераспространенные полезные ископаемые; 2) участки недр, используемые для строительства и эксплуатации подземных сооружений местного и регионального значения, не связанных с добычей полезных ископаемых; 3) участки недр, содержащие подземные воды, которые используются для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения (далее – питьевое водоснабжение) или технологического обеспечения водой объектов промышленности либо объектов сельскохозяйственного назначения и объем добычи которых составляет не более 500 кубических метров в сутки [166].

Граничные условия водоносного горизонта (пласта) – гидродинамические условия на границах пласта (в вертикальном разрезе и в плане), отражающие взаимодействие с поверхностными водами и другими водоносными горизонтами, питание и разгрузку подземных вод и др. [143].

Грунтовые строительные материалы – материалы естественного и техногенного происхождения, используемые для возведения земляных (грунтовых) сооружений [144].

Группы сложности горно-геологических условий – условная классификация геологической среды и техногенных образований по сложности их строения, обуславливающая различный состав, объем и методику изыскательских работ для их изучения [144].

Динамика криогенных процессов – пространственно-временное изменение активности процессов [140].

Застроенная территория – территория с измененными инженерно-геологическими условиями за счет строительства и эксплуатации существующих или существовавших ранее зданий, сооружений и инженерных коммуникаций [141].

Инженерно-геокриологическая съемка – комплекс исследований территории (участков, трасс) в инженерно-геокриологическом отношении, выражающийся в изучении закономерностей формирования и распространения сезонно- и многолетнемерзлых грунтов, их состава, льдистости, температуры, свойств, криогенных процессов и образований и прогнозе их изменения; в результате инженерно-геологической съемки составляются инженерно-геокриологические карты и разрезы [140].

Инженерно-геологические условия – совокупность характеристик компонентов геологической среды, влияющих на инженерные изыскания и условия проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений: рельеф; геологическое строение грунтового массива (состав и состояние грунтов, условия их залегания и свойства); гидрогеологические условия; геологические и инженерно-геологические процессы и явления [155].

Инженерно-геологический процесс – изменение состояния компонентов геологической среды во времени и в пространстве под воздействием техногенных факторов [155].

Интерпретация геофизических данных – определение параметров (физических и физико-механических свойств) пород, и пространственного их распределения в исследуемом массиве по измеренным параметрам изучаемого поля, а также путем использования соответствующих аналитических или корреляционных связей [142].

Карст – комплексный геологический процесс, обусловленный растворением подземными и (или) поверхностными водами горных пород, проявляющийся в их ослаблении, разрушении, образовании пустот и пещер, изменении напряженного состояния пород, динамики, химического состава и режима подземных и поверхностных вод, в развитии суффозии (механической и химической), эрозий, оседаний, обрушений и провалов грунтов и земной поверхности [146].

Карстово-суффозионные процессы – взаимосвязанное развитие карстового процесса и суффозии. При изучении и оценке карста включаются в состав карстового процесса [146].

Карта инженерно-геологических условий – отображение на топографическом плане (карте) в цифровой, графической и иных формах компонентов геологической среды (с указанием их характеристик), оказывающих влияние на условия проектирования, строительства, а также на эксплуатацию объектов капитального строительства [155].

Карта инженерно-геологического районирования – отображение на топографическом плане (карте) выделенных таксономических единиц (регионов, областей, районов, подрайонов, участков, зон, подзон, провинций), обладающих некоторыми общими инженерно-геологическими признаками [155].

Категории сложности гидрогеологических условий – условная классификация совокупности факторов гидрогеологических условий, определяющих сложность изысканий подземных источников водоснабжения и необходимость выполнения различного состава и объемов изыскательских работ [143].

Категории сложности инженерно-геокриологических условий – условная классификация геологической среды по совокупности факторов инженерно-геокриологических условий, определяющих сложность изучения исследуемой территории и выполнение различного состава и объемов изыскательских работ [140].

Категории сложности инженерно-геологических условий – классификация геологической среды по совокупности факторов инженерно-геологических условий (табл. 2.3.3.1), определяющих сложность изучения исследуемой территории и выполнение различного состава и объемов инженерно-геологических работ, необходимых для решения задач градостроительной деятельности [155].

Комплексование – использование нескольких методов в рамках одной задачи с целью уменьшения пределов неоднозначности ее решения [142].

Коэффициент пораженности территории опасными геологическими или инженерно-геологическими процессами – отношение площади

(длины линейного элемента – береговой линии, бровки склона и т. п.), затронутой опасным геологическим или инженерно-геологическим процессом, к площади всей исследуемой территории (длине линейного элемента); характеризует степень пораженности территории опасным процессом [138].

Криогенный процесс – изменение геологической среды во времени и пространстве при промерзании или оттаивании грунтов под воздействием природных или техногенных факторов [140].

Криопэги – подземные соленые воды, имеющие отрицательную температуру [140].

Курумы – скопления грубообломочного материала, перемещающегося вниз по склонам под действием процессов выветривания, растрескивания, пучения, солифлюкции и силы тяжести [140].

Ландшафтно-индикационный метод съемки – метод съемки (картирования), основанный на существовании связей между компонентами ландшафта (рельефом, растительностью, почвой и др.) и компонентами геокриологических условий (характером распространения мерзлых грунтов, их температурой, глубиной сезонного промерзания и оттаивания и др.) [140].

Местные строительные материалы – материалы естественного и техногенного происхождения, используемые для производства бетона, кирпича, балласта и других строительных изделий [144].

Морозное (криогенное) пучение – процесс, вызванный промерзанием грунта, миграцией влаги, образованием ледяных прослоев, деформацией скелета грунта, приводящих к увеличению объема грунта и поднятию его поверхности [155].

Мульда сдвижения земной поверхности – участок земной поверхности, подвергшийся сдвигению под влиянием подземных выработок [141].

Набухание грунта – способность глинистых грунтов к увеличению объема при постоянной нагрузке вследствие замачивания [139].

Недра – часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения [166].

Обвалы – отрыв масс горных пород склонов, бортов и их падение вниз под влиянием силы тяжести с опрокидыванием и перекачиванием без воздействия воды [146].

Обратная задача – определение распределения в пространстве физических параметров среды по наблюдаемому физическому полю. Прямая задача – определение параметров формирующегося физического поля по известным параметрам модели изучаемой среды [142].

Опасные геологические и инженерно-геологические процессы – эндогенные и экзогенные геологические процессы (сейсмические сотрясения, извержения вулканов, оползни, обвалы, осыпи, карст, сели, переработка берегов, подтопление и др.), возникающие под влиянием природных и техногенных факторов и оказывающие отрицательное воздействие на строительные объекты и жизнедеятельность людей [138].

Оползни – смещение горных пород со склонов, бортов карьеров, строительных выемок под действием веса грунта и объемных и поверхностных сил. Различают оползни скольжения, оползни выдавливания, вязко-пластические оползни, оползни внезапного разжижения, оползни гидродинамического разрушения [146].

Оседание – вертикальная составляющая вектора сдвижения точки земной поверхности в мульде сдвижения [141].

Откачка опытная – откачка для определения зависимости дебита скважины от понижения уровня воды в ней (одионочная), для определения расчетных гидрогеологических параметров и оценки граничных условий (кустовая) [143].

Откачка пробная – откачка для предварительной характеристики фильтрационных свойств водовмещающих пород, возможной производительности скважин и качества подземных вод [143].

Очаг селевой – верхняя часть селевого бассейна, ограниченная водоразделами с центростремительной системой склонов и стока, а также русла временных и малых водотоков, где происходит накопление рыхлого обломочного материала (за счет выветривания, эрозионных, осыпных, обвальных, оползневых и других процессов), при определенных условиях превращающегося в грязекаменный селевой поток [138].

Период подработки – период времени между началом и окончанием горных работ на данной территории [141].

Пластовые льды – скопления льда (разного генезиса) в массиве многолетнемерзлых грунтов [140].

Плотность карстовых форм – количество карстовых форм, приходящееся (в среднем) на единицу площади (штук на 1 км) [138].

Повторно-жильные льды – вид подземного льда, имеющего форму клина и формирующегося в результате многократного морозного растрескивания грунтов и заполнения трещин льдом [140].

Подрабатываемая территория – территория, подвергающаяся воздействию подземных горных работ по добыче полезного ископаемого, в результате которого в подрабатываемой толще могут возникать неравномерные оседания земной поверхности и сдвижения грунта [141].

Подрабатываемая толща грунтов – толща грунтов, подвергающаяся влиянию подработки (сдвигениям и деформациям) в результате выемки горных пород при подземных горных работах [141].

Подработанная территория – территория, в пределах которой производилась ранее проходка подземных горных выработок с целью добычи полезного ископаемого, строительства камер, тоннелей и прочих подземных сооружений [141].

Полезная толща – часть геологической среды и техногенных образований, используемая в качестве грунтовых строительных материалов [144].

Провал – участок земной поверхности, подвергшийся обрушению под влиянием подземных горных выработок [141].

Прогноз изменения инженерно-геокриологических условий (геокриологический прогноз) – прогноз изменения компонентов инженерно-геокриологических условий (состояния, температуры, распространения, свойств сезонно- и многолетнемерзлых грунтов, динамики криогенных процессов) под влиянием техногенных воздействий [140].

Просадочность грунта – способность грунтов к уменьшению объема вследствие замачивания при постоянной внешней нагрузке и(или) нагрузке от собственного веса [139].

Разведочное моделирование при оценке подтопления – выбор главных и второстепенных факторов формирования режима подземных вод, определяющих развитие подтопления, путем предварительной схематизации гидрогеологических условий и сопоставления возможных вариантов на модели; такое моделирование необходимо для составления рабочей гипотезы, определяющей методики проектируемых гидрогеологических работ и метода прогноза изменения гидрогеологических условий [138].

Разрешающая способность геофизического метода – минимальные размеры объекта, обнаруживаемого данным методом при данных условиях [140].

Режим подземных вод – характер изменений во времени и в пространстве уровней (напоров), температуры, химического, газового и бактериологического состава и других характеристик подземных вод [155].

Солифлюкция – вязкопластичное течение сезоннооттаивающих влажных тонкодисперсных грунтов на пологих склонах [140].

Специфические грунты – грунты, изменяющие свою структуру и свойства в результате замачивания, динамических нагрузок и других видов внешних воздействий, обладающие неоднородностью и анизотропией (физической и геометрической), склонные к длительным изменениям структуры и свойств во времени [139].

Таблица 2.3.3.1

Категории сложности инженерно-геологических условий [155]

Фактор	Категории сложности инженерно-геологических условий		
	I (простая)	II (средняя)	III (сложная)
Геоморфологические условия	Площадка (участок) в пределах одного геоморфологического элемента. Поверхность горизонтальная, нерасчлененная	Площадка в пределах нескольких геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность наклонная, слабо расчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов разного генезиса. Поверхность сильно расчлененная
Геологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Не более двух различных по литологии слоев, залегающих горизонтально или слабо наклонно (уклон не более 0,1). Мощность выдержана по профилю. Незначительная степень неоднородности слоев по показателям свойств грунтов, закономерно изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов	Не более четырех различных по литологии слоев, залегающих наклонно или с выклиниванием. Мощность изменяется закономерно. Существенное изменение характеристик свойств грунтов в плане или по глубине. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами	Более четырех различных по литологии слоев. Мощность резко изменяется. Линзовидное залегание слоев. Значительная степень неоднородности по показателям свойств грунтов, изменяющихся в плане или по глубине. Скальные грунты имеют сильно расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Имеются разломы разного порядка
Гидрогеологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом	Два выдержанных горизонта подземных вод и более, местами с неоднородным химическим составом или обладающие напором и содержащих загрязнения	Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и мощности, с неоднородным химическим составом или разным образом загрязнением. Местами сложное чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простиранию

Геологические и инженерно-геологические процессы, от-рицательно влияющие на условия строительства и эксплуа-тации зданий и сооруже-ний	Отсутствуют	Имеют ограниченное рас-пространение и (или) не ока-зывают существенного вли-яния на выбор проектных решений, строительство и эксплуа-тацию объектов	Имеют широкое распростране-ние и (или) оказывают решаю-щее влияние на выбор проект-ных решений, строительство и эксплуа-тацию объектов
Многолетнемерзлые и специ-фические грунты в сфере вза-имодействия зданий и сооруже-ний с геологической средой	Отсутствуют	Имеют ограниченное рас-пространение и (или) не ока-зывают существенного вли-яния на выбор проектных решений, строительство и эксплуа-тацию объектов	Имеют широкое распростране-ние и (или) оказывают решаю-щее влияние на выбор проект-ных решений, строительство и эксплуа-тацию объектов
Техногенные воздействия и изменения освоенных терри-торий	Незначительные и могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании	Не оказывают существенно-го влияния на выбор про-ектных решений и проведе-ние инженерно-геологических изысканий	Оказывают существенное влия-ние на выбор проектных реше-ний и осложняют выполнение инженерно-геологических изысканий в части увеличения их состава и объемов работ

Примечание. Категории сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по совокупности указанных в таб-лице факторов; если какой-либо отдельный фактор относится к более высокой категории сложности и является определяющим при принятии основных проектных решений, то категорию сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по этому фактору; в этом случае должны быть увеличены объемы или дополнительно предусмотрены только те виды работ, кото-рые необходимы для обеспечения выяснения влияния на проектируемые здания и сооружения именно данного фактора.

Суффозионное сжатие – способность засоленных грунтов к уменьшению объема вследствие выщелачивания солей при длительной фильтрации воды и постоянной сжимающей нагрузке [139].

Суффозия – разрушение и вынос потоком подземных вод отдельных компонентов и крупных масс дисперсных и сцементированных обломочных пород, в том числе слагающих структурные элементы скальных массивов [146].

Талик (таликовая зона) – толща талых грунтов, залегающая среди многолетнемерзлых грунтов; по взаимоотношению с толщами многолетнемерзлых грунтов различают сквозные и несквозные талики, надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные талики [140].

Термоабразия – процесс разрушения берегов (морей, озер, рек), сложенных многолетнемерзлыми грунтами, под термомеханическим воздействием (протаивания, разрушения, транспортировки) на них водных масс [140].

Термокарст – процесс оттаивания льдистых грунтов, подземных льдов, сопровождающийся их осадкой и образованием отрицательных форм рельефа [140].

Термоэрозия – процесс разрушения многолетнемерзлых грунтов водными потоками за счет оттаивания и выноса грунтов, оползания и обрушения растущих эрозионных форм (промоин, борозд, оврагов) [140].

Устойчивость склона (откоса) – способность склона (откоса) сохранять свой профиль в течение длительного времени; выражается коэффициентом устойчивости – отношением суммы силовых воздействий, обеспечивающих устойчивость склона, к сумме силовых воздействий, нарушающих эту устойчивость [138].

Физико-геологическая модель – обобщенное и формализованное описание пространственно-временной изменчивости параметров среды, на основе которого устанавливается взаимосвязь параметров наблюдаемых физических полей и параметров моделей [142].

2.3.4. Основные термины и определения в области инженерно-гидрометеорологических изысканий

Агрессивность воды – способность воды и растворенных в ней веществ разрушать путем химического воздействия различные материалы [36].

Адгезия (сцепление) льда – примерзание льда к инородным предметам за счет сил межмолекулярного взаимодействия; численно характеризуется силой адгезии на единицу площади контакта [145].

Азот по Кьельдалю – суммарная массовая концентрация органического и аммонийного азота в пробе воды, определяемая после воздействия на пробу серной кислотой при заданных условиях [39].

Айсберг – крупные глыбы плавающего льда, образующиеся вследствие обламывания концов ледников [35]; массивный, отколовшийся от ледника кусок льда, который выступает над уровнем моря более чем на 5 м [145].

Акватория – водное пространство в пределах естественных, искусственных или условных границ [12].

Альbedo – отношение отраженной радиации к суммарной радиации [41].

Амплитуда прилива – высота полной или малой воды от среднего уровня прилива [145].

Атмосфера – газовая среда вокруг планеты, гравитационно связанная с ней [34]. Атмосфера Земли делится тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и ионосферу. *Тропосфера* – нижний слой атмосферы планеты, содержащий основную ее массу, характеризуемый понижением температуры с высотой (до 18 км на экваторе, 12 км – над умеренными широтами, 8–10 км – над полюсами). *Стратосфера* – слой атмосферы планеты Земля, лежащий между тропосферой и мезосферой, характеризуемый изотермией в нижней части и ростом температуры с высотой в верхней части (над полюсами – с 8–10 км, на экваторе – от 18 до 40 км). *Мезосфера* – слой атмосферы, лежащий на планете Земля над стратосферой, а на других планетах над тропосферой, содержащий планетарный минимум температуры и характеризуемый распределением температуры, близким к изотермическому, а на планете Земля – понижением температуры с высотой (в 50–80 км над поверхностью Земли). *Термосфера* – слой атмосферы планеты, лежащий над мезосферой, характеризуемый ростом температуры с высотой, постепенно замедляющимся и переходящим в изотермическое распределение (от 80 до 800 км от поверхности Земли). *Ионосфера* – ионизированная часть атмосферы планеты (область атмосферы Земли на высотах 30–1000 км, содержащая частично ионизованную холодную плазму). Переходный слой на верхней границе тропосферы называется тропопаузой, переходный слой на верхней границе стратосферы Земли – стратопаузой, переходный слой на верхней границе мезосферы – мезопаузой. Пространство за пределами атмосферы Земли – *космическое пространство* [34].

Атмосферное давление – давление, производимое атмосферой на находящиеся в ней предметы и на земную поверхность [41].

Аэрокосмическое зондирование – комплекс дистанционных методов исследования, используемых в инженерно-экологических изыска-

ниях, включающий многозональную и спектрзональную аэрофото- съемку, тепловую инфракрасную аэросъемку, перспективную аэрофото- съемку в сочетании с материалами космических фото-, сканерной, теле- визионной, радиолокационной, инфракрасной и других видов съемок, осуществляемых с искусственных спутников Земли, орбитальных стан- ций и пилотируемых космических кораблей. В практике инженерно- экологических изысканий наиболее широко используются фото- и ска- нерные съемки. Остальные виды съемок рассматриваются как вспомо- гательные для решения узкого круга специальных задач [132].

Бассейн селевой – часть водосборного бассейна в пределах горного района, содержащая мощные накопления рыхлого обломочного матери- ала на склонах долин и в руслах постоянных и временных водотоков; при ливневых и длительных дождях и интенсивном снеготаянии в селе- вом бассейне образуется грязекаменный поток (сель) значительной раз- рушительной силы [138].

Батиграфическая кривая – кривая зависимости площади водоема и его объема от глубины или высотных отметок, соответствующих раз- личным уровням наполнения водоема [30].

Бенч – абразионная отмель морей и водохранилищ, выровненная в коренных породах действием волн. Синонимы: терраса подводная абра- зионная, платформа абразионная (береговая) [138].

Береговая зона – окраинная зона морей, озер, водохранилищ, вклю- чающая полосу суши, примыкающей к береговой линии, и подводный береговой склон [138].

Береговая линия – граница водного объекта; определяется: 1) для моря – по постоянному уровню воды, а в случае периодического изме- нения уровня воды – по линии максимального отлива; 2) реки, ручья, канала, озера, обводненного карьера – по среднемноголетнему уровню вод в период, когда они не покрыты льдом; 3) пруда, водохранилища – по нормальному подпорному уровню воды; 4) болота – по границе за- лежи торфа на нулевой глубине [12]. Местоположение береговой линии (границы водного объекта) может определяться как в отношении всего поверхностного водного объекта, так и в отношении его части. Под определением местоположения береговой линии понимается установле- ние местоположения береговой линии или уточнение местоположения береговой линии. Установление местоположения береговой линии осу- ществляется не реже одного раза в 25 лет, а также в случаях: а) если ме- стоположение береговой линии изменилось в результате естественных процессов руслоформирования, воздействий антропогенного характера и стихийных бедствий; б) если местоположение береговой линии необ- ходимо для установления границ водоохранной зоны и (или) границ

прибрежных защитных полос соответствующего водного объекта. Уточнение местоположения береговой линии осуществляется в случаях: а) осуществления распоряжения водным объектом или его частью; б) в иных случаях при необходимости повышения точности установленного местоположения береговой линии. Установление местоположения береговой линии осуществляется: а) органами государственной власти субъектов РФ; б) Федеральным агентством водных ресурсов и его территориальными органами. Уточнение местоположения береговой линии (границы водного объекта) осуществляется любыми заинтересованными лицами, в том числе органами государственной власти и органами местного самоуправления, собственниками, пользователями и владельцами земельных участков. Работы по определению местоположения береговой линии (границы водного объекта) выполняют юридические лица или индивидуальные предприниматели, определяемые заказчиком работ в соответствии с требованиями, установленными законодательством РФ [103].

Биохимическое потребление кислорода – БПК – количество растворенного кислорода, потребляемого за установленное время и в определенных условиях при биохимическом окислении содержащихся в воде органических веществ [36].

Бихроматная окисляемость – химическое потребление кислорода при обработке пробы воды бихроматным ионом при определенных условиях [39]. Химическое потребление кислорода – ХПК – количество кислорода, потребляемое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под действием различных окислителей [36].

Блинчатый лед – пластины льда преимущественно круглой формы от 30 см до 3 м в диаметре, толщиной 10...15 см, с приподнятыми краями вследствие ударов льдин одна о другую [145].

Болотный массив – часть земной поверхности, занятая болотом, границы которой представляют замкнутый контур и проведены по линии нулевой глубины торфяной залежи [30].

Болотный микроландшафт – часть болотного массива, однородная по характеру растительного покрова, микрорельефу поверхности и водно-физическим свойствам деятельного горизонта и представленная одной растительной ассоциацией, группой близких по флористическому составу и структуре растительных ассоциаций или комплексом различных растительных ассоциаций, закономерно чередующихся в пространстве [30].

Болотный фитоценоз – исторически сложившаяся на торфяном месторождении совокупность растений, характеризующаяся определенным составом, взаимоотношениями между растениями и средой обитания [32].

Болото – природное образование, занимающее часть земной поверхности и представляющее собой отложения торфа, насыщенные водой и покрытые специфической растительностью [30]; торфяное болото – болото с отложениями торфа от 0,3 до 1,0 м в неосушенном состоянии [32]; торфяное месторождение – геологическое образование, состоящее из напластований одного или нескольких видов торфа, характеризующееся в своих естественных границах избыточным увлажнением, специфическим растительным покровом и которое по размерам и запасам торфа может быть объектом промышленного или сельскохозяйственного использования [32].

Ботанический состав торфа – количество остатков растений-торфообразователей, слагающих растительное волокно торфа [32].

Взвешенные наносы – наносы, переносимые водным потоком во взвешенном состоянии [30].

Ветер – движение воздуха относительно земной поверхности [41].

Взвешенные вещества в воде – вещества, выделенные из воды путем фильтрования и (или) центрифугирования [39].

Влагоемкость – способность почвогрунта вмещать или удерживать при определенных условиях некоторое количество влаги [30].

Влагоотдача снежного покрова – процесс поступления на поверхность почвы избыточной (не удерживаемой снегом) гравитационной талой или дождевой воды [152].

Влагосодержание (воздуха) – отношение массы водяного пара к массе сухого воздуха [41].

Влажность почвогрунта – содержание воды в почвогрунте. Различают: весовую влажность, которая выражается в процентах от веса абсолютно сухого почвогрунта или в процентах от веса сырого почвогрунта; объемную влажность – количество воды в почвогрунте, выраженное отношением объема воды к объему почвогрунта [30].

Влекомые наносы – наносы, перемещаемые водным потоком в придонном слое и движущиеся путем скольжения, перекачивания или сальтации [30].

Внутриводный лед – скопление первичных ледяных кристаллов, образующихся в толще воды и на дне водного объекта [30].

Внутригодовое распределение стока – распределение величины стока по календарным периодам или сезонам года [30].

Водное сечение – поперечное сечение водного потока [30]. Живое сечение – часть водного сечения, в которой наблюдается течение воды [30]. Мертвое пространство – часть водного сечения, в которой не наблюдается течение воды [30].

Водное хозяйство – деятельность в сфере изучения, использования, охраны водных объектов, а также предотвращения и ликвидации негативного воздействия вод [12].

Водные ресурсы – поверхностные и подземные воды, которые находятся в водных объектах и используются или могут быть использованы [12].

Водный баланс – соотношение прихода и расхода воды с учетом изменения ее запасов за выбранный интервал времени для рассматриваемого объекта [30].

Водный объект – природный или искусственный водоем, водоток либо иной объект, постоянное или временное сосредоточение вод в котором имеет характерные формы и признаки водного режима [12]; сосредоточение природных вод из поверхности суши либо в горных породах, имеющее характерные формы распространения и черты режима [30].

Водный режим – изменение во времени уровней, расхода и объема воды в водном объекте [12]; изменение во времени уровней, расходов и объемов воды в водных объектах и почвогрунтах [30].

Водный фонд – совокупность водных объектов в пределах территории РФ [12]. К землям водного фонда относятся земли: 1) покрытые поверхностными водами, сосредоточенными в водных объектах; 2) занятые гидротехническими и иными сооружениями, расположенными на водных объектах [51].

Водоем – водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием [30].

Водоохранная зона – территория, которая примыкает к береговой линии (границам водного объекта) морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. За пределами территорий городов и других населенных пунктов ширина водоохранной зоны рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и их прибрежной защитной полосы устанавливается от местоположения соответствующей береговой линии (границы водного объекта), а ширина водоохранной зоны морей и их прибрежной защитной полосы – от линии максимального прилива. При наличии централизованных ливневых систем водоотведения и набережных границы прибрежных защитных полос этих водных объектов совпадают с парапетами набережных, ширина водоохранной зоны на таких территориях устанавливается от па-

рапета набережной. Ширина водоохранной зоны рек или ручьев устанавливается от их истока для рек или ручьев протяженностью: 1) до десяти километров – в размере пятидесяти метров; 2) от десяти до пятидесяти километров – в размере ста метров; 3) от пятидесяти километров и более – в размере двухсот метров. Для реки, ручья протяженностью менее десяти километров от истока до устья водоохранная зона совпадает с прибрежной защитной полосой. Радиус водоохранной зоны для истоков реки, ручья устанавливается в размере пятидесяти метров. Ширина водоохранной зоны озера, водохранилища, за исключением озера, расположенного внутри болота, или озера, водохранилища с акваторией менее 0,5 квадратного километра, устанавливается в размере пятидесяти метров. Ширина водоохранной зоны водохранилища, расположенного на водотоке, устанавливается равной ширине водоохранной зоны этого водотока. Ширина водоохранной зоны моря составляет пятьсот метров. Водоохранные зоны магистральных или межхозяйственных каналов совпадают по ширине с полосами отводов таких каналов. Водоохранные зоны рек, их частей, помещенных в закрытые коллекторы, не устанавливаются [12].

Водопользование – использование различными способами водных объектов для удовлетворения потребностей РФ, субъектов РФ, муниципальных образований, физических лиц, юридических лиц. Водопользователь – физическое или юридическое лицо, которым предоставлено право пользования водным объектом. Водопотребление – потребление воды из систем водоснабжения [12].

Водораздел – граница между смежными водосборами [30].

Водосбор – часть земной поверхности и толща почв и горных пород, откуда вода поступает к водному объекту [30].

Водоток – водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности. Постоянный водоток – водоток, движение воды в котором происходит в течение всего года или большей его части. Временный водоток – водоток, движение воды в котором происходит меньшую часть года [30].

Водохозяйственная система – комплекс водных объектов и предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны водных ресурсов гидротехнических сооружений [12].

Водохозяйственный год – расчетный годичный период, начинающийся с самого многоводного сезона [152].

Водохозяйственный участок – часть речного бассейна, имеющая характеристики, позволяющие установить лимиты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и другие параметры использования водного объекта (водопользования) [12].

Водохранилище – искусственный водоем, образованный водоподпорным сооружением на водотоке с целью хранения воды и регулирования стока [30].

Возраст льда – термодинамическая характеристика ледяного покрова, отражающая изменчивость его толщины и времени ее достижения в зависимости от климатических условий географического места и сезона года [145].

Время добегания – время, в течение которого водная масса проходит заданное расстояние [152].

Вскрытие (ледяного покрова водных объектов) – фаза ледового режима, характеризующаяся разрушением ледяного покрова [30].

Вторичное загрязнение вод – загрязнение вод в результате превращения внесенных ранее загрязняющих веществ, массового развития организмов или разложения мертвой биологической массы [36].

Высота волны – превышение вершины волны над соседней подошвой [145].

Высота гребня волны – превышение вершины волны над средним волновым уровнем [145].

Высота значимых волн – средняя высота 1/3 наибольших из ранжированных индивидуальных высот волн в выборке [145].

Высота льда – возвышение какой-либо точки верхней поверхности ледяного покрова над уровнем моря [145].

Галс – траектория движения промерного катера по водной поверхности при производстве промеров глубин [136].

Гидравлическая крупность – скорость равномерного падения твердых частиц в неподвижной воде [30].

Гидрограф – график изменения во времени расходов воды за год или часть года (сезон, половодье или паводок) в данном створе водотока [152].

Гидрографическая сеть – совокупность водотоков и водоемов в пределах какой-либо территории. В гидрографическую сеть обычно также включаются болота, каналы и родники [30].

Гидрографический план – план, составленный по материалам топографической береговой съемки, промеров глубин, материалам односторонней связки с нанесенной осью судового хода с километражем, плавающей и береговой судоходной обстановкой [136].

Гидрография суши – раздел гидрологии суши, рассматривающий закономерности географического распространения поверхностных вод, дающий описание конкретных водных объектов и устанавливающий их взаимосвязь с географическими условиями территории, а также их режим и хозяйственное значение [30].

Гидрологическая станция – учреждение, задачами которого являются изучение гидрологического режима на территории его деятельности и оперативное обслуживание народного хозяйства [30].

Гидрологические расчеты – раздел инженерной гидрологии, в задачи которого входит разработка методов, позволяющих рассчитать значения различных характеристик гидрологического режима [152].

Гидрологический год – годичный интервал, который включает период накопления и период расходования влаги в рассматриваемом речном бассейне. В климатических условиях территории бывшего СССР за начало гидрологического года принимается 1 октября или 1 ноября, когда переходящие из года в год запасы влаги малы [30].

Гидрологический пост – пункт на водном объекте, оборудованный устройствами и приборами для проведения систематических гидрологических наблюдений [30].

Гидрологический прогноз – научно обоснованное предсказание ожидаемого гидрологического режима [30]. Долгосрочный гидрологический прогноз – прогноз будущих величин элементов режима водного объекта на период свыше 10 суток с момента выпуска прогноза [161].

Гидрологический процесс – процесс формирования гидрологического режима [30].

Гидрологический режим – совокупность закономерно повторяющихся изменений состояния водного объекта (в том числе изменений уровня и расхода воды, ледовых явлений, температуры воды, количества и состава переносимых потоком наносов, изменений русла реки, состава и концентрации растворенных веществ), присущих ему и отличающих его от других водных объектов [155]; совокупность закономерно повторяющихся изменений состояния водного объекта, присущих ему и отличающих его от других водных объектов [30].

Гидрологический сезон – часть гидрологического года, в пределах которой режим реки характеризуется общими чертами его формирования и проявления, обусловленными сезонными изменениями климата. Различают гидрологические сезоны: весенний, летне-осенний и зимний [30].

Гидрология – наука, изучающая гидросферу, ее свойства и протекающие в ней процессы и явления во взаимосвязи с атмосферой, литосферой и биосферой [30].

Гидрология суши – раздел гидрологии, рассматривающий поверхностные воды [30].

Гидрометеорологические наблюдения – комплекс работ по изучению элементов гидрометеорологического режима, включающий в себя как собственно наблюдения, выполняемые без каких-либо измерений –

чисто визуально, так и действия, связанные с количественной оценкой (измерением) характеристик гидрометеорологических явлений и процессов [155].

Гидрометеорологические характеристики – количественные оценки элементов гидрометеорологического режима, устанавливаемые по данным наблюдений путем их анализа, расчетов и другими методами, предусмотренными нормативными техническими документами [155]. Гидрологические характеристики – количественные оценки элементов гидрологического режима [152]. Многолетние характеристики гидрометеорологического режима – количественные характеристики (средние, наибольшие, наименьшие) или даты отдельных явлений гидрометеорологического режима, устанавливаемые по ряду наблюдений за многолетний период [133].

Гидрометрические работы – комплекс работ, проводимых на водных объектах с целью измерения характеристик гидрологического режима. Основными видами гидрометрических работ являются: наблюдения за уровнем воды и оборудование соответствующих устройств; измерение, расходов воды и насосов, учет стока на ГЭС с производством; тарировки турбин и водосливных отверстий; наблюдения за температурой воды и толщиной льда [30].

Гидрометрический створ – створ через водоток, в котором измеряются расходы воды и производятся другие виды гидрометрических работ [30].

Гидрометрия – раздел гидрологии суши, рассматривающий методы наблюдений за режимом водных объектов, применяемые при этом устройства и приборы, а также способы обработки результатов наблюдений [30].

Гидрохимические характеристики – характеристики химического состава элементов и соединений, находящихся в воде в виде растворов, взвесей, осадков и пленок, изменяющиеся под влиянием физических, химических, биологических и антропогенных процессов; химические элементы и соединения, находящиеся в (морской) воде в виде растворов, взвесей, осадков и пленок. Одной из наиболее важных характеристик является соленость воды, выражающая количество растворенных минеральных веществ в граммах на килограмм (морской) воды [145].

Гидрохимический режим – изменение химического состава воды водного объекта во времени [36].

Гиполимнион – слой водной толщи, расположенный ниже слоя температурного скачка, характеризующийся слабым перемешиванием и незначительным изменением температуры с глубиной [30].

Гляциология – наука о природных системах, свойства и динамика которых определяются льдом. Объектами изучения гляциологии служат природные льды на поверхности Земли, в атмосфере, гидросфере, литосфере, режим и динамика их развития, взаимодействие с окружающей средой, роль льда в эволюции Земли [35].

Гомотермия – явление однородности температуры воды по глубине водоема [30].

Горный ледник – ледник, залегающий в горном рельефе и сохраняющий его основные формы, движущийся главным образом за счет уклонов ложа [35].

Градиентное течение – непериодическое морское течение, обусловленное градиентом атмосферного давления и/или наклоном уровня моря [145].

Грунт, извлеченный при проведении дноуглубительных, гидротехнических работ (далее – донный грунт) – грунт дна водного объекта, извлеченный при строительстве, реконструкции, эксплуатации гидротехнических и иных сооружений, расположенных на водных объектах, создании и содержании внутренних водных путей РФ, предотвращении негативного воздействия вод и ликвидации его последствий, поддержании надлежащего санитарного состояния водных объектов и благоприятного состояния окружающей среды [12].

Дейгиш – внезапное обрушение подмываемых потоками берегов русел в результате их сползания, обусловленного резкими изменениями положения депрессионной кривой в связи с большими и резкими колебаниями уровня воды в реке; дейгиш наблюдается на реках, несущих большое количество мелкозернистых и илистых наносов, благодаря которым на берегах могут формироваться мощные толщи отложений [136].

Деятельный горизонт болота – слой активного водообмена в болоте, являющийся переходным от торфяной залежи к поверхности живого растительного мохового покрова и моховых и древесно-моховых микроландшафтах или к поверхности плотных сплетений корневищ в травяной, тростниковой, древесно-травяной и древесной группах микроландшафтов [30].

Длина волны – горизонтальное расстояние между двумя соседними гребнями или подошвами [145].

Длинноволновое (земное) излучение – радиация земной поверхности и атмосферы длиной волн выше 3 мкм [41].

Доверительная вероятность – вероятность нахождения истинной величины в доверительном интервале [112].

Доверительный интервал – интервал, который включает истинную величину с предписанной вероятностью и который оценивается как функция статистических характеристик выборки [112].

Дождевая вода – вода, образованная из атмосферных осадков, в которую еще не поступили растворимые вещества из поверхностного слоя земли [39].

Донные наносы – наносы, формирующие речное русло, пойму или ложе водоема и находящиеся во взаимодействии с водными массами [30].

Донные отложения – донные наносы и твердые частицы, образовавшиеся и осевшие на дно водного объекта в результате внутриводоемных физико-химических и биохимических процессов, происходящих с веществами как естественного, так и техногенного происхождения [39].

Донный лед – внутриводный лед, образовавшийся на дне водного объекта [30].

Дрейф льда – перемещение льда в горизонтальной плоскости, главным образом под воздействием ветра и течений [145].

Дренажные воды – воды, отвод которых осуществляется дренажными сооружениями для сброса в водные объекты [12]; дренаж – система труб (дрен), скважин и других устройств для сбора и отвода грунтовых вод с целью понижения их уровня, осушения массива грунта у здания (сооружения), снижения фильтрационного давления [135].

Жесткость воды – свойство воды, обусловленное присутствием в ней ионов кальция и магния [36].

Забереги – полосы льда, смерзшиеся берегами водных объектов при незамерзшей основной части водного пространства [30].

Заболоченная земля – болото с минеральными почвами или отложениями торфа не более 0,3 м в неосушенном состоянии [32].

Заболоченность территории – отношение общей площади всех неосушенных торфяных месторождений, торфяных болот и заболоченных земель к общей площади рассматриваемой территории [32].

Зажор – скопления шуги с включением мелкобитого льда в русле реки, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды [30].

Закраины – полосы открытой воды вдоль берегов, образующихся перед вскрытием в результате таяния льда и повышения уровня воды [30].

Замерзание – фаза ледового режима, характеризующаяся образованием ледяного покрова [30].

Замыкающий створ – нижний створ на реке, ограничивающий рассматриваемый бассейн [30].

Запас воды в снежном покрове – общее количество воды в твердом и жидком состоянии, содержащееся в рассматриваемый момент времени в снежном покрове [152].

Затопление – образование свободной поверхности воды на участке территории в результате повышения уровня водотока, водоема или подземных вод [146]. Зоны затопления определяются в отношении: а) территорий, которые прилегают к незарегулированным водотокам, затапливаемых при половодьях и паводках однопроцентной обеспеченности (повторяемость один раз в 100 лет) либо в результате ледовых заторов и зажоров; в границах зон затопления устанавливаются территории, затапливаемые при максимальных уровнях воды 3-, 5-, 10-, 25- и 50%-й обеспеченности (повторяемость 1, 3, 5, 10, 25 и 50 раз в 100 лет); б) территорий, прилегающих к устьевым участкам водотоков, затапливаемых в результате нагонных явлений расчетной обеспеченности; в) территорий, прилегающих к естественным водоемам, затапливаемых при уровнях воды однопроцентной обеспеченности; г) территорий, прилегающих к водохранилищам, затапливаемых при уровнях воды, соответствующих форсированному подпорному уровню воды водохранилища; д) территорий, прилегающих к зарегулированным водотокам в нижних бьефах гидроузлов, затапливаемых при пропуске гидроузлами паводков расчетной обеспеченности [102].

Затор – скопление льдин в русле реки во время ледохода, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды [30].

Зона подпора подземных вод – область над водоносным пластом, в которой происходит повышение свободной поверхности подземных вод в случае их подпора, например, водохранилищем или рекой [131].

Зона подтопления – территория, подвергающаяся подтоплению в результате подпора со стороны водохранилищ, рек, других водных объектов или воздействия любой другой хозяйственной деятельности и природных факторов [131]. Подзоны сильного, умеренного и слабого подтопления – подтопленные природные территории, подразделяющиеся на подзоны: 1) сильного подтопления с залеганием уровня подземных вод, приближающегося к поверхности и сопровождающегося процессом заболачивания и/или засоления верхних горизонтов почвы; 2) умеренного подтопления с залеганием уровня подземных вод в пределах от 0,3...0,7 до 1,2...2,0 м от поверхности с процессами олуговения и/или засоления средних горизонтов почвы; 3) слабого подтопления с залеганием подземных вод в пределах от 1,2...2,0 до 2,0...3,0 м в гумидной и

до 5,0 м – в аридной зоне с процессами оглеения и/или засоления нижних горизонтов почвы [131]. Зоны подтопления определяются в отношении территорий, прилегающих к зонам затопления, повышение уровня грунтовых вод которых обуславливается подпором грунтовых вод уровнями высоких вод водных объектов. В границах зон подтопления определяются: а) территории сильного подтопления – при глубине залегания грунтовых вод менее 0,3 м; б) территории умеренного подтопления – при глубине залегания грунтовых вод от 0,3...0,7 до 1,2...2,0 м от поверхности; в) территории слабого подтопления – при глубине залегания грунтовых вод от 2 до 3 м [102].

Зыбь – вызванные ветром волны, распространяющиеся после ослабления ветра или пришедшие из области волнообразования в другую область [145].

Излучина реки – участок извилистого речного русла между двумя смежными точками перегиба его осевой линии [30].

Интенсивность дождя – слой осадков (мм), выпадающих за единицу времени [152].

Интенсивность снеготаяния – количество воды (мм), образующееся в процессе таяния снега в единицу времени [152].

Инфильтрация – просачивание, происходящее преимущественно по порам [30].

Инфлюация – просачивание, происходящее преимущественно по трещинам, ходам и пустотам [30].

Исток реки – начало реки, соответствующее месту, с которого появляется постоянное течение воды в русле [30].

Источник загрязнения вод – источник, вносящий в водные объекты загрязняющие воду вещества, микроорганизмы или тепло [36].

Источник питьевого водоснабжения – водный объект (или его часть), который содержит воду, отвечающую установленным гигиеническим нормативам для источников питьевого водоснабжения, и используется или может быть использован для забора воды в системы питьевого водоснабжения [39].

Истошение вод – постоянное сокращение запасов и ухудшение качества поверхностных и подземных вод [12].

Капиллярная зона – увлажненная зона над водоносным пластом, содержание влаги в которой определяется преимущественно действием капиллярных сил [30].

Клетчатка вероятностей – специальные клетчатки с прямоугольной системой координат, построенные таким образом, что на них спрямляются (полностью или частично) различные кривые обеспеченности [152].

Климат – совокупность атмосферных условий за многолетний период, присущая данной местности в зависимости от ее географической обстановки [9, 46, 179].

Климатическая норма – среднее многолетнее значение климатического параметра, рассчитанное за 30-летний период (определяемый Всемирной метеорологической организацией) [41].

Консервация пробы воды – добавление химического вещества и (или) изменение физических условий для уменьшения возможных искажений определяемых показателей в период между моментом отбора пробы воды и ее исследованием [39].

Коэффициент редукции – коэффициент, характеризующий интенсивность изменения (убывания) какого-либо одного значения с изменением другого, связанного с ним значения [152].

Коэффициент стока – отношение величины (объема или слоя) стока к количеству выпавших на площадь водосбора осадков, обусловивших возникновение стока [30].

Кривая обеспеченности (вероятности превышения) – интегральная кривая, показывающая обеспеченность или вероятность превышения (в процентах или долях единицы) данной величины среди общей совокупности ряда [155].

Кривая расходов воды – график связи между расходами и уровнями воды для данного сечения водотока [155].

Круговорот воды в природе – непрерывный процесс циркуляции воды на земном шаре, происходящий под влиянием солнечной радиации и силы тяжести [30].

Крупномасштабные испытания прочности льда – испытание льда на прочность статическими и динамическими методами, производящими деформирование и разрушение ледяных образований (ровного льда, торосов и стамух). К таким испытаниям относятся: определение прочности при изгибе консольной балки на плаву, определение модулей упругости и деформации ледяного поля, действие широкого индентора на всю толщину ледяного поля. К модельным крупномасштабным экспериментам (т. е. требующим коэффициентов пересчета) относятся: внедрение модели цилиндрической вертикальной опоры на всю толщину льда, внедрение горизонтального зонд-индентора по всем слоям ледяного образования [145].

Ледник – движущееся естественное скопление льда и фирна на земной поверхности, возникающее в результате накопления и преобразования твердых атмосферных осадков при положительном многолетнем балансе. Движение ледника приводит к его разделению на области накопления и расхода льда, что является его отличительным признаком [35].

Ледниковый бассейн – часть водосборного бассейна, в пределах которого имеются ледники и значительная доля влагооборота осуществляется через твердую фазу воды [35].

Ледниковый лед – монолитная ледяная порода, слагающая ледник. Образуется в основном из скопления снега в результате его уплотнения и преобразования [35].

Ледовый режим – совокупность закономерно повторяющихся процессов возникновения, развития и разрушения ледяных образований на водных объектах [30].

Ледостав – фаза ледового режима, характеризующаяся наличием ледяного покрова [30].

Ледоход – движение льдин и ледяных полей на реках и водохранилищах под влиянием течений [30].

Ледяное поле (в океанологии) – любой относительно плоский кусок морского льда более 20 м в поперечнике. Подразделяются на гигантские (более 10 км в поперечнике), обширные (от 2 до 10 км) и большие (от 500 м до 2 км) поля, обломки полей (от 100 до 500 м) и крупнобитый лед (от 20 до 100 м) [145]; в гидрологии суши: ледяные поля – льдины размером более 100 м по наибольшему измерению [30].

Ледяной покров – сплошной неподвижный лед на поверхности водного объекта [30].

Лимитирующий период – часть водохозяйственного года, неблагоприятная для осуществления проектируемых мероприятий либо по водопотреблению и водопользованию, либо по борьбе с наводнениями и осушению болот [152].

Литодинамические процессы на шельфе – процессы перемещения морских донных отложений, включающие их разрушение, перенос и отложение твердых продуктов денудации, образования и динамики соответствующих форм донного рельефа [145].

Льдина – цельная часть морского ледяного покрова размером от долей метра до десятков километров по горизонтали и от нескольких сантиметров до нескольких метров по вертикали [145].

Максимальный сток – речной сток, наблюдающийся в половодье и паводки [30].

Мгновенный уровень (в океанологии) – реальное физическое состояние поверхности моря (водоема), высота которой непрерывно изменяется и фиксируется с помощью специальных устройств на береговых уровнях постах. Для получения отметок дна моря в Балтийской системе высот определяют поправки к измеренным и исправленным поправкой эхолота глубинам за разность в высотах мгновенного уровня и уровня, соответствующего нулю Кронштадтского футштока [145].

Межень – фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в одни и те же сезоны, характеризующаяся малой водностью, длительным стоянием низкого уровня, и возникающая вследствие уменьшения питания реки. Различают летнюю и зимнюю межень [30].

Мелкобитый лед – любой относительно плоский кусок морского льда менее 20 м в поперечнике (в том числе, тертый лед и ледяная каша, образованные обломками льда менее 2 м в поперечнике) [145].

Метка высоких вод – след, оставляемый на местности высоким уровнем воды [30].

Методы гидрологических расчетов – технические приемы, позволяющие рассчитать, обычно с оценкой вероятности их появления, значения различных характеристик гидрологического режима [152].

Минерализация воды – суммарная концентрация анионов, катионов и недиссоциированных растворенных в воде неорганических веществ, выражающаяся в г/дм³: пресные воды – воды с минерализацией до 1 г/дм³; солоноватые воды – воды с минерализацией от 1 до 10 г/дм³; соленые воды – воды с минерализацией от 10 до 50 г/дм³; рассолы – воды с минерализацией свыше 50 г/дм³ [36].

Минимальный сток – наименьший по величине речной сток, обычно наблюдающийся в межень [30].

Моделирование гидрологического процесса – создание моделей, воспроизводящих отдельные стороны гидрологического процесса [30].

Модуль стока – количество воды, стекающее с единицы площади водосбора в единицу времени [30].

Молодой лед – лед в его переходной стадии между ниласом и однолетним льдом, толщиной 10...30 см [145].

Море – крупный естественный водоем, являющийся частью океана, обособленный сушей или возвышениями подводного рельефа и отличающийся от океана физико-географическими особенностями [39]. Морская вода – вода, сосредоточенная в морях и океанах [39]. Морской лед – любая форма льда, встречающегося в море и образовавшегося в результате замерзания морской воды. Подразделяется на неподвижный (в частности, припай) и дрейфующий [145].

Мутность воды (в гидрохимии) – показатель, характеризующий уменьшение прозрачности воды в связи с наличием тонкодисперсных взвешенных частиц [36].

Мутность воды (в физической гидрологии) – весовое содержание взвешенных наносов в единице объема смеси воды с наносами [30].

Наводнение – затопление территории водой, являющееся стихийным бедствием. Наводнение может происходить в результате подъема уровня воды во время половодья или паводка, при заторе, зажоре,

вследствие нагона в устье реки, а также при прорыве гидротехнических сооружений [30].

Наименьшая влагоемкость почвогрунта – количество влаги, прочно удерживающееся в почвогрунте после полного свободного стекания гравитационной воды [30].

Наледь – слоистый ледяной массив на поверхности земли, льда или инженерных сооружений, образовавшийся при замерзании периодически изливающихся грунтовых или речных вод [140].

Наносы – твердые частицы, образованные в результате эрозии водосборов и русел, а также абразии берегов водоемов, переносимые водотоками, течениями в озерах, морях и водохранилищах, и формирующие их ложе [30].

Направление ветра – направление, откуда перемещается воздух [41].

Насыщенность воды кислородом – отношение фактически установленной концентрации кислорода в воде к его равновесной концентрации в данных условиях [36].

Начальные виды льда – общий термин для недавно образовавшегося льда, состоящего из слабо смерзшихся кристаллов; эти виды льда имеют определенную форму, только когда они на плаву [145].

Нелимитирующий период – часть водохозяйственного года за вычетом лимитирующего периода [152].

Неопределенность – интервал, в котором может с заданной вероятностью находиться действительное значение некоторой величины. Числовое значение неопределенности является произведением истинного стандартного отклонения ошибок и числового параметра, зависящего от доверительного уровня: $e = \pm \alpha \cdot \sigma_y \approx \alpha \cdot s_y$. Стандартное отклонение s_y , вычисленное для n наблюдений, приближается к истинному стандартному отклонению σ_y , когда n стремится к бесконечности собственно действительным значением). Наилучшим приближением может быть среднее значение из результатов нескольких или достаточно многих измерений [112].

Нилас – тонкая, эластичная корка льда толщиной до 10 см с матовой поверхностью; прогибается на волне, при сжатии образует зубчатые наслоения [145].

Норма гидрологических величин – среднее арифметическое значение характеристик гидрологического режима за многолетний период такой продолжительности, при увеличении которой полученное среднее значение существенно не меняется [30].

Норма осушения – расчетное значение необходимого понижения уровня грунтовых вод от поверхности земли на осушаемой территории [146].

Нуль глубин – условная горизонтальная плоскость, к которой приводятся все измеренные глубины [136]; условная уровенная поверхность, к которой приводят измеренные глубины при камеральной обработке материалов. За нуль глубин принимается на морях с приливами менее 50 см средний многолетний уровень моря (СМУ), на морях с приливами 50 см и более – наинизший теоретический уровень (НТУ) [145].

Нуль графика гидрологического поста – условная горизонтальная плоскость сравнения, принимаемая за нуль отсчета при измерении уровня воды на гидрологическом посту [30].

Обвалование – ограждение дамбами определенной площади или береговой линии для защиты территории от затопления [131].

Обеспеченность гидрологической характеристики – вероятность того, что рассматриваемое значение гидрологической характеристики может быть превышено среди совокупности всех возможных ее значений [152].

Область абляции ледника – нижняя часть ледника, на которой в течение балансового года его масса уменьшается вследствие таяния и испарения снега и льда [35].

Область аккумуляции ледника – верхняя часть ледника, на которой в течение балансового года преобладает аккумуляция [35].

Обледенение – образование плотного льда на предметах при замерзании на них дождя, брызг морской воды или тумана. Наблюдается при отрицательных температурах воздуха. Корка намерзшего льда может быть достаточно толстой. Быстрое обледенение судов, буровых установок и других гидротехнических сооружений при скорости нарастания льда до 2 см/ч и более относится к особо опасным явлениям [145].

Общее содержание примесей в воде – общее количество растворенных и взвешенных веществ в воде [39].

Объем стока – объем воды, стекающий с водосбора за какой-либо интервал времени [30].

Однодневная связка уровней – определение уровней воды при устойчивых их положениях в определенный промежуток времени с целью вычисления уклонов реки на участках большой протяженности [136].

Однолетний лед – морской лед толщиной более 30 см, являющийся дальнейшей стадией развития молодого льда, просуществовавший не более одной зимы. Подразделяется на тонкий однолетний лед (толщиной 30...70 см), однолетний лед средней толщины (толщиной 70...120 см) и толстый однолетний лед (толщиной более 120 см) [145].

Озеро – естественный водоем с замедленным водообменом [30].

Окраска воды – показатель, характеризующий наличие веществ, вызывающих окрашивание воды [36].

Оледенение – совокупность природных льдов. Различают несколько типов оледенения: наземное – скопление льда в виде ледников, ледниковых покровов, наледей, снежного покрова; морское – льды на поверхности морей и океанов; подземное – льды в многолетнемерзлых породах и пещерах [35].

Органо-минеральные отложения в торфяной залежи – отложения в торфяной залежи, в которых органическое вещество составляет от 15 до 50 % сухой массы [32].

Относительная влажность – отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного водяного пара при той же температуре [41].

Относительные колебания уровня воды (в водоеме) – колебания уровня воды, не связанные с изменением объема водоема и обусловленные сгонно-нагонными явлениями и сейшми. На водохранилищах относительные колебания уровня часто вызываются неравномерным режимом работы гидроузлов [30].

Отраженная радиация – часть суммарной солнечной радиации, отраженной от подстилающей поверхности [41].

Ошибка (в переводе [112] – «ложная ошибка») – величина, наверняка известная как ошибочная, например, в результате ошибок человека или неправильной работы прибора [112].

Паводок – фаза водного режима реки, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризуется интенсивным обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды и вызывается дождями или снеготаянием во время оттепелей [30].

Парциальное давление водяного пара – часть атмосферного давления, создаваемого водяным паром [41].

Перекат – характерная для равнинных рек форма донного рельефа, сформированная отложениями наносов, обычно в виде широкой груды, пересекающей русло под углом к общему направлению течения, вызывающая отклонение его от одного берега к другому [30].

Переработка берегов морей, озер, водохранилищ, рек – размыв и разрушение пород берегов под действием приобоя и русловых процессов [146].

Период волны – интервал времени между прохождением двух смежных вершин волн или двух смежных подошв [145].

Перманганатная окисляемость – химическое потребление кислорода при обработке пробы воды перманганатным ионом при определенных условиях [39].

Плес – глубоководный участок реки, находящийся обычно между перекатами [30].

Поверхностные воды – воды, находящиеся на поверхности суши в виде различных водных объектов [30]. К поверхностным водным объектам относятся: 1) моря или их отдельные части (проливы, заливы, в том числе бухты, лиманы и другие); 2) водотоки (реки, ручьи, каналы); 3) водоемы (озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища); 4) болота; 5) природные выходы подземных вод (родники, гейзеры); б) ледники, снежники. Поверхностные водные объекты состоят из поверхностных вод и покрытых ими земель в пределах береговой линии [12].

Повторяемость – отношение числа случаев со значением, входящим в расчетный интервал к общему числу членов ряда [41]; степень сходства, при наличии случайных ошибок, между результатами измерения одного и того же значения некоторой величины, полученными в одних и тех же условиях, то есть одним и тем же наблюдателем, использующим один и тот же прибор в том же самом месте, и, кроме того, в пределах достаточно коротких временных интервалов, исключающих возможность появления реальных расхождений [112].

Подвижка льда – небольшие перемещения ледяного покрова на отдельных участках реки или водоема [30]; сдвиговое перемещение относительно друг друга сплоченных ледяных полей с трением и разрушением кромок льдин на фоне общего дрейфа [145].

Подземная вода – вода, в том числе минеральная, находящаяся в подземных водных объектах [39]. К подземным водным объектам относятся: 1) бассейны подземных вод; 2) водоносные горизонты. Границы подземных водных объектов определяются в соответствии с законодательством о недрах [12]. Минеральная вода – природная подземная вода, характеризующаяся постоянным ионно-солевым составом, содержанием биологически активных компонентов и специфическими свойствами. Минеральные воды чаще всего обладают повышенным содержанием и могут обладать лечебным действием. Артезианская вода – напорная подземная вода, заключенная в глубоких водоносных пластах между водонепроницаемыми слоями [39]. Верховодка – временные, сезонные скопления капельно-жидких подземных вод в толще почвогрунтов ненасыщенной зоны над поверхностью отдельных слоев или линз, обладающих слабой проницаемостью [30]. Подземные воды спорадического распространения – гравитационные подземные воды, приуроченные к водопроницаемым не выдержанным по площади и мощности линзам и прослоям пород, залегающим в толще слабо- и водонепроницаемых отложений, как правило, гидравлически не связанные между собой и не постоянные во времени [138].

Подземное питание – приток подземных вод в водотоки и водоемы [30].

Подпор воды – повышение уровня воды из-за наличия в русле препятствия для ее движения [152].

Подтопление – комплексный гидрогеологический и инженерно-геологический процесс, при котором в результате изменения водного режима и баланса территории происходят повышения уровней (напоров) подземных вод и/или влажности грунтов, превышающие принятые для данного вида застройки критические значения и нарушающие необходимые условия строительства и эксплуатации объектов [146]; комплексный гидрогеологический и инженерно-геологический процесс, при котором в результате изменения водного режима и баланса территории происходит повышение уровня подземных вод и/или влажности грунтов, приводящие к нарушению хозяйственной деятельности на данной территории, изменению физических и физико-химических свойств подземных вод и грунтов, видового состава, структуры и продуктивности растительного покрова, трансформации мест обитания животных [131].

Пойма – часть дна речной долины, сложенная наносами и периодически заливаемая в половодье и паводки [30].

Полная влагоемкость почвогрунта – количество влаги, которое может быть вмещено почвогрунтом при условии полного заполнения влагой всех пор [30].

Половодье – фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды, и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников. Различают половодья весеннее, весенне-летнее и летнее [30].

Полынья – пространство открытой воды в ледяном покрове, образующееся под влиянием динамических и термических факторов [30].

Поправка – величина, которая должна быть добавлена к результату измерения так, чтобы учесть все известные ошибки, и таким образом максимально приблизиться к действительному значению [112].

Пористость льда – величина, равная отношению суммарного объема ячеек (пор) в некотором объеме льда к общему объему льда [145].

Почвенные воды – временные скопления капельно-жидких вод в почвенной толще на слабопроницаемых слоях, гидравлически не связанные с нижележащими водоносными пластами [30].

Предел прочности льда при сжатии, отнесенный ко всей толщине ледяного покрова (эффективный предел прочности льда при сжатии) – отношение максимальной силы, действующей на плоскую вертикальную стенку со стороны надвигающегося на нее ровного льда при его разрушении, к номинальной площади пятна контакта [145].

Предел прочности образца льда (по результатам экспериментальных исследований механических свойств льда) – величина, определяемая расчетным путем по результатам испытаний, равная максимальному напряжению в образце льда при его нагружении вплоть до разрушения. Фактическое максимальное напряжение в образце, в общем случае, не совпадает с пределом прочности льда [145].

Предел прочности образца льда при сжатии – характеристика прочности льда, определяемая по результатам испытаний образца льда на одноосное сжатие, равная разрушающей силе, деленной на площадь поперечного сечения образца [145].

Предельное допустимое отклонение – ограниченное нижнее или верхнее значение, определенное для количественной характеристики [112].

Прецизионность – степень схождения результатов измерения одной и той же величины с помощью заданной процедуры измерения в одних и тех же условиях. Точность означает степень близости с истинной величиной, а прецизионность – только близость между результатами измерения [112].

Прибрежные защитные полосы – участки в границах водоохранных зон, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности. Ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в зависимости от уклона берега водного объекта и составляет тридцать метров для обратного или нулевого уклона, сорок метров для уклона до трех градусов и пятьдесят метров для уклона три и более градуса. Для расположенных в границах болот проточных и сточных озер и соответствующих водотоков ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в размере пятидесяти метров. Ширина прибрежной защитной полосы реки, озера, водохранилища, имеющих особо ценное рыбохозяйственное значение (места нереста, нагула, зимовки рыб и других водных биологических ресурсов), устанавливается в размере двухсот метров независимо от уклона прилегающих земель. На территориях населенных пунктов при наличии централизованных ливневых систем водоотведения и набережных границы прибрежных защитных полос совпадают с парапетами набережных [12].

Привязка уровней воды – определение высотного положения уровня воды путем его нивелирования от постоянных и временных реперов, а также от пунктов съемочного обоснования [136].

Припай – неподвижный лед, скрепленный с берегом ледяной стеной или ледяным барьером, образовавшийся на месте или в результате примерзания к берегу дрейфующего льда любого возраста [145].

Природные воды – воды Земли с содержащимися в них твердыми, жидкими и газообразными веществами [30].

Проба воды – определенный объем воды, отобранный для исследования ее состава и свойств. Точечная проба воды – проба воды, получаемая однократным отбором необходимого объема воды в точке отбора проб. Составная проба воды – две или более проб воды или их частей, смешиваемых в заданных пропорциях [39].

Проектный уровень – условный (срезочный) уровень воды с определенной обеспеченностью, к которому приводятся все измеренные глубины [136].

Прозрачность воды – показатель, характеризующий способность воды пропускать световые лучи [36].

Просачивание – проникновение воды в почвогрунты и движение ее вниз [30].

Протока – водоток, отчлняющий отдельный морфологический элемент сложного речного русла или соединяющий два водных объекта и не образующий типичных, свойственных речному руслу комплексов русловых образований [30].

Прочность ледяных полей при сжатии – интегральная характеристика прочности ледяного покрова (ровного льда, наслоенного, консолидированной части тороса) в условиях сжатия при плоской деформации всей толщи льда. Определяется при крупномасштабных испытаниях [145].

Прямая радиация – часть суммарной солнечной радиации, поступающей на поверхности в виде пучка параллельных лучей, исходящих непосредственно от видимого диска Солнца [41].

Пятры – скопления донного льда, выросшие до поверхности воды [30].

Рабочий уровень – уровень воды, наблюдаемый в момент промера глубин [136].

Радиоактивность воды – показатель, характеризующий содержание в воде радиоактивных веществ [36].

Разводья – пространства открытой воды в ледяном покрове, образующиеся вследствие подвижки льда [30].

Разрешающая способность – наименьшее изменение физической переменной, которое может вызвать изменение в отклике измерительной системы [112].

Рассеянная радиация – часть суммарной радиации, поступающей на поверхности со всего небосвода после рассеяния в атмосфере [41].

Расход наносов – количество наносов, проносимое через живое сечение потока в единицу времени [30].

Расчетная обеспеченность гидрологической величины – нормативное значение вероятности превышения рассматриваемой гидрологиче-

ской величины, принимаемое при проектировании зданий и сооружений; устанавливается в зависимости от уровня ответственности здания или сооружения [155].

Расчетный расход воды – расход воды заданной вероятности превышения, принимаемый в качестве исходного значения для определения размеров проектируемых сооружений [152].

Расчленение гидрографа – графическое выделение на гидрографе объемов воды, сформированных различными источниками питания [30].

Регулирование речного стока – перераспределение во время объема речного стока в замыкающем створе, выражающееся в его увеличении или уменьшении в отдельные периоды по сравнению с ходом поступления воды на поверхность водосбора. Регулирование речного стока может происходить естественным путем и осуществляться искусственно в соответствии с требованиями водопользователей и водопотребителей, а также в целях борьбы с наводнениями [30].

Редукция интенсивности дождя – изменение (убывание) средней интенсивности дождя с увеличением его продолжительности [152].

Редукция максимального модуля стока – изменение (убывание) максимального модуля стока с увеличением площади водосбора [152].

Река – водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное русло. Большая река – река, бассейн которой располагается в нескольких географических зонах и гидрологический режим ее не свойственен для рек каждой географической зоны в отдельности. К категории больших рек относятся равнинные реки, имеющие бассейн площадью более 50 000 км². Средняя река – река, бассейн которой располагается в одной географической зоне и гидрологический режим ее свойственен для рек этой зоны. К категории средних рек относятся равнинные реки, имеющие бассейн площадью от 2000 до 50 000 км². Малая река – река, бассейн которой располагается в одной географической зоне, и гидрологический режим ее под влиянием местных факторов может быть не свойственен для рек этой зоны. К категории малых рек относятся реки, имеющие бассейн площадью не более 2000 км² [30].

Репрезентативность пунктов наблюдений – степень представительности того или иного пункта наблюдений в отношении изучаемого элемента гидрометеорологического режима как с точки зрения соответствия данного места наблюдений предъявляемым требованиям, так и с точки зрения отражения условий, характерных для более или менее значительных территорий, участков водотоков или акваторий водоемов [133].

Речная сеть – часть русловой сети, состоящая из отчетливо выраженных русел постоянных водотоков [30].

Речная система – совокупность рек, сливающихся вместе и выносящих свои воды в виде общего потока [30].

Речной бассейн – водосбор реки или речной системы [30]; территория, поверхностный сток вод с которой через связанные водоемы и водотоки осуществляется в море или озеро [12].

Ровный лед – морской лед, не подвергшийся деформации и имеющий относительно ровные верхнюю и нижнюю поверхности [145].

Родник – естественный сосредоточенный выход подземной воды на поверхность земли [39].

Рукав – хорошо сформировавшееся ответвление русла реки со всеми свойственными речному руслу особенностями морфологического строения [30].

Русло реки – выработанное речным потоком ложе, по которому осуществляется сток без затопления поймы [30].

Русловая сеть – совокупность русел и всех водотоков в пределах какой-либо территории. Руслом называется выработанное водотоком ложе, по которому постоянно или периодически происходит движение воды [30].

Русловая съемка – комплекс работ по созданию гидрографического плана, включающий прибрежную топографическую съемку береговой полосы и внутрирусловых образований, промеры глубин, однодневную связку уровней воды с продольным промером [136].

Русловой процесс – постоянно происходящие изменения морфологического строения русла водотока и поймы, обусловленные действием текущей воды [30].

Русловые деформации – изменение размеров и положения в пространстве речного русла и отдельных русловых образований, связанное с переотложением наносов [30].

Русловые образования – подвижные скопления наносов, определяющие морфологическое строение речного русла [30].

Ручей – небольшой водоток, образованный снеговыми, дождевыми водами, а также выходящими на поверхность подземными водами [39].

Сало – поверхностные первичные ледяные образования, состоящие из иглообразных и пластинчатых кристаллов в виде пятен или тонкого сплошного слоя [30].

Сальтация – перебрасывание наносов на короткие расстояния в придонном слое водного потока [30].

Свободное состояние русла – состояние русла, характеризующееся отсутствием препятствий (ледяных образований, водной растительности, сплавного леса и т. д.), которое влияет на зависимость между расходами и уровнями, а также отсутствием подпора [152].

Сели – процесс изливания с огромной скоростью грязекаменных потоков, насыщенных твердым материалом, возникающих при выпадении обильных дождей или интенсивном таянии снега в предгорных и горных районах. Различают связные и текучие сели [146].

Систематическая ошибка – та часть ошибки, которая: а) остается постоянной в результате ряда измерений одного и того же значения данной величины; или б) изменяется в соответствии с определенным законом при изменении условий [112].

Системы инженерной защиты территории от затопления и подтопления – гидротехнические сооружения различного назначения, объединенные в единую систему, обеспечивающую инженерную защиту территории от затопления и подтопления [131].

Скорость ветра – модуль скорости движения воздуха относительно земной поверхности [41].

Слой стока – количество воды, стекающее с водосбора за какой-либо интервал времени, равное толщине слоя, равномерно распределенного по площади этого водосбора [30].

Слой температурного скачка – слой водной толщи водоема, в пределах которого происходит резкое падение температуры и повышение плотности воды с глубиной [30].

Случайная ошибка – та часть ошибки, величина и знак которой непредсказуемо изменяются при измерении одного и того же значения заданной величины при одних и тех же условиях [112].

Сморозь – смерзшиеся вместе участки льда различного возраста [145].

Снеговая линия – линия, определяющая уровень на земной поверхности, выше которого накопление твердых атмосферных осадков преобладает над их таянием и испарением в конце периода абляции [35].

Снегомерный маршрут – разбитая на местности и постоянно маркируемая линия, вдоль которой отбираются образцы снега или измеряется его глубина через определенные расстояния и с принятой периодичностью [161].

Снежная лавина – пришедшие в движение на склоне гор скользящие и падающие значительные массы снега [35].

Снежник – неподвижное скопление снега, сохраняющееся после схода сезонного снежного покрова [35].

Снежные лавины – сосредоточенное движение больших масс снега, падающих или соскальзывающих с горных склонов в виде сплошного тела (мокрые лавины) или распыленного снега (сухие лавины) [146].

Снежный покров – снег, аккумулярованный на поверхности земли [161].

Снежура – скопление снега, плавающего в воде [30].

Содержание нефтепродуктов в воде – экстрагируемые из воды неполярные и малополярные углеводороды. В международной практике используют термин «углеводородный индекс» [39].

Соленость морского льда – характеристика степени минерализации льда, определяемая как отношение суммарной массы ионов (хлора, брома, фтора, натрия и др.) в образовавшемся при таянии льда растворе к массе этого раствора [145].

Солнечная радиация – электромагнитная радиация Солнца, распространяющаяся в пространстве в виде электромагнитных волн и проникающая в атмосферу планеты [41].

Соответственные уровни воды – уровни воды на двух гидрологических постах, относящиеся к одинаковым фазам уровенного режима (гребням резко выраженных подъемов или самым низким точкам) [152].

Сплоченность льда – отношение площади участка морской поверхности, покрытой льдом, к общей площади этого участка, выраженное в десятых долях (баллах) [145].

Средний период волн – период, соответствующий среднему значению периодов индивидуальных волн в выборке [145].

Средняя величина прилива – разность средних высот полных и малых вод за период наблюдений. Если величина прилива составляет более 10 см, то море или его часть теоретически считается приливным. В РФ при установлении отсчетного горизонта в качестве нуля глубин к приливному морям относятся такие, на которых средняя величина прилива равна 50 см и более. Все остальные моря и акватории относят к неприливному [145].

Срезка – разность между рабочим и срезочным уровнями [136].

Срезочный уровень – уровень воды, приведенный к какому-либо характерному моменту водного режима [136].

Стамуха – торос или гряда торосов, севшие на дно мелководной части моря. При динамических процессах киль стамухи может разрушаться от взаимодействия с грунтом. Стамуха может всплыть и дрейфовать вследствие приливов, нагонов и ветра [145].

Стандартная ошибка расчета (S_e) – мера рассеяния или разброса наблюдений относительно регрессионной прямой. В цифровом отношении она аналогична стандартному отклонению, за исключением тех случаев, когда отношение линейной регрессии заменяет среднеарифметическое и $(n-1)$ заменяется $(n-m)$: $S_e = \sqrt{\frac{d^2}{n-m}}$, где d – отклонение

наблюдения от рассчитанной величины регрессии; m – число постоян-

ных в уравнении регрессии; величина $(n-m)$ представляет степени свободы в уравнении [112].

Старый лед – морской лед, который подвергался таянию, по крайней мере, в течение одного лета. Частным случаем старого льда является многолетний лед – лед, переживший таяние, по крайней мере, в течение двух лет [145].

Створ – система, состоящая не менее чем из двух точек и служащая для задания направления [136].

Степень оледенения – соотношение площади ледников и общей площади ледникового бассейна или рассматриваемого района [35].

Сток – движение воды по поверхности земли, а также в толще почв и горных пород в процессе круговорота ее в природе. При расчетах сток характеризуется величиной стока, которая показывает количество воды, стекающей с водосбора за какой-либо интервал времени и обычно выражается в виде объема, модуля или слоя стока. Поверхностный сток – сток, происходящий по земной поверхности. Склоновый сток – сток, происходящий по склонам. Почвенный сток – сток, происходящий в почвенной толще. Русловой сток – сток, происходящий по русловой сети. Речной сток – сток, происходящий по речной сети. Местный сток – сток, сформировавшийся в пределах однородного физико-географического района. Дождевой сток – сток, возникающий в результате выпадения дождей [30].

Сток наносов – перемещение наносов в процессе поверхностного стока [30].

Сточные воды – дождевые, талые, инфильтрационные, поливомочные, дренажные воды, сточные воды централизованной системы водоотведения и другие воды, отведение (сброс) которых в водные объекты осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с водосборной площади [12].

Стратификация водного объекта – наличие внутри водной массы слоев, характеризующихся разной плотностью, температурой, содержанием, а также разным содержанием кислорода или биогенных элементов. Дестратификация водного объекта – перемешивание слоев воды в водоеме или резервуаре, приводящее к устранению стратификации [39].

Суммарная солнечная радиация – совокупность прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающей в естественных условиях на горизонтальную земную поверхность [41].

Суммарное испарение – испарение с деятельной поверхности, включая транспирацию растительного покрова [29].

Суходол (применительно к описанию болот) – земли, сложенные минеральными грунтами и расположенные внутри болота или примыкающие к нему; согласно [32], внешний суходол – это прилегающие к торфяному месторождению земли, сложенные минеральными грунтами; внутренний суходол – земли, сложенные минеральными грунтами, расположенные внутри контура торфяного месторождения.

Температура воздуха – характеристика теплового состояния воздуха, то есть кинетической энергии его молекулярных движений [41].

Температурная стратификация – слоистое распределение температуры по глубине водоема. Различают прямую температурную стратификацию, которая характеризуется понижением температуры с глубиной, и обратную температурную стратификацию, когда температура повышается с увеличением глубины [30].

Тепловой баланс деятельной поверхности – алгебраическая сумма потоков лучистой и тепловой энергии, получаемых и отдаваемых деятельной поверхностью за определенный интервал времени [29].

Термический режим – закономерные колебания температуры воды в водных объектах [30].

Техногенное затопление и подтопление – затопление и подтопление территории в результате строительной и производственной деятельности [131].

Течение в водоеме – перемещение водной массы в определенном направлении, ограничиваемое берегами, дном водоема, неподвижной водной массой или водной массой, перемещающейся в другом направлении [30]. Морские течения – поступательное движение масс морской воды, являющееся векторной величиной и характеризующееся скоростью и направлением либо проекциями вектора скорости на взаимно перпендикулярные направления [145]. Волновые течения – непериодическое морское течение, существующее вследствие незамкнутости орбит волнового движения [145]. Плотностное течение – непериодическое морское течение, обусловленное горизонтальным градиентом плотности [145]. Дрейфовое течение – непериодическое морское течение, вызванное влекущим действием ветра [145]. Геострофические течения – непериодическое морское течение в результате баланса горизонтального градиента давления и силы Кориолиса [145]. Стоковые течения – непериодическое морское течение, как следствие стока впадающих рек [145]. Сейшевые течения – непериодическое морское течение, как результат сейшевых колебаний уровня моря [145]. Суммарное течение – непериодическое морское течение, являющееся результатом совместного действия различных факторов [145].

Тип подземного питания – характерное соотношение взаимосвязи речных и подземных вод, определяющее динамику подземного питания; подпорный – тип подземного питания, определяемый режимом подземного стока при постоянной гидравлической связи подземных вод с поверхностными и при образовании подпора подземных вод во время половодья и паводков; нисходящий – тип подземного питания, определяемый режимом подземного стока при отсутствии гидравлической связи подземных вод с поверхностными в условиях свободного стока подземных вод [30].

Тип руслового процесса – определенная схема деформации русла и поймы реки, возникающая в результате определенного сочетания особенностей водного режима, стока наносов, ограничивающих деформацию условий и отражающая форму транспорта наносов [30].

Тип торфа – высшая таксономическая единица классификации видов торфа, отражающая исходные условия торфонакопления по степени минерализации питающих вод. Подтип торфа – таксономическая единица классификации видов торфа, отражающая соотношение основных растений-торфообразователей по их требованию к обильности водного питания. В каждом типе торфа различают три подтипа: лесной, в ботаническом составе которого древесных остатков от 40 до 100 %; лесотопяной – от 15 до 35 %; топяной – не более 10 %. Группа тора – таксономическая единица классификации видов торфа, выделяемая на основании соотношения в торфе остатков отдельных групп растений-торфообразователей. В каждом типе торфа различают 6 групп: древесная – в ботаническом составе которой древесных остатков от 40 до 100 %; древесно-травяная – древесных остатков от 15 до 35 %, травянистых от 35 до 85 %; древесно-моховая – древесных остатков от 15 до 35 %, моховых от 35 до 65 %; травяная – древесных остатков не более 10 %, травянистых от 65 до 100 %; травяно-моховая – древесных остатков не более 10 %, травянистых – от 35 до 65 %, моховых от 35 до 65 %; моховая – древесных остатков не более 10 %, моховых от 70 до 100 %. Вид торфа – низшая таксономическая единица классификации торфа, характеризующаяся постоянным сочетанием преобладающих остатков отдельных видов растений-торфообразователей, отражающих исходные растительные ассоциации. Верховой торф – торф, образовавшийся из растительности олиготрофного типа, в ботаническом составе которого не более 10 % остатков растительности евтрофного типа. Переходный торф – торф, образовавшийся из растительности олиготрофного и евтрофного типов, в ботаническом составе которого более 10 % остатков растительности этих типов. Низинный торф – торф, образовавшийся из растительности евтрофного типа, в ботаническом составе которого не более 10 % остатков растительности олиготрофного типа [32].

Тип торфяной залежи – высшая таксономическая единица стратиграфической классификации торфяной залежи, отражающая условия водноминерального питания в период торфонакопления. Вид торфяной залежи – низшая таксономическая единица стратиграфической классификации торфяной залежи, основанная на различном сочетании видов торфа от поверхности до минерального грунта или подстилающих отложений. Торфяная залежь верхового типа – торфяная залежь, сложенная видами верхового торфа полностью или не менее половины общей толщины пласта. Торфяная залежь смешанного типа – торфяная залежь, сложенная низинным или переходным торфом, прикрытая верховым торфом, толщина которого более 0,5 м, но не превышает половины общей толщины пласта. Торфяная залежь переходного типа – торфяная залежь, сложенная полностью или более чем наполовину переходным торфом, причем слой верхового торфа составляет не более 0,5 м. Торфяная залежь низинного типа – торфяная залежь, сложенная полностью или более чем наполовину низинным торфом, причем слой верхового торфа составляет не более 0,5 м. Торфяная залежь низинного типа может быть перекрыта переходным торфом, но не более чем наполовину общей толщины пласта [32].

Типовой гидрограф – гидрограф, отражающий общие черты внутригодового распределения расходов воды в реке [30].

Толщина льда – сумма высоты и осадки льда в какой-либо точке ледяного покрова [145].

Торос – нагромождение обломков льда, образовавшихся при сжатии льдин в зоне их контакта [145].

Торосистость льда – степень покрытия поверхности льда торосами, выраженная в баллах (увеличение площади, занятой торосами, на 20 % соответствует 1 баллу) либо средним количеством гряд торосов на морскую милю или километр [145].

Торф – органическая горная порода, образующая в результате отмирания и неполного распада болотных растений в условиях повышенного увлажнения при недостатке кислорода и содержания не более 50 % минеральных компонентов на сухое вещество [32].

Торфяная залежь – естественное напластование отдельных видов торфа от поверхности до минерального дна торфяного месторождения или подстилающих озерных или органоминеральных отложений [32].

Торфяной очес – поверхностный растительный покров торфяного месторождения из живых и отмерших мхов и трав, еще не затронутый оторфованием и сравнительно легко отделяемый от нижележащего слоя торфа [32].

Точка отбора пробы воды – зафиксированное местоположение отбора пробы воды [39].

Точность – степень согласия результата измерения с действительной величиной. Предполагается, что учтены все известные поправки [112].

Транспортирующая способность потока – предельный расход насосов определенной гидравлической крупности, отвечающий условию равновесия процессов размыва и осаждения при данном гидравлическом режиме потока [30].

Удельная электропроводность воды – электропроводность единицы объема воды [39].

Уклон водной поверхности – отношение разности отметок уровня воды на рассматриваемом участке к длине этого участка [152].

Уравнение водного баланса – математическое выражение, описывающее водный баланс [30].

Уровенные наблюдения – наблюдения за изменением уровня воды в водоеме (водотоке) [136].

Уровенный пост – пункт на водном объекте, оборудованный устройствами и приборами для наблюдений за уровнями воды [136].

Уровень воды – высота поверхности воды в водном объекте над условной горизонтальной плоскостью сравнения [30].

Уровень грунтовых вод – отметка уровня подземных вод первого от поверхности постоянного водоносного горизонта, не обладающего напором [131].

Фаза водного режима – характерное состояние водного режима реки, повторяющееся в определенные гидрологические сезоны в связи с изменением условий питания. Основными фазами водного режима реки являются половодье, паводок, межень [30].

Фаза ледового режима – стадия в развитии ледового режима [30].

Фенольный индекс – массовая концентрация фенолов в воде, вступающих в реакцию с 4-аминоантипирином и в определенных условиях образующих с ним окрашенные соединения [39].

Фирн – зернистая ледяная порода с сообщающимися порами, переходная форма между снегом и ледниковым льдом. Фирновая линия – линия, являющаяся границей между фирном и льдом на поверхности ледника [35].

Химический состав воды – совокупность находящихся в воде веществ в различных химических и физических состояниях [36].

Цветность воды – показатель, характеризующий интенсивность окраски воды [36].

Чувствительность – связь изменения реакции с соответствующим изменением стимула (вызывающего эту реакцию), или значение стимула, необходимого для произведения реакции, превышающей определен-

ную величину уже существующей реакции, вызванной другими причинами [112].

Шуга – всплывший на поверхность или занесенный вглубь потока внутриводный лед в виде комьев, ковров, венков и подледных скоплений [30]. Шугоход – движение шуги на поверхности и внутри водного потока [30].

Элементы водного баланса – составляющие уравнения водного баланса, характеризующие приход, расход и изменения запасов воды [30].

Эпилимнион – верхний, наиболее интенсивно перемешиваемый слой водоема, в пределах которого наблюдается гомотермия или слабо выраженная температурная стратификация [30].

Эюра скоростей течения – график изменения осредненных скоростей течения воды водотока по глубине или ширине потока [155].

Эталонное измерение – измерения, использующие наиболее передовые достижения науки и техники. Результат такого измерения является наилучшим приближением к действительной величине [112].

Язык ледника – узкая часть ледника, расположенная ниже границы питания [35].

2.3.5. Основные термины и определения в области инженерно-экологических изысканий

Антропогенный объект – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов [168].

Безопасность экологическая – состояние природной среды, обеспечивающее экологический баланс в природе и защиту окружающей среды и человека от вредного воздействия неблагоприятных факторов, вызванных естественными процессами и антропогенным воздействием, включая техногенное (промышленность, строительство) и сельскохозяйственное [132].

Биологическая индикация воды – оценка качества воды по наличию водных организмов, являющихся индикаторами ее загрязненности [36].

Биологическое тестирование воды – оценка качества воды по ответным реакциям водных организмов, являющихся тест-объектами [36].

Благоприятная окружающая среда – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов [168].

Водные сапрофитные микроорганизмы – гетеротрофные микроорганизмы, использующие для питания органические вещества, в том числе продукты жизнедеятельности и останки организмов [39].

Вред окружающей среде – негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов [168].

Государственный экологический мониторинг (государственный мониторинг окружающей среды) – комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды [168].

Естественная экологическая система – объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее элементы взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией [168].

Загрязнение окружающей среды – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду [168]. Загрязнение вод – поступление в водный объект загрязняющих веществ, микроорганизмов или тепла [36].

Загрязняющее вещество – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду [168].

Индекс качества воды – обобщенная числовая оценка качества воды по совокупности основных показателей для конкретных видов водопользования [36].

Индикаторные микроорганизмы – условные группы микроорганизмов, присутствие которых свидетельствует о наличии антропогенного загрязнения и (или) недостаточной очистке воды [39].

Инженерно-экологическая карта – графическое отображение на карте современного экологического состояния окружающей среды и (или) прогноза ее изменения на заданный интервал времени [155].

Использование природных ресурсов – эксплуатация природных ресурсов, вовлечение их в хозяйственный оборот, в том числе все виды воздействия на них в процессе хозяйственной и иной деятельности [168].

Качество вод – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования [24]. Класс качества воды – уровень качества воды, установленный в интер-

вале числовых значений свойств и состава воды, характеризующих ее пригодность для конкретного вида водопользования [36].

Качество окружающей среды – состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью [168].

Колифаги – бактериальные вирусы, способные лизировать *E. coli* и формировать при температуре 37 °С через 18...24 ч зоны лизиса на питательном агаре. Благодаря сходству с кишечными вирусами человека и большой устойчивости по сравнению с индикаторными группами бактерий их рассматривают как показатели возможного вирусного загрязнения воды [39].

Комплексное экологическое разрешение – документ, который выдается уполномоченным федеральным органом исполнительной власти юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю, осуществляющим хозяйственную и (или) иную деятельность на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду, и содержит обязательные для выполнения требования в области охраны окружающей среды [168].

Компоненты природной среды – земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле [168]; составные части экосистем: воздух, поверхностные и подземные воды, недра (включая грунты, горные породы), почвы, растительный и животный мир [132].

Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) – система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований, в том числе нормативов и нормативных документов, федеральных норм и правил, в области охраны окружающей среды [168].

Контроль качества воды – проверка соответствия показателей качества воды установленным нормам и требованиям [36].

Критерий качества воды – признак или комплекс признаков, по которым производится оценка качества воды. Экологический критерий качества воды – критерий качества воды, учитывающий условия нормального во времени функционирования водной экологической системы. Экономический критерий качества воды – критерий качества воды, учитывающий рентабельность использования воды водного объекта. Гигиенический критерий качества воды – критерий качества воды, учи-

тывающий токсикологическую, эпидемиологическую и радиоактивную безопасность воды и наличие благоприятных свойств для здоровья живущего и последующих поколений людей. Рыбохозяйственный критерий качества воды – критерий качества воды, учитывающий пригодность ее для обитания и развития промысловых рыб и промысловых водных организмов [36].

Ландшафт – территориальная система, состоящая из взаимодействующих природных или природных и антропогенных компонентов и комплексов более низкого таксономического ранга [27]. Природный ландшафт – территория, которая не подверглась изменению в результате хозяйственной и иной деятельности и характеризуется сочетанием определенных типов рельефа местности, почв, растительности, сформированных в единых климатических условиях [168].

Лесорастительные зоны – территории с относительно однородными лесорастительными признаками (лесорастительное районирование), соответствующими определенным природно-климатическим условиям. На основе лесорастительного районирования осуществляется установление лесных районов с относительно сходными условиями использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов [70].

Лимитирующий признак вредности вещества в воде – признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде [24].

Лимиты на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов (далее также – лимиты на выбросы и сбросы) – ограничения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в окружающую среду, установленные на период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий, в целях достижения нормативов в области охраны окружающей среды [168].

Мониторинг природно-технических систем – система стационарных наблюдений за состоянием природной среды и сооружений в процессе их строительства, эксплуатации, а также после ликвидации и выработки рекомендаций по нормализации экологической обстановки и инженерной защите сооружений [132].

Нагрузка антропогенная – степень прямого и косвенного воздействия человека и его деятельности на природные комплексы и отдельные компоненты природной среды [132].

Накопленный вред окружающей среде – возникший в результате прошлой экономической и иной деятельности вред окружающей среде, обязанности по устранению которого не были выполнены либо были выполнены не в полном объеме [168].

Негативное воздействие вод – затопление, подтопление, разрушение берегов водных объектов, заболачивание и другое негативное воздействие на определенные территории и объекты [12].

Негативное воздействие на окружающую среду – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды [168].

Нормативы в области охраны окружающей среды – установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие [168].

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды [168].

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие [168].

Нормативы допустимых выбросов – нормативы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которые определяются как объем или масса химических веществ либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатели активности радиоактивных веществ, допустимые для выброса в атмосферный воздух стационарными источниками [168].

Нормативы допустимых сбросов – нормативы сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты, которые определяются как объем или масса химических веществ либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатели активности радиоактивных веществ, допустимые для сброса в водные объекты стационарными источниками [168].

Нормативы качества окружающей среды – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда [168].

Нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов

(нормативы предельно допустимых концентраций) – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде и несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем [168]. Предельно допустимая концентрация веществ в воде ПДК – концентрация веществ в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования [36].

Нормы качества воды – установленные значения показателей качества воды для конкретных видов водопользования [36].

Обоснование экологическое – совокупность доводов (доказательств) и научных прогнозов, позволяющих оценить экологическую опасность намечаемой хозяйственной и иной деятельности для экосистем (природных территориальных комплексов) и человека [132].

Общее микробное число (ОМЧ) – общее число мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, способных образовывать колонии на питательном агаре при температуре 37 °С в течение 24 ч, видимые с увеличением в два раза. Наряду с инкубацией при температуре 37 °С используют инкубацию посевов при температуре 20...22 °С в течение 72 ч для учета сапрофитных водных микроорганизмов [39].

Общие колиформные бактерии; общие колиформы – граммотрицательные оксидазоотрицательные не образующие спор палочки, способные расти на дифференциальных лактозных средах, ферментирующие лактозу до кислоты, альдегида и газа при температуре 37 °С в течение 24...48 ч. Индикаторная группа бактерий, указывающая на возможность фекального загрязнения воды [39].

Объект, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду, – объект капитального строительства и (или) другой объект, а также их совокупность, объединенные единым назначением и (или) неразрывно связанные физически или технологически и расположенные в пределах одного или нескольких земельных участков [168].

Объекты всемирного природного наследия – объекты природного наследия, включенные в Список всемирного наследия [168].

Объекты накопленного вреда окружающей среде – территории и акватории, на которых выявлен накопленный вред окружающей среде, объекты капитального строительства и объекты размещения отходов, являющиеся источником накопленного вреда окружающей среде [168].

Объекты природного наследия – природные объекты, природные памятники, геологические и физиографические образования и строго

ограниченные зоны, природные достопримечательные места, подпадающие под критерии выдающейся универсальной ценности и определенные Конвенцией об охране всемирного культурного и природного наследия [168].

Окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов [168].

Охрана водных объектов – система мероприятий, направленных на сохранение и восстановление водных объектов [12].

Охрана окружающей среды – деятельность органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, общественных объединений и некоммерческих организаций, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий [168].

Оценка воздействия на окружающую среду – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления [168].

Передвижной источник загрязнения окружающей среды – транспортное средство, двигатель которого при его работе является источником загрязнения окружающей среды [168].

Природная среда (природа) – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов [168].

Природно-антропогенный объект – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение [168].

Природные ресурсы – компоненты природной среды, природные объекты и природно-антропогенные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность [168].

Природные системы – пространственно ограниченная совокупность функционально взаимосвязанных живых организмов и окружающей их среды, характеризующаяся определенными закономерностями энергетического состояния, обмена и круговорота веществ в природе [131].

Природный комплекс – комплекс функционально и естественно связанных между собой природных объектов, объединенных географическими и иными соответствующими признаками [168].

Природный объект – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства [168].

Прогнозирование качества воды – определение качества воды на перспективу с учетом действующих и планируемых факторов воздействия на водный объект [36].

Самоочищение вод – совокупность природных процессов, направленных на восстановление экологического благополучия водного объекта [36].

Санитарно-показательные микроорганизмы – индикаторные микроорганизмы, свидетельствующие о возможном фекальном загрязнении и потенциальной опасности присутствия в воде возбудителей инфекционных заболеваний [39].

Сапробность – способность водных организмов обитать в воде, содержащей различное количество органических веществ [36].

Стационарный источник загрязнения окружающей среды – источник загрязнения окружающей среды, местоположение которого определено с применением единой государственной системы координат или который может быть перемещен посредством передвижного источника загрязнения окружающей среды [168].

Термотолерантные колиформные бактерии; термотолерантные колиформы – бактерии, обладающие признаками общих колиформных бактерий, а также способные ферментировать лактозу до кислоты, альдегида и газа при температуре 44 °С в течение 24 ч. Индикаторная группа бактерий, указывающая на фекальное загрязнение воды [39].

Технологические нормативы – нормативы выбросов, сбросов загрязняющих веществ, нормативы допустимых физических воздействий, которые устанавливаются с применением технологических показателей [168]. Технологические показатели – показатели концентрации загрязняющих веществ, объема и (или) массы выбросов, сбросов загрязняющих веществ, образования отходов производства и потребления, потребления воды и использования энергетических ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги [168].

Токсичность – способность организмов обитать в воде, содержащей различное количество токсичных веществ [36].

Требования в области охраны окружающей среды (природоохранные требования) – предъявляемые к хозяйственной и иной деятельности

обязательные условия, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, нормативами в области охраны окружающей среды, федеральными нормами и правилами в области охраны окружающей среды и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды [168].

Трофность водного объекта – характеристика продукционных свойств водного объекта. В порядке увеличения продукционных свойств выделяют три типа: олиго-, мезо- и евтрофные [39].

Устойчивость природных систем к воздействию – способность природных систем сохранять свою структуру и функциональные свойства при естественно-природном и антропогенном воздействии [132].

Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий [168].

Экологический аудит – независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем требований, в том числе нормативов и нормативных документов, федеральных норм и правил, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности [168].

Экологический риск – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера [168].

Контрольные вопросы к главе 2

1. Определение понятия «инженерные изыскания». Основные и специальные виды инженерных изысканий.
2. Общие цели инженерных изысканий.
3. Общие задачи инженерных изысканий и их краткая характеристика.
4. Цели основных видов инженерных изысканий.
5. Состав и примерное содержание задания на выполнение инженерных изысканий.
6. Состав и примерное содержание программы инженерных изысканий.
7. Состав и примерное содержание технического отчета.
8. Кто имеет право выполнять инженерные изыскания?
9. Определение понятий «окружающая среда», «природа», объекты: «природный», «природно-антропогенный», «антропогенный».

10. Определение понятий «инженерная защита территорий, зданий и сооружений», «опасные природные процессы и явления» и «негативное воздействие вод».
11. Определение понятий «гидрометеорологические наблюдения» и «гидрология». Разделы гидрологии.
12. Определение понятий «гидрологические характеристики», «обеспеченность гидрологической характеристики», «расчетная обеспеченность гидрологической характеристики», «расчетный расход воды».
13. Определение понятий «водные ресурсы», «водный объект», «водоем», «водоток», «река», «озеро», «родник», «ручей». Указать поверхностные и водные объекты.
14. Определение понятий «гидрологический режим», «водный режим», «ледовый режим», «гидрохимический режим», «режим твердого стока».
15. Определение понятия «водный сток», характеристики водного стока и единицы их измерения.
16. Определение понятий «наводнение», «затопление», «подтопление», «береговая линия», «водоохранная зона».
17. Определение понятий «болото», «заболоченная земля», «торф», «торфяная залежь», типы торфа и торфяной залежи.

3. НАЗНАЧЕНИЕ, МЕТОДОЛОГИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ИНЖЕНЕРНО- ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

3.1. Цель и задачи инженерно-гидрометеорологических изысканий

Инженерно-гидрометеорологические изыскания являются одним из основных видов инженерных изысканий для строительства и предназначены для комплексного изучения гидрометеорологических условий территории намечаемого строительства, в том числе: 1) гидрологического режима (рек, озер, водохранилищ, морей, болот, устьевых участков рек, ручьев, временных водотоков); 2) климатических условий и отдельных метеорологических характеристик; 3) опасных гидрометеорологических процессов и явлений; 4) изменений гидрологических и климатических условий или их отдельных характеристик под влиянием техногенных факторов [155].

Целью инженерно-гидрометеорологических изысканий является получение необходимых и достаточных материалов для подготовки документов территориального планирования и планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции зданий и сооружений. Достижение этой цели осуществляется путем решения следующих задач: 1) обоснования схемы комплексного использования и охраны вод, возможности использования водных объектов в качестве источников водоснабжения, в санитарно-технических, транспортных, энергетических, мелиоративных, спортивных и культурно-бытовых целях; 2) выделения границ территорий с особыми условиями использования (зон затопления и водоохраных зон) и территорий подверженных риску возникновения опасных гидрометеорологических процессов и явлений; 3) обоснования проведения мероприятий по организации поверхностного стока, частичному или полному осушению территории; 4) выбора мест размещения площадок строительства (трасс) и их инженерной защиты от неблагоприятных гидрометеорологических воздействий; 5) выбора конструкций сооружений, определения их основных параметров и организации строительства; 6) определения условий эксплуатации сооружений; 7) оценки воздействия объектов строительства на гидрологический режим и климат территории и разработки природоохранных мероприятий [155].

Инженерно-гидрометеорологические изыскания выполняются в комплексе с инженерно-геологическими и инженерно-геодезическими

изысканиями: 1) при поиске и разведке подземных вод для целей водоснабжения; 2) изучении процессов подтопления территории подземными водами и изменении их химического состава; 3) изучении и прогнозе русловых и пойменных деформаций рек; 4) изучении и прогнозе переработки берегов озер и водохранилищ, динамики морских побережий; 5) геокриологических исследованиях, изучении карста, оползней, селей и других опасных природных процессов. При гидрометеорологическом обосновании градостроительной документации и проектных решений для экологически опасных сооружений инженерно-гидрометеорологические изыскания следует выполнять в комплексе с инженерно-экологическими изысканиями [155].

3.2. Общие требования к составу инженерно-гидрометеорологических изысканий

Согласно [155], в состав инженерно-гидрометеорологических изысканий при изучении гидрометеорологического режима территории (акватории) входят следующие основные виды работ: 1) сбор, анализ и обобщение материалов гидрометеорологической и картографической изученности территории (акватории); 2) рекогносцировочное обследование территории (района, участка, площадки, трассы) и/или акватории; 3) гидроморфологические и морфометрические работы на изучаемых водных объектах суши; 4) наблюдения за характеристиками гидрометеорологического режима территории (акватории); 5) ледовые исследования; 6) изучение опасных гидрометеорологических процессов и явлений; 7) русловая съемка с учащенными промерами глубин на участке изысканий (по заданию может выполняться в составе инженерно-геодезических изысканий); 8) литодинамические исследования (в прибрежной, шельфовой зоне и на акватории морей); 9) отбор проб и лабораторные исследования поверхностных вод и донных отложений; 10) камеральная обработка материалов с определением расчетных гидрологических и (или) метеорологических характеристик; 11) составление технического отчета; 12) отбор проб воды на мутность и измерение расходов взвешенных наносов, а также иные работы, не входящие в состав основных работ (при наличии требования в задании).

При определении состава и объемов работ для планируемого строительства трасс линейных сооружений следует учитывать: 1) направление трассы по отношению к водному объекту; 2) количество пересекаемых трассой водных объектов, оврагов и ложбин стока; 3) группы сложности переходов и особенности гидроморфологических характеристик водных объектов. Необходимость выполнения отдельных видов

гидрологических и метеорологических работ, их состав и объемы следует обосновывать в программе на основе задания в зависимости от вида и назначения сооружений, их уровня ответственности, вида градостроительной деятельности, этапа изысканий, а также сложности гидрологических и климатических условий территории и/или акватории строительства и степени их изученности [155].

Возможность использования фондовых материалов наблюдений и материалов инженерно-гидрометеорологических изысканий прошлых лет без выполнения дополнительных инженерно-гидрометеорологических изысканий определяется с учетом анализа изменений, произошедших в гидрологическом режиме водных объектов (включая режим русловых и пойменных деформаций), климатических условиях и техногенном воздействии. Выявление этих изменений следует осуществлять по результатам рекогносцировочного обследования исследуемой территории, которое выполняется до разработки окончательной программы выполнения инженерных изысканий. Срок давности материалов инженерно-гидрометеорологических изысканий при изучении гидрологического режима водных объектов не должен превышать два года, метеорологического режима территории – пять лет (от окончания инженерно-гидрометеорологических изысканий до начала проектирования). Основными критериями при оценке возможности использования указанных материалов являются степень достоверности расчетных характеристик гидрометеорологического режима, использованных при проектировании, и оправдываемость прогноза развития опасных природных процессов (в том числе развития русловых и пойменных деформаций) [155].

Материалы наблюдений по постам и станциям государственной сети подлежат использованию без ограничения срока давности и дополнению за каждые последние два года по гидрологическим наблюдениям и за каждые последние пять лет по метеорологическим наблюдениям. В случаях, когда в течение указанных периодов были зафиксированы экстремальные значения гидрометеорологических характеристик, должны быть получены материалы наблюдений за период их проявления. Наблюдения за характеристиками гидрологического режима водных объектов и метеорологическими элементами предусматриваются в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий в случаях их выполнения на недостаточно изученной или неизученной в гидрологическом и (или) метеорологическом отношении территории [155]. Условия, определяющие степень изученности территории, приведены в табл. 3.2.1.

Таблица 3.2.1

Показатели оценки степени гидрометеорологической изученности [155]

Степень гидрометеорологической изученности	Условия, определяющие степень гидрологической и метеорологической изученности территории
Изученная	<p>Наличие репрезентативного поста (станции), отвечающего условиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> – расстояние до площадки строительства и гидрометеорологические условия позволяют осуществлять перенос в ее пределы значений по каждой из требуемых характеристик режима; – наблюдения ведутся за всеми гидрометеорологическими характеристиками, необходимыми для обоснования проектирования объекта; – качество наблюдений отвечает требованиям к достоверности данных, используемых для расчетов; – ряд максимальных расходов рек может быть признан достаточным для определения расчетных расходов, если продолжительность периода наблюдений составляет не менее, лет: 25 – для лесотундровой и лесной зон; 30 – для лесостепной зоны; 40 – для степной зоны и горных районов; 50 – для засушливых степей и полупустынных зон; – ряды метеорологических наблюдений являются достаточными, если их продолжительность составляет при определении: температуры воздуха – 30–50 лет; температуры почвы – не менее 10 лет; максимальной глубины промерзания почвы – 25–30 лет; расчетной толщины стенки гололеда – 25–30 лет; ветровых нагрузок – не менее 20 лет; – ряды наблюдений других гидрометеорологических характеристик являются достаточно продолжительными для установления надежной связи с опорной станцией района, репрезентативной для определяемой характеристики
Недостаточно изученная	Имеющиеся посты (станции) не отвечают хотя бы одному из условий, характеризующих территорию как изученную
Неизученная	Отсутствие репрезентативных постов (станций), а также при изучении: гидрометеорологического режима, в формировании которого локальные факторы и условия преобладают над зональными (бассейны малых рек, горные районы, глубоководные в сушу участки моря и др.); водного баланса и проведении специальных исследований

3.2.1. Рекогносцировочное обследование

Согласно [133], рекогносцировочное обследование выполняется при инженерно-гидрометеорологических изысканиях на первом этапе полевых работ и производится независимо от степени изученности территории. Для крупных объектов либо для объектов, находящихся в

сложных природных условиях, требующих дополнительной информации для составления программы изысканий, допускается проведение рекогносцировочного обследования в подготовительный период.

Результаты рекогносцировочного обследования, полученные в процессе инженерных изысканий, используются для решения следующих задач: 1) выявления участков (зон) проявления опасных гидрометеорологических процессов и явлений; 2) предварительного районирования трассы (при большой протяженности) по гидрометеорологическим условиям и выбора эталонных участков; 3) выбора наиболее благоприятного по гидрометеорологическим условиям варианта площадки строительства (направления трассы) сооружения; 4) выбора водного объекта или его участка для целей водопользования; 5) выбора мест расположения гидрометрических створов и постов (пунктов) гидрологических и метеорологических наблюдений; 6) установления меток максимальных уровней воды по следам прошедших паводков; 7) уточнения гидравлических характеристик русел рек и их пойменных участков для расчетных створов и т. д. [133].

Рекогносцировочное обследование проводится, как правило, с использованием картографических материалов, в том числе материалов аэрокосмических съемок, лоцманских, землеустроительных карт и планов. При рекогносцировочном обследовании, при необходимости, выполняются отдельные виды инструментальных геодезических и гидрометрических работ: измерение отдельных расходов воды, отбор проб на химический и бактериологический анализы, нивелирование меток высоких вод, продольных уклонов воды и поперечных профилей русла реки, ее долины и т. д. [133].

3.2.2. Гидрометеорологические наблюдения

Наблюдения за режимом рек в условиях достаточной гидрологической изученности выполняют: 1) при изучении опасных гидрометеорологических процессов (русловые процессы, сели, лавины, затопление), влияющих на условия размещения объекта строительства; 2) детальном изучении характеристик гидрологического режима, не подлежащих переносу по длине реки (ледовые условия, скорости и направления течений); 3) инженерных изысканиях для проектирования гидротехнических сооружений III уровня ответственности и объектов инфраструктуры АЭС, размещение которых в русле реки требует детальной оценки гидрологических условий в конкретном створе или на участке основных сооружений [155].

Наблюдения за характеристиками гидрологического режима водных объектов и метеорологическими элементами при выполнении

изысканий проводятся по единой методике, устанавливаемой руководящими документами и методическими указаниями Росгидромета (для соблюдения требований к однородности данных, используемых при получении расчетных характеристик гидрометеорологического режима). При выполнении в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий специальных работ и исследований, не входящих в стандартный комплекс наблюдений на постах и станциях Росгидромета, используются также методики, содержащиеся в нормативных документах других министерств и ведомств [155].

К основным метеорологическим наблюдениям, выполняемым в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий, относятся наблюдения за атмосферным давлением, температурой и влажностью воздуха; скоростью и направлением ветра; температурой на поверхности почвы и состоянием поверхности почвы; атмосферными осадками; облачностью, метеорологической видимостью, атмосферными явлениями; снежным покровом, обледенением [155].

В состав основных гидрологических наблюдений, выполняемых в процессе инженерно-гидрометеорологических изысканий, включают: 1) наблюдения за режимом уровней воды на водомерных постах; 2) нивелировку водомерных постов; 3) определение гидравлических характеристик русла и поймы реки (уклонов водной поверхности, шероховатости русла и поймы); 4) измерение скоростей и направлений течения на изучаемом участке водного объекта; 5) измерение расходов воды в выбранных гидрометрических створах; 6) наблюдения за волновым режимом на изучаемом участке акватории моря (озера, водохранилища, большой реки); 7) наблюдения за характеристиками ледового режима; 8) наблюдения за литодинамическими характеристиками на изучаемом участке акватории моря [155].

Состав основных метеорологических и гидрологических наблюдений может уточняться и дополняться в зависимости от вида и назначения сооружений, их уровня ответственности, вида градостроительной деятельности, этапа инженерно-гидрометеорологических изысканий, а также сложности гидрологических и климатических условий территории (района, участка площадки) и/или акватории планируемого строительства (табл. 3.2.2.1, 3.2.2.2) и степени их изученности [155]. Продолжительность наблюдений при выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий в зависимости от вида изучаемой характеристики устанавливается в соответствии с табл. 3.2.2.3.

Таблица 3.2.2.1

Группы сложности переходов ВЛ через водные объекты [133]

Группа сложности перехода	Условия перехода трассы ВЛ через водный объект
I	Водный объект вместе с поймой пересекается одним расчетным пролетом на опорах (линейных), принятых для проектирования конкретной ВЛ
II	Водный объект имеет ширину русла и поймы или зону возможного размыва берегов, превышающую расчетный пролет, требуется, в основном, применение линейных опор с подставками или специальная защита фундаментов
III	Судоходная река, судоходный пролив или канал пересекается с применением специальных опор высотой 50 м и более, а также любое водное пространство, пересекаемое пролетом более 700 м независимо от высоты опор

Таблица 3.2.2.2

Группы сложности переходов магистральных трубопроводов через водные объекты [133]

Группа сложности перехода	Условия пересечения водного объекта трассой магистрального трубопровода
I	Ширина зеркала воды в межень для створа пересечения трассой до 30 м при средних глубинах до 1,5 м
II	То же, от 31 до 75 м при средних глубинах более 1,5 м
III	То же, менее 75 м, но зона затопления при 20 дневном стоянии уровней воды 10%-й вероятности превышения составляет более 500 м

Таблица 3.2.2.3

Продолжительность периода наблюдений от вида изучаемых характеристик гидрометеорологических условий [155]

Виды изучаемых характеристик гидрометеорологических условий	Наименьшая продолжительность периода наблюдений
Гидрологический режим водных объектов суши, моря (включая режимы руслового процесса, переработки берегов водохранилищ и динамики прибрежной зоны морей)	Годовой период, включающий полные фазы гидрологического режима
Метеорологический режим территории	Годовой период, включающий все климатические сезоны
Экстремальные и сезонные гидрологические и метеорологические характеристики (максимальные и минимальные уровни и сток воды, температуры воздуха и осадки, зимний режим и др.)	Период, включающий полную фазу режима, или климатический сезон, в котором они проявляются

Виды изучаемых характеристик гидрометеорологических условий	Наименьшая продолжительность периода наблюдений
Основные опасные гидрометеорологические процессы:	
– русловые и пойменные деформации, переработка берегов водохранилищ, динамика прибрежной зоны морей	Период, включающий полную фазу режима с наиболее активным проявлением процесса
– сели	Периоды выпадения дождей или интенсивного таяния снега
– снежные лавины	Период от начала залегания устойчивого снежного покрова до окончания схода снежных лавин

3.2.3. Исследования ледового режима

При исследовании ледового режима водных объектов в составе работ предусматривают: 1) сбор, анализ и обобщение материалов гидрометеорологической и картографической изученности территории с определением дат замерзания, вскрытия, начала и окончания ледохода; 2) рекогносцировочное обследование с определением мест скопления шуги, внутриводного льда и выхода льда на берег, мест образования заторов и зажоров; 3) получение морфометрических параметров ледяного покрова (толщины льда и снега), при определяющем воздействии льда на проектируемое сооружение выполняется ледемерная съемка участка; при исследованиях ледового режима морей дополнительно включают работы для определения: а) морфометрических параметров ледяного покрова и внутренней структуры торосов (толщины льда и снега, высоты паруса и осадки киля торосов, ширины паруса и киля, длины гряд торосов, пространственного распределения пустот в толще торосов); б) динамических характеристик ледяного покрова (скорости и направления дрейфа льда); в) физико-механических свойств льда; г) метеорологических характеристик (температуры воздуха, атмосферного давления, скорости и направления ветра) и характеристик гидрологического режима (температуры и солености воды, скорости подледных течений, изменчивости уровня) [155].

3.2.4. Исследования опасных гидрометеорологических процессов и явлений

При наличии или возможности проявления на территории (акватории), планируемой для хозяйственного освоения, опасных гидрометеорологических процессов и явлений (табл. 3.2.4.1), результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий должны содержать сведения и материалы, необходимые и достаточные для установления гидрометеорологических характеристик и прогноза развития отмечаемых процессов и явлений (табл. 3.2.4.2) с необходимой детальностью. Исходные материалы, используемые для определения расчетных характеристик

опасных гидрометеорологических процессов и явлений, в зависимости от выбора способа получения характеристик, должны содержать ряды наблюдений, справки, ссылки на применяемые нормативно-технические документы, таблицы исходных расчетных параметров [155].

Таблица 3.2.4.1

Перечень опасных гидрометеорологических процессов и явлений [133]

Процессы, явления процесса, явления	Вид и характер воздействия процесса, явления	Область распространения
Наводнение (затопление)	Затопление сооружений, расположенных в зоне воздействия процесса	Дно речных долин, прибрежная зона водохранилищ, озер и морей
Цунами	Затопление прибрежной зоны морей и динамическое воздействие на сооружения, расположенные в пределах распространения этого процесса	Прибрежная зона открытых морей, прилегающих к океаническому ложу с активной сейсмичностью
Ураганные ветры, смерчи	Динамическое воздействие на сооружения, достигающее разрушительной силы в зоне действия процесса	Ограниченная по фронту простирающаяся в направлении траектории движения процесса
Снежные лавины	Движение по склону снежных масс, сопровождаемое динамическим давлением снега и ударной воздушной волной, действующими на все сооружение	Направление схода снежной лавины
Снежные заносы	Большие отложения снежного покрова, затрудняющие нормальное функционирование предприятий, транспорта	Зона действия метеорологического явления
Гололед	Утяжеление конструкций сооружения вследствие их покрытия льдом, изморозью	Отдельные природные зоны с различными показателями процесса
Селевые потоки	Динамическое воздействие селевого потока на все виды сооружений, размыв русла в зоне его транспорта и отложение материала в пределах конуса выноса	Речные долины селевых рек и временных водотоков
Русловой процесс	Аккумулятивно-эрозионное воздействие на дно, берега русла и пойму реки, нарушающее устойчивость или нормальные условия эксплуатации размещаемых здесь сооружений	Русло, пойма реки и прилегающая к ним территория
Переработка берегов рек, озер, водохранилищ, абразия морских берегов	Эрозионное воздействие на берег с последующим его отступлением и разрушением размещаемых сооружений	Прибрежные зоны рек, озер, водохранилищ

Таблица 3.2.4.2

*Критерии учета опасных гидрометеорологических процессов
и явлений при проектировании [133]*

Процессы, явления	Количественные показатели проявления процессов и явлений
Наводнение	Затопление на глубину более 1,0 м при скорости течения воды более 0,7 м/с
Ветер	Скорость более 30 м/с, для побережий морей – более 35 м/с, при порывах – более 40 м/с
Дождь	Слой осадков более 30 мм за 12 часов и менее в селевых и ливнеопасных районах.
	Более 50 мм за 12 часов и менее на остальной территории
	100 мм за 2 суток и менее
	150 мм за 4 суток и менее
	250 мм за 9 суток и менее
	400 мм за 14 суток и менее
Ливень	Слой осадков более 30 мм за 1 ч и менее
Гололед	Отложение льда на проводах толщиной стенки более 25 мм
Селевые потоки	Угрожающие населению и объектам народного хозяйства
Снежные лавины	То же
Смерч	Любые

3.2.5. Камеральные работы

Согласно [133], на заключительном этапе гидрометеорологических изысканий производится камеральная обработка полученных материалов, включающая: 1) окончательную обработку материалов наблюдений, выполненных за период инженерных изысканий (первичная обработка материалов наблюдений производится в полевых условиях); 2) приведение коротких рядов наблюдений к многолетнему периоду; 3) определение расчетных гидрологических (метеорологических) характеристик для обоснования проектных решений; 4) оценку гидрометеорологических условий территории (трассы) строительства.

Определение расчетных значений основных гидрологических характеристик режима рек следует выполнять в соответствии с требованиями [152], нормативных документов Росгидромета и производственно-отраслевых нормативно-методических документов. Назначение величины расчетной характеристики, имеющей вероятностный характер, осуществляется на основе ежегодной вероятности превышения (обеспеченности) этой величины; для процессов в качестве расчетной характеристики принимается оценка прогнозного развития данного процесса к концу расчетного периода. Значения расчетных вероятностей устанавливаются строительными нормами и правилами по проектированию отдельных видов сооружений с учетом их надежности при эксплуатации,

определяемой уровнем ответственности, и содержатся в техническом задании на инженерные изыскания [133]. Характеристики опасных гидрометеорологических процессов и явлений должны устанавливаться на основе: 1) статистических методов оценки – для процессов и явлений, имеющих вероятностный характер проявления; 2) прогноза их развития – для постоянно действующих однонаправленных процессов [133]. Более подробные сведения о методах расчета гидрологических характеристик изложены в главе 4.

3.2.6. Дополнительные требования к заданию и программе инженерно-гидрометеорологических изысканий

Задание на выполнение инженерно-гидрометеорологических изысканий в дополнение к требованиям, указанным в главе 3, должно содержать перечень расчетных гидрометеорологических характеристик, необходимых для обоснования выбора основных параметров сооружений и определения гидрометеорологических условий их эксплуатации, и обеспеченность расчетных гидрометеорологических характеристик или ссылки на нормативно-технические документы, устанавливающие требования к перечню и обеспеченности расчетных гидрометеорологических характеристик. Программа инженерно-гидрометеорологических изысканий в дополнение к требованиям, указанным в главе 2, должна содержать следующие краткие сведения, необходимые для организации и выполнения работ: о гидрографической сети района изысканий; об основных чертах режима водных объектов и возможности проявления опасных гидрометеорологических процессов и явлений; об использовании водных ресурсов и хозяйственной деятельности в бассейнах рек; о наличии материалов наблюдений по постам (станциям) Росгидромета, постам (станциям) других министерств и ведомств, а также материалов инженерно-гидрометеорологических изысканий прошлых лет с оценкой возможности их использования при решении поставленных задач; об участках размещения временных постов и створов наблюдений; о категориях сложности природных условий при выполнении отдельных видов полевых работ; о намечаемых методах определения, требуемых расчетных гидрологических и метеорологических характеристик [155].

3.3. Структура и примерное содержание отчета об инженерно-гидрометеорологических изысканиях

Результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий оформляются в виде технического отчета. В общем виде технический отчет по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий должен

содержать следующие разделы: 1) введение; 2) гидрометеорологическая изученность; 3) краткая физико-географическая характеристика; методика и технология выполнения работ; 4) результаты инженерно-гидрометеорологических работ: 4.1) климатическая характеристика; 4.2) характеристика гидрологического режима водных объектов суши; 4.3) опасные гидрометеорологические процессы и явления; 4.4) характеристика гидрологического режима моря; 5) сведения по контролю качества и приемке работ; 6) заключение; 7) использованные документы и материалы; 8) приложения [155]. Общие требования к содержанию разделов технического отчета изложены в разделе 2.2. Ниже приведены основные отличия и дополнения, характерные именно для отчета об инженерно-гидрометеорологических изысканиях согласно [155].

Раздел «Введение» дополнительно к требованиям, изложенным в разделе 2.2 рассматриваемого учебного пособия, содержат сведения о характере водопользования, намечаемых способах перехода трасс через крупные водные объекты [155].

Раздел «Гидрометеорологическая изученность» содержит сведения о ранее выполненных инженерных изысканиях и исследованиях, наличии пунктов стационарных наблюдений Росгидромета и других министерств и ведомств, и возможности использования имеющихся материалов многолетних наблюдений для решения поставленных задач; оценка степени гидрологической и метеорологической изученности территории (акватории) с учетом имеющихся материалов [155].

Согласно [133, п. 4.9–4.11], выбор репрезентативных станций проводится с учетом вида станций и природно-техногенных условий:

1) гидрологические станции (посты)-аналоги – с учетом: однородности условий формирования стока (например, с использованием соотношений морфометрических характеристик рек и их водосборов согласно [152, п. 7.26] по формулам (3.3.1–3.3.2); также учитывается принадлежность к одной и той же природной зоне и таксономическая категория преобладающих ландшафтов водосборов исследуемого объекта и объекта-аналога); сходства климатических условий; факторов, искажающих величину естественного речного стока (регулирование стока, сбросы, водозаборы и др.); 1.1) при определении репрезентативности гидрометеорологических станций и постов, расположенных на побережьях морей, озер и водохранилищ, дополнительно учитываются: ориентация берега относительно стран света и преобладающего направления ветра; расчлененность береговой линии и глубину вреза в сушу рассматриваемой части водоема; гидрографическая характеристика прибрежной части водоема; наличие островов или искусственных сооружений на акватории и в прибрежной зоне;

$$\frac{L_r}{F_b^{0,56}} = \frac{L_{r,a}}{F_{b,a}^{0,56}}, \quad (3.3.1)$$

$$J \cdot F_b^{0,50} = J_a \cdot F_{b,a}^{0,50}, \quad (3.3.2)$$

где F_b и $F_{b,a}$ – площади водосборов исследуемой реки и реки-аналога, км²; L_r и $L_{r,a}$ – длины (от истока) исследуемой реки и реки-аналога, км; J и J_a – уклоны водной поверхности исследуемой реки и реки-аналога, м/км [152];

2) метеорологические станции (посты)-аналоги – с учетом: местоположения станции в однородных физико-географических условиях (рельеф, подстилающая поверхность, увлажнение, состав почв и т. д.); защищенности метеоплощадки, характера застройки окружающей территории, соответствия подстилающей поверхности на метеоплощадке ландшафту окружающей местности; радиуса репрезентативности станции в отношении того или иного метеорологического элемента; 2.1) для площадок строительства, располагаемых в горных районах, выбор репрезентативных метеорологических станций (постов) производится с учетом высоты над уровнем моря, экспозиции горных склонов и положения относительно дна долины. Согласно [СП 11-103-97, п. 4.12], степень гидрологической и метеорологической изученности территории устанавливается с учетом наличия репрезентативного поста (станции) в соответствии с [147, п. 2.1; 129, п. 1.2].

Раздел «Краткая физико-географическая характеристика» включает в себя сведения о геоморфологии, гидрографической сети и хозяйственном использовании водных объектов, в том числе сведения о состоянии существующих сооружений, наличии и возможных причинах их аварий и деформаций [155]. Перечень характеристик и параметров природных условий определяется программой выполнения инженерно-гидрометеорологических изысканий на основе задания. Прежде всего, необходимо охарактеризовать административное и географическое положение рассматриваемой территории.

При описании географического положения целесообразно провести ландшафтное районирование с целью более точного подбора параметров расчетных формул для определения максимального и минимального стока. Согласно [28], классификация современных ландшафтов базируется на выборе сочетаний антропогенных и природных факторов их формирования. По природным факторам ландшафты разделяют следующим образом: 1) по степени континентальности климата: 1.1) на океанические; 1.2) субокеанические; 1.3) умеренно континентальные; 1.4) континентальные; 1.5) резко континентальные; 2) по принадлежности к морфоструктурам высшего порядка: 2.1) на равнинные; 2.2) горные; 3) по особенностям макрорельефа: 3.1) на ландшафты низменных равнин; 3.2) ландшафты возвышенных равнин; 3.3) предгорные; 3.4) низкогор-

ные; 3.5) среднегорные; 3.6) высокогорные; 3.7) межгорно-котловинные; 4) по расчлененности рельефа: 4.1) на расчлененные; 4.2) нерасчлененные; 5) по биоклиматическим различиям: 5.1) на тундровые; 5.2) лесотундровые; 5.3) лесные; 5.4) лесостепные; 5.5) степные; 5.6) полупустынные; 5.7) пустынные; 6) по типу геохимического режима: 6.1) на элювиальные; 6.2) субаквальные; 6.3) супераквальные.

По антропогенным признакам ландшафты подразделяются: 1) по преобладающей социально-экономической функции: 1.1) на сельскохозяйственные; 1.2) лесохозяйственные; 1.3) водохозяйственные; 1.4) промышленные; 1.5) ландшафты поселений; 1.6) рекреационные; 1.7) запovedные; 1.8) не используемые в настоящее время; 2) по устойчивости к антропогенным воздействиям: 2.1) на высоко-устойчивые; 2.2) средне-устойчивые; 2.3) слабоустойчивые; 2.4) неустойчивые; 3) по степени измененности: 3.1) на неизменные; 3.2) слабоизмененные; 3.3) среднеизмененные; 3.4) сильноизмененные.

Общая классификация ландшафтов по совокупности природных и антропогенных факторов формирования дается в виде матриц наложения соответствующих факторов формирования. В качестве примера можно привести методику ландшафтного районирования, используемую в геохимической съемке (табл. 3.3.1). В соответствии с указанной методикой, выделение типов ландшафтов проводится по наиболее яркому их индикатору – растительности (жизненные формы, видовой состав, закономерности пространственного распределения). При этом классы ландшафтов соответствуют генетическим типам почв, роды – группам генетических типов рельефа, выделяющимся по общей направленности развития экзогенных процессов (то есть по преобладанию денудации или аккумуляции), виды геохимических ландшафтов – парагенетическим рядам или группам рядов четвертичных отложений. В последнем случае учитываются связи составов почв и коренных пород. Классификация ландшафтов по социально-экономическим функциям в дополнение к указанным выше типам ландшафтов может включать выделение транспортного, геолого-разведочного и горнодобывающего типов, а также подтипы и виды (табл. 3.3.2).

При описании геологических и геоморфологических условий используются материалы инженерно-геологических изысканий с использованием классификации грунтов водораздельных пространств, речных долин и русел по [33]. В частности, классификация грунтов включает в себя следующие таксономические единицы, выделяемые по группам признаков: класс (подкласс) – по природе структурных связей; тип (подтип) – по генезису; вид (подвид) – по вещественному, петрографическому или литологическому составу; разновидность – по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грун-

тов [33]. Наименования грунтов содержат сведения об их геологическом возрасте в соответствии с местными стратиграфическими схемами.

Таблица 3.3.1

Критерии выделения таксономических единиц ландшафтов [162]

Наименование таксономических единиц	Критерии выделения	Индицируемая информация
Типы	Биоклиматическая широтно-высотная зональность	Интенсивность биологического круговорота элементов
Классы	Почвенный покров	Характер физико-химической миграции элементов в почвах
Роды	Группы генетических типов рельефа	Интенсивность водообмена и механической миграции элементов
Виды	Парагенет. ряды или группы рядов четверт. образований	Степень участия коренного субстрата в формировании геохимии современного ландшафта

Таблица 3.3.2

Классификация ландшафтов по социально-экономическим функциям [28, 162]

Термин	Пояснение
Сельскохозяйственный ландшафт	Ландшафт, используемый для целей сельскохозяйственного производства и формирующийся и функционирующий под его влиянием
Лесохозяйственный ландшафт (тип – лесохозяйственный; подтипы – широкого пользования и лесопромышленный; виды – сосновый, лиственный, еловый, березовый)	Ландшафт, используемый для целей лесного хозяйства и функционирующий под его влиянием
Водохозяйственный ландшафт (тип – водохозяйственный, подтип – целевой, вид – рыбохозяйственный)	Ландшафт, формирующийся в процессе создания и функционирования водохозяйственных объектов
Геолого-разведочный ландшафт (геолого-разведочный тип; подтипы: горючие полезные ископаемые (п. и.), металлические п. и., неметаллические; виды п. и.)	Ландшафт, формирующийся под влиянием геолого-разведочных работ на горючие, металлические и неметаллические полезные ископаемые
Ландшафты поселений (тип – поселений; подтип – поселковый)	Ландшафт, формирующийся в процессе создания и функционирования городских и сельских поселений
Рекреационный ландшафт	Ландшафт, используемый для целей рекреационной деятельности, формирующийся и функционирующий под ее влиянием
Заповедный ландшафт	Ландшафт, в котором в установленном законом порядке полностью исключено либо ограничено хозяйственное использование
Неиспользуемый в настоящее время ландшафт	Ландшафт, не выполняющий в настоящее время социально-экономических функций

Грунты подразделяют на следующие классы: скальные, дисперсные и мерзлые. К классу скальных грунтов относят грунты, обладающие жесткими структурными связями (кристаллизационными и/или цементационными). По генезису и вещественному составу в классе скальных грунтов выделяют соответственно: типы (подтипы), виды и подвиды. Разновидности скальных грунтов выделяют по количественным показателям их вещественного состава, строения, состояния и свойств [33]. К классу дисперсных грунтов относят грунты, обладающие физическими, физико-химическими или механическими структурными связями. Грунты с механическими структурными связями выделяют в подкласс несвязных (сыпучих) грунтов, а грунты с физическими и физико-химическими структурными связями – в подкласс связных грунтов. По генезису и вещественному составу в классе дисперсных грунтов выделяют соответственно типы и подтипы, виды и подвиды. Разновидности дисперсных грунтов выделяют по количественным показателям их вещественного состава, строения, состояния и свойств [33]. К классу мерзлых грунтов относят грунты, обладающие наряду со структурными связями немерзлых грунтов криогенными связями (за счет льда). Грунты с криогенными, кристаллизационными и цементационными структурными связями выделяют в подкласс скальных мерзлых грунтов; грунты с криогенными, физическими и физико-химическими структурными связями – в подкласс дисперсных мерзлых грунтов; грунты только с криогенными связями – в подкласс ледяных грунтов. По генезису и вещественному составу в классе мерзлых грунтов выделяют соответственно типы и подтипы, виды и подвиды. Разновидности природных мерзлых грунтов выделяют по количественным показателям их вещественного состава, строения, состояния и свойств. Наименования крупнообломочных, крупнозернистых и песчаных грунтов определяют на основании их гранулометрического состава в соответствии с [33]. При индексации палеозойских, мезозойских и кайнозойских пород используется единая стратиграфическая схема.

Согласно [115], рельеф – это совокупность геометрических форм земной поверхности, образующихся в результате сложного взаимодействия земной коры с гидро-, атмо- и биосферой, а геоморфология – наука о рельефе земной поверхности, его строении, происхождении, истории развития и современной динамике. В зависимости от размеров различают следующие формы рельефа: 1) планетарные (материки, геосинклинальные пояса, ложе океана, срединно-океанические хребты); 2) мегаформы (площадью в сотни или десятки тысяч квадратных километров: горные пояса и равнинные страны в пределах материков, крупные впадины и поднятия в пределах ложа океана, разломы планетарного

масштаба); 3) макроформы (составные части мегаформ с площадями в сотни и тысячи (реже – десятки тысяч) квадратных километров): например, отдельные хребты и впадины какой-либо горной страны); 4) мезоформы (с площадью от нескольких до десятков квадратных километров: например, овраги, балки, долины рек, крупные аккумулятивные формы типа барханных цепей или моренных гряд); 5) микроформы (неровности более крупных форм: например, карстовые воронки, эрозионные рывины, береговые валы); 6) наноформы (очень мелкие неровности, осложняющие поверхность макро-, мезо- и микроформ) [115].

По степени приподнятости поверхности суши над уровнем океана выделяют низменный (абсолютные высоты от 0 до 200 м) и возвышенный рельеф. Возвышенный рельеф подразделяют: 1) на возвышенности и возвышенные (аккумулятивные и денудационные) равнины (абсолютные высоты 200...500 м); 2) плоскогорье (обширные участки суши, характеризующиеся значительным эрозионным расчленением при относительно слабом расчленении водораздельных поверхностей; абсолютные отметки до 1000 м и более); 3) горы (обширные территории со складчатой, глыбовой и складчато-глыбовой структурой земной коры, приподнятой на высоту до 8000 м и более, характеризующиеся значительными колебаниями высот; низкие горы – до 1000 м; средние горы – от 1000 до 2500 м; высокие горы – от 2500 до 5000 м; высочайшие горы – более 5000 м) [Рычагов, 2006]. Согласно [152], равнинный рельеф характеризуется относительным колебанием высот до 200 м, горный рельеф – относительным колебанием высот на водосборе более 200 м.

При описании растительного и почвенного покрова используются отраслевые нормативные документы. Общая характеристика почв и растительности может быть дана согласно [162] с указанием сведений, необходимых для выбора параметров расчетных формул. Например, в соответствии с требованиями [101, табл. 21], указывается, что район изысканий расположен в лесной или лесостепной зоне, а расположение леса на водосборе – равномерное (А) / в верхней части водосбора (В) / в нижней и прирусловой части водосбора. В соответствии с таксономическими категориями, выделенными в [162], в районе изысканий преобладают сообщества, указанные в табл. 3.3.3.

В соответствии с требованиями [101, табл. 22], указывается преобладающий тип болот и условия болотообразования в районе изысканий (низинные болота и заболоченные леса и луга на водосборе, сложенные супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами) / болота разных типов на водосборе / верховые болота на водосборе, сложенные средне-суглинистыми и глинистыми почвами (грунтами)). Причем при характеристике болот целесообразно приведение информации с учетом тре-

бований к проектируемым объектам. Например, при проектировании магистральных трубопроводов указываются следующие типы болот согласно [157]: первый – болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и неоднократное передвижение болотной техники с удельным давлением 0,02...0,03 МПа или работу обычной техники с помощью щитов, сланей, лежневых или других временных дорог, обеспечивающих снижение удельного давления на поверхность залежи до 0,02 МПа; второй – болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и передвижение строительной техники только по щитам, сланям или временным дорогам, обеспечивающим снижение удельного давления на поверхность залежи до 0,01 МПа; третий – болота, заполненные растекающимся торфом и водой с плавающей торфяной коркой, допускающие работу только специальной техники на понтонах или обычной техники с плавучих средств.

Таблица 3.3.3

Таксономические категории ландшафтов согласно [162]

Таксон
<i>Таксономическая категория – тип (по преобладающим растительным сообществам)</i>
Арктические и субарктические (ледниковые; каменистых пустыней)
Тундровые и лесотундровые (каменистые; мохово-лишайниковые; осоково-пушицевые; кустарничково-кустарниковые)
Таежные лесные (еловые; сосновые; кедровые; лиственничные; хвойные смешанные леса)
Смешанные лесные (хвойно-мелколиственные (подтаежные); хвойно-широколиственные)
Широколиственные лесные (дубовые; липовые; грабовые: смешанного состава)
Мелколиственные лесные (березовые; осиновые; смешанного типа)
Лесостепные и степные (колковые; разнотравные (северные); типчаково-ковыльные (типичные); полынно-солянково-злаковые (южные))
Полупустынные и пустынные (полынно-злаковые (песчаные); каменистые (кустарниковые); полынно-солянковые (глинистые))
Луговые (засоленные (мерзлотные и немерзлотные); высокотравные (пойменные и прибрежные); заболоченные (пойменные и прибрежные))
Горные (выделяются по аналогии с равнинными)
<i>Таксономическая категория – класс (по преобладающим типам почв)</i>
Арктические тундровые (тундр. арктич.; тундровые глеевые)
Подзолистые (глеево-подзол.; типично подзол.; дерново-подзол.)
Болотные
Болотно-подзолистые
Дерновые (дерново-глеевые; дерновые типичные)
Дерново-глеевые темноцветные (дерново-глеевые темноцветные выщелоченные; дерново-глеевые темноцветные оподзоленные; дерново-глеевые темноцветные типичные)

Таксон
Дерново-карбонатные (дерново-карбонатные типичные; дерново-карбонатныевыщелоченные; дерново-карбонатно-оподзоленные)
Серые лесные (светло-серые; серые лесные типичные; темно-серые; серые глеевые; серые лесные осолоделые)
Бурые лесные (бурые лесные типичные; бурые лесные поверхностно-глеевые и глеевые)
Мезлотно-таежные (мезлотно-таежные типичн.; мезлотно-таежные оподзолен.; мезлотно-таежные кислые глеевые; мезлотно-таежные палевые (некарбонатные); мезлотно-таежные карбонатные)
Черноземы (черноземы оподзоленные; черноземы выщелоченные; черноземы типичные; черноземы обыкн.; черноземы южные)
Лугово-черноземные (лугово-черноземные типичные; лугово-черноземные солончаковые; лугово-черноземные солонцеватые; лугово-черноземные осолоделые)
Каштановые (светло-каштановые; каштановые типичные; темно- каштановые; каштановые солончаковые; каштановые солонцеватые; каштановые осолоделые)
Бурые пустынно-степные (бурые пустынно-степные типичные; бурые пустынно-степные выщелоченные; бурые пустынно-степные солонцеватые)
Серо-бурые пустынные (серо-бурые пустынные солончаковатые; серо-бурые пустынные солонцеватые)
Сероземы (сероземы типичные; сероземы солончаковатые; сероземы солонцеватые)
Солончаки (солонч. луговые; солонч. остаточн.; солонч. степные)
Солонцы (солонцы луговые; солонцы степные)
Солоди (солоди типичные; солоди дерновые; солоди глеевые)
Горные арктические (гольцовые)
Горные тундровые
Горные подзолистые
Горно-луговые (горно-луговые торфянистые; горно-луговые черноземовидные)
Горные серые лесные
Горные мерзлотно-таежные
Горные дерново-карбонатные
Горные бурые лесн. (горн. бур. лесные оподз.; горно-буро-таежн.)
Горные черноземы
Горные каштановые
Горные бурые пустынные
Луговые (лугово-болотные; лугово-бурые)
Пойменные аллювиальные
Боровые пески
Компонент техногенного ландшафта

При проектировании автомобильных дорог применяется несколько иная классификация болот: болото типа I – заполненное болотными грунтами, прочность которых в природном состоянии обеспечивает возможность возведения насыпи высотой до 3 м без возникновения процесса бокового выдавливания слабого грунта; болото типа II – со-

держашее в пределах болотной толщи хотя бы один слой, который может выдавливаться при некоторой интенсивности возведения насыпи высотой до 3 м, но не выдавливается при меньшей интенсивности возведения насыпи; болото типа III – содержащее в пределах болотной толщи хотя бы один слой, который при возведении насыпи высотой до 3 м выдавливается независимо от интенсивности возведения насыпи [153]. Дополнительные сведения о болотах изложены в [7, 17, 32, 60].

Общая гидрографическая характеристика приводится с учетом [25, 30] и материалов гидрографического районирования [16].

Раздел «Методика и технология выполнения работ» дополнительно к требованиям, изложенным в разделе 2.2, содержат: описание методов полевых и камеральных работ, в том числе методик определения расчетных характеристик и способов их получения с указанием использованных нормативных документов, методик нестандартных способов выполнения работ, типов и параметров применяемого нестандартного оборудования. Методика и технология работ должна основываться на нормативных документах к проведению инженерных изысканий и нормативных документах Росгидромета [87–90].

Раздел «Результаты инженерно-гидрометеорологических работ» содержит результаты выполненных полевых, камеральных и лабораторных работ, их анализ и оценка; исходные данные, принятые для выполнения расчетов; определение достоверности выполненных расчетов, оценка гидрометеорологических условий территории (акватории) планируемого строительства с учетом результатов выполненных работ, представленная в подразделах: «климатическая характеристика»; «характеристика гидрологического режима водных объектов суши»; «опасные гидрометеорологические процессы и явления»; «характеристика гидрологического режима моря» [155].

Подраздел «*Климатическая характеристика*»: оценка климатических условий территории на основе данных многолетних наблюдений по репрезентативным постам и станциям Росгидромета и результатам наблюдений в процессе выполнения инженерных изысканий. Приводятся сведения по основным метеорологическим элементам, включая экстремальные и средние значения: температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, количества атмосферных осадков, глубины промерзания почвы и высоты снежного покрова. При оценке климатических условий морской акватории приводятся также данные о длительности штормов и окон погоды, продолжительности и сроках навигационного периода, видимости и обледенении [155].

Согласно [147, п. 2.1; 129, п. 1.2], климатические параметры территории размещения проектируемых объектов, расположенных за преде-

лами прибрежных районах морей и крупных водохранилищ и в местности с абсолютной отметкой менее или равной 500 м, а также удаленных от метеостанции менее чем на 100 км, климатические параметры следует определять по таблицам, приведенным в действующем нормативном документе в области строительной климатологии. Для пунктов, не указанных в таблицах [129, 147], расположенных в прибрежных районах морей и крупных водохранилищ и в местности с абсолютной отметкой более 500 м, а также удаленных от метеостанции более чем на 100 км, климатические параметры определяются по запросам в НИИСФ РААСН, в Главную геофизическую обсерваторию им. А.И. Воейкова или в территориальные управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета. Информация о гидрологических и метеорологических станциях (постах) целесообразно приводить в таблицах и на рисунках.

Давление воздуха. Согласно [159, гл. 12], приводятся значения среднего месячного давления воздуха, его максимальных и минимальных значений. При необходимости выполняется подсчет средних величин.

Температура воздуха. В зависимости от требований, изложенных в Техническом задании на выполнение инженерно-гидрометеорологических изысканий, в подразделе приводятся значения: 1) средних месячных температур воздуха, абсолютных максимумов и минимумов; 2) ежедневных (по срокам) температур воздуха (выборка средних суточных температур по градациям через 5°); 3) ежечасных температур воздуха [159, гл. 12].

Влажность воздуха. В зависимости от требований, изложенных в Техническом задании на выполнение инженерно-гидрометеорологических изысканий, в подразделе приводятся значения: 1) средней месячной относительной влажности воздуха, упругости водяного пара, дефицита влажности (при необходимости проводится подсчет средних величин, выборка числа дней с низкой и высокой влажностью и подсчет среднего числа дней); 2) ежедневной (по срокам) относительной влажности воздуха и упругости водяного пара; 3) ежечасной относительной влажности воздуха [159, гл. 12].

Ветер. В подразделе приводятся сведения о повторяемости направлений и скорости ветра по направлениям (включая розу ветров), средние и максимальные значения скорости ветра, значения вероятности ветра с различной скоростью [159, гл. 12].

Атмосферные осадки. В подразделе приводятся данные о средних значениях сумм атмосферных осадков по месяцам, за год, за теплый и холодный периоды [159, гл. 12], а также сведения о максимальной интенсивности дождей.

Снежный покров. В подразделе приводятся: 1) декадные данные по высоте снежного покрова; 2) средние и максимальные за зиму высоты снежного покрова; 3) число дней со снежным покровом за зиму; 4) средние, ранние и поздние даты начала и конца устойчивого снежного покрова.

Облачность. В подразделе приводятся значения средней месячной облачности (общей и нижней) и количество (по месяцам и за год) ясных и пасмурных дней.

Атмосферные явления и гололедно-изморозевые образования. Выполняется выписка числа дней с одним атмосферным явлением и вычисление среднего числа дней по месяцам и за год (или приводится соответствующая информация из документально подтвержденных источников).

Температура почвы. В зависимости от требований, изложенных в Техническом задании на выполнение инженерно-гидрометеорологических изысканий, в разделе приводятся значения: 1) средних месячных температур почвы на поверхности и на фиксированных глубинах; 2) средних, минимальных и максимальных значений глубины проникновения температуры 0 °С в почву [159, гл. 12].

Испарение. В подразделе приводятся сведения: 1) об испарительной установке; 2) о среднемесячных значениях испарения с водной поверхности [159, гл. 12]. Расчет испарения с водной поверхности проводится согласно [75, 78, 82, 83, 110, 112, 179].

Аэрологические наблюдения. В подразделе приводятся значения средних месячных величин повторяемости направления и скорости ветра, температуры и влажности воздуха для одной высоты [159, гл. 12].

Загрязнение атмосферы. В подразделе приводятся средние месячные и максимальные концентрации загрязняющих веществ, повторяемости превышения ПДК, высоты и интенсивности инверсий температуры [159, гл. 12]. Согласно [125], в результате проведения инженерных изысканий необходимо определить уровни содержания веществ в атмосферном воздухе и степень превышения установленных предельно-допустимых концентраций (ПДК). Для отдельных веществ допускается использование ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ), для которых устанавливаются сроки их действия.

Климатическое районирование. В подразделе указывается климатический район согласно [147]. Данное климатическое районирование разработано на основе комплексного сочетания средней месячной температуры воздуха в январе и июле, средней скорости ветра за три зимних месяца, средней месячной относительной влажности воздуха в июле (табл. 3.3.4). Дополнительно возможно использование и иных схем

климатического районирования. Для технических целей используются также критерии выделения типов климата (табл. 3.3.5) и климатических районов (табл. 3.3.6) согласно [22, 23].

Таблица 3.3.4

Критерии выделения климатических районов по [147]

Климат. районы	Климат. подрайоны	Среднемесячная температура воздуха в январе, °С	Ср. скорость ветра за 3 зимн. мес., м/с	Среднемес. температура воздуха в июле, °С	Среднемес. отн. влажн. воздуха в июле, %
I	IA	≤ -32	–	+4...+19	–
	IB	≤ -28	≥ 5	0...+13	> 75
	IV	-14...-28	–	+12...+21	–
	IIГ	-14...-28	≥ 5	0...+14	> 75
	IIД	-14...-32	–	+10...+20	–
II	IIА	-4...-14	≥ 5	+8...+12	> 75
	IIБ	-3...-5	≥ 5	+12...+21	> 75
	IIВ	-4...-14	–	+12...+21	–
	IIГ	-5...-14	≥ 5	+12...+21	> 75
III	IIIА	-14...-20	–	+21...+25	–
	IIIБ	-5...+2	–	+21...+25	–
	IIIВ	-5...-14	–	+21...+25	–
IV	IVА	-10...+2	–	≥ +28	–
	IVБ	+2...+6	–	+22...+28	≥ 50 в 15 ч
	IVВ	0...+2	–	+25...+28	–
	IVГ	-15...0	–	+25...+28	–

Примечание. Климатический подрайон IIД характеризуется продолжительностью холодного периода года (со средней суточной температурой воздуха ниже 0 °С) 190 дней в году и более.

Таблица 3.3.5

Типы климатов земного шара по температуре и влажности воздуха и критерии разграничения [22]

Тип климата	Критерии разграничения			
	Среднее знач. из ежегодных абс. минимумов температуры воздуха, °С	Среднее значение из ежегодн. абс. максимумов температуры воздуха, °С	Сочетание значений «среднегод. отн. влажность – среднегод. температура»	Географ. координата, градусы широты
Антарктический холодный	< -60	–	–	–
Экстремальный холодный	< -50 (до -60 включ.)	–	–	–

Тип климата	Критерии разграничения			
	Среднее знач. из ежегодных абс. минимумов температуры воздуха, °С	Среднее значение из ежегодн. абс. максимумов температуры воздуха, °С	Сочетание значений «среднегод. отн. влажность – среднегод. температура»	Географ. координата, градусы широты
Холодный	< -45 (до -50 включ.)	–	–	–
Холодный умеренный	< -25 (до -45 включ.)	–	–	–
Теплый умеренный	≥ -25	–	3	–
Теплый сухой умеренный	< -10 (до -25 включ.)	≤ 40	4 и 5	–
Теплый переходный	≥ -10	≤ 45 (до 40)	3а и 4	–
Мягкий теплый сухой	≥ -10	≤ 45 (до 40)	5	–
Экстремальный теплый сухой	–	> 45	5	–
Теплый влажный	–	–	2	–
Теплый влажный равномерный	–	–	1	–
Холодный морской	< -30	–	–	–
Умеренный морской	≥ -30	–	–	≥ 30
Тропический морской	–	–	–	< 30

Таблица 3.3.6

Общие критерии выделения климатических районов для технических целей [23]

Макроклиматический район	Климатический район		Критерий района			
	Наименование	Обозначение	Средняя мес. температура воздуха, °С		Средняя мес. относ. влажн. воздуха в июле в 13 ч, %	Число дней в году с мин. темп. воздуха < -45 °С, сут.
			январь	июль		
Холодный	Очень холодный	И1	От -50 до -30	От 2 до 18	–	От 10 до 100
	Холодный	И2	От -30 до -15	От 2 до 25	–	От 1,0 до 10,0
Умеренный	Арктический приполюсный	III1	От -33 до -28	От -1 до 0	> 90	От 0 до 2
	Арктический восточный	III2	От -28 до -18	От 0 до 8	> 80	От 0 до 0,1
	Арктический западный	III3	От -30 до -2	От -1 до 12	> 80	От 0 до 3
	Умеренно холодный	III4	От -30 до -15	От 6 до 25	–	От 0,1 до 1,0

Макро-климатический район	Климатический район		Критерий района			
	Наименование	Обозначение	Средняя мес. температура воздуха, °С		Средняя мес. относ. влажн. воздуха в июле в 13 ч, %	Число дней в году с мин. темп. воздуха < -45 °С, сут.
			январь	июль		
	Умеренный	П5	От -15 до -8	От 8 до 25	< 80	–
	Умеренно влажный	П6	От -15 до -10	От 10 до 20	≥80	–
	Умеренно теплый	П7	От -8 до -4	От 16 до 25	< 70	–
	Умеренно теплый влажный	П8	От -8 до -4	От 16 до 25	≥70	–
	Умеренно теплый с мягкой зимой	П9	От -4 до 0	От 16 до 25	< 70	–
	Теплый влажный	П10	От 0 до 4	От 20 до 25	> 70	–
	Жаркий сухой	П11	От -15 до 4	От 25 до 30	< 40	–
	Очень жаркий сухой	П12	От -4 до 4	≥ 30	< 20	–

Примечания: 1) число дней с температурой воздуха ниже минус 45 °С, равное 0,1, означает, что такая температура наблюдается один раз в 10 лет; 2) северная граница района П11 установлена по средней годовой относительной влажности воздуха 65 %; 3) северная граница района П7 установлена по средней годовой относительной влажности воздуха 80 %.

Подраздел «Характеристика гидрологического режима водных объектов суши» содержит информацию следующего характера [155]: 1) уровенный режим водных объектов в маловодные, средние по водности и многоводные годы для различных фаз водного режима по данным многолетних наблюдений на постах-аналогах и наблюдений на участках переходов при выполнении изысканий; указываются сведения о влиянии техногенных факторов на уровенный режим; 2) условия формирования стока рек, распределение стока по месяцам и сезонам в различные по водности годы; 3) скоростной режим с приведением характеристики скоростного поля потока в разные фазы гидрологического режима по поперечному сечению русла и на участках разветвления русла; 4) ледовый режим на участке планируемого строительства или на участке перехода, а также выше и ниже по течению, по материалам наблюдений на ближайшем гидрологическом посту и результатам изысканий; описываются процессы замерзания и вскрытия реки, возможность образо-

вания заторов, зажоров, торосов, наледей, навалов льда на берегу; приводятся количественные характеристики ледового покрова; 5) режим стока взвешенных и донных наносов с анализом внутригодового распределения стока по данным многолетних наблюдений и результатам изысканий; 6) режим русловых и пойменных деформаций с приведением гидроморфологической характеристики участка реки, описанием типа руслового процесса, оценкой русловых и пойменных деформаций и возможности их влияния на проектируемый объект; должны быть представлены сведения о сезонных изменениях наименьших отметок дна на исследуемом участке и скоростях смещения морфологических образований русла в зависимости от гидрологического режима и гидравлических характеристик потока; приводится прогноз русловых и пойменных деформаций на участке строительства (в створе перехода) с детальной соответствующей стадии проектирования (на этапе выбора местоположения площадки, створа перехода – качественный прогноз, на этапе разработки проектных решений – количественный), краткое описание методики построения профиля предельного размыва, приводятся исходные данные, принятые для построения, и оценивается их точность; 7) сведения о динамике количественных показателей химического состава воды по сезонам в различные по водности годы.

Методы определения расчетных гидрологических характеристик приведены в главе 4. Перечень гидрологических характеристик, определяемых при выборе площадок строительства (направлений трасс), указан в табл. 3.3.7, а перечень гидрологических характеристик, определяемых на первом этапе инженерных изысканий (при их двухэтапном выполнении), – в табл. 3.3.8. При составлении раздела целесообразно придерживаться методологии гидрологического анализа, изложенной в работах [65, 68, 99].

Таблица 3.3.7

Основные гидрометеорологические характеристики для выбора площадки строительства (направления трассы) [155]

Гидрометеорологические условия	Гидрометеорологические характеристики
Климат	Экстремальные и средние значения температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, количества и интенсивности атмосферных осадков, скорости ветра; направление ветра; наибольшая высота снежного покрова и глубина промерзания почвы; вероятность возникновения опасных атмосферных явлений; обледенение

Гидрометеорологические условия	Гидрометеорологические характеристики
Гидрологический режим рек	Основные гидроморфологические и морфометрические характеристики бассейна, русла и поймы. Исторические максимальные уровни высоких вод, границы затопления, ледовый режим, режим руслового процесса (тип руслового процесса, интенсивность и степень его развития, характеристика деформации берегов) на участке строительства. Максимальные и минимальные уровни и расходы воды, экстремальные и средние значения скорости течения воды в различные фазы гидрологического режима по гидрологическим постам-аналогам для водотоков исследуемой территории. Расчетные характеристики по эталонным (типовым) участкам трассы линейного сооружения: максимальные расходы и уровни воды 1 и 10 % обеспеченности – для равнинных рек, 2 % обеспеченности – для горных рек, наибольшая глубина предельного размыва
Гидрологический режим озер и водохранилищ	Режим уровней воды; характеристика сгонно-нагонных явлений, термического и ледового режима, волнения; водный баланс; проектные уровни водохранилищ
Гидрологический режим морей	Наивысшие уровни воды; характеристика приливно-отливных колебаний уровней воды; сгоны и нагоны; скорости и направления течений; волнение; характеристика ледового режима; общая характеристика литодинамических процессов; длительность штормов и окон погоды
Переработка берегов водохранилищ и абразия морских берегов	Тип процесса, его направленность, интенсивность и степень развития
Сели	Границы распространения селевых потоков, продолжительность селеопасного периода, частота схода селей

Таблица 3.3.8

Основные гидрометеорологические характеристики, необходимые для подготовки проектной документации на первом этапе инженерно-гидрометеорологических изысканий [155]

Гидрометеорологические условия	Гидрометеорологические характеристики
Климат	Распределение скоростей, направлений ветра и расчетные скорости ветра на уровне земной поверхности и на высотах; расчетный суточный максимум осадков; максимальная толщина стенки гололеда; продолжительность теплого и холодного периодов; даты появления, установления, разрушения и схода снежного покрова; даты перехода средней суточной температуры воздуха через заданные значения; продолжительность периодов с температурой воздуха выше и ниже заданных значений

Гидрометеорологические условия	Гидрометеорологические характеристики
Гидрологический режим рек	Расчетные наивысшие уровни и расходы воды; границы затопления при расчетных уровнях; наивысший уровень ледохода; расчетные скорости течений; расчетные минимальные расходы воды в период летней и зимней межени (при наличии требования в задании); среднегодовое расход и уровень воды рек и ручьев в период, когда они не покрыты льдом; прогнозируемый профиль предельного размыва русла и пойменных проток, средняя скорость планового смещения русла и плановое положение русла к концу прогнозируемого периода
Гидрологический режим озер и водохранилищ	Расчетные наивысшие уровни воды; величина нагона уровня воды; расчетная высота волн; данные о скорости и направлении течений (поверхностных и донных); количественные характеристики ледового режима, направления и скорости дрейфа льда; положение границ зоны переработки берега и его расчетный профиль к концу прогнозируемого периода
Гидрологический режим морей	Расчетные наивысшие уровни воды; величина нагона уровня воды; расчетная высота волн; данные о скорости и направлении течений (поверхностных и донных), о солености, температуре, плотности морской воды; количественные характеристики ледового режима (дрейф льда, экзарация); положение границ зоны переработки (абразии) берега, расчетная амплитуда и интенсивность плановых и вертикальных деформаций пляжа и подводного склона к концу прогнозируемого периода
Сели	Расчетные суточные максимумы осадков; максимальные расходы и объемы селевого стока; ширина зоны прохождения селевого потока, скорость движения; максимальный объем выноса за один паводок, глубина селевого потока в расчетных створах

Подраздел «*Опасные гидрометеорологические процессы и явления*» содержит характеристики опасных природных процессов, включая сведения об их продолжительности, частоте и границах распространения, информацию о границах и размерах участков территории (трассы) проектируемого сооружения, подверженных возможному негативному воздействию. Приводятся расчетные характеристики, требуемые для обоснования проектных решений, и прогноз развития опасных процессов и явлений с оценкой степени их опасности [155].

Подраздел «*Характеристика гидрологического режима моря*» включает в себя описание следующих процессов и явлений [155]:
1) уровенный режим моря с приведением характеристик прилива, се-

зонных колебаний моря, наивысших и наименьших значений уровня относительно среднего уровня, расчетных значений максимального нагона и сгона, а также минимального и максимального уровня относительного среднего уровня различной обеспеченности; 2) режим течений с приведением расчетных максимальных скоростей суммарных течений различной обеспеченности, повторяемости скоростей и направлений суммарных течений (по горизонтам), характеристики максимально возможных приливных течений; 3) режим волнений с приведением оперативных и экстремальных характеристик волн, повторяемости высот волн различной обеспеченности, а также характеристикой волн зыби и оценкой волноопасных направлений волн; 4) ледовый режим с характеристикой состояния ледового покрова; динамики льда; приведением данных о физико-механических свойствах ровного льда, торосов, стамух; характеристикой припайного льда; 5) литодинамические условия с общей оценкой интенсивности литодинамических процессов, результатами литодинамического районирования, приведением расчетных характеристик динамики наносов, прогнозом возможных изменений рельефа дна и берегов, а также величин экзарации дна ледяными образованиями.

Раздел «Сведения по контролю качества и приемке работ» разрабатывается в соответствии с требованиями к материалам инженерных изысканий, изложенным в разделе 2.2 рассматриваемого учебного пособия [155].

Заключение разрабатывается в соответствии с требованиями к материалам инженерных изысканий, изложенным в разделе 2.2 рассматриваемого учебного пособия [155].

В приложения к техническому отчету о выполненных инженерно-гидрометеорологических изысканиях включают текстовые, табличные и графические документы в соответствии с требованиями к материалам инженерных изысканий, изложенным в разделе 2.2 рассматриваемого учебного пособия.

Текстовые приложения дополнительно к общим требованиям к материалам инженерных изысканий должны включать: 1) результаты наблюдений за период выполнения изысканий и результаты наблюдений по посту-аналогу; 2) исходные данные, принятые для расчетов, и результаты расчетов; 3) результаты лабораторных исследований; 4) ведомость расчетных створов пересекаемых водотоков, оврагов и ложбин стока; 4) ведомость лавиноопасных участков; 5) ведомость селеопасных участков; 6) акты полевого контроля; 7) акты приемки работ [155].

Графическая часть должна содержать: 1) схему с обозначением местоположения проектируемого объекта (переходов трассы через водные объекты), стационарных пунктов гидрологических и метеорологических

наблюдений государственной сети, данные по которым были использованы при составлении климатической характеристики района работ и гидрологических и метеорологических расчетах; 2) схему выполненных полевых инженерно-гидрометеорологических изысканий (с указанием мест участков работ и переходов через водные объекты); 3) гидролого-морфологические схемы участков переходов через водные объекты и участков обследования; 4) поперечные профили по гидрометрическим створам; 5) продольный профиль реки на участке изысканий; 6) графики зависимости расходов воды, площадей водного сечения и средних скоростей течения от уровня воды для участка строительства; 7) графики связи гидрологических параметров по исследуемым пунктам и по пунктам-аналогам, данные по которым были использованы для установления расчетных характеристик; 8) кривые обеспеченности характерных уровней и расходов воды и других расчетных характеристик; 9) планы русла реки (включая протоки и рукава многорукавных русел), построенные по материалам промеров глубин, и русловой съемки в пределах пойменных бровок; 10) типовые гидрографы стока воды для маловодного, среднего по водности и многоводного года; 11) совмещенные планы русла и пойменных элементов реки для водотоков с шириной русла 30 м и более при наличии планов топографических съемок, других материалов дистанционного зондирования Земли предыдущих лет за разные годы (не ранее двухлетней давности); 12) поперечные совмещенные профили дна водотоков с шириной русла 30 м и более, использованные для определения русловых деформаций (при наличии данных за разные годы); 13) профиль предельного размыва русла реки в створе перехода [155].

Для водохранилищ, озер и крупных рек дополнительно предоставляются планы и схемы участков переходов, расчеты ветрового волнения. Для морей в составе графической части представляются: 1) схема района работ с обозначением местоположения проектируемого объекта (трасс и коммуникаций), стационарных пунктов гидрологических и метеорологических наблюдений государственной сети, данные по которым были использованы при составлении климатической характеристики района работ и гидрологических и метеорологических расчетах, и постов наблюдений, организованных при выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий; 2) общая схема течений на различных горизонтах для района работ; 3) карты пространственной изменчивости основных характеристик льда; 4) карты, схемы и разрезы измеренных и прогнозных величин деформаций льда; 5) карты, схемы и разрезы измеренных и прогнозных величин ледовой экзарации; 6) карта литодинамического районирования; 7) литолого-геоморфологические карты, схемы и разрезы [155].

В целом содержание разделов технического отчета, а также состав приложений к нему в каждом конкретном случае должны определяться исходя из требований задания, состава и объемов выполненных работ, необходимых для решения поставленных задач на соответствующих этапах градостроительной деятельности, с учетом дополнительных требований учитывающих специфику сооружений [155].

Контрольные вопросы к главе 3

1. Какими основными нормативными документами следует руководствоваться при выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий для подготовки проектной документации?
2. Какова цель инженерно-гидрометеорологических изысканий для подготовки проектной документации?
3. Какие ставятся задачи при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий?
4. В комплексе с какими видами изысканий и в каких случаях должны проводиться инженерно-гидрометеорологические изыскания? Целевое назначение этих видов инженерных изысканий.
5. Что подлежит изучению при инженерно-гидрометеорологических изысканиях?
6. Что входит в состав инженерно-гидрометеорологических изысканий?
7. Какую информацию должна содержать программа организации производства инженерно-гидрометеорологических изысканий?
8. Что такое гидрометеорологическая изученность? Условия оценки гидрометеорологической изученности.
9. Что подлежит сбору и анализу при инженерно-гидрометеорологических изысканиях? Источники информации при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий.
10. Что такое репрезентативность пунктов наблюдений? Что учитывается при выборе репрезентативности метеорологических станций (постов)?
11. Какие организации (юридические или физические лица) имеют право на выполнение инженерно-гидрометеорологических изысканий?
12. Что входит в состав работ, выполняемых при гидрологических наблюдениях?
13. В соответствии с какими нормативными документами определяются расчетные гидрологические характеристики и как устанавливается их обеспеченность?
14. Указать расчетные характеристики гидрологического режима, необходимые для разработки проектной документации, и единицы измерения этих характеристик.

4. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

По сути, смысл инженерно-гидрометеорологических изысканий заключается в оценке предельных состояний водных объектов, до достижению которых гарантируется функционирование проектируемого объекта в соответствии с его назначением и условиями, заданными в проектной документации. Инженерные изыскания по определению составляют лишь небольшую часть жизненного цикла объекта капитального строительства. Поэтому одна из важнейших задач изысканий (особенно инженерно-гидрометеорологических) – объективное определение параметров и ограничений математических моделей, используемых для оценки расчетных гидрологических характеристик. Таким образом, именно гидрологические расчеты являются ключевой составляющей инженерно-гидрометеорологических изысканий.

Гидрологические величины в силу своей природы являются случайными, что позволяет использовать для их описания методы теории вероятностей и математической статистики. Так, поведение случайной величины будет описано, если задан закон распределения вероятностей этой величины. В то же время, в ряде случаев целесообразно использование детерминированных моделей, например при изучении распространения веществ в водном объекте в период с наихудшими гидрологическими условиями. С учетом этого ниже приведены методы определения гидрологических величин на основе обоих подходов, а выбор этих величин определен в соответствии с требованиями [155] к содержанию технического отчета об инженерно-гидрометеорологических изысканиях.

В частности, должны быть изучены составляющие гидрологического режима исследуемого водного объекта, а именно: 1) водный режим: изменения уровней воды, в том числе с учетом волн (волновой режим может рассматриваться отдельно, особенно при проведении изысканий на море); 2) водный режим: изменения стока воды; 3) водный режим: изменения скоростей течения воды; 4) ледовый режим; 5) режим стока взвешенных и донных наносов; 6) режим русловых и пойменных деформаций для вод суши и литодинамические условия для морей); 7) гидрохимический режим [155]. Соответственно, ниже рассмотрены основные методы расчета нормы, максимального и минимального водного стока и характеристик уровня режима, характеристик течений и волн, ледяного покрова, стока взвешенных и влекомых наносов, русловых деформаций, разбавления сточных вод (в [152, п. 4.15] к основным гидрологическим характеристикам отнесены: расход воды Q , м³/с;

объем стока воды W , м³; модуль водного стока M_Q , м³/(с·км²), л/(с·км²); слой стока Y , мм; уровень воды H , см). Сведения о методах расчета водного баланса, оценки подземного стока, уровней болотных вод и решения специфических расчетов гидрологического режима (например, оттаивание и промерзание почвогрунтов, твердый сток при ледоставе, деформации русловых карьеров, заиление водохранилищ, расчет уровня береговой линии и т. д.), приведены в [7, 10, 11, 15, 17, 21, 43, 44, 53, 63, 72, 74, 78, 79, 100, 116, 174].

4.1. Общие требования к гидрологическим расчетам

4.1.1. Исходная информация

Прежде чем приступить к определению гидрологических характеристик, необходимо проанализировать данные гидрометрических наблюдений на предмет: 1) полноты и надежности наблюдений за уровнями и расходами воды; 2) наличия данных о максимальных (мгновенных и среднесуточных) и минимальных уровнях воды за время наблюдений при свободном ото льда русле, при ледяном покрове, ледоходе, заторе льда, заросшем водной растительностью русле, подпоре от ниже-расположенной плотины, сбросах воды выше гидрометрического створа, а также полноты учета стока воды на поймах и в протоках, стока наносов, русловых деформаций; 3) влияния хозяйственной деятельности на речной сток и другие виды анализа. Ненадежные данные гидрологических наблюдений при невозможности их уточнения исключают из расчетного ряда наблюдений [152, 155].

Для рек, в бассейнах которых имеет место интенсивная хозяйственная деятельность, существенно нарушающая естественный гидрологический режим рек (когда суммарное значение его изменений выходит за пределы случайной средней квадратической погрешности исходных данных наблюдений), определение расчетных гидрологических характеристик проводят по двум расчетным схемам, первая из которых предполагает приведение гидрологических рядов наблюдений к естественным однородным стационарным условиям воднобалансовыми и регрессионными методами. При этом в расчетное значение гидрологической характеристики, полученной по естественному ряду, вводят поправку на влияние хозяйственной деятельности, представляющую собой разность между бытовым и естественным стоком. Во второй расчетной схеме гидрологические ряды наблюдений приводят к бытовому стоку за весь период наблюдений в предположении, что сложившийся комплекс хозяйственной деятельности действовал с начала наблюдений. Восстановление бытового стока за

весь период наблюдений производят также воднобалансовыми и регрессионными методами. Определение расчетных гидрологических характеристик в этом случае выполняют по данным за весь период наблюдений без введения поправок на хозяйственную деятельность [152].

При проведении гидрологических расчетов (особенно в случае недостаточности или отсутствия данных наблюдений) широко используется географо-гидрологический метод, предложенный В.Г. Глушковым и развитый его учениками и последователями. Указанный метод предполагает установление качественных и количественных соотношений между элементами ландшафтов, выявление географических закономерностей гидрологического режима и связей между гидрологическими характеристиками и иными параметрами функционирования природно-территориальных комплексов, экстраполяцию данных зависимостей на неизученные объекты [65].

Практическое применение географо-гидрологического метода основывается как на анализе разнообразной информации об условиях формирования геостока, так и подборе рек-аналогов. В последнем случае учитывают следующие условия: 1) однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки; 2) географическую близость расположения водосборов; 3) однородность условий формирования стока, сходство климатических условий, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, близкая степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов; 4) средние высоты водосборов не должны существенно отличаться; 5) отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы воды, изъятие стока на орошение и другие нужды) [152].

Анализ условий формирования гидрологического режима исследуемого водного объекта и объектов-аналогов проводится с использованием следующих гидрографических и физико-географических характеристик [152]: 1) площадь водосбора F_b , км²; 2) гидрографическая длина водотока L_r , км; 3) средневзвешенный уклон водотока J_c (‰), представляющий собой условный выровненный уклон ломаного профиля, эквивалентный сумме частных средних уклонов профиля водотока, вычисляемый по формуле

$$\lg J_c = \sum_{i=1}^N \left(\frac{l_i}{L_r} \cdot \lg J_i \right) \quad \text{или} \quad J_c = \prod_{i=1}^N J_i^{\frac{l_i}{L_r}}, \quad (4.1.1.1)$$

где J_i – частный средний уклон отдельных участков продольного профиля водотока, ‰; l_i – длина частных участков продольного профиля между точками перегиба, км; средневзвешенный уклон определяют только для незарегулированных водотоков, а также для участков рек,

расположенных в нижних бьефах водохранилищ; 4) средняя высота водосбора Z_b (м над уровнем моря), определяемая по гипсографической кривой водосбора или по формуле

$$Z_b = \frac{\sum_{i=1}^N ((Z_{b,i} + Z_{b,i+1}) \cdot \Delta F_{b,i})}{2 \cdot F_b}, \quad (4.1.1.2)$$

где $Z_{b,i}$ – высота поверхности горизонтального сечения (горизонтали), м; $\Delta F_{b,i}$ – площадь между двумя соседними горизонталями, км²; 5) относительная лесистость водосбора f_{fr} , % общей площади водосбора (лес и кустарники на проходимых болотах в лесные угодья не включают); 6) относительная заболоченность водосбора f_{sw} , % общей площади водосбора; вычисляют с разделением болот на верховые и низинные; 7) относительная озерность водосбора f_{lk} (%), представляющая собой отношение суммы площадей всех озер, расположенных на водосборе, к общей площади водосбора; 8) средневзвешенная озерность для непроточных озер f'_{lk} , % общей площади водосбора; вычисляют с учетом расположения озер на водосборе по формуле

$$f'_{lk} = \frac{100 \cdot \sum_{i=1}^N (F_{lka,i} \cdot F_{lkb,i})}{F_b^2}, \quad (4.1.1.3)$$

где $F_{lka,i}$ – площади озер, км²; $F_{lkb,i}$ – площади водосборов этих озер, км²; 9) закарстованность водосбора f_k , % общей площади водосбора; определяют отношением закарстованной площади водосбора ко всей его площади; 10) относительная распаханность водосбора f_{ac} , % общей площади водосбора; определяют отношением площади распаханых земель под сельскохозяйственные культуры на водосборе ко всей его площади; 11) характеристика типа почвогрунтов, слагающих поверхность водосбора; определяют по почвенным картам, а также выделяют пять групп почвогрунтов по механическому составу: глинистые, суглинистые, песчаные, супесчаные и каменистые; 12) средняя глубина залегания уровня грунтовых вод (первого водоносного горизонта); определяют по гидрогеологическим картам; 13) характеристики зарегулированности речной системы искусственными водоемами (количество, расположение и регулирующие емкости); 14) характеристика рельефа (равнинный – относительное колебание высот в пределах водосбора менее 200 м, горный – относительное колебание высот на водосборе более 200 м).

Для малых рек ($F_b < 200$ км²) дополнительно определяют: 1) средний уклон склонов водосбора J_s , ‰; определяют по картам и планам в горизонталях по формуле

$$J_s = \frac{\Delta Z_{bh} \cdot \sum_{i=1}^N l_{lh,i}}{F_b}, \quad (4.1.1.4)$$

где ΔZ_{bh} – высота сечения рельефа, м; $\sum_{i=1}^N l_{lh,i}$ – сумма длин измеренных горизонталей в пределах водосбора, км; 2) густоту речной сети водосбора ρ_m , км/км²; определяют как отношение суммарной длины всех водотоков (рек, каналов, канав) на водосборе к общей площади водосбора:

$$\rho_m = \frac{\sum_{i=1}^N L_{r,i}}{F_b}; \quad (4.1.1.5)$$

3) густоту русловой сети водосбора ρ_{cn} , км/км²; определяют как отношение суммарной длины речных долин, сухих русел, оврагов, балок и логов к общей площади водосбора.

Тип почв, характеристику грунтов, степень закарстованности, глубину залегания уровня грунтовых вод определяют по специальным картам (почвенно-грунтовым и гидрогеологическим), а гидрографические характеристики водных объектов и их водосборов – по новейшим топографическим картам, масштабы которых выбирают в зависимости от размера реки и рельефа водосбора для водотоков – согласно табл. 4.1.1.1, для водоемов – по табл. 4.1.1.2.

Таблица 4.1.1.1

Масштабы карт, используемых для определения площадей водосборов, длин рек и уклонов [152]

Характер местности районов	Масштабы карт при F_b , км ²			
	< 10	10–50	50–200	> 200
Равнинные, пустынные и заболоченные слаборасчлененные	1:10000	1:25000	1:50000	1:100000
Горные и холмистые сильнорасчлененные	1:25000	1:50000	1:100000	1:100000

Таблица 4.1.1.2

Масштабы карт для определения гидрографических характеристик водоемов [152]

Водоемы	Площадь изображения водоема на карте, см ²	Масштабы карт
Крупнейшие и большие	> 1000	1:100000–1:500000
Средние	500–1000	1:50000–1:100000
Малые	100–500	1:25000–1:50000
Самые малые	10–100	1:10000–1:25000

4.1.2. Статистический анализ исходной информации

Корректное использование информации при проведении гидрологических расчетов предполагает ее обязательный анализ на случайность, однородность и согласие эмпирической и теоретической кривой распределения. Этот анализ включает следующие основные этапы: 1) формулировку нулевой и альтернативных гипотез; 2) определение уровня значимости и выбор критической области; 3) принятие решения. Формулировка гипотез осуществляется на основании результатов предварительно проведенного физического анализа информации и существующей физической теории рассматриваемого явления (например, делается предположение о существовании неоднородности изучаемых рядов). Спецификой гидрологических расчетов является то, что в случае наличия данных наблюдений они сводятся к применению аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения (кривых обеспеченностей). Таким образом, один из элементов статистического анализа – проверка на согласие эмпирической и теоретической кривых распределения – одновременно является и одной из важнейших задач гидрологических расчетов [81, 111].

4.1.2.1. Анализ на соответствие теоретической и эмпирических кривых распределения вероятностей

Выбор типа функции распределения осуществляется на основании результатов анализа согласия теоретической и эмпирической кривых с учетом физических особенностей случайной величины при соблюдении условия случайности и однородности. Эмпирическую ежегодную вероятность превышения (обеспеченность) P_e^* (%) гидрологической характеристики Φ определяют по формуле

$$P_e^* = 100 \cdot m / (N + 1), \quad (4.1.2.1.1)$$

где m – порядковый номер членов ряда гидрологической характеристики, расположенных в убывающем порядке; N – общее число членов ряда. Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения ежегодных вероятностей превышения в гидрологических расчетах на территории Российской Федерации, как правило, применяют трехпараметрические распределения: Крицкого–Менкеля при любом отношении коэффициентов асимметрии и вариации C_s/C_v , распределение Пирсона III типа при $C_s/C_v \geq 2$, лог-нормальное распределение при $C_s \geq (3C_v + C_v^3)$ и другие распределения, имеющие предел изменения случайной переменной от нуля или положительного значения до бесконечности [61, 106, 152]. За рубежом в последние десятилетия, помимо названных, достаточно широко используется логарифмическое распределение Пирсона III типа [182].

Параметры распределений Крицкого–Менкеля и Пирсона III типа – среднее многолетнее значение (среднее арифметическое), коэффициент вариации C_v , отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_s/C_v – устанавливаются по рядам наблюдений за рассматриваемой гидрологической характеристикой методом приближенно наибольшего правдоподобия и методом моментов. На начальных стадиях проектирования возможно использование графоаналитического метода (метода квантилей). В настоящее время наиболее удобен для использования метод моментов:

$$\bar{\Phi} = \frac{\sum_{i=1}^N \Phi_i}{N}; \quad (4.1.2.1.1)$$

$$C_v^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (k_i - 1)^2}{N - 1}}; \quad (4.1.2.1.2)$$

$$C_s^* = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N (k_i - 1)^3}{C_v^* \cdot (N - 1) \cdot (N - 2)}, \quad (4.1.2.1.3)$$

где Φ – рассматриваемая гидрологическая характеристика (расход воды, уровень воды и т. д.); $\bar{\Phi}$ – среднее арифметическое; k_i – модульный коэффициент рассматриваемой гидрологической характеристики ($k_i = \Phi_i / \bar{\Phi}$); C_v^* и C_s^* – смещенные оценки коэффициента вариации и асимметрии соответственно. При $C_v^* < 0,6$ и $C_s^* < 1,0$ коэффициенты вариации и асимметрии допускается определять по формулам (4.1.2.1.2), (4.1.2.1.3) без введения поправок на смещенность. В противном случае коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s определяют по формулам:

$$C_v = (a_1 + a_2/N) + (a_3 + a_4/N)C_v^* + (a_5 + a_6/N)C_v^{*2}; \quad (4.1.2.1.4)$$

$$C_s = (b_1 + b_2/n) + (b_3 + b_4/n)C_s^* + (b_5 + b_6/n)C_s^{*2}, \quad (4.1.2.1.5)$$

где a_1, \dots, a_6 ; b_1, \dots, b_6 – коэффициенты, определяемые для распределения Пирсона III типа по табл. 4.1.2.1.1 с учетом коэффициента автокорреляции $r(1)$. Смещенная оценка коэффициента автокорреляции $r^*(1)$ определяется по формуле (4.1.2.1.6), несмещенная оценка – по формуле (4.1.2.1.7):

$$r^*(1) = \frac{\sum_{i=2}^N (\Phi_i - \bar{\Phi}_1) \cdot (\Phi_{i-1} - \bar{\Phi}_2)}{\sqrt{\sum_{i=2}^N (\Phi_i - \bar{\Phi}_1)^2 \cdot \sum_{i=1}^{N-1} (\Phi_i - \bar{\Phi}_2)^2}}; \quad (4.1.2.1.6)$$

$$r(1) = -0,01 + 0,98 \cdot r^*(1) - 0,06 \cdot r^*(1)^2 + \left(\frac{1,66 + 6,46 \cdot r^*(1) + 5,69 \cdot r^*(1)^2}{N} \right), \quad (4.1.2.1.7)$$

$$\text{где } \bar{\Phi}_1 = \frac{\sum_{i=2}^N \Phi_i}{N-1}, \quad \bar{\Phi}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \Phi_i}{N-1} \quad [152].$$

Анализ соответствия теоретической и эмпирической кривых распределения целесообразно начинать с проверки на симметричность. Для этого, согласно [74], проверяется условие:

$$-\Psi \leq M_{C,3} \leq \Psi, \quad (4.1.2.1.8)$$

$$\text{где } M_{C,3} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (\Phi_i - \bar{\Phi})^3; \quad (4.1.2.1.9)$$

$$\Psi = 1,96 \cdot \sigma^3 \cdot \sqrt{\frac{6}{N}}; \quad (4.1.2.1.10)$$

N – объем выборки ($N \geq 20$); $M_{C,3}$ – центральный момент третьего порядка; $\bar{\Phi}$ – среднее арифметическое; σ – среднее квадратическое отклонение. Если $\Psi < M_{C,3}$, то распределение с уровнем значимости 5 % положительно асимметрично; если $M_{C,3} < -\Psi$, то отрицательно асимметрично. Если распределение симметрично (то есть выполняется условие (4.1.2.1.8)), то определяется параметр:

$$\Delta\Psi = \frac{\bar{\Phi} - \Phi_{\min}}{\sigma}, \quad (4.1.2.1.11)$$

где Φ_{\min} – нижний предел величины Φ . В случае, если выполняется условие (4.1.2.1.8) и $\Delta\Psi \geq 3,9$, в первом приближении может быть принято нормальное распределение. Окончательное решение принимается после использования критериев согласия, например критерия Колмогорова–Смирнова и критерия $K(n\omega^2)$.

Критерий Колмогорова–Смирнова (приводится по [74, 111]). Критерий Колмогорова–Смирнова применим при $N > 30$. Методика проверки заключается в расчете статистик $D_{KS}^* = \max |P_{t,i}^* - P_{e,i}^*|$ и $K(\lambda_f) = D_{KS}^* \cdot \sqrt{N}$.

Если $K(\lambda_f) < K(\lambda_\alpha)$, то нулевая гипотеза о согласии эмпирической и теоретической кривых распределения не отвергается. Величина $K(\lambda_\alpha)$ с заданным уровнем значимости определяется по таблице распределения Колмогорова (при уровне значимости $\alpha = 5\%$ $K(\lambda_{5\%}) = 1,36$).

Критерий $K(n\omega^2)$. Согласно [111], этот критерий обеспечивает наиболее полное использование информации, заключенной в фактических наблюдениях. Применим при $N > 40$. Проверка согласия состоит в расчете статистики $K(n\omega_f^2) = \sum_{i=1}^n [P_{t,i}^* - P_{e,i}^*]^2$. Если вычисленное значение

статистики больше теоретического значения $K(n\omega_\alpha^2)$, то нулевая гипотеза о соответствии теоретической кривой эмпирическому распределению

отвергается. Если удовлетворительные результаты получены после использования двух и более критериев, то наилучшим результатом, согласно [111], считается тот, при котором полученное значение уровня значимости наибольшее.

Таблица 4.1.2.1.1

Значения коэффициентов a и b в формулах (4.1.2.1.4, 4.1.2.1.5) [152]

Значение C_s/C_v	$r(1)$	Коэффициенты					
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
2	0	0	0,19	0,99	-0,88	0,01	1,54
	0,3	0	0,22	0,99	-0,41	0,01	1,51
	0,5	0	0,18	0,98	0,41	0,02	1,47
3	0	0	0,69	0,98	-4,34	0,01	6,78
	0,3	0	1,15	1,02	-7,53	-0,04	12,38
	0,5	0	1,75	1,00	-11,79	-0,05	21,13
4	0	0	1,36	1,02	-9,68	-0,05	15,55
	0,3	-0,02	2,61	1,13	-19,85	-0,22	34,15
	0,5	-0,02	3,47	1,18	-29,71	-0,41	58,08
	$r(1)$	Коэффициенты					
		b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
	0	0,03	2,00	0,92	-5,09	0,03	8,10
	0,3	0,03	1,77	0,93	-3,45	0,03	8,03
0,5	0,03	1,63	0,92	-0,97	0,03	7,94	

4.1.2.2. Анализ на случайность

Проверка гипотезы случайности рассматриваемой величины или функции является неотъемлемым этапом статистического анализа. Сущность проверки заключается в выяснении вопроса, является ли изменение данной величины случайным или закономерным, связанным с каким-либо постоянно действующим физическим фактором [111]. Для этого используются критерии, основанные на сравнении свойств исследуемого процесса со свойствами последовательности, в которой тренд заведомо отсутствует. Существует целый ряд подобных критериев, в том числе критерий Питмена.

Критерий Питмена (приводится по [170] для наиболее простого случая – линейного тренда). Пусть зависимость гидрологической характеристики Φ от времени t имеет вид

$$\Phi(t) = a \cdot t + b + \xi, \quad (4.1.2.2.1)$$

где t – год; a , b – эмпирические константы; ξ – случайная величина. Гипотеза о неслучайном изменении $\Phi(t)$ принимается, если при заданном уровне значимости фактическое значение статистики $K(\tau_f)$, вычисленное по формулам (4.1.2.2.2, 4.1.2.2.3), больше критического значения.

$$K(\tau_f) = \frac{r_a \cdot \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r_a^2}}, \quad (4.1.2.2)$$

$$r_a = a \cdot \sqrt{\frac{D_t^*}{D_\phi^*}}, \quad (4.1.2.3)$$

где D_t^* и D_ϕ^* – дисперсия временного ряда и максимальных годовых уровней соответственно. Критическое значение $K(\tau_\alpha)$ находится как квантиль распределения Стьюдента при заданном уровне значимости и числе степеней свободы $N-2$.

4.1.2.3. Анализ на однородность

Оценку однородности рядов гидрологических наблюдений осуществляют на основе генетического и статистического анализов исходных данных наблюдений. Генетический анализ условий формирования речного стока заключается в выявлении физических причин, обуславливающих неоднородность исходных данных наблюдений [152]. Для количественной оценки статистической однородности могут использоваться критерии двух типов: параметрические и непараметрические. В параметрических критериях при вычислении статистики используются выборочные оценки параметров распределения. При этом считается, что исходная выборка относится к генеральной совокупности с известным типом распределения. Непараметрические критерии базируются на использовании непараметрических статистик, то есть ее распределение не зависит от распределения анализируемых переменных. Необходимым условием применения критериев однородности является предварительная проверка случайности используемой информации, поскольку неучет внутривыборочных связей может привести к тому, что однородные данные будут признаны неоднородными, а неучет корреляционных связей между рядами наблюдений, наоборот, к тому, что неоднородные данные будут отнесены к однородным [111]. На практике обычно применяют параметрические критерии (Фишера – для проверки однородности выборочных дисперсий; Стьюдента – для проверки однородности выборочных дисперсий) [152]. Из непараметрических критериев чаще всего используется критерий Уилкоксона [107].

Критерий Фишера (приводится по [74, 101, 111]). Однородность двух выборок, состоящих из нормально распределенных случайных величин, можно проверить с помощью критерия Фишера:

$$K(F_f) = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, \quad \sigma_1 > \sigma_2. \quad (4.1.2.3.1)$$

Величина $K(F_f)$ подчиняется закону распределения Фишера. Если $K(F_f) < K(F_{\alpha, \nu_1, \nu_2})$ (числа степеней свободы $\nu_1 = N_1 - 1$, $\nu_2 = N_2 - 1$; N_1 и N_2 – объемы сравниваемых выборок с соответствующими стандартными отклонениями σ_1 и σ_2), то гипотеза однородности дисперсий не отвергается [74].

Критерий Стьюдента (приводится по [74, 101]). Из множества параметрических критериев рассмотрим наиболее часто используемый критерий Стьюдента для случайных величин, распределенных по нормальному закону:

$$K(S_f) = \frac{|\bar{\Phi}_1 - \bar{\Phi}_2|}{\sqrt{N_1 \cdot \sigma_1^2 + N_2 \cdot \sigma_2^2}} \cdot \frac{\sqrt{N_1 \cdot N_2 \cdot (N_1 + N_2 - 2)}}{\sqrt{N_1 + N_2}}, \quad (4.1.2.3.2)$$

где $\bar{\Phi}_1$ и $\bar{\Phi}_2$ – средние значения для сравниваемых выборок. Если $K(S_f) < K(S_\alpha)$, то с заданным уровнем значимости принимается гипотеза $\bar{\Phi}_1 = \bar{\Phi}_2$ (число степеней свободы $\nu = N_1 + N_2 - 2$, $N_1 \geq 2$, $N_2 \geq 2$). При распределении вероятностей, отличном от нормального, и наличии автокорреляции в критическое значение вводится поправка:

$$K(S_\alpha)' = k_{st} K(S_\alpha), \quad (4.1.2.3.3)$$

где k_{st} – переходный коэффициент, определяемый согласно [74, 101].

Критерий Уилкоксона (приводится по [111]). Из числа непараметрических критериев однородности средних широкое распространение получил критерий Уилкоксона, основанный на подсчете числа инверсий. Пусть имеется последовательность, составленная из двух выборок Φ_1 и Φ_2 объемом N_1 и N_2 соответственно: $\Phi_{2,1}\Phi_{1,1}\Phi_{1,2}\Phi_{2,2}\Phi_{2,3}\Phi_{2,4}\Phi_{1,3}\Phi_{2,5}\Phi_{2,6}\Phi_{1,4}$. Если какому-либо значению Φ_1 предшествует некоторое значение Φ_2 , то говорят, что пара образует инверсию. Например, в рассматриваемой последовательности $\Phi_{1,1}$ и $\Phi_{1,2}$ образует по одной инверсии с $\Phi_{2,1}$, $\Phi_{1,3}$ образует 4 инверсии (с $\Phi_{2,1}$, $\Phi_{2,2}$, $\Phi_{2,3}$, $\Phi_{2,4}$), а $\Phi_{1,4}$ – 6 инверсий (с $\Phi_{2,1}$, $\Phi_{2,2}$, $\Phi_{2,3}$, $\Phi_{2,4}$, $\Phi_{2,5}$, $\Phi_{2,6}$), то есть всего 12 инверсий ($K(u_f) = 12$). Если объем выборки не менее 10, то число инверсий приближенно подчиняется нормальному закону распределения с математическим ожиданием $M_u = 0,5N_1N_2$ и дисперсией $D_u^* = (N_1 + N_2 + 1) N_1N_2 / 12$. Границы критической области для нулевой гипотезы об однородности средних:

$$K(u_f) \leq M_u - k_{n,\alpha} \cdot \sigma_{u,k}; \quad K(u_f) \geq M_u + k_{n,\alpha} \cdot \sigma_{u,k}, \quad (4.1.2.3.4)$$

где $k_{n,\alpha}$ – квантиль нормального распределения; $\sigma_{u,k} = \sqrt{D_u^*}$. Если число инверсий $K(u_f)$ оказывается в критической области, то нулевая гипотеза о принадлежности сравниваемых выборок к одной генеральной совокупности отвергается ($K(u_5\%) = 1,65$).

4.1.3. Выбор расчетной схемы

В зависимости от количества достоверной информации, необходимой для определения искомой гидрологической характеристики, используются три способа гидрологических расчетов: 1) при наличии данных наблюдений; 2) при их недостаточности; 3) при их отсутствии [152]. Общие условия, определяющие степень гидрометеорологической изученности, приведены в табл. 3.2.1.

4.1.3.1. Обоснование расчета при наличии наблюдений

Продолжительность периода наблюдений считают достаточной, если рассматриваемый период представителен (табл. 3.2.1), а относительная средняя квадратическая погрешность расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики не превышает 10 % для годового и сезонного стоков и 20 % – для максимального и минимального стоков. Случайную среднюю квадратическую погрешность выборочных средних находят по формуле (4.1.3.1.1) или (4.1.3.1.2), случайную среднюю квадратическую ошибку коэффициентов вариации при $C_s = 2C_v$ – по формуле (4.1.3.1.3).

$$\sigma_{\Phi} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \cdot \sqrt{\frac{1+r}{1-r}}, \quad r < 0,5. \quad (4.1.3.1.1)$$

$$\sigma_{\Phi} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{2 \cdot r}{N \cdot (1-r)} \cdot \left(N - \frac{1-r^N}{1-r}\right)}{1 - \frac{2 \cdot r}{N \cdot (N-1) \cdot (1-r)} \cdot \left(N - \frac{1-r^N}{1-r}\right)}}, \quad r \geq 0,5. \quad (4.1.3.1.2)$$

$$\sigma_{C_v} = \frac{C_v}{N + 4 \cdot C_v^2} \cdot \sqrt{\frac{N \cdot (1 + C_v^2)}{2} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot C_v \cdot r^2}{1+r}\right)}, \quad (4.1.3.1.3)$$

где N – объем выборки; r – коэффициент автокорреляции; σ – среднее квадратическое отклонение исследуемой характеристики Φ . Если относительные средние квадратические погрешности превышают указанные пределы, а период наблюдений нерепрезентативен, то необходимо использовать способ определения гидрологических характеристик при недостаточности данных наблюдений [152].

4.1.3.2. Обоснование расчета при недостаточности наблюдений

Сущность расчета при недостаточности данных наблюдений заключается в удлинении имеющихся коротких рядов с привлечением данных наблюдений на аналогах. Вывод о недостаточности исходных данных, как было указано выше, формулируется в случаях, когда име-

ются достоверные данные наблюдений, но средняя квадратическая погрешность расчетного значения гидрологической характеристики превышает 10 % для годового и сезонного стоков, 20 % – для максимального и минимального стоков. Случайные средние квадратические погрешности определяют по формулам (4.1.3.1.1)–(4.1.3.1.3).

Выбор аналогов осуществляется на основе анализа условий формирования геостока с учетом следующих условий [152]: 1) однотипность стока аналога и исследуемого объекта; 2) географическая близость расположения водосборов; 3) однородность условий формирования стока, сходство климатических условий, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, близкая степень озерности, лесистости, заболоченности и распаханности водосборов; 4) средние высоты водосборов не должны существенно отличаться, для горных и полугорных районов учитывается экспозиция склона и гипсометрия; 5) отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы воды, изъятие стока на орошение и другие нужды); б) наличие синхронности в колебаниях речного стока расчетного створа и аналогов, количественно выраженной через коэффициент парной или множественной корреляции между стоком в этих пунктах.

Методика выбора аналога включает: 1) анализ природного районирования исследуемой территории и выбор возможных аналогов в пределах района с однородными гидрологическими и физико-географическими условиями; 2) расчет матрицы парных коэффициентов корреляции с учетом пространственной корреляционной функции $r(L)$, представляющей собой зависимость коэффициентов парной корреляции стока рек от расстояния L между центрами тяжести водосборов (коэффициент корреляции должен быть больше или равен критическому значению r_α , ориентировочно $r_\alpha = 0,7$); 3) регрессионный анализ с целью восстановления стока исследуемой реки по данным объекта-аналога при соблюдении следующих условий: $N' \geq (6-10)$; $r_* \geq r_{*,\alpha}$; $r/\sigma_r \geq 2$, $k_r/\sigma_{kr} \geq 2$, где N' – число совместных лет наблюдений в приводимом пункте и пунктах-аналогах ($N' \geq 6$ при одном аналоге, $N' \geq 10$ при двух и более аналогах) или число пунктов-аналогов при восстановлении с привлечением кратковременных наблюдений ($N' \geq 6$); r_* – коэффициент парной или множественной корреляции между значениями стока исследуемой реки и значениями стока в пунктах-аналогах; k_r – коэффициент уравнения регрессии; σ_{kr} – средняя квадратическая погрешность коэффициента регрессии; r_α – критическое значение коэффициента парной или множественной корреляции. Если хотя бы один из коэффициентов уравнения регрессии не удовлетворяет условию $k_r/\sigma_{kr} \geq 2$, то это уравнение не ис-

пользуют для приведения к многолетнему периоду; 4) оценку эффективности полученных эмпирических зависимостей и формул на основе анализа остатков, расчета устойчивости параметров и коэффициентов этих зависимостей с проверкой на зависимом и независимом материалах наблюдений; выбор на основе полученных результатов расчетного уравнения регрессии при соблюдении условия $SD/\sigma \leq 0,8$, где

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Phi_{o,i} - \Phi_{c,i})^2}{N - m}}; \quad (4.1.3.2.1)$$

Φ_o и Φ_c – наблюдаемое и расчетное значения искомой характеристики; m – количество параметров в расчетном уравнении [6, 61, 184]. Коэффициенты регрессии определяют методом наименьших квадратов.

Необходимо отметить, что, во-первых, при восстановлении гидрологических рядов допускается использование региональных зависимостей рассматриваемой гидрологической характеристики от метеорологической и другой информации. Во-вторых, приведение рядов гидрологических характеристик и их параметров к многолетнему периоду может осуществляться по материалам кратковременных полевых гидрометеорологических изысканий общей продолжительностью менее шести лет при допустимом значении пространственно-корреляционной функции и достаточном объеме совпадающих наблюдений на исследуемой реке и реке-аналоге по формуле

$$\Phi_j \approx \Phi_i (\Phi_{j,a} / \Phi_{i,a}), \quad (4.1.3.2.2)$$

где Φ_i и $\Phi_{i,a}$ – наблюдаемые значения речного стока соответственно в пункте с кратковременными наблюдениями и в пунктах-аналогах с регулярными наблюдениями; Φ_j и $\Phi_{j,a}$ в зависимости от требуемых решений могут обозначать восстанавливаемые значения стока за конкретные годы, погодичные значения за пределами гидрометрических наблюдений в пункте проектирования, норму стока или значения стока заданной обеспеченности [152].

4.1.3.3. Обоснование расчета при отсутствии наблюдений

В случае, когда данные наблюдений отсутствуют, параметры распределения и расчетные значения определяют с помощью следующих основных методов: 1) водного баланса; 2) гидрологической аналогии; 3) осреднения в однородном районе; 4) построения карт изолиний; 5) построения региональных зависимостей стоковых характеристик от основных физико-географических факторов водосборов; 6) построения зависимостей между погодичными стоковыми характеристиками и стокоформирующими факторами [80, 152].

4.2. Водный сток и его внутригодовое распределение

Расчет любых гидрологических характеристик целесообразно начинать с соответствующей классификации исследуемой территории с учетом того, что она в полной мере отражает особенности рассматриваемой характеристики. Последующие этапы, как правило, включают расчет нормы, характерных максимальных и минимальных значений, а также внутригодового распределения. Это относится и к водному стоку, обычно выражаемому в виде расхода Q или модуля M_Q .

4.2.1. Норма стока

4.2.1.1. Определение при наличии наблюдений

Определение характерных среднегодовых значений гидрологической величины проводится с применением аналитических функций распределения вероятностей превышения. При этом оценки параметров распределения (среднее многолетнее значение \bar{Q} , коэффициент вариации C_v и отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_s/C_v) обычно устанавливают по рядам наблюдений методами наибольшего правдоподобия и моментов.

4.2.1.2. Определение при недостаточности наблюдений

В практике наиболее распространены два способа расчета нормы стока: 1) по параметрам распределения аналога; 2) по восстановленному ряду погодичных значений. В первом случае приведение среднего значения к более длительному периоду осуществляют по формуле

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_{Nc} + r \cdot \frac{\sigma_{Nc}}{\sigma_{Nc,a}} (\bar{Q}_{N,a} - \bar{Q}_{Nc,a}), \quad (4.2.1.2.1)$$

где Q_{Nc} , $Q_{Nc,a}$ – среднеарифметические значения расхода воды соответственно для исследуемой реки и реки-аналога, вычисленные за период совместных наблюдений; $\bar{Q}_{N,a}$, $\bar{Q}_{Nc,a}$ – норма стока за N -летний период для исследуемой реки и реки-аналога; σ_{Nc} , $\sigma_{Nc,a}$ – средние квадратические отклонения гидрологической характеристики за совместный период наблюдений Nc для исследуемой реки и реки-аналога; r – коэффициент корреляции.

Относительную среднюю квадратическую погрешность приведенной к многолетнему периоду нормы стока определяют по формуле

$$\varepsilon_A = \frac{100 \cdot \sigma_{Nc}}{\bar{Q}_N \cdot \sqrt{Nc} \cdot \sqrt{1 + r^2 \cdot \frac{\sigma_{N,a}^2}{N \cdot \sigma_{Nc,a}^2} - 1}}; \quad (4.2.1.2.2)$$

коэффициент вариации $C_{v,N}$ определяют по формуле

$$C_{v,N} = \frac{\sigma_{Nc}}{\bar{Q} \cdot \sqrt{1-r^2 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{Nc,a}^2}{\sigma_{N,a}^2}\right)}}, \quad (4.2.1.2.3)$$

где $\sigma_{N,a}$ – среднее квадратическое отклонение гидрологической характеристики реки-аналога за N -летний период.

Во втором случае проводится восстановление погодичных значений по регрессионным зависимостям, а затем рассчитываются параметры распределения. Расчетные значения коэффициентов асимметрии C_s и автокорреляции $r(1)$ принимают на основе анализа отношения C_s/C_v и $r(1)$ по рекам-аналогам [152].

4.2.1.3. Определение при отсутствии наблюдений

Согласно [80, 152], при отсутствии гидрометрических наблюдений в расчетном створе параметры распределения годового стока и расчетные значения гидрологических характеристик определяются с помощью методов, указанных в разделе 4.1.3.3, а также путем осреднения в однородном районе. Метод водного баланса применяется при наличии качественных наблюдений за основными составляющими водного баланса. При его использовании большое значение имеет оценка случайных и систематических погрешностей выполненных расчетов. Метод гидрологической аналогии предусматривает подбор рек-аналогов исходя из требований, указанных в разделе 4.1.3.2. Метод осреднения в однородном гидрологическом районе применяется при статистической однородности параметров распределения. При этом расчетное значение параметров в исследуемом створе определяют как среднее арифметическое значение для рек-аналогов, имеющих наиболее продолжительные ряды наблюдений, или по приведенным к многолетнему периоду данным. Однородность параметров распределения устанавливается с использованием статистических критериев однородности.

Метод построения карт изолиний используется при статистической неоднородности значений гидрологических характеристик и предполагает использование районных карт изолиний, которые строятся на основе использования всей имеющейся гидрологической информации, приведенной к многолетнему периоду. В значения среднего многолетнего зонального стока малых рек, определенные по региональной карте изолиний, вводят поправки на влияние местных азональных факторов. Эти факторы учитывают неполное дренирование реками подземных вод, наличие карста, выходов подземных вод, особенности геологического строения бассейна, характер почв (грунтов), промерзание и пересыха-

ние рек, различие средних высот водосборов и другие особенности формирования годового стока рек. Поправки определяются путем построения зависимостей среднего многолетнего зонального стока от азональных факторов.

Метод построения региональных зависимостей для определения параметров распределения и расчетных гидрологических характеристик в зависимости от влияющих факторов включает в себя следующие основные этапы: 1) выбор предполагаемых основных физико-географических факторов для исследуемого однородного района (площадь водосбора, средняя высота водосбора, уклоны водосбора и реки, озерность, заболоченность, зеленность, параметры рядов метеофакторов и другие); 2) построение и анализ однофакторных зависимостей гидрологических характеристик от региональных факторов с целью выбора основных из них; 3) предварительное формирование общей структуры региональной зависимости на основе генетического анализа и условий формирования стока, результатов анализа однофакторных зависимостей; 4) построение региональных зависимостей и формирование окончательного вида расчетных формул; 5) оценка эффективности построенных региональных зависимостей и формул [80, 152].

4.2.2. Максимальный сток

4.2.2.1. Определение при наличии наблюдений

Расчетные характеристики максимального стока весеннего половодья и дождевых паводков определяются в целом так же, как и норма стока. Специфика расчетов заключается в способе формирования исходных рядов и использовании в ряде случаев гарантийных поправок. При невозможности разделения максимальных годовых расходов воды на максимумы дождевых и талых вод допускается построение кривых распределения независимо от происхождения максимумов [152].

4.2.2.2. Определение при недостаточности наблюдений

Характеристики максимального стока, как и в случае расчета нормы стока, определяются на основе регрессионного анализа: 1) по параметрам распределения вероятностей для аналога; 2) восстановленному ряду значений по годам.

4.2.2.3. Определение при отсутствии наблюдений

Расчетные формулы максимальных расходов в целом делятся на три основные группы: 1) редуccionные, отражающие уменьшение модуля стока с возрастанием площади водосбора; 2) предельной интенсивности, связывающие максимальный расход Q_{\max} с наибольшей ин-

тенсивностью водоотдачи из снегового покрова или дождя за время добега; 3) объемные, характеризующие связь максимальных расходов с объемом стока и продолжительностью половодья или паводка. Фактически во всех трех случаях речь идет о зависимости вида

$$Q_{\max} = \frac{V_w}{\tau}, \quad (4.2.2.3.1)$$

где V_w – объем стока; τ – время добега в зависимости от площади водосбора или продолжительности и интенсивности дождя [116].

4.2.2.3.1. Половодье

Основная расчетная формула (редукционная) для определения максимального расхода воды половодья $Q_{\max,p}$ %, ($\text{м}^3/\text{с}$) заданной вероятности превышения P^* имеет вид

$$Q_{\max,p} = \frac{K_0 \cdot Y_{\max,p} \cdot \mu_{fl} \cdot \delta_{fl} \cdot \delta_{fl1} \cdot \delta_{fl2} \cdot F_b}{(F_b + F_{b1})^{rc}}, \quad (4.2.2.3.1.1)$$

где K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья; рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы (4.2.2.3.1.1); $Y_{\max,p}$ – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания) ежегодной вероятности превышения P^* , мм; определяют в зависимости от коэффициента вариации C_v и отношения C_s/C_v , а также среднего многолетнего слоя стока Y_{fla} ; μ_{fl} – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды (табл. 4.2.2.3.1.1); δ_{fl} , δ_{fl1} , δ_{fl2} – коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озер (δ_{fl}), залесенности (δ_{fl1}) и заболоченности речных водосборов (δ_{fl2}) на максимальные расходы воды; F_b – площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа, км^2 ; F_{b1} – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км^2 ; rc – показатель степени редукции [80, 152]. При отсутствии уменьшения редукции в зоне малых площадей водосборов параметр F_{b1} принимается равным единице. Параметры F_{b1} и rc могут быть приняты по табл. 4.2.2.3.1.2.

Коэффициент δ_{fl} определяется по формуле

$$\delta_{fl} = 1 / (1 + C_{fl,L} f'_{lk}), \quad (4.2.2.3.1.2)$$

где $C_{fl,L}$ – эмпирический коэффициент, принимаемый равным 0,2 для лесной и лесостепной зон и 0,4 – для степной зоны. При наличии озер, расположенных вне главного русла и основных притоков, коэффициент δ_{fl} принимается таким: $\delta_{fl} = 1$ для $f'_{lk} < 2$ %; $\delta_{fl} = 0,8$ для $f'_{lk} \geq 2$ % [152]. Со-

гласно [101], при отсутствии сведений о площадях водосборов озер среднюю взвешенную озерность f'_{lk} допускается определять по формуле

$$f'_{lk} = (f_{lk} - 2) / 2,8, \quad (4.2.2.3.1.3)$$

где f_{lk} – относительная озерность, %.

Таблица 4.2.2.3.1.1

Коэффициент μ_f в формуле (4.2.2.3.1.1) [101]

Природная зона	Обеспеченность, %					
	0,1	1	3	5	10	50
Тундра и лесная зона	1,02	1,0	0,97	0,96	0,93	0,86
Лесостепная	1,04	1,0	0,96	0,93	0,89	0,72
Степная	1,04	1,0	0,97	0,96	0,93	0,79
Засушливые степи и полупустыни	1,02	1,0	0,98	0,97	0,96	0,80

Таблица 4.2.2.3.1.2

Параметры rc и F_{b1} в формуле (4.2.2.3.1.1) [101]

Природная зона	rc	F_{b1}
Тундра и лесная зона (Европейская территория (ЕТ) РФ, Западная и Восточная Сибирь)	0,17	1
Лесостепная зона (ЕТ РФ, Западная Сибирь)	0,25	2
Степная зона, зона засушливых степей и полупустынь (ЕТ РФ, Западная Сибирь, Западн. и Центральн. Казахстан)	0,35	10

Таблица 4.2.2.3.1.3

Коэффициенты α'_{fl} и rc' в (4.2.2.3.1.4) [101]

Природная зона	Расположение леса на водосборе	Коэффициент α'_{fl} при f_{fr} , %			Коэффициент редукции rc' для почвогрунтов под лесом		
		3–9	10–19	20–30	различного механического состава	супесчаных	суглинистых
Лесная	А	1,0	1,0	1,0	0,22	–	–
	В	0,85	0,80	0,75	0,22	–	–
	С	1,20	1,25	1,30	0,22	–	–
Лесостепь	А, С	1,0	1,0	1,0	0,16	0,20	0,10
	В	1,25	1,30	1,40	0,16	0,20	0,10

Примечание. Расположение леса на водосборе: А – равномерное; В – в верхней части водосбора; С – в нижней части водосбора; в лесной зоне $rc' = 0,22$; если $f_{fr} > 30$ %, то $\alpha'_{fl} = 1,0$.

Коэффициент δ_{fl1} для равнинных рек рассчитывается по формуле

$$\delta_{fl1} = \frac{\alpha'_{fl}}{(f_{fr} + 1)^{rc'}}, \quad (4.2.2.3.1.4)$$

где rc' – коэффициент редукиции; α'_{fl} – эмпирический коэффициент; f_{fr} – лесистость. Коэффициенты α'_{fl} и rc' принимают по табл. 4.2.2.3.1.3. Для горных рек $\delta_{fl1} = 1$ [152]. Коэффициент δ_{fl2} определяют по формуле

$$\delta_{fl2} = 1 - \beta_{fl} \cdot \lg(0,1 \cdot f_{sw} + 1), \quad (4.2.2.3.1.5)$$

где β_{fl} – эмпирический коэффициент, определяемый по табл. 4.2.2.3.1.4; f_{sw} – относительная площадь болот, заболоченных лесов и лугов в бассейне реки (%). Для горных рек $\delta_{fl2} = 1$ [152].

Таблица 4.2.2.3.1.4

Коэффициент β_{fl} в формуле (4.2.2.3.1.5) [101]

Тип болота	β_{fl}
Низинные болота и заболоченные леса и луга на водосборах, сложенных супесчаными и легкосуглинистыми почвогрунтами	0,8
Болота разных типов на водосборе	0,7
Верховые болота на водосборах, сложенных супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами)	0,5
Верховые болота на водосборах, сложенных среднесуглинистыми и глинистыми почвами (грунтами)	0,3

Примечание. К заболоченным территориям относятся земли (леса, луга), избыточно увлажненные со слоем торфа не менее 30 см.

4.2.2.3.2. Дождевые паводки

Выбор типа расчетной формулы для определения максимального срочного расхода воды дождевого паводка проводится, согласно [152], с учетом площади водосбора и наличия аналога (табл. 4.2.2.3.2.1).

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

$$Q_{\max,p} = M'_{Qp,a} \cdot \varphi_{rf} \cdot F_b \cdot \frac{\delta_{rf} \cdot \delta_{rf2}}{\delta_{rf,a} \cdot \delta_{rf2,a}}, \quad (4.2.2.3.2.1)$$

где $M'_{Qp,a}$ – модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога расчетной вероятности превышения P^* ($m^3/(c \cdot km^2)$); φ_{rf} – коэффициент, учитывающий редукицию максимального модуля стока дождевого паводка ($M'_{Q1,a}$) с увеличением площади водосбора (F_b , km^2) или продолжительности руслового времени добегаания (τ_r , мин); рассчитывают в зависимости от значения коэффициента $\eta_{rf} = \frac{L_r \cdot F_{b,a}^{0,56}}{L_{r,a} \cdot F_b^{0,56}}$:

при $\eta_{rf} < 1,5$

$$\varphi_{rf} = \left(\frac{F_{b,a}}{F_b} \right)^{rc_1}; \quad (4.2.2.3.2.2)$$

при $\eta_{rf} \geq 1,5$
$$\Phi_{rf} = \left(\frac{\Theta_a}{\Theta} \right)^{rc_2}, \quad (4.2.2.3.2.3)$$

где rc_1 и rc_2 – степенные коэффициенты, отражающие редукцию максимального модуля стока дождевого паводка $M'_{aQ,1}$ соответственно с увеличением площади водосбора и руслового времени добега; F_{ab} – площадь водосбора аналога, км²; Θ и Θ_a – гидроморфологическая характеристика исследуемой реки и реки-аналога.

$$\Theta = \frac{1000 \cdot L_r}{m_r \cdot J_c^{m^*} \cdot F_b^{0,25}}, \quad (4.2.2.3.2.4)$$

где L_r – длина водотока, км; J_c – средневзвешенный уклон русла водотока, ‰; m_r и m^* – гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока (табл. 4.2.2.3.2.2).

Таблица 4.2.2.3.2.1

Условия применения расчетных формул по определению максимального расхода воды дождевого паводка [152]

Тип формулы	Расчетная формула	Площадь водосбора реки
I	Редукционная формула (4.2.2.3.2.1) при наличии реки-аналога	> 200 км ²
II	Редукционная формула (4.2.2.3.2.7) при отсутствии реки-аналога	То же
III	Формула предельной интенсивности стока (4.2.2.3.2.8)	< 200 км ²
IV	Объемные, генетические и другие формулы, основанные на расчете стока по осадкам	> 0 км ²

Русловое время добега τ_r (ч) для гидрологически изученной реки определяют по формуле

$$\tau_r = \frac{100 \cdot L_r}{v_{\max}} = \frac{100 \cdot L_r}{m_r \cdot J_c^{m^*} \cdot Q_{\max,1}^{0,25}}, \quad (4.2.2.3.2.5)$$

где v_{\max} – максимальное значение средней скорости добега воды по главному водотоку (м/с). Коэффициент δ_{rf} в (4.2.2.3.2.1) определяется:

$$\delta_{rf} = 1 / (1 + C_{rf} f''_{lk}); \quad (4.2.2.3.2.6)$$

если f''_{lk} – относительная озерность (f_{lk}), то $C_{rf} = 0,11$; если f''_{lk} – средневзвешенная озерность (f'_{lk}), то для лесной и лесостепной зон $C_{rf} = 0,2$, а для степной зоны $C_{rf} = 0,4$. Коэффициент δ_{rf2} может быть определен по формуле (4.2.2.3.1.5) с учетом $\beta_{fl} = 0,5$ [152].

Расчетная формула типа II для определения $Q_{\max,p}$ при отсутствии рек-аналогов имеет вид

$$Q_{\max,p} = M_{\max 200} \cdot \delta_{rf} \cdot \delta_{rf2} \cdot \delta_{rf3} \cdot \lambda_{rf,p} \cdot F_b \cdot \left(\frac{200}{F_b} \right)^{rc_1}, \quad (4.2.2.3.2.7)$$

где $M_{\max 200}$ – модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P^* = 1 \%$, приведенный к условной площади водосбора, равной 200 км^2 при $\delta_{rf} = \delta_{rf2} = \delta_{rf3} = 1,0$; определяют для исследуемой реки при наличии региональной карты параметра $M_{\max,200}$ интерполяцией, а при отсутствии – на основе использования многолетних данных гидрологически изученных рек; δ_{rf3} – поправочный коэффициент, учитывающий изменение параметра $M_{\max 200}$ с увеличением средней высоты водосбора Z_b , м, в полугорных и горных районах; $\lambda_{rf,p}$ – переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения $P^* = 1 \%$ к значениям другой вероятности превышения $P^* < 25 \%$.

Таблица 4.2.2.3.2.2

Коэффициенты m^* и m_r в формуле (4.2.2.3.2.4, 4.2.2.3.2.5) [152]

Характеристика русла и поймы	m^*	m_r
Реки и водотоки со средними уклонами $J_c < 35^\circ/\infty$; 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 средним уклоном $J_c \geq 35^\circ/\infty$	1/7	10

Расчетная формула типа III для определения максимального расхода дождевого паводка с $F_b < 200 \text{ км}^2$ имеет вид

$$Q_{\max, p\%} = M'_{\max,1} \cdot \varphi_{rf1} \cdot Y_{r,1} \cdot \delta_{rf} \cdot \lambda_{rf,p} \cdot F_b, \quad (4.2.2.3.2.8)$$

где $Y_{r,1}$ – максимальный суточный слой осадков обеспеченностью 1 % (мм); определяется по данным ближайших метеостанций; φ_{rf1} – сборный коэффициент стока; $M'_{\max,1}$ – относительный модуль максимального срочного расхода воды обеспеченностью $P = 1 \%$:

$$M'_{\max,1} = \frac{M_{\max,1}}{\varphi_{rf1} \cdot Y_{r,1}}. \quad (4.2.2.3.2.9)$$

Величину $M'_{\max,1} \%$ определяют в зависимости от гидроморфометрической характеристики русла Θ_r и продолжительности склонового добега τ_s , мин. Гидроморфометрическую характеристику русла Θ_r определяют по формуле

$$\Theta_r = \frac{1000 \cdot L_r}{m_r \cdot J_c^{m^*} \cdot F_b^{0,25} \cdot (\varphi_{rf1} \cdot Y_{r,1})^{0,25}}. \quad (4.2.2.3.2.10)$$

Сборный коэффициент стока φ_{rf1} для равнинных рек при отсутствии рек-аналогов определяется по формуле

$$\varphi_{rf1} = M_{\max,1,a} \cdot \frac{(F_{b,a} + 1)^{rc_3}}{(F_b + 1)^{rc_3}} \cdot \frac{1}{16,67 \cdot \Psi(\tau_b) \cdot \delta \cdot Y_{r,1}} \cdot \left(\frac{J_s}{J_{s,a}} \right)^{rc_4}, \quad (4.2.2.3.2.11)$$

где величины с индексом «а» относятся к реке-аналогу; rc_3 – коэффициент, принимаемый для лесотундры и лесной зоны равным 0,07, а для остальных природных зон – 0,11 [101]; rc_4 – коэффициент, определяемый по табл. 4.2.2.3.2.3; $16,67 \cdot \Psi(\tau_b)$ – ордината кривой редукции осадков [152]; τ_b – продолжительность бассейнового добегаания, мин.

$$\tau_b = 1,2 \cdot \tau_r^{1,1} + \tau_s, \quad (4.2.2.3.2.12)$$

где τ_r определяют по формуле (4.3.3.2.5); значение τ_s в первом приближении принимается по табл. 4.2.2.3.2.4, а затем уточняется с учетом гидроморфологической характеристики склонов Θ_s :

$$\Theta_s = \frac{(1000 \cdot L_s)^{0,5}}{m_s \cdot J_s^{0,25} \cdot (\varphi_{rf1} \cdot Y_{r,1})^{0,5}}, \quad (4.2.2.3.2.13)$$

где J_s – средний уклон склонов, ‰; m_s – коэффициент шероховатости склонов (табл. 4.2.2.3.2.5); L_s – средняя длина безрусловых склонов водосбора по формуле

$$L_s = \frac{1}{k_{cn} \cdot \rho_{cn}}. \quad (4.2.2.3.2.14)$$

Здесь ρ_{cn} – густота русловой и овражно-балочной сетей водосбора, км/км²; для односкатных склонов $k_{cn} = 0,9$, а для двускатных $k_{cn} = 1,8$.

Последовательность вычислений следующая: по вычисленному значению Θ_s (по (4.2.2.3.2.13)) определяется продолжительность склонового добегаания τ_s с учетом гидроморфологической характеристики склонов Θ_s согласно [101, 152]; полученное значение $\tau_{s,j+1}$ сравнивается со значением $\tau_{s,j}$, принятым ориентировочно по табл. 4.2.2.3.2.4; при большом расхождении расчет повторяется с учетом $\tau_{s,j} = \tau_{s,j+1}$. При отсутствии рек-аналогов расчет проводят подобным образом, но с определением сборного коэффициента φ_{rf1} по формуле

$$\varphi_{rf1} = \frac{C_{rf2}}{(F_b + 1)^{rc_3}} \cdot \varphi_{rf0} \cdot \left(\frac{J_s}{50} \right)^{rc_4}, \quad (4.2.2.3.2.15)$$

где C_{rf2} – коэффициент, принимаемый для тундры и лесной зоны равным 1,2, а для остальных природных зон – 1,3; φ_{rf0} – сборный коэффициент стока для условного водосбора с площадью 10 км² (табл. 4.2.2.3.2.3); коэффициенты rc_4 и rc_3 определяют так же, как и в (4.2.2.3.2.11).

Таблица 4.2.2.3.2.3

Параметры rc_4 и φ_{f0} в формулах (4.2.2.3.2.11, 4.2.2.3.2.15) [101]

Природная зона	Тип почв	Механический состав почв					
		глинистые и тяжело-суглинистые		среднесуглинистые		супесчаные, песчаные, обнажения горных пород	
		φ_{f0}	rc_4	φ_{f0}	rc_4	φ_{f0}	rc_4
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
Лесостепная	Подзолистые, серые лесные, черноземы мощные, на плотных породах, светло- и темно-серые оподзоленные	0,66	0,60	0,54	0,70	0,27	0,90
	Черноземы выщелоченные, типичные, обыкновенные, южные, темно-каштановые	0,59	0,70	0,22	0,85	0,14	1,00
Степная и засушливых степей	Черноземы выщелоченные, типичные, южные	0,18	0,80	0,10	0,90	0,05	1,00
	Каштановые, сероземы малокарбонатные, карбонатные	0,29	0,90	0,14	0,90	0,12	1,00
	Такыровидные	0,30	1,00	0,20	1,00	–	–

Для водотоков со средним уклоном склонов более 150 ‰ сборный коэффициент стока φ_{f1} рассчитывают по (4.2.2.3.2.15) при $J_s = 150 ‰$, а для водотоков со средним уклоном менее 15 ‰ по той же формуле при $J_s = 15 ‰$ [152]. При различной крутизне склонов или значительной пестроте почвогрунтов сборный коэффициент φ_{f1} принимают как средневзвешенное значение.

Таблица 4.2.2.3.2.4

Значения τ_s в разных природных зонах [152]

Природная зона	τ_s , мин
Тундра и лесная зона	
при заболоченности менее 20 %	60
при заболоченности 20...40 %	100
при заболоченности более 40 %	50
Лесостепная зона	60
Степная зона и зона засушливых степей	30
Полупустынная зона	10
Полугорные и горные районы	10

Таблица 4.2.2.3.2.5

Значения t_s в формуле (4.2.2.3.2.13) [152]

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 4.2.2.3.2.6

Коэффициент склонового стока θ_{rfp} в формуле (4.2.2.3.2.16) [100]

Районы и их номера	Коэффициент склонового стока θ_{rfp} для обеспеченностей, %				
	0,33	1	2	3	10
Сев. районы Вьетнама, Непал, Индонезия, Северная Индия, Восточный Пакистан, Лаос	1	1–0,9	0,9–0,8	0,8–0,7	0,55–0,45
Хабаровский край, Черномор. побережье Кавказа, Вост. Закавказье, ливнеопасные предгорные районы Средней Азии, Зап. Пакистан, районы 8–10	1–0,9	0,9–0,8	0,8–0,7	0,7–0,6	0,45
Ливнеопасные районы Карпат, Крыма, Афганистана, Йемена, Вост. Ирана и Ирака, р-ы 7–6	0,9–0,8	0,8–0,7	0,7–0,6	0,6–0,5	0,35–0,4
Забайкалье, предгорье Карпат, горные и предгорные районы Средн. Урала, Монголия, р-ы 4–5	0,8–0,7	0,7–0,6	0,6–0,55	0,55–0,5	0,3–0,25
Степ. зона ЕТ РФ, Южн. Урал, Зап. Сибирь, р-ны 3–4	0,7–0,65	0,65–0,55	0,55–0,45	0,45–0,4	0,3–0,2
Пустынные и полупустынные районы Средн. и Центр. Азии, Афганистана, Центр. Индии; южн. районы тундры, р-ы 1–2	0,6–0,5	0,5–0,45	0,45–0,35	0,35–0,30	0,25–0,2

При выполнении расчетов мостовых переходов, согласно [100], для территорий, не охваченных рекомендациями нормативных документов (включая зарубежные), рекомендуется применять формулу:

$$Q_{\max, p} = 16,7 \cdot I_{rfp} \cdot \theta_{rfp} \cdot k_{r\theta 1} \cdot k_{r\theta 2} \cdot k_{r\theta 3} \cdot F_b, \quad (4.2.2.3.2.16)$$

где I_{rfp} – расчетная интенсивность осадков, соответствующая заданной обеспеченности для расхода воды, мм/мин; θ_{rfp} – расчетный коэффици-

ент склонового стока, определяемый по табл. 4.2.2.3.2.6; $k_{r\theta 1}$ – коэффициент редукции максимального дождевого стока, определяемый в зависимости от площади F_b водосборного бассейна по табл. 4.2.2.3.2.7; $k_{r\theta 2}$ – коэффициент учета влияния уклона главного русла J (табл. 4.2.2.3.2.8); $k_{r\theta 3}$ – коэффициент, учитывающий форму водосборного бассейна, принимают при $F_b \geq 50$ км² равным единице.

Расчетную интенсивность осадков I_{rfp} , соответствующую заданной вероятности превышения для расхода воды (в мм/мин), определяют как:

$$I_{rfp} = I_{rfph} \cdot k_{r\theta 4} \cdot k_{r\theta 5}, \quad (4.2.2.3.2.17)$$

где I_{rfph} – часовая интенсивность дождевых осадков (табл. 4.2.2.3.2.9); $k_{r\theta 4}$ – коэффициент редукции расчетной часовой интенсивности осадков по площади водосбора (табл. 4.2.2.3.2.10); $k_{r\theta 5}$ – коэффициент учета неравномерности распределения расчетных осадков по площади водосбора (табл. 4.2.2.3.2.11). Для водосборов, площади которых находятся в нескольких ливневых районах, расчетную часовую интенсивность дождя определяют как средневзвешенную по площади.

Таблица 4.2.2.3.2.7

Коэффициент $k_{\theta 1}$ в формуле (4.2.2.3.2.16) [100]

Площадь водосбора F_b , км ²	Коэффициент склонового стока $k_{\theta 1}$
30	0,272
50	0,244
100	0,196
300	0,167
500	0,147
1000	0,126
10000	0,088
100000	0,058

Таблица 4.2.2.3.2.8

Коэффициент склонового стока $k_{r\theta 2}$ в формуле (4.2.2.3.2.16) [100]

Уклон главного русла J , ‰	0,01	0,1	1,0	10	100	200
$k_{r\theta 2}$	0,94	1,11	1,12	1,14	1,23	1,30

На застроенных территориях в ряде случаев (например, при проектировании коллекторов дождевой канализации согласно [151]) расходы дождевых вод Q_{rp} (м³/с) определяют методом предельной интенсивности по формуле

$$Q_{rp} = \frac{A_{mid} \cdot a_{r1} \cdot F_b^*}{1000 \cdot \tau_{rh}^{1,2 \cdot \epsilon^* - 0,1}}, \quad (4.2.2.3.2.18)$$

где A_{mid} – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока; a_{r1} , ζ^* – параметры; F_{b*} – расчетная площадь стока (га), определяемая с учетом неравномерности выпадения дождя при площади от 500 га и более; τ_{rh} – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности стекания поверхностных вод по поверхности и трубам до расчетного участка (мин).



Рис. 4.2.2.3.2.1. Карта-схема ливневых районов Российской Федерации (цифрами показаны номера районов; приводится по [100])

Таблица 4.2.2.3.2.9

Значения часовой интенсивности дождевых осадков I_{rfph} в формуле (4.2.2.3.2.17) [100]

Номер района (рис. 4.2.2.3.2.1)	Максимальная часовая интенсивность дождя θ_{rfph} , мм/мин, для вероятностей повышения, %							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
1	0,2	0,27	0,29	0,32	0,34	0,4	0,49	0,57
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,5	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,7	0,95	1,15
4	0,45	0,69	0,64	0,69	0,74	0,9	1,14	1,32
5	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26	1,48
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01	1,46	1,73
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15	1,5	1,77
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41	1,78	2,07
9	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48	1,83	2,14
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74	2,25	2,65
11	1,13	1,40	1,50	1,64	1,79	2,0	2,40	2,7
12	1,60	1,85	1,95	2,06	2,22	2,42	2,72	3,0
13	2,90	3,20	3,35	3,50	3,63	3,86	4,20	4,48
14	3,90	4,27	4,39	4,50	4,70	4,93	5,40	5,70

Таблица 4.2.2.3.2.10

Коэффициент редукиции часовой интенсивности осадков k_{rf04}
в формуле (4.3.3.2.17) [100]

Площадь водосбора F_b , км ²	Коэффициент редукиции часовой интенсивности осадков k_{rf04} для ливневых районов бывшего СССР (рис. 4.2.2.3.2.1)				
	1	2, 3, 4	5, 6, 7	8, 9, 10	11, 12, 13, 14
10	0,93	0,95	1,00	0,80	0,75
50	0,80	0,65	0,89	0,77	0,70
100	0,70	0,80	0,80	0,75	0,65
300	0,69	0,75	0,70	0,70	0,60
500	0,66	0,70	0,50	0,67	0,52
1000	0,63	0,65	0,60	0,62	0,45
3000	0,60	0,63	0,57	0,51	0,42
5000	0,55	0,60	0,55	0,42	0,40
10 000	0,52	0,55	0,45	0,35	0,35
50 000	0,50	0,50	0,40	0,30	0,30
100 000	0,46	0,42	0,33	0,25	0,27

Таблица 4.2.2.3.2.11

Коэффициент учета неравномерности распределения осадков
по площади водосбора k_{rf05} в формуле (4.3.3.2.17) [100]

Площадь водосбора A_B , км ²	Коэффициент учета неравномерности распределения осадков k_{rf05} для ливневых районов (рис. 4.2.2.3.2.1)					
	1, 2, 3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12, 13, 14
20	0,98	1	1	1	1	1
60	0,95	1	1	1	1	1
100	0,90	1	1	1	1	1
1000	0,77	0,95	0,98	0,98	0,98	0,99
10 000	0,56	0,74	0,85	0,91	0,93	0,94
60 000	0,37	0,46	0,66	0,72	0,82	0,88
100 000	0,26	0,34	0,61	0,69	0,78	0,85

Параметры a_{r1} и ζ^* определяют по результатам обработки многолетних записей самопишущих дождемеров, зарегистрированных в данном конкретном пункте, а при отсутствии подобной информации (a_{r1}) – по формуле

$$a_{r1} = M_{\max,20} \cdot 20^{\zeta^*} \cdot \left(1 + \frac{\lg I_R}{\lg n_{IR}} \right)^{k_{JR}}, \quad (4.2.2.3.2.19)$$

где $M_{\max,20}$ – интенсивность дождя, л/(с·га), для данной местности продолжительностью 20 мин при периоде однократного превышения расчетной интенсивности дождя $I_R = 1$ год. Величина $M_{\max,20}$, коэффициенты ζ^* , n_{JR} , k_{JR} , период однократного превышения расчетной интенсивности дождя I_R определяют согласно [151].

Расчетная продолжительность стекания дождевых вод по поверхности и трубам τ_{rh} (мин) принимается по формуле

$$\tau_{rh} = \tau_{con} + \tau_{can} + \tau_p, \quad (4.2.2.3.2.20)$$

где τ_{con} – продолжительность стекания дождевых вод до уличного лотка (время поверхностной концентрации), мин; τ_{can} – продолжительность стекания по уличным лоткам до дождеприемника; τ_p – продолжительность стекания по трубам до рассчитываемого сечения. В населенных пунктах при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей время поверхностной концентрации дождевого стока τ_{con} может быть ориентировочно принято равным 5...10 мин, а при их наличии – 3...5 мин. При расчете внутриквартальной канализационной сети время поверхностной концентрации принимают равным 2...3 мин. Прочие характеристики (τ_{can} , τ_p) находятся как частное деления расстояния на соответствующую расчетную скорость течения. Среднее значение коэффициента A_{mid} в формуле (4.2.2.3.2.18) определяют как средневзвешенную величину в зависимости от коэффициентов A'_{mid} согласно [151].

Максимальный дождевой (талый) сток непосредственно с кровель крыш зданий Q'_{rc} (л/с) рассчитывается согласно [150]:

для кровель с уклоном до 1,5 % включительно – по формуле

$$Q'_{rc} = \frac{M_{\max,20} \cdot F'_b}{10000}; \quad (4.2.2.3.2.21)$$

для кровель с уклоном свыше 1,5 % – по формуле

$$Q'_{rc} = \frac{M_{\max,5} \cdot F'_b}{10000}, \quad (4.2.2.3.2.22)$$

где F'_b – площадь водосбора, м²; $M_{\max,20}$ и $M_{\max,5}$ – интенсивность дождя (л/(с·га)); значение $M_{\max,20}$ определяется согласно [151], значение $M_{\max,5}$ – по формуле

$$M_{\max,5} = M_{\max,20} \cdot 4^{5^*}. \quad (4.2.2.3.2.23)$$

Согласно [113], в зарубежных странах при расчете максимальных расходов дождевых паводков малых рек может быть использована разновидность метода предельной интенсивности (так называемый «рациональный» метод) в виде

$$Q_r = 0,278 \cdot k_f \cdot I \cdot F_b, \quad (4.2.2.3.2.24)$$

где Q_r – максимальный расход, м³/с; k_f – коэффициент стока; I – интенсивность дождя, мм/ч; F_b – площадь бассейна, км². Интенсивность дождя выбирается в соответствии с периодом повторяемости T (обычно 2–10 лет во второстепенных дренажных системах; величина T зависит от проектного решения) и продолжительностью дождя t_c (время концентрации стока на бассейне):

$$t_c = t_b + t_r, \quad (4.2.2.3.2.25)$$

где t_b – время инфильтрации воды потока, протекающего по поверхности бассейна (определяется по эмпирическим уравнениям, полученным для поверхностного стока; длина пути стока обычно не превышает 60 м); t_r – время прохождения через трубопроводы и естественные и искусственные каналы, определяемое по формуле Шези–Маннинга

$$t_r = \sum \frac{L_i}{v_i}, \quad (4.2.2.3.2.26)$$

где L_i и v_i – длина i -го участка и скорость движения по нему.

Коэффициент стока k_f представляет собой отношение суммарного слоя поверхностного стока с бассейна к суммарному объему расчетного дождя над ним; в общем случае определяется по специальным таблицам [113]. Для малых водосборов США получена зависимость:

$$k_f = 0,05 + 0,9 \cdot k_{AI}, \quad (4.2.2.3.2.26)$$

где k_{AI} – соотношение между величиной непроницаемой площади ко всей площади водосбора.

4.2.3. Минимальный сток

4.2.3.1. Определение при наличии наблюдений

Определение расчетных минимальных расходов воды проводят в целом так же, как и нормы стока. При наличии нулевых значений обеспеченности вычисляют по формуле:

$$P^* = \frac{N_1 \cdot P_1^*}{N_1 + N_2}, \quad (4.2.3.1.1)$$

где P_1^* – вероятность элемента в ряду ненулевых значений; N_1 и N_2 – объемы выборок с ненулевыми и нулевыми значениями. Для расчетов обычно используют минимальные среднесуточные, среднемесячные или 30-суточные расходы воды, наблюдавшиеся в зимний и/или летне-осенний сезоны (минимальные среднемесячные расходы используют, если они не превышают 30-суточные более чем на 10 %) [152].

4.2.3.2. Определение при недостаточности наблюдений

Расчет проводится аналогично расчету нормы стока. Специфика заключается в подготовке исходных данных.

4.2.3.3. Определение при отсутствии наблюдений

Минимальные расходы воды на больших и средних реках определяют по интерполяции между пунктами наблюдений с учетом боковой приточности и данных гидрометеорологических изысканий. Минималь-

ный сток малых рек $Q_{\min,p}$ ($\text{м}^3/\text{с}$), согласно [152], рассчитывают по формуле

$$Q_{\min,p} = c_{m1} \cdot (F_b \pm F_{b2})^{m_{c0}} \cdot \delta_{lf1} \cdot \delta_{lf2} \cdot \lambda_{lfp}, \quad (4.2.3.3.1)$$

где δ_{lf1} – коэффициент, учитывающий увеличение минимальных расходов воды на озерных реках; δ_{lf2} – коэффициент, учитывающий увеличение минимальных расходов воды заболоченных водосборов; λ_{lfp} – переходный коэффициент от минимального 30-суточного расхода воды 80%-й обеспеченности к расходу воды расчетной обеспеченности; $c_{m,1}$ и m_{c0} – районные параметры, определяемые по рекам-аналогам или как средние районные значения; F_b – площадь водосбора, км^2 ; F_{b2} – дополнительная площадь водосбора. Согласно [17], величина F_{b2} может быть интерпретирована как поправка на сокращение действующей площади водосбора на участках с многолетней мерзлотой или распространением бугристых болот.

Значение δ_{lf1} определяют по формуле:

$$\delta_{lf1} = 1 / (1 - c_{m2} \cdot f'_{lk}), \quad (4.2.3.3.2)$$

где c_{m2} – эмпирический коэффициент; f'_{lk} – относительная озерность водосбора, а коэффициент δ_{lf2} – по формуле:

$$\delta_{lf2} = 1 + \beta_{lf} \lg(0,1 \cdot f_{sw} + 1), \quad (4.2.3.3.3)$$

где β_{lf} – эмпирический коэффициент, определяемый в зависимости от типа болот; f_{sw} – относительная площадь болот на водосборе; при заболоченности водосбора менее 5 % принимают $\delta_{lf2} = 1$. В горных районах минимальный сток определяют по зависимости модуля минимального 30-суточного стока от средней высоты водосбора.

Минимальный среднесуточный расход $Q_{\min,d,p}$ расчетной обеспеченности может быть определен по формуле в зависимости от расчетного 30-суточного расхода воды $Q_{\min,p}$:

$$Q_{\min,d,p} = c_{m5} \cdot Q_{\min,p}, \quad (4.2.3.3.4)$$

где c_{m5} – коэффициент, определяемый как средний по гидрологическому району по связи суточных и 30-суточных расходов воды.

4.2.4. Внутригодовое распределение водного стока

4.2.4.1. Определение при наличии наблюдений

Определение расчетного календарного внутригодового распределения стока при длительности рядов наблюдений N , равной 15 годам и более, производят, согласно [152], следующими методами: 1) компоновки; 2) реального года; 3) среднего распределения стока за годы характерной градации водности. Расчеты внутригодового распределения стока рек производят по водохозяйственным годам, начинающимся с первого месяца многоводного сезона (обычно с апреля).

При периоде наблюдений N от 15 до 30 лет выделяют три временные группы: многоводные годы ($P^* < 33,3 \%$), средние по водности годы ($33,3 \% \leq P^* \leq 66,7 \%$) и маловодные годы ($P^* > 66,7 \%$). При продолжительности наблюдений более 30 лет выделяют пять групп: очень многоводные годы ($P^* < 16,7 \%$), многоводные годы ($16,7 \% \leq P^* < 33,3 \%$), средние по водности годы ($33,3 \% \leq P^* \leq 66,7 \%$), маловодные годы ($66,7 \% < P^* \leq 83,3 \%$) и очень маловодные годы ($P^* > 83,3 \%$).

Наиболее простой метод – метод средних распределений стока. Он основан на расчете средних относительных распределений месячных объемов стока от годовой их суммы за все годы, входящие в ту или иную градацию водности. Эти распределения являются типовыми для каждой отдельной группы характерных по водности лет. Для получения расчетного распределения умножают месячные доли стока выбранной градации водности на объем стока за водохозяйственный год заданной вероятности превышения.

Определение расчетного внутригодового распределения суточного речного стока воды внутри года или характерного его периода (независимо от хронологического хода стока) производят, согласно [152], путем построения кривых продолжительности суточных расходов воды, включая: 1) среднюю многолетнюю годовую кривую продолжительности суточных расходов воды, позволяющую охарактеризовать среднее многолетнее типовое распределение суточных расходов воды; 2) среднюю многолетнюю кривую продолжительности суточных расходов воды за тот или иной расчетный период года (навигационный, лесосплавный, вегетационный). Выбор кривой определяют характером решаемой практической задачи.

4.2.4.2. Определение при недостаточности наблюдений

Ряды наблюдаемых значений стока за водохозяйственный год, сезоны и месяцы приводят к многолетнему периоду. Далее проводится расчет при наличии данных наблюдений [152].

4.2.4.3. Определение при отсутствии наблюдений

При отсутствии данных гидрометрических наблюдений в створе исследуемой реки расчетное внутригодовое распределение стока определяют по данным рек-аналогов, по районным схемам и по региональным зависимостям [152].

4.2.5. Расчетные гидрографы стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков

Согласно [152], форму расчетных гидрографов принимают по моделям наблюдаемых высоких весенних половодий или дождевых паводков с наиболее неблагоприятной их формой, для которых основные элементы гидрографов и их соотношения должны быть близки к расчетным. Гидрографы речного стока рассчитывают по равнообеспеченным значениям максимального расхода воды, объема стока воды основной волны и объема всего весеннего половодья (дождевого паводка) расчетной вероятности превышения, руководствуясь следующим: 1) для весеннего половодья – по среднесуточным расходам воды; при этом гидрографы внутрисуточного хода стока воды рассчитывают, если значение максимального мгновенного расхода воды в 1,5 раза больше соответствующего ему среднесуточного расхода воды; 2) для дождевых паводков – по мгновенным расходам воды.

4.2.5.1. Определение при наличии наблюдений

В соответствии с [152] основные элементы расчетного гидрографа стока воды рек: максимальный расход воды, объем весеннего половодья (дождевого паводка), объем основной волны расчетной вероятности превышения, а также боковая приточность – определяются соответствующими методами по варианту наличия данным гидрометрических наблюдений. Общую продолжительность весеннего половодья для больших и средних рек, включая дождевые паводки на спаде половодья, принимают, как правило, одинаковой для всех лет и створов как на основной реке, так и на притоках при условии включения в ее пределы продолжительности всех половодий. Продолжительность основной волны, включающей максимальную ординату, обычно назначают постоянной в подвижных границах для всех лет, исходя из условия наибольшего объема стока (притока) за принятый период.

Расчет гидрографов весеннего половодья (дождевого паводка) выполняют следующими методами: 1) переходом от гидрографа-модели к расчетному гидрографу путем умножения ординат гидрографа-модели на коэффициенты, определяемые по формулам:

$$k_{h1} = \frac{Q_p}{Q_m}; \quad (4.2.5.1.1)$$

$$k_{h2} = \frac{(V_{wp} - 86400 \cdot Q_p)}{(V_{wm} - 86400 \cdot Q_m)}; \quad (4.2.5.1.2)$$

$$k_{h3} = \frac{(V'_{wp} - V_{wp})}{(V'_{wm} - V_{wm})}, \quad (4.2.5.1.3)$$

где Q_m , Q_p – максимальный среднесуточный расход воды весеннего половодья или мгновенный для дождевого паводка соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, м³/с; V_{wm} и V_{wp} – объем основной волны соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, м³; V'_{wm} и V'_{wp} – полный объем весеннего половодья (дождевого паводка) соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, м³;

2) переходом от гидрографа-модели к расчетному гидрографу с применением коэффициента k_{h1} , определяемого по (4.2.5.1.1), и коэффициента $k_{h\tau}$, определяемого по формуле:

$$k_{h,\tau} = (M_{Qm} / Y_m) \cdot (Y_p / M_{Qp}), \quad (4.2.5.1.4)$$

где M_{Qm} , M_{Qp} – модуль максимального среднесуточного расхода воды соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, м³/(с·км²); Y_m , Y_p – слой стока весеннего половодья (дождевого паводка) соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, мм; переход от гидрографа-модели к расчетному гидрографу по данному методу возможен только при соблюдении условий $\gamma_{hp} = \gamma_{hm}$; $k_{hsp} = k_{hsm}$. Здесь γ_{hm} , γ_{hp} – коэффициенты полноты для гидрографа-модели и расчетного гидрографа γ_h соответственно, определяемые по формуле:

$$\gamma_h = M_{Qfl} \tau_{fl} / (0,0116 \cdot h_{fl}); \quad (4.2.5.1.5)$$

k_{hsm} , k_{hsp} – коэффициент несимметричности соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, вычисляемый по формуле:

$$k_{hs} = Y_n / Y_{fl}, \quad (4.2.5.1.6)$$

M_{Qfl} – модуль максимального среднего суточного расхода воды; Y_{fl} – слой стока весеннего половодья (дождевого паводка), мм; τ_{fl} – продолжительность весеннего половодья (дождевого стока), сут; Y_n – слой стока за период подъема весеннего половодья (дождевого паводка), мм.

Координаты расчетного гидрографа при использовании второго метода определяют в зависимости от коэффициентов k_{h1} и $k_{h\tau}$ по формулам:

$$Q_i = Q_{im} \cdot k_{h1}; \quad (4.2.5.1.7)$$

$$t_i = t_{im} \cdot k_{h\tau}, \quad (4.2.5.1.8)$$

где Q_{im} , Q_i – расходы воды в i -ю единицу расчетного времени соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, м³; t_{im} и t_i – ордината времени соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа. За начало отсчета времени t_{im} принимают начало подъема весеннего половодья (дождевого паводка).

Определение гидрографов внутрисуточного хода стока проводят по второму методу с использованием: максимального мгновенного расхода

воды соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$; максимального суточного слоя стока весеннего половодья соответственно для гидрографа-модели и расчетного гидрографа, мм; слоя стока за период подъема максимальной суточной волны весеннего половодья, мм; продолжительности максимальной суточной волны весеннего половодья, сут и менее.

4.2.5.2. Определение при недостаточности наблюдений

Для построения расчетных гидрографов боковой приточности используются имеющиеся материалы гидрометрических наблюдений по притокам на участках рек или водохранилищ. Если эти материалы освещают режим только наиболее крупных притоков, то сток с остальной части бассейна определяют по аналогии с гидрологически сходными изученными водосборами. В зависимости от размеров водохранилища, расположения притоков по его длине и их водности расчетные гидрографы боковой приточности можно строить для всего водохранилища в целом или для его отдельных участков. Форму модели расчетного гидрографа стока воды принимают так же, как и в случае наличия данных наблюдений, а модель расчетного гидрографа стока воды устанавливают путем осреднения нескольких гидрографов стока воды высоких весенних половодий (дождевых паводков), выраженных в относительных единицах. Координаты натуральных гидрографов t'_i и Q'_i из абсолютных значений пересчитывают в относительные (t_i, Q_i) в долях общей продолжительности паводка t_m и максимального расхода Q_m :

$$t_i = t'_i / t_m; \quad (4.2.5.2.1)$$

$$Q_i = Q'_i / Q_m. \quad (4.2.5.2.2)$$

Ординаты совмещают на одном графике относительно модальной ординаты. Затем по осредненным значениям ординат строят обобщенный гидрограф, наиболее полно отражающий особенности формы натуральных гидрографов. Этот гидрограф и принимают за модель.

4.2.5.3. Определение при отсутствии наблюдений

При отсутствии данных наблюдений параметры расчетного гидрографа определяют с учетом требований, предъявляемых к гидрологическим расчетам при наличии данных наблюдений и к определению максимальных расходов воды при их отсутствии. Коэффициент перехода k_{m-d} от максимального мгновенного расхода воды весеннего половодья Q'_p к среднесуточному Q_p устанавливают по рекам-аналогам. При их отсутствии для равнинных рек определение коэффициента k_{m-d} осуществляют по региональным зависимостям от площади водосбора.

Одновершинный гидрограф стока воды весеннего половодья или дождевого паводка рассчитывают с учетом коэффициента несимметричности k_{as} , определяемого по формуле (4.2.5.3.1) по данным рек-аналогов или по значению коэффициента формы гидрографа λ_h , определяемого по формуле

$$\lambda_h = \frac{M_{Qp} \cdot \tau_u}{0,0116 \cdot Y_p}, \quad (4.2.5.3.1)$$

где M_{Qp} – расчетный модуль максимального среднего суточного расхода воды весеннего половодья или максимального мгновенного расхода воды дождевого паводка, $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$; Y_p – расчетный слой паводочного стока, мм; τ_u – продолжительность подъема весеннего половодья (дождевого паводка), определяемая по формуле:

$$\tau_u = 0,0116 \cdot \lambda_h \cdot Y_p / M_{Qp}. \quad (4.2.5.3.2)$$

Ординаты расчетного гидрографа определяют согласно [113] по формуле:

$$Q_i = y \cdot Q_p, \quad (4.2.5.3.3)$$

абсциссы – по формуле:

$$\tau_i = x \cdot \tau_u, \quad (4.2.5.3.4)$$

где x , y – относительные координаты расчетного гидрографа стока воды (по [152]).

4.3. Расчет движения воды

Движение водных масс может быть турбулентным и ламинарным. Движение называется ламинарным, если поток имеет параллельно-струйчатую структуру с отсутствием обмена между соседними слоями жидкости. В природной среде ламинарное движение вод характерно для подземных водных объектов и болот. С увеличением скорости движения ламинарное движение может в некоторый момент перейти в турбулентное, при котором частицы жидкости совершают неупорядоченные, неустановившиеся движения по сложным траекториям, что приводит к интенсивному перемешиванию между слоями жидкости. Турбулентный режим движения характерен для поверхностных водотоков. Количественной оценкой перехода ламинарного движения в турбулентное является соотношение фактического (Re) и критического значений ($Re_{к}$) числа Рейнольдса (при $Re < Re_{к,1}$ движение ламинарное, при $Re > Re_{к,2}$ – турбулентное, в остальных случаях возможно и ламинарное, и турбулентное движение). Число Рейнольдса определяется по формуле:

$$Re = \frac{R_w \cdot \bar{v}}{g}, \quad (4.3.1)$$

где R_w – гидравлический радиус, м; \bar{v} – средняя скорость потока, м/с; \mathcal{A} – кинематический коэффициент молекулярной вязкости, м²/с. Для открытых каналов с относительно гладкими стенками $Re_{\kappa,1} = 300$ и $Re_{\kappa,2} = 1200$ [56, 58, 59, 172].

По характеру изменения скоростей течения во времени выделяют установившееся и неустановившееся движение жидкости. Установившимся называется движение, при котором скорости и давления в любой точке потока не изменяются во времени, а зависят только от местоположения в пространстве. Соответственно, неустановившимся называют движение, изменяющееся во времени. Установившееся движение подразделяется на равномерное (при неизменных значениях расхода воды Q_w , живого сечения A_s , глубины потока h_w и скорости течения v) и неравномерное (с меняющимися по длине потока его гидравлическими характеристиками).

4.3.1. Расчет течений в водотоках

При решении многих гидрологических задач требуется знание распределения скоростей течения по сечению потока и в плане. При отсутствии данных наблюдений и в прогнозных целях для приближенного решения этой задачи достаточно часто используется уравнение установившегося равномерного движения жидкости (уравнение Шези):

$$v = C_{Ch} \cdot \sqrt{J \cdot R_w}, \quad (4.3.1.1)$$

где v – средняя скорость течения, м/с; C_{Ch} – коэффициент Шези, м^{0,5}/с; J – гидравлический уклон, м/м, в отсутствие данных наблюдений при расчете максимальных расходов воды и соответствующих им скоростей течения может ориентировочно приниматься по табл. 4.3.1.1; R_w – гидравлический радиус (отношение площади живого сечения к длине смоченного периметра), м; для очень широких открытых потоков часто принимается $R_w \approx \bar{h}_w$, где \bar{h}_w – средняя глубина потока, м.

Согласно [130], для каналов с гидравлическим радиусом $R_w \leq 5$ м коэффициент Шези следует определять по формуле Н.Н. Павловского:

$$C_{Ch} = \frac{1}{n_r} \cdot R_w^{k_{Ch}}; \quad (4.3.1.2)$$

$$k_{Ch} = 2,5 \cdot \sqrt{n_r} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R_w} \cdot (\sqrt{n_r} - 0,1), \quad (4.3.1.3)$$

где n_r – коэффициент шероховатости, определяемый обратным расчетом по формуле (4.3.1.2) или по табл. 4.3.1.2. При $R_w < 1$ м вместо (4.3.1.3) может использоваться упрощенное выражение $k_{Ch} \approx 1,5 \cdot \sqrt{n_r}$, а при $1 \text{ м} \leq R_w < 3 \text{ м}$ $k_{Ch} \approx 1,3 \cdot \sqrt{n_r}$ [68].

Таблица 4.3.1.1

Примерное значение уклона водной поверхности реки
вблизи створа в равнинных районах [152]

Площадь водосбора, км ²	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
20 000	0,44	0,27	0,11	0,04
50 000	0,32	0,19	0,08	0,03
100 000	0,25	0,15	0,06	0,03

В период ледостава обычно используют приведенные значения коэффициента шероховатости n_{r*} , вычисленные по формуле:

$$n_{r*} = n_r \cdot \left(1 + \left(\frac{n_{rI}}{n_r} \right)^{1,5} \right)^{0,67}, \quad (4.3.1.4)$$

где n_{rI} – коэффициент шероховатости нижней поверхности льда, определяемый по табл. 5.1.3.

Определение коэффициента Шези возможно и по другим формулам, например:

Штриклера (приводится по [56])

$$C_{Ch} = 33 \cdot \left(\frac{\bar{h}_w}{D_{wob}} \right)^{\frac{1}{6}}, \quad (4.3.1.5)$$

Маннинга

$$C_{Ch} = \frac{1}{n_r} \cdot R_w^{\frac{1}{6}}, \quad (4.3.1.6)$$

где n_r – коэффициент шероховатости; D_{wob} – среднее значение диаметра частиц донных отложений, мм.

Для водотоков с гидравлическим радиусом $R_w > 5$ м коэффициент Шези, согласно [130], рекомендуется определять по данным аналогов. В случае гидравлических расчетов применительно к периоду ледостава используют приведенные значения гидравлического радиуса и средней глубины, определяемые с учетом смоченного периметра нижней поверхности льда либо ориентировочно принимаемые в размере 50 % от значения в период открытого русла ($R_{w*} \approx 0,5 \cdot R_w$; $h_{w*} \approx 0,5 \cdot h_w$).

Таблица 4.3.1.2

Шкала шероховатости речных русел и пойм n_r [152]

n_r	Характеристика русел и пойм		
	Равнинные реки	Полугорные и горные реки	Поймы
0,020	Прямолинейные русла канализированных рек в плотных грунтах с тонким слоем илистых отложений	–	–
0,025	Естественные земляные русла в благоприятных условиях, 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 (чистые, прямые). $J = 0,8-1,0 \text{ ‰}$	Ровная пойма под пашней без посевов и пастбищем с низкой травой
0,040	Сравнительно чистые русла постоянных водотоков с некоторыми неправильностями в направлениях струй, неровностями дна и берегов и влечением донных наносов	Земляные русла периодических водотоков (сухих логов) в благоприятных условиях. Правильные хорошо разработанные галечные русла в нижнем течении. $J = 0,8-1,0 \text{ ‰}$	Ровная пойма, занятая зрелыми полевыми культурами, пастбищем с высокой травой и вырубками без побегов, небольшое количество староречий и мелких проток
0,050	Значительно засоренные русла больших и средних рек, частично заросшие или каменистые, с беспокойным течением. Чистые русла периодических водотоков	Значительно засоренные каменистые русла с бурным течением. Периодические водотоки с крупногалечным покрытием ложа. $J = 7-15 \text{ ‰}$	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. $J = 15-20 \text{ ‰}$	Пойма под редким кустарником и деревьями с листвоной 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 и взволнованной водной поверхностью. $J = 50-90 \text{ ‰}$	Поймы, покрытые кустарником средней и большой густоты (весной – без листвы)
0,100	Русла рек, сильно заросшие, загроможденные стволами деревьев и валунами	Русла водопадного типа, преимущественно в верховьях, с крупновалунным ложем и бурным течением. $J = 90-200 \text{ ‰}$	Поймы, занятые лесом при уровне воды ниже ветвей и кустарником средней и большой густоты с листвоной
0,140	Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода)	Русла с завалами из валунов и обломков скал. $J = 90-200 \text{ ‰}$	Поймы, покрытые лесом при затоплении ветвей и густым ивняком
0,200	–	Русла с завалами из валунов и обломков скал	Глухие, сплошь заросшие, труднопроходимые поймы таежного типа

Таблица 4.3.1.3

Значения коэффициента шероховатости нижней поверхности льда n_{rI}
(приводится по [160])

Период от начала ледостава	n_{rI}
Первые 10 суток (первая–вторая декады декабря)	0,15–0,05
10–20-е сутки (последняя декада декабря и начало января)	0,1–0,04
20–60-е сутки (середина января–первая декада февраля)	0,05–0,03
60–80-е сутки (конец февраля–начало марта)	0,04–0,015
80-е сутки (март)	0,025–0,01

Бернадским Н.М. было показано, что уравнение равномерного движения (4.3.1.1) может быть отнесено не только ко всему сечению потока, но и к отдельным его вертикалям с заменой средней глубины потока \bar{h}_w на глубину потока на вертикали h_w [56]. Тогда для средней скорости \bar{v}_i на i -й вертикали с учетом закругления потока может быть получено приближенное решение:

$$\bar{v}_i = \bar{v}_0 \cdot \left(\frac{h_{w,i}}{h_{w,0}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\frac{r_{wc,0}}{r_{wc,i}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{n_{r,0}}{n_{r,i}}, \quad (4.3.1.7)$$

где \bar{v}_0 – средняя скорость на некоторой вертикали с индексом 0, м/с; $h_{w,0}$ и $h_{w,i}$ – глубины на вертикалях 0 и i , м; $r_{wc,0}$ и $r_{wc,i}$ – радиусы кривизны на вертикалях 0 и i , м; $n_{r,0}$ и $n_{r,i}$ – коэффициенты шероховатости на вертикалях 0 и i [56]. Следует также упомянуть о формуле, полученной В.Н. Гончаровым:

$$\bar{v}_i = 1,08 \cdot \bar{v} \cdot \left(\frac{B_{ss,i}}{B_{ss}} \right)^{0,08} \cdot \frac{r_{wc,*}}{r_{wc,i}}, \quad (4.3.1.8)$$

где \bar{v} – средняя скорость течения; $r_{wc,*}$ – осевой радиус кривизны, м; B_{ss} и $B_{ss,i}$ – ширина потока и расстояние от уреза воды у выпуклого берега до i -й вертикали, м [20].

Для ориентировочной оценки распределения продольных составляющих скоростей течения по вертикали могут использоваться параболический (4.3.1.9), эллиптический (4.3.1.10) и логарифмический (4.3.1.11) профили [2, 56]:

$$v_y = v_x - \frac{m_B \cdot \bar{v} \cdot y_*^2}{C_{Ch}}; \quad (4.3.1.9)$$

$$v_y = v_x \cdot \sqrt{1 - P_y \cdot y_*^2}; \quad (4.3.1.10)$$

$$v_y = v_x + \frac{2,3}{k_\kappa} \cdot v_* \cdot \lg(1 - y_*), \quad (4.3.1.11)$$

где v_y – скорость на расстоянии y от поверхности потока, м/с; v_x – продольная составляющая скорости на поверхности потока, м/с; $y_* = \frac{y}{h_w}$;

k_k – «постоянная» Кармана, принимаемая для водотоков с малой мутностью в размере 0,4; v_* – динамическая скорость, определяемая по формуле:

$$v_* = \sqrt{g \cdot h_w \cdot J}, \quad (4.3.1.12)$$

где g – ускорение свободного падения, м²/с. Параметр m_B в формуле (4.3.1.9) может быть принят в размере 24 либо вычислен согласно [56]:

$$m_B = 0,35 \cdot C_{Ch} + 3. \quad (4.3.1.13)$$

Параметр P_y в формуле (4.3.1.10) определяется в зависимости от коэффициента Шези:

при $10 \leq C_{Ch} < 60$

$$P_y = 0,57 + \frac{3,3}{C_{Ch}}, \quad (4.3.1.14)$$

при $60 \leq C_{Ch} \leq 90$

$$P_y = 0,0222 \cdot C_{Ch} - 0,000197 \cdot C_{Ch}^2, \quad (4.3.1.15)$$

при любых значениях C_{Ch}

$$P_y = \frac{M_{Ch} \cdot \bar{v}^2}{C_{Ch} \cdot v_x^2}. \quad (4.3.1.16)$$

Параметр M_{Ch} является функцией коэффициента Шези:

при $10 \leq C_{Ch} \leq 60$

$$M_{Ch} = 0,7 \cdot C_{Ch} + 6, \quad (4.3.1.17)$$

при $C_{Ch} > 60$ $M_{Ch} = 48$.

Для оценки поперечной составляющей скорости v_z , согласно [5], может быть использована формула:

$$\bar{v}_z = 0,13 \cdot N_{Ch} \cdot \frac{\bar{h}_w}{r_{wc}} \cdot \bar{v}_x, \quad (4.3.1.18)$$

где \bar{v}_x, \bar{v}_z – средние значения продольной и поперечной составляющих скорости, м/с; r_{wc} – радиус кривизны русла (для исследуемого участка, включающего одно-два закругления), м; N_{Ch} – безразмерное характеристическое число турбулентного потока, определяемое как:

$$N_{Ch} = \frac{M_{Ch} \cdot C_{Ch}}{g}, \quad (4.3.1.19)$$

где g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²).

Еще одна характеристика скорости – среднее значение абсолютной величины поперечной составляющей пульсационной скорости v_p – может быть оценена по формуле:

$$v_P = \frac{\bar{v}}{\sqrt{N_{Ch}}}. \quad (4.3.1.20)$$

Максимальное значение абсолютной величины поперечной составляющей пульсационной скорости v_{Pmax} приближенно может быть принято равным утроенному значению v_P ($v_{Pmax} \approx 3 \cdot v_P$) [56].

Для оценки изменений скоростей течения обычно проводится построение плана течений, представляющего собой план линий тока и урезов воды при определенных значениях уровней воды. Расход воды между двумя соседними линиями тока на всем участке предполагается неизменным, а объем потока, заключенный между соседними линиями тока, называется струей. При наличии данных наблюдений для построения плана течений используются эпюры элементарных расходов $q_w = v \cdot h_w$. По этим эпюрам для каждого профиля строится интегральный график нарастания расхода от одного берега к другому (то есть изменение q_w от 0 до Q) [56].

При отсутствии данных наблюдений и/или в прогнозных целях план течений может быть получен в результате численного решения системы уравнений Навье–Стокса либо ориентировочно по методам Н.М. Бернадского и А.В. Караушева, в соответствии с которыми на плане проводится выделение блоков, ограниченных линиями тока и профилями поперечного сечения. Размеры блоков по методу Н.М. Бернадского определяются соотношением:

$$\frac{L_{b,s,j}}{B_{b,s,j}} \approx \left(\frac{L_{b,s,0}}{B_{b,s,0}} \right) \cdot \left(\frac{h_{w,j}}{h_{w,0}} \right)^{k_b}, \quad (4.3.1.21)$$

где $L_{b,s,0}$ и $L_{b,s,j}$ – длина блока в начальном (0) и j -м створе (вдоль линий тока); $B_{b,s,0}$ и $B_{b,s,j}$ – ширина блока в начальном (0) и j -м створе (вдоль поперечного профиля водотока); $h_{w,0}$ и $h_{w,j}$ – глубина блока в начальном (0) и j -м створе; k_b – коэффициент; согласно [69], $k_b = 1,75$, согласно [56], $k_b = 1,67$. По методу А.В. Караушева расчеты проводятся аналогично варианту при наличии данных наблюдений с построением интегральных кривых по произвольно назначенным поперечным профилям и линиям тока с использованием формулы Шези. Траектории донных и поверхностных струй определяются по продольным (Δx) и поперечным (Δz) смещениям:

$$\begin{aligned} \Delta x &= v_x \Delta t; \\ \Delta z &= \frac{v_z}{v_x} \Delta x, \end{aligned} \quad (4.3.1.22)$$

где v_x и v_z – продольная и поперечная составляющие скорости; Δt – расчетный интервал времени.

4.3.2. Расчет течений в водоемах

В водоемах наблюдаются течения различного генезиса и структуры. Согласно [56], обычно выделяют основные виды течений: стоковые (сточные), ветровые и конвекционные. В общем случае расчет течений в водоемах может быть выполнен путем численного решения системы уравнений Навье–Стокса. Для практических целей используются и более простые способы, основанные на приближенном численном или аналитическом решении уравнений движения при определенных допущениях.

4.3.2.1. Стоковые течения

Согласно [14], характеристики стокового течения в проточном водоеме определяют, как правило, по данным наблюдений озерной гидрометеорологической станции или по данным специальных гидрологических изысканий. При этом данные наблюдений за стоковым течением должны быть получены при штиле или слабом ветре и должны освещать основные фазы гидрологического режима водоема (безледоставный период и период ледостава, половодье и межень, плавный ход притока вод в водоем и стока из водоема, попуски ГЭС). По рядам наблюдений определяют средние и экстремальные значения скоростей и направлений течений.

При отсутствии данных наблюдений график суточного изменения течения в створе перехода через речное водохранилище руслового типа может быть получен в соответствии с [14] следующим образом. Во-первых, выбирается характерный гидрограф попуска ГЭС при заданной отметке уровня воды в водохранилище. Во-вторых, вычисляется время добегания τ_{lw} длинной волны (волны перемещения), вызванной попуском, от створа ГЭС до расчетного створа по формуле:

$$\tau_{lw} = \frac{L_{lw}}{\sqrt{g \cdot \bar{h}_{wr}}}, \quad (4.3.2.1.1)$$

где L_{lw} – длина пути волны между указанными створами, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; \bar{h}_{wr} – средняя глубина водохранилища на участке между створами, м. В-третьих, вычисляется время прихода волны t_v в расчетный створ по формуле:

$$t_v = t_{beg} + \tau_{lw}, \quad (4.3.2.1.2)$$

где t_{beg} – время начала попуска. Продолжительность прохождения волны перемещения через расчетный створ принимается равной продолжительности попуска ГЭС, а волновой гидрограф в створе перехода трубопровода задается таким же, как гидрограф попуска ГЭС, но смещенным

во времени на величину добегания волны τ_{lv} . В-четвертых, рассчитывается график хода во времени скорости течения, осредненной по сечению водохранилища в расчетном створе (путем деления расходов воды, определяемых по волновому гидрографу для разных моментов времени, на площадь указанного сечения).

4.3.2.2. Ветровые течения на открытой акватории водоемов

Ветровые течения формируются на открытых акваториях водоемов и в крупных заливах под действием ветров и характеризуются скоростью и направлением переноса, которые зависят от скорости ветра, его направления и продолжительности действия, от глубины, размеров и конфигурации водоема [14]. При проведении расчетов учитывают следующие виды ветровых течений: 1) однонаправленные по глубине, при котором вся толща воды от поверхности до дна охватывается дрейфовым течением, направленным преимущественно в сторону действующего ветра; 2) разнонаправленные по глубине, при этом поверхностные слои охватываются дрейфовым течением, направленным преимущественно в сторону действующего ветра, а глубинные и придонные слои охватываются компенсационным течением преимущественно встречного направления.

Согласно [14], возможный вид действующего ветрового течения при типовых ветровых ситуациях устанавливается по данным изысканий, литературным сведениям и на основании рассмотрения схем циркуляции вод в водоемах и заливах, представленных частично в [105]. Приближенная оценка скорости ветрового течения в поверхностном слое v_{sl} (0,2...0,3 м от поверхности воды) может быть выполнена по формуле:

$$v_{sl} = k_w \cdot v_{w10}, \quad (4.3.2.2.1)$$

где v_{w10} – скорость ветра на высоте 10 м над открытой водной поверхностью (в ряде случаев расчеты проводятся для двух значений скорости ветра: повторяемостью 1 раз в 25 лет и повторяемостью 1 раз в течение безледоставного периода); k_w – ветровой коэффициент.

Для установившегося дрейфового течения, не искаженного влиянием стокового или компенсационного ветрового течения (в водоемах с глубинами порядка 2...15 м), осредненное значение ветрового коэффициента k_w принимается равным 1,70. Для случаев одновременного действия дрейфового и компенсационного течений встречного направления ветровые коэффициенты определяют по табл. 4.3.2.2.1 в зависимости от абсолютного значения глубины на вертикали h_{wL} и относительной глубины $h_{wL}/\bar{\lambda}_w$, где $\bar{\lambda}_w$ – средняя длина волны. В этих случаях предполагается, что дрейфовое течение охватывает верхнюю (1/3–1/5) часть вертикали,

а компенсационное течение встречного направления охватывает нижние (2/3–4/5) части вертикали и по условиям формирования является ветровым течением. Расчет параметров волн рассмотрен в разделе 4.3.3.

Таблица 4.3.2.2.1
Значения ветрового коэффициента k_w [14]

Показатель	$h_{wl} \geq 15$ м			$h_{wl} < 15$ м						
	7,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0	0,8	0,6	0,4
$h_{wl}/\bar{\lambda}_w$	7,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0	0,8	0,6	0,4
k_w	1,70	1,46	1,38	1,26	1,10	1,00	0,86	0,77	0,64	0,48

Уточненное значение поверхностной скорости дрейфового течения $v_{sl(\rightarrow)}$ (м/с), охватывающего всю толщу воды в зонах водоемов с относительными глубинами $h_{wl}/\bar{\lambda}_w > 0,3$, определяют по формуле:

$$v_{sl(\rightarrow)} = 2,7 \cdot 10^{-2} \cdot \left(0,11 \cdot \lg \frac{h_{wl}}{\bar{\lambda}_w} + (0,008 \cdot C_{Ch} + 0,35)^3 \right) \cdot v_{w10}, \quad (4.3.2.2.2)$$

где C_{Ch} – коэффициент Шези, вычисляемый по формуле Маннинга. При совместном действии дрейфового и компенсационного течений противоположного направления значение $v_{sl(\leftrightarrow)}$ в зонах водоемов с относительными глубинами $h_{wl}/\bar{\lambda}_w > 0,3$ вычисляют по формуле:

$$v_{sl(\leftrightarrow)} = 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot \left(0,33 \cdot \lg \frac{h_{wl}}{\bar{\lambda}_w} + (0,008 \cdot C_{Ch} + 0,35)^3 \right) \cdot v_{w10}. \quad (4.3.2.2.3)$$

Средняя на вертикали скорость дрейфового течения $v_{il(\rightarrow)}$ (м/с), охватывающего всю глубину, может быть определена по формуле:

$$v_{il(\rightarrow)} \approx 0,35 \cdot v_{sl(\rightarrow)} \cdot \left(2 - \frac{h_{wl}}{\bar{\lambda}_w} \right), \quad (4.3.2.2.4)$$

а в случае совместного действия дрейфового и компенсационного течений противоположных направлений абсолютную среднюю на вертикали скорость принимают по соотношению:

$$\left| v_{il(\leftrightarrow)} \right| \approx 0,31 \cdot v_{sl(\leftrightarrow)}. \quad (4.3.2.2.5)$$

Формулы (4.3.2.2.1)–(4.3.2.2.4) применяют для расчетов скорости ветровых течений не только на открытых акваториях водоемов, но и на акваториях крупных заливов при h_{wl} от 2 до 15 м и $h_{wl}/\bar{\lambda}_w \geq 0,3$. При определении приближенных режимных характеристик скорости ветрового течения в случае отсутствия данных длительных наблюдений за течениями и данных о повторяемости ветров различной скорости среднюю скорость ветрового течения вычисляют по формулам (4.3.2.2.4),

(4.3.2.2.5) с использованием средней скорости ветра, полученной для водоема по короткому ряду наблюдений (1–2 сезона), а скорости заданного процента обеспеченности определяют путем умножения средней скорости течения на коэффициент, принятый по табл. 4.3.2.2.2.

Таблица 4.3.2.2.2

Значения коэффициента перехода от средней скорости течения к средней скорости заданной обеспеченности [14]

Обеспеченность, %	0,1	1	5	10	20	50	70	80	90
Коэффициент перехода от средней скорости течения к средней скорости заданной обеспеченности	3,77	2,91	2,23	1,91	1,54	0,96	0,60	0,45	0,28

Общую продолжительность периода развития ветрового течения T_{lc} (в часах) определяют по формуле:

$$T_{lc} = k_{lt} \cdot \frac{v_{il} \cdot \bar{h}_{wl}}{v_{w10}^2}, \quad (4.3.2.2.6)$$

где v_{il} – средняя на вертикали скорость установившегося ветрового течения, м/с; \bar{h}_{wl} – средняя глубина водоема или его частично обособленного района (если в его пределах возможно формирование самостоятельной системы течений), м; $k_{lt} = 277$. Относительное значение средней на вертикали скорости ветрового течения:

$$\frac{v_{al}}{v_{il}} = 1 - \left(1 - \frac{T_j}{T_{lc}} \right)^{2,5}, \quad (4.3.2.2.7)$$

где v_{al} – средняя на вертикали скорость ветрового течения в конце заданного интервала времени T_j , равного, например, продолжительности непрерывного действия штормового ветра. Для определения распределения по вертикали скорости ветрового течения используют зависимости между v_{al}/v_{il} , $h_{wl}/\bar{\lambda}_w$ и относительной глубиной, приведенные в [14].

4.3.2.3. Ветровые течения в зоне прибрежного мелководья

В соответствии с [14], ветровые течения в зоне прибрежного мелководья, ограниченной со стороны берега линией разбивания штормовых волн (примерно соответствует глубине $1,5 \cdot h_{wv}$, где h_{wv} – высота волны), а со стороны водоема – линией с глубинами, примерно равными половине длины штормовых волн ($h_{wl} \approx 0,5 \cdot \bar{\lambda}_w$), характеризуются преобладанием вдольберегового переноса воды с некоторым снижением ско-

рости по мере приближения к линии берега, наличием движения вод к берегу в поверхностных слоях и оттока вод – в придонных слоях. Приближенное значение поверхностной скорости ветрового течения в зоне прибрежного мелководья, как и на открытых пространствах водоема, вычисляют по формуле (4.3.2.2.1) с использованием ветрового коэффициента $k_w = 1,70$. Для определения уточненного значения поверхностной скорости ветрового течения на внешней границе зоны прибрежного мелководья при наличии сведений о длинах ветровых волн и коэффициентах шероховатости дна следует пользоваться формулой (4.3.2.2.2) для однонаправленного ветрового течения.

Распределение скоростей ветрового течения в поверхностном слое между береговой и внешней границами зоны прибрежного мелководья при ветрах различных направлений относительно нормали к линии берега устанавливают путем умножения поверхностной скорости v_{sl} , вычисленной для открытой акватории водоема по (4.3.2.2.2), на соответствующие коэффициенты v_x/v_X (табл. 4.3.2.3.1) в зависимости для различных относительных расстояний (x/X) между вертикалями и берегом.

Среднюю на вертикали скорость v_{il} (м/с) ветрового течения в зоне прибрежного мелководья шириной порядка 0,3...1,0 км и более определяют по формуле:

$$v_{il} = k_{m1} \cdot \sqrt{v_{w10} \cdot \frac{\bar{\lambda}_w}{h_{wl}}}, \quad (4.3.2.3.1)$$

или

$$v_{il} = k_{m2} \cdot (0,70 - 0,33 \cdot \lg h_{wl}) \cdot v_{w10}^{1,5}, \quad (4.3.2.3.2)$$

где $k_{m1} = 2,5 \cdot 10^{-2}$, $k_{m2} = 1,0 \cdot 10^{-2}$. В случае отсутствия длительных наблюдений за ветром средняя скорость течения на вертикалях зоны прибрежного мелководья может быть вычислена по (4.3.2.3.1), (4.3.2.3.2) с использованием средней скорости ветра, а для определения значений скоростей течения заданной обеспеченности в режиме – с помощью данных табл. 4.3.2.3.1.

Таблица 4.3.2.3.1

Значение относительной скорости течения в поверхностном слое v_x/v_X [14]

Угол между направлением ветра и нормалью к линии берега (°)	x/X									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
20–70	0,52	0,68	0,76	0,81	0,85	0,89	0,93	0,97	0,98	1,00
70–110	0,69	0,87	0,96	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
140–180	0,46	0,57	0,63	0,68	0,74	0,79	0,84	0,89	0,94	1,00

Распределение ветровых течений по направлениям на внешней границе зоны прибрежного мелководья большой ширины (0,5...1,0 км и более) при отсутствии наблюдений принимают равным распределению течений на открытой акватории водоема. В случае отсутствия данных наблюдений повторяемость направлений течения в пределах прибрежной зоны может быть принята пропорционально относительному расстоянию x/X от береговой границы до расчетных вертикалей уменьшающемуся от фактических значений на внешней границе зоны ($x/X = 1,0$) до нуля на береговой границе зоны ($x/X = 0$) для течений, направленных под острым углом и по нормали (с водоема и с суши) к линии берега.

На береговой отмели, составляющей значительную часть прибрежного мелководья, под действием трансформирующихся и разрушающихся ветровых волн и в некоторой мере под действием касательных напряжений ветра на водную поверхность возникают вдольбереговые течения, которые играют (наряду с волнами) важную роль во вдольбереговом переносе наносов. Средняя поверхностная скорость v_{sb} (м/с) вдольберегового течения на береговых отмелях шириной до 100 м может быть определена:

$$v_{sb} = k_{b0} \cdot h_{wv,1} \cdot f(\alpha_b) \cdot \exp\left(-\left(0,014 \cdot B_{lb} - 0,5 \cdot h_{wl,0}\right)\right), \quad (4.3.2.3.3)$$

где $h_{wv,1}$ – высота волн 1%-й обеспеченности (в системе) на подходе к береговой линии, м; $f(\alpha_b)$ – параметр, зависящий от угла α_b между лучом волны (на подходе к береговой отмели) и нормалью к генеральному направлению линии берега, определяемый по табл. 4.3.2.3.2; B_{lb} – общая ширина береговой отмели, м; $h_{wl,0}$ – средняя глубина на отмели, м; k_{b0} – размерный коэффициент, принимаемый численно равным единице.

Таблица 4.3.2.3.2

Значение параметра $f(\alpha_b)$ [14]

α_b (°)	Плановые очертания участка		
	выпуклый	прямолинейный	вогнутый
0	0,0	0,0	0,0
10	0,60	0,60	0,60
20	0,80	0,80	0,80
30	0,94	0,94	0,94
40	0,98	0,98	0,98
50	1,00	1,00	1,00
60	0,98	0,98	0,98
70	0,97	0,95	0,94
80	0,92	0,90	0,87
90	0,85	0,82	0,78
100	0,76	0,70	0,64
110	0,65	0,55	0,44
120	0,50	0,35	0,10
130	0,35	0,15	0,00

Среднюю поверхностную скорость вдольберегового течения v_{sb} на береговой отмели шириной более 100 м вычисляют по формуле:

$$v_{sb} = k_{b,0} \cdot h_{wv,1} \cdot f(\alpha_b) \cdot \exp\left(-\left(0,014 \cdot B_{lb} - 0,5 \cdot h_{wl,0}\right)\right) + 10^{-2} \cdot \left(0,7 - 0,33 \cdot \lg h_{wl,0}\right) \cdot v_{w10}^{1,5} \cdot \sin \alpha_w, \quad (4.3.2.3.4)$$

где α_w – угол между направлением ветра и нормалью к линии берега (°).

Для расчета средней скорости вдольберегового течения в пределах волноприбойной зоны, которая при слабом и средней силы волнении охватывает лишь часть береговой отмели, используют формулу:

$$v_{sb} = \sqrt{\frac{g \cdot h_{wl,e}^3 \cdot h_{wv,10} \cdot \sin \alpha_b}{\left(0,1 + 800 \cdot \frac{h_{wl,e}^2}{B_{lb}}\right) \cdot D_{wob,ef}^{\frac{1}{3}} \cdot B_{lbw}}}, \quad (4.3.2.3.5)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; $h_{wl,e}$ – глубина на линии разрушения волн, м; $h_{wv,10}$ – высота волн 10%-й обеспеченности (в системе) на линии разрушения, м; α_b – угол между лучом волны и нормалью к генеральному направлению линии берега (°); B_{lbw} – ширина волноприбойной зоны между урезом и линией разбивания волн, м; $D_{wob,ef}$ – эффективный диаметр донных наносов, ограничивающий 10 % наиболее крупных частиц на графике гранулометрического состава грунта, мм. Распределение скорости вдольберегового течения на береговой отмели при отсутствии данных наблюдений может быть установлено по типовым кривым с учетом данных табл. 4.3.2.3.3.

Таблица 4.3.2.3.3

Типы распределения скорости вдольберегового течения на береговой отмели [14]

Тип	Уклон отмели (°)	Соотношение высот волн и средних глубин	Соотношение максимальных и средних значений скорости
I	1,5–2,5	$\bar{h}_{wv} < h_{wl,0}$	$v_{\max} \approx 2,5 \cdot \bar{v}$ (приурезовая зона)
II	1,5–2,5	$\bar{h}_{wv} \approx h_{wl,0}$	$v_{\max} \approx 2,0 \cdot \bar{v}$ (центральная часть)
III	2,0–3,0	$\bar{h}_{wv} \geq h_{wl,0}$	$v_{\max} \approx 1,3 \cdot \bar{v}$ (центральная часть)
			$v_{\max} \approx 1,6 \cdot \bar{v}$ (приурезовая зона)
IV	0,5–1,0	$\bar{h}_{wv} \geq h_{wl,0}$	$v_{\max} \approx \bar{v}$ (вся отмель)

Переход от поверхностной скорости вдольберегового течения к средней скорости на вертикали v_{ib} или в створе береговой отмели может быть выполнен с использованием соотношения:

$$v_{ib} \approx 0,83 \cdot v_{sb}. \quad (4.3.2.3.6)$$

Для установления приближенного распределения скорости вдоль берегового течения на вертикалях береговой отмели могут использоваться безразмерные эпюры для $h_{wl}/\bar{\lambda}_w = 0,4$ [14].

4.3.3. Расчет характеристик ветровых волн

Расчет течений и поправок на нагон и ветровое волнение при оценке характерных уровней воды предполагает оценку волнообразующих факторов и элементов волн (при проведении инженерных изысканий – на основе [154]). При наличии наблюдений в безледные сезоны в течение не менее 25 лет расчетные характеристики определяют по результатам статистической обработки. В соответствии с [154], к основным элементам относятся высота (превышение вершины волны над соседней подошвой на волновом профиле), длина (горизонтальное расстояние между вершинами двух смежных гребней на волновом профиле) и период волны (интервал времени между прохождением двух смежных вершин волн через фиксированную вертикаль).

Расчеты элементов волн проводятся с учетом: 1) разных видов волн, в том числе: 1.1) нерегулярных (волн, элементы которых изменяются случайным образом) и регулярных (волн, высота и период которых остаются неизменными в данной точке пространства, занятого жидкостью); 1.2) поступательных или бегущих (волны, видимая форма которых перемещается в пространстве); 1.3) стоячих (волн, видимая форма которых в пространстве не перемещается); 2) деления водоема на следующие зоны по глубине: 2.1) глубоководная – с глубиной $h_{wl} > 0,5 \cdot \lambda_w$, где дно не влияет на основные характеристики волн; 2.2) мелководная – с глубиной $0,5 \cdot \lambda_w \geq h_{wl} \geq h_{wl,k1}$, где дно оказывает влияние на развитие волн и на основные их характеристики; 2.3) прибойная – с глубиной от $h_{wl,k1}$ до $h_{wl,k2}$, в пределах которой начинается и завершается разрушение волн; 2.4) приурезовой – с глубиной менее $h_{wl,k2}$, в пределах которой поток от разрушенных волн периодически накатывается на берег. Оценка элементов ветровых волн базируется на использовании расчетных характеристик ветра, соответствующих классу проектируемых сооружений (обеспеченность расчетного шторма для сооружений класса: I – 1 раз в 100 лет, II – 1 раз в 50 лет; III, IV – 1 раз в 25 лет [154]).

Определение разгона L_w (м) осуществляется по румбам с использованием картографического материала и последующим выбором волноопасного румба. Значения предельного разгона L_{wm} могут быть приняты по табл. 4.3.3.1 для заданной расчетной скорости ветра v_{w10} на высоте 10 м над уровнем воды с учетом местных условий.

Таблица 4.3.3.1

Значения предельного разгона L_{wm} [154]

Скорость ветра v_{w10} на высоте 10 м над уровнем воды с учетом местных условий, м/с	20	25	30	40	50
Значения предельного разгона $L_{wm} \cdot 10^{-3}$, м	1600	1200	600	200	100

В глубоководной зоне водоемов среднюю высоту \bar{h}_{wv} (м) и средний период волн T_{wv} (с) определяют по номограммам, приведенным в [154] и основанным на использовании эмпирических зависимостей, полученных, согласно [169], Ю.М. Крыловым и соавторами [62] для установившегося режима волнообразования:

$$\frac{g \cdot \bar{h}_{wv}}{v_{w10}^2} = 0,16 \cdot \left(1 - \left(1 + 0,006 \cdot \left(\frac{g \cdot L_w}{v_{w10}^2} \right)^{0,5} \right)^{-2} \right) \times$$

$$\times th \left(0,625 \cdot \frac{\left(\frac{g \cdot \bar{h}_{wl}}{v_{w10}^2} \right)^{0,8}}{\left(1 - \left(1 + 0,006 \cdot \left(\frac{g \cdot L_w}{v_{w10}^2} \right)^{0,5} \right)^{-2} \right)} \right); \quad (4.3.3.1)$$

$$\frac{g \cdot \bar{T}_{wv}}{v_{w10}} = 3,1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{g \cdot \bar{h}_{wv}}{v_{w10}^2} \right)^{0,625}. \quad (4.3.3.2)$$

Более простое выражение для определения $\frac{g \cdot \bar{h}_{wv}}{v_{w10}^2}$ было получено А.Ш. Хабидовым и соавторами [169] на основе численного исследования (4.3.3.1) и номограммы [154] в виде

$$\frac{g \cdot \bar{h}_{wv}}{v_{w10}^2} = 0,084155 \cdot \left(\frac{g \cdot \bar{h}_{wl}}{v_{w10}^2} \right)^3 - 0,13801 \cdot \left(\frac{g \cdot \bar{h}_{wl}}{v_{w10}^2} \right)^2 +$$

$$+ 0,15062 \cdot \left(\frac{g \cdot \bar{h}_{wl}}{v_{w10}^2} \right) - 0,0014515. \quad (4.3.3.3)$$

Среднюю длину волн $\bar{\lambda}_w$ (м) при известном значении T_{wv} определяют по формуле

$$\bar{\lambda}_w = \frac{g \cdot \bar{T}^2}{2 \cdot \pi}. \quad (4.3.3.4)$$

В соответствии с [154], высоту волны i %-й обеспеченности в системе $h_{wv,i}$ (м) определяют умножением средней высоты волн на коэффи-

циент k_i , принимаемый по рис. 4.3.3.1 для безразмерной величины $\frac{g \cdot L_w}{v_{w10}^2}$.

Согласно [100], волна расчетной обеспеченности 1 и 5 % (и для глубоководной, и для мелководной зон водоема) в системе волн шторма имеет значения: $h_{wv,1} = 2,07 \cdot \bar{h}_{wv}$ и $h_{wv,5} = 1,76 \cdot \bar{h}_{wv}$. Превышение вершины волны над расчетным уровнем $H_{\eta c}$ (м) определяют по номограмме, приведенной в [154], в зависимости от значения $\frac{h_{wv,i}}{g \cdot T_{wv}^2}$ для случая, когда $\frac{h_{wL}}{\lambda_w} = 0,5$.

В мелководной зоне водоема с уклонами дна 0,002 и более высоты волн i % -й обеспеченности $h_{wv,i}$ (м) определяют по формуле

$$h_{wv,i} = k_{w,t} \cdot k_{w,r} \cdot k_{w,l} \cdot k_{w,i} \cdot \bar{h}_{wv}, \quad (4.3.3.5)$$

где $k_{w,t}$ – коэффициент трансформации, определяется по рис. 4.3.3.2; $k_{w,r}$ – коэффициент рефракции, определяется по формуле

$$k_{w,r} = \sqrt{\frac{a_{w,h}}{a_w}}, \quad (4.3.3.6)$$

где $a_{w,h}$ – расстояние между смежными волновыми лучами в глубоководной зоне, м; a_w – расстояние между теми же лучами по линии, проходящей через заданную точку мелководной зоны, м; лучи волн на плане рефракции в глубоководной зоне принимают по заданному направлению распространения волн, а в мелководной зоне – в соответствии со схемой и графиками, приведенными в [154].

Обобщенный коэффициент потерь $k_{w,l}$ может определяться по заданным значениям величины $\frac{h_{wl}}{\lambda_w}$ и уклону дна J (табл. 4.3.3.2); при

уклонах дна 0,03 и более значение обобщенного коэффициента потерь принимается равным единице [154]. Длину волн, перемещающихся из глубоководной в мелководную зону, и превышение вершины волны над расчетным уровнем $H_{\eta c}$ определяют по номограммам, приведенным в

[154], в зависимости от значения $\frac{h_{wv,i}}{g \cdot \bar{T}_{wv}^2}$, $\frac{h_{wv,1}}{g \cdot \bar{T}_{wv}^2}$ и $\frac{h_{wl}}{\lambda_w}$. Среднюю высоту

и средний период волн в мелководной зоне с уклонами дна 0,001 и менее определяют в целом аналогично соответствующим параметрам глубоководной зоны.

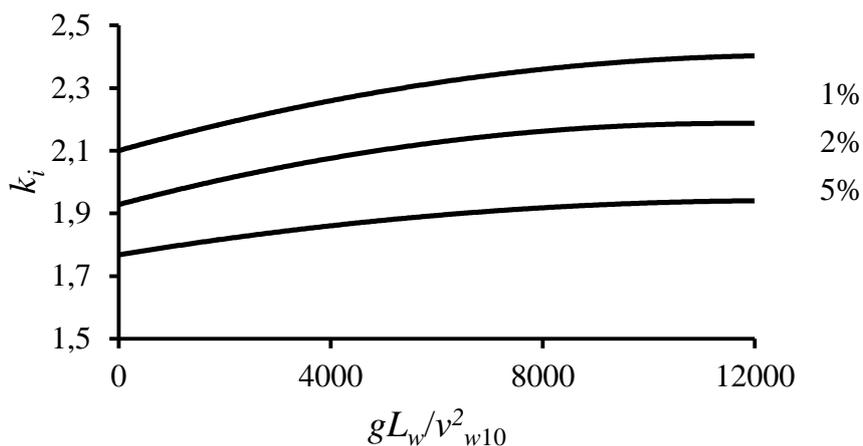


Рис. 4.3.3.1. Графики значений коэффициента k_i [154]

Таблица 4.3.3.2

Значения коэффициента потерь $k_{w,l}$ [154]

Относительная глубина $\frac{h_{WL}}{\lambda_w}$	Значения коэффициента $k_{w,l}$ при уклонах дна S	
	0,025	0,02–0,002
0,01	0,82	0,66
0,02	0,85	0,72
0,03	0,87	0,76
0,04	0,89	0,78
0,06	0,90	0,81
0,08	0,92	0,84
0,10	0,93	0,86
0,20	0,96	0,92
0,30	0,98	0,95
0,40	0,99	0,98
0,5 и более	1	1

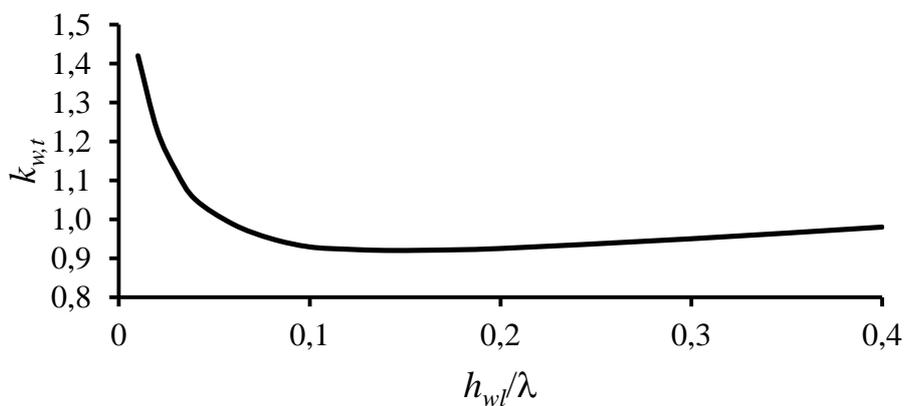


Рис. 4.3.3.2. Зависимость между $k_{w,t}$ и $\frac{h_{WL}}{\lambda_w}$

В прибойной зоне высоту волн $h_{sur,1}$ (м) определяют для заданных уклонов дна J по рис. 4.3.3.3. По безразмерной величине $\frac{h_{WL}}{\lambda_w}$ принимается значение $\frac{h_{sur,1}}{g \cdot T_{wv}^2}$ и соответственно определяется $h_{sur,1}$. Длину волны и критическую глубину в прибойной зоне определяют по номограммам, приведенным в [154].

На огражденной акватории водоема высоту дифрагированной волны $h_{wv,dif}$ (м) определяют по формуле

$$h_{wv,dif} = k_{wv,dif} h_{wv,i}, \quad (4.3.3.7)$$

где $h_{wv,i}$ – высота исходной волны i %-й обеспеченности; $k_{wv,dif}$ – коэффициент дифракции волн, определяемый согласно [154]. В качестве расчетной длины принимается исходная длина $\bar{\lambda}$ на входе в акваторию.

В общем случае, согласно [100], если по номограммам [154] безразмерный разгон получить нельзя, то средняя высота волны может быть определена по соотношению $\bar{h}_{wv} = 0,24 \cdot h_{wl}$. Кроме того, на затопляемой пойме рекомендуется учитывать эффект гашения волн в зависимости от ширины участка залесенности по направлению расчетного румба, диаметра (ниже первых веток) и числа стволов на 1 м^2 .

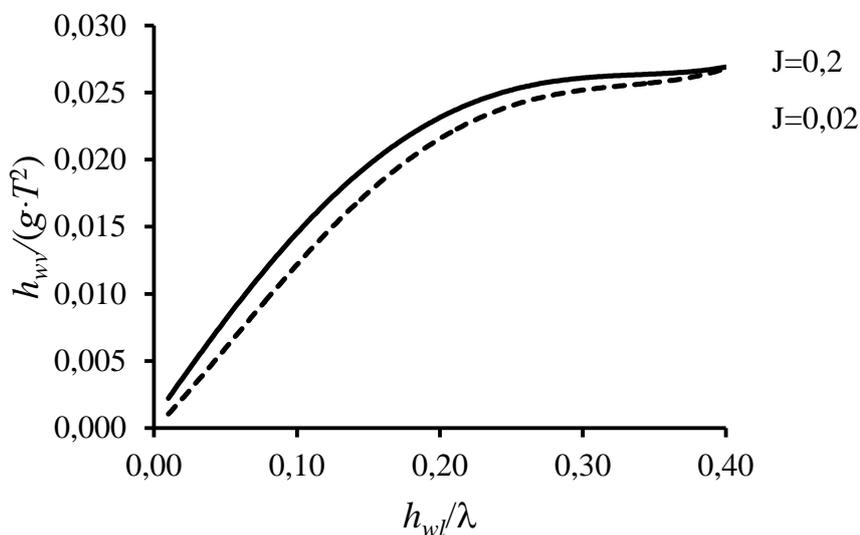


Рис. 4.3.3.3. Зависимость между $\frac{h_{wv,i}}{g \cdot T_{wv}^2}$ и $\frac{h_{WL}}{\lambda_w}$ для разных значений уклона дна J [154]

Высота ветрового нагона Δh_{set} (м) определяется на основе данных натуральных наблюдений, а при их отсутствии (без учета конфигурации береговой линии и при постоянной глубине дна h_{WL}) – по формуле

$$\Delta h_{set} = k_{ww} \cdot \frac{L_w \cdot v_{w10}^2}{g \cdot (h_{WL} + 0,5 \cdot \Delta h_{set})} \cdot \cos \alpha_w, \quad (4.3.3.8)$$

где α_w – угол между продольной осью водоема и направлением ветра (°); k_{ww} – коэффициент, принимаемый по табл. 4.3.3.3.

Согласно [100], высоту наката $h_{run\ 1\%}$ (обеспеченность по накату 1 %) на откос заложением m_w фронтально подходящей волны с высотой $h_{wv1\%}$ определяют по формуле

$$h_{run,1} = k_{wr*} \cdot k_{wsp} \cdot k_{run} \cdot h_{wv,1}, \quad (4.3.3.9)$$

где k_{wr*} , k_{wsp} , k_{run} – коэффициенты, учитывающие шероховатости, проницаемость и заложение откоса и пологость волны $\lambda_w/h_{wv,1}$. При подходе фронта волны к откосу под углом α_w высоту наката уменьшают умножением на $k_{\alpha w}$. Коэффициенты k_{wr*} , k_{wsp} , k_{run} , $k_{\alpha w}$ принимаются с учетом требований к проектируемым сооружениям (например, согласно [100]).

Таблица 4.3.3.3

Значения коэффициента k_{ww} в зависимости от скорости ветра v_w [154]

v_w , м/с	20	30	40	50
$k_{ww} \cdot 10^6$	2,1	3	3,9	4,8

4.4. Расчеты характерных уровней воды

4.4.1. Расчет уровней воды в водотоках

4.4.1.1. Определение при наличии наблюдений

Расчетные наивысшие уровни воды рек в створе гидрологического поста определяют по аналитической кривой распределения вероятностей превышения ежегодных наивысших мгновенных или срочных уровней воды за период многолетних наблюдений. При неоднородности наивысших уровней воды возможно использование эмпирических кривых вероятностей распределения. При необходимости расчетные уровни вверх или вниз по течению реки в случае свободного состояния русла переносят по одному из трех способов: 1) по кривым расходов воды $Q = f(H_w)$; 2) по кривым связи соответственных уровней воды; 3) по продольному профилю водной поверхности с учетом ее уклона при высоком уровне воды. Перенос уровней воды по продольному профилю водной поверхности производят в пределах небольших по длине участков (1...3 км). В устьевых и приустьевых участках рек в отдельные фазы

их режима учитывают возможность подпора воды со стороны водоприемника. Если наивысшие уровни приходятся на период с ледовыми явлениями, то их перенос осуществляют по зависимости $Q = f(H_w)$ для открытого русла и расходам воды, вычисленным по формуле

$$Q'_p = \frac{Q_p}{k_Q}, \quad (4.4.1.1.1)$$

где Q_p – расход воды в опорном створе; k_Q – коэффициент, учитывающий изменение гидравлических характеристик потока льдом [152].

4.4.1.2. Определение при недостаточности наблюдений

Экстраполяцию эмпирической кривой обеспеченности максимальных уровней выполняют с помощью аналитических функций распределения вероятностей превышения расходов воды (с предварительным приведением коротких рядов наблюдений за расходами воды к многолетнему периоду).

4.4.1.3. Определение при отсутствии наблюдений

Расчетные наивысшие уровни воды определяют по кривым $Q = f(H_w)$ через расходы воды Q_p . Кривые расходов строят с помощью формулы

$$Q \approx \frac{1}{n_r} \cdot F_s \cdot \bar{h}_w^2 \cdot J^{\frac{1}{2}}, \quad (4.4.1.3.1)$$

где F_s – площадь поперечного сечения русла или поймы при отметке уровня H_w , м²; n_r – коэффициент шероховатости, с/м^{0,33}; \bar{h}_w – средняя глубина воды в русле или пойме, м; J – уклон водной поверхности, м/м. Кривые $F_s = f(H_w)$ и $h_w = f(H_w)$ устанавливают путем промеров глубин и нивелирования русла, береговых склонов и долины. Уклон J и коэффициент шероховатости n_r находят по табл. 4.3.1.1 и 4.3.1.2 или измеряют.

Расчетные значения наивысших уровней воды при подвижках льда и ледоходе оценивают по кривой $Q = f(H_w)$ через расходы, вычисленные по формуле

$$Q'_p = \frac{\eta_w}{k_Q} \cdot Q_p, \quad (4.4.1.3.2)$$

где η_w – коэффициент, учитывающий соотношение расходов воды при подвижке (ледоходе) и на пике весеннего половодья Q_p и несовпадение по годам этих расходов одной вероятности превышения. Значения коэффициентов η_w и k_Q определяют методом аналогии. Согласно [152], значения расчетных уровней воды при необходимости вводят поправки на ветровой нагон Δh_{set} (4.3.3.8) и высоту наката $h_{run,1}$ % (4.3.3.9), а также

ряд других поправок в зависимости от особенностей проектируемого объекта и исследуемого водотока.

Расчетный наивысший уровень воды $H_{w,dj,p}$, обусловленный зажором или затором, вычисляются по формуле

$$H_{w,dj,p} = (\mu_{dj} \cdot J_{Q(dj)}^{0,3} - 1) \cdot h_{w,Q(dj)} + H_{w,Q(dj)}, \quad (4.4.1.3.3)$$

где μ_{dj} – коэффициент зажорности или заторности речного участка; определяется путем полевых исследований, по аналогии или ориентировочно по табл. 4.4.1.3.1 (при выборе участков-аналогов учитываются следующие условия: возможная географическая близость расположения; одинаправленность течения; одни и те же факторы формирования осеннего и весеннего стока; подобие поперечных и плановых форм русла в пределах участков; равенство уклонов водной поверхности; отсутствие факторов, существенно искажающих естественное развитие процессов образования зажоров и заторов [80]); $J_{Q(dj)}$, $h_{w,Q(dj)}$ и $H_{w,Q(dj)}$ – уклон водной поверхности (‰), средняя глубина реки (м) и уровень воды в расчетном створе (м) при расходе Q_{dj} и свободном ото льда русле; Q_{dj} – расход воды в период зажоро- или заторообразования вероятности превышения P % (согласно [80], Q_{dj} рассчитывается через модуль стока, который может быть определен методом гидрологической аналогии).

Таблица 4.4.1.3.1

Значения коэффициента μ_{dj} [152]

Вид ледового образования	Коэффициент μ_{dj} при $\Delta B_s/B_{s,Q(dj)}$, равном					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Зажор	27,1	22,2	18,2	14,9	12,2	10,0
Затор	17,3	14,2	11,6	9,5	7,8	6,4
Зажор + затор	22,2	18,2	14,9	12,2	10,0	8,2

Согласно [80], для расчета максимальных заторных уровней воды может быть использовано еще два метода (М.А. Жуковой и В.А. Бузина). В методе М.А. Жуковой расчет максимальных заторных уровней воды основан на условии гидравлического подобия процесса образования заторов на реках, а в методе В.А. Бузина предлагается решение, в котором вклад местных факторов в формирование максимального заторного уровня оценивается путем выполнения специальных наблюдений в ходе полевых работ и расчетным методом. При этом интегральным количественным показателем местных факторов служит коэффициент заторности, а показателем наполнения русла является площадь поперечного сечения русла, связь которой с уровнем устанавливается нивелировкой берегов в расчетном створе. Также следует отметить ме-

тод О.Г. Савичева [118], в соответствии с которым подпор воды при заторе $\Delta H_{w(dj)}$ определяется по формуле:

$$\Delta H_{dj} = k_Z \cdot \Delta H_a \cdot \left(\frac{Q_p}{Q_a} \right)^{k_Q} \cdot \left(\frac{\Lambda}{k_h \cdot h_{Q,p} + k_J \cdot J_{a,p}} \right), \quad (4.4.1.3.4)$$

где ΔH_{dj} – подпор воды при ледовых заторах и зажорах, м; Q_p – расход воды на момент формирования ледового затора или зажора, м³/с; Q_a – норма стока, м³/с; $h_{Q,p}$ – глубина реки при открытом русле и расходе воды Q_p , м; $J_{a,p}$ – средневзвешенный уклон реки, ‰ (м/км); $k_Z \cdot \Delta H_a$, k_Q , k_h , k_J – коэффициенты, полученные для рек-аналогов. Например, для рек Томь и Чулым (бассейн реки Обь) были оценены значения коэффициентов: $k_Z \cdot \Delta H_a = 0,50$; $k_Q = 1,45$; $k_h = 0,25$; $k_J = 0,60$.

4.4.2. Расчет уровней воды в озерах

4.4.2.1. Определение при наличии наблюдений

Определение расчетных наивысших уровней воды озер проводится по кривым распределения вероятностей превышения уровней теми же приемами, что и для рек. При необходимости может выполняться перенос наивысших уровней воды от опорного поста к другим постам по графикам связи уровней воды или непосредственно по взаимно увязанным отметкам с учетом волнения и ветрового нагона.

4.4.2.2. Определение при недостаточности наблюдений

Расчетные уровни воды озер находят путем экстраполяции аналитической кривой обеспеченности объемов воды V_w в озере. Координаты зависимости $V_w = f(H_w)$ устанавливают в ходе изысканий.

4.4.2.3. Определение при отсутствии наблюдений

Для расчетов максимальных уровней воды проточных озер в зоне избыточного увлажнения используют зависимость:

$$\bar{\Delta H}_w = \beta_w \cdot \sqrt{\frac{F_{lb}}{F_{lm}}}, \quad (4.4.2.3.1)$$

где $\bar{\Delta H}_w$ – средний многолетний весенне-летний подъем уровня воды в озере над порогом стока (см); F_{lb} – площадь водосбора озера (км²); F_{lm} – площадь зеркала озера (км²); β_w – коэффициент, определяемый по данным наблюдений на соседних озерах с близкими соотношениями морфометрических характеристик и режимом стока из водоема. Для Кольского полуострова и Карелии $\beta_w = 20$, для северной и центральной областей европейской части РФ $\beta_w = 32$ [152], для севера Западной Си-

бири (по данным, полученным на озерах с соотношением F_{lb}/F_{lm} от 2 до 25) ориентировочно $\beta_w \approx 20$ [17]. Зависимость (4.4.2.3.1) применима для отношения F_{lb}/F_{lm} менее 250. Переход от среднего многолетнего подъема уровня к расчетной вероятности превышения проводят по кривым обеспеченности с параметрами C_v и отношением C_s/C_v , установленными по аналогам. В значения расчетных уровней воды озер вводят поправки на ветровой нагон Δh_{set} (4.3.3.8) и высоту наката $h_{run,1}$ (4.3.3.9) [152].

4.4.3. Расчет кривой свободной поверхности

При проектировании инженерных объектов в устьях рек, в зоне влияния водохранилищ либо при проектировании плотин и дамб часто возникает необходимость построения кривых свободной поверхности (КСП). При отсутствии данных гидрометрических наблюдений, но при наличии подробной информации о морфометрических характеристиках русла и поймы водотока на исследуемом участке эта задача может быть решена путем численного решения систем уравнений Навье–Стокса или Сен–Венана.

Более простой способ построения кривой свободной поверхности заключается в использовании соотношения [56]:

$$Q^2 = J \cdot k_R^2, \quad (4.4.3.1)$$

где k_R – модуль расхода:

$$k_R = F_s \cdot C_{Ch} \cdot \sqrt{h_w}. \quad (4.4.3.2)$$

Формула (4.4.3.1) может быть преобразована к виду:

$$\Delta H_w = \frac{\Delta x}{k_R^2} \cdot Q^2, \quad (4.4.3.3)$$

где ΔH_w – снижение уровня воды $H_{w,e}$ в конце участка длиной Δx относительно уровня воды в его начале $H_{w,b}$, то есть:

$$H_{w,b} = H_{w,e} + \Delta H_w. \quad (4.4.3.4)$$

Таким образом, задача построения кривой свободной поверхности сводится: 1) к выбору серии участков длиной Δx ; 2) построению для каждого участка зависимости между уровнем воды и функцией модуля расхода; 3) подбору такого уровня воды для каждого участка, чтобы выполнялись условия (4.4.3.3), (4.4.3.4). Например, А.Н. Рахмановым предложен метод, в соответствии с которым для каждого участка по данным изысканий строится зависимость между средним уровнем (на участке) и величиной $\frac{\Delta x}{k_R^2}$, задается значение уровня воды в конце нижнего участка $H_{w,e}$, принимается произвольное значение среднего уровня воды на участке H_{w*} , для которого по формуле (4.4.3.3) вычисляется значение ΔH_w , и проверяется условие:

$$H_{w*} = H_{w,e} + \frac{\Delta H_w}{2}. \quad (4.4.3.5)$$

Расчет проводится подбором значения H_{w*} до достижения требуемой точности выполнения (4.4.3.5), после чего по формуле (4.4.3.4) вычисляется значение уровня воды $H_{w,b}$ в начале первого участка. Это значение принимается в качестве значения уровня воды в конце второго участка. Затем расчет повторяется для всех остальных участков [56].

Кроме метода А.Н. Рахманова широкое распространение в отечественной практике получили также графические методы Н.Н. Павловского и Н.М. Бернадского. Кроме того, в некоторых случаях может применяться упрощенный способ, в соответствии с которым кривая подпора может быть построена путем соединения плавной вогнутой линией точек продольного профиля, соответствующих расчетному бытовому уровню воды в месте выклинивания подпора и в створе наибольшего подпора у его источника. При этом дальность распространения подпора L_{Pr} (км), согласно [152], определяют по формуле

$$L_{Pr} = a_{Pr} (h'_w + \Delta H) / J', \quad (4.4.3.6)$$

где J' и h'_w – средний уклон водной поверхности (‰) и средняя глубина реки (м) на расчетном участке при отсутствии подпора; ΔH – наибольший подпор, м; a_{Pr} – коэффициент, зависящий от отношения $\Delta H/h'_w$ и определяемый по табл. 4.4.3.1.

Таблица 4.4.3.1

Коэффициент a_{Pr} при соотношениях $\Delta H_w/h'_w$ [152]

$\Delta H_w/h'_w$	5,0	2,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,05
a_{Pr}	0,96	0,91	0,85	0,76	0,67	0,58	0,41	0,24

4.5. Расчеты ледового режима

Ледовый режим реки – совокупность закономерно повторяющихся процессов возникновения, развития и разрушения ледяных образований на водных объектах – характеризуется интенсивностью нарастания ледяного покрова (сплошного и неподвижного льда на поверхности водного объекта), условиями вскрытия, образованием зажоров и заторов льда (скоплений шуги с включением мелкобитого льда и льдин в русле реки во время ледохода, вызывающих стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды), определяет пропускную способность русла в зимний период, характер и степень воздействия ледяного покрова на инженерные сооружения в период от начала ледостава (фазы ледового режима, характеризующейся наличием ледяного покрова) до

ледохода (движения льдин и ледяных полей на реках и водохранилищах под влиянием течений).

Для оценки этого воздействия обычно используют следующие характеристики: 1) средняя, минимальная и наибольшая за зиму толщина льда $\bar{h}_l, h_{l,\min}, h_{l,\max}$; 2) толщина льда в начале ледохода h_{lB} ; 3) плотность льда во время ледохода; 4) размеры льдин во время ледохода L_{lC} ; 5) расчетные уровни высокого ледохода с заданной обеспеченностью (РУВЛ $P\%$); 6) уровни высшего (УВНЛ) и низшего наблюдаемого ледохода (УННЛ); 7) уровень низкого ледохода с заданной обеспеченностью; 8) уровни первой подвижки льда (УППЛ): наивысший и наинизший наблюдаемый заданной обеспеченностью (при ежегодных подвижках и длительности ряда непрерывных наблюдений не менее 15 лет); 7) наинизший наблюдаемый уровень зимней межени; 8) уровень зимней межени заданной обеспеченностью; 9) ранняя, поздняя и средняя даты ледохода; 10) ранняя, поздняя и средняя даты ледостава; 11) даты ранней, поздней и средней первой подвижки льда [30, 100].

Указанные характеристики могут быть определены по рядам натуральных наблюдений длительностью не менее 5 лет (уровни первой подвижки льда определяются при длительности ряда непрерывных наблюдений не менее 15 лет). При отсутствии соответствующей информации исходные данные по ледовой обстановке устанавливаются на основе специальных ледовых изысканий, привлекают данные аналогов и косвенные методы оценки факторов ледовой обстановки [100]. Согласно [100], наибольшую за зиму толщину льда Λ_1 обеспеченностью 1 % определяют по данным наблюдений на ближайшем к переходу водосту. При отсутствии или недостаточности данных гидрологических наблюдений толщина льда 1 % вероятности превышения может быть определена по формуле

$$\Lambda_1 = \Lambda_a + \Phi_{1\%} \cdot \sigma_l, \quad (4.5.1)$$

где Λ_a – средняя многолетняя максимальная толщина льда (см), определяемая по формуле

$$\Lambda_a = \frac{a_l \cdot \sqrt{\sum |T_{a,d}|}}{(0,8 \cdot h_{sn} + 1)^{1/6}}. \quad (4.5.2)$$

Здесь $\sum |T_{a,d}|$ – наибольшая за все годы наблюдений сумма отрицательных среднесуточных температур (в градусах Цельсия) за период от ледостава до начала снеготаяния по данным ближайшей метеостанции; a_l – коэффициент, принимаемый для рек в европейской части Российской Федерации до широты 65° равным $a_l = 1,7$; для более суровых климатических условий $a_l = 2,4$; h_{sn} – средняя за зимний период высота (м) снежного

покрова, определяемая по показаниям метеостанции; $\Phi_1 \%$ – отклонение ординаты кривой вероятностей превышения Пирсона III типа от середины при заданном коэффициенте асимметрии C_s (рекомендуется принимать коэффициент асимметрии $C_s = 0$ для районов южнее широты 65° в европейской и 55° в азиатской частях Российской Федерации и $C_s = 1$ – севернее указанных широт); σ_l – среднее квадратическое отклонение максимальной толщины льда, которое в первом приближении может быть принято равным $0,15 \cdot \Lambda_a$. Для сильно заболоченных рек толщину льда Λ_1 , полученную по формуле (4.5.1), можно уменьшать на 10...15 см из-за воздействия на формирование ледяного покрова повышенного притока относительно теплых грунтовых вод и болотных вод с повышенным содержанием органических веществ за весь осенне-зимний период.

Для ориентировочной оценки нарастания льда Λ (в см) при наличии снежного покрова также используются более простые формулы Ф.И. Быдина:

$$\Lambda = 2 \cdot \sqrt{\sum |T_d|}, \quad (4.5.3)$$

$$\Lambda = 11 \cdot \sqrt{\sum |T_m|}, \quad (4.5.4)$$

где $\sum |T_d|$ и $\sum |T_m|$ – суммы отрицательных среднесуточных и среднемесячных температур (в градусах Цельсия) [68].

К началу вскрытия рек наблюдается уменьшение толщины и прочности льда, которое происходит главным образом в результате поверхностного и внутреннего таяния под влиянием тепла и солнечной радиации. Толщину льда в начале ледохода Λ_{IB} рекомендуется принимать равной $0,8 \cdot \Lambda_1$. Для ориентировочной оценки Λ_{IB} (см) можно пользоваться формулой В.В. Невского (приводится по [100]):

$$\Lambda_{IB} = v_{IB}, \quad (4.5.5)$$

где v_{IB} – средняя скорость течения в начале ледохода (см/с), определяемая по кривым $Q = f(H_w)$ и $v = f(H_w)$.

В регионах, где преобладает сток весеннего половодья, в качестве уровня начала весеннего ледохода можно принимать уровень низкой межени (УНМ). Плотность льда во время ледохода принимают равной $0,9 \text{ т/м}^3$. Оценку размеров льдин во время ледохода проводят по результатам опроса местных жителей или по результатам натурных наблюдений. Ориентировочно размер льдин можно принимать $L_{IC} = B_s/10$, где B_s – ширина реки (длина и ширина льдин примерно одинаковы). Высота пакета заторного льда при отсутствии данных натурных наблюдений может быть принята (в качестве верхнего предела) равной $0,8$ средней глубины потока при расходе воды заторного периода; плотность шуги,

движущейся в поверхностном слое потока, – в размере 0,3...0,7 т/м³. Уровни первой подвижки льда и высокого ледохода при отсутствии данных наблюдений могут быть приближенно определены, согласно [100], по кривой $H_w = f(Q)$ с предварительным расчетом расходов воды Q_{fib} и Q_{mib} по формулам:

$$Q_{fib} = k_{fib} \cdot Q_1; \quad (4.5.6)$$

$$Q_{mib} = k_{mib} \cdot Q_1, \quad (4.5.7)$$

где Q_{fib} – расход, соответствующий минимальному уровню первой подвижки льда; Q_{mib} – расход, соответствующий максимальному уровню весеннего ледохода; Q_1 – максимальный расход весеннего половодья 1 % обеспеченности; k_{fib} и k_{mib} принимаются по табл. 4.5.1.

Таблица 4.5.1
Коэффициенты k_{fib} и k_{mib} в формулах (7.4, 7.5) [100]

Ледовые явления	Значения k_{fib} и k_{mib}			
	Вероятность превышения в %			
	0,33	1	2	10
Первая подвижка льда	0,29	0,24	0,22	0,16
Высокий ледоход	0,70	0,59	0,55	0,41

При исследовании условий ледохода может использоваться приведенная в [100] классификация рек стран СНГ, в соответствии с которой выделяются три группы: 1) среднее и нижнее течение крупных рек Сибири и ЕТ РФ; толщина ледяного покрова при вскрытии обычно достигает 0,8...1,7 м, а иногда 1,8...2,8 м; наивысшие уровни в году чаще всего совпадают с ледоходом; 2) верхнее течение средних и больших рек Сибири, некоторые реки Дальнего Востока, верхнее и среднее течение рек европейской части Российской Федерации; толщина льда при вскрытии обычно достигает 0,4...0,8 м, а иногда 1,0...1,5 м; 3) реки юга европейской части РФ и Средней Азии; характеризуются небольшой толщиной (до 0,4 м) и малой прочностью льда при вскрытии, небольшими подъемами уровней воды; к вскрытию лед теряет прочность и толщину на 30...50 %.

Ледоход на реках, указанных в первых двух случаях, часто сопровождается заторами льда, а в третьем случае в период ледостава на реках наблюдаются ледовые зажоры. Наиболее вероятно образование ледовых заторов в местах, где задерживается вскрытие из-за повышенной толщины и прочности ледяного покрова, при невысоких уровнях на перекатах, крутых поворотах русел, в местах их многорукавности, в устьях притоков. Особо следует выделить заторы антропогенного проис-

хождения. Они образуются при малых скоростях ледохода ($v \leq 1,0$ м/с) перед мостами, пролеты в свету которых не обеспечивают свободного беззаторного пропуска льда [100].

Образование зажоров определяется несколько иными условиями. Согласно [152], индикаторами рек с высокой вероятностью зажоров являются: 1) замерзание, происходящее путем перемещения кромки ледяного покрова снизу вверх по течению (характерно для рек, которые текут с юга на север или выходят с гор на равнину); 2) наличие перелома продольного профиля с резким уменьшением к устью уклонов; 3) наличие сужений русла, крутого поворота, островов и других русловых образований; 4) выше по течению уклон водной поверхности больше 0,05 ‰; 5) интенсивный и длительный (6 сут и более) шугоход (характерно для рек с оттепелями и большим тепловым стоком из глубоких озер и водохранилищ); 6) большая осенняя водность (модуль стока более 3 л/с·км²).

Указанные выше особенности ледового режима характерны для рек с незарегулированным стоком. В противном случае (то есть при расчетах ледового режима зарегулированных рек) учитывают следующие обстоятельства. Во-первых, сооружение плотинных гидроузлов приводит к изменению гидравлических и морфометрических характеристик на зарегулированных участках рек. Во-вторых, сроки появления льда на водохранилищах более поздние, чем на естественных водотоках. Ровная поверхность ледяного покрова наблюдается при малых скоростях ветра (до 2 м/с). Действие ветра и волнение способствуют образованию торосистых ледяных полей. Колебания толщины льда по акватории водохранилищ значительны и составляют в среднем 20 %, однако это несколько меньше, чем на речных участках. К моменту вскрытия водохранилищ толщина ледяного покрова уменьшается в среднем на 30 %. Интенсивность разрушения ледяного покрова зависит в основном от радиационного баланса, температуры воды, скорости и направления ветра. Средняя продолжительность периода вскрытия и очищения ото льда поверхности водохранилищ составляет 10–40 суток.

В-третьих, в верхнем бьефе гидроузла возможно образование осенне-зимних зажоров и весенних заторов льда. Примерная зона заторов (зажоров) льда находится преимущественно на участке выклинивания кривой подпора вследствие резкого уменьшения скоростей течения при переходе от речных условий к режиму водохранилища. В-четвертых, для расчета заторного уровня воды H_{id} определяют объем льда W_I , который может сплыть при ледоходе к намеченному створу:

$$W_I = L_I \cdot B_{bid} \cdot h_{eis} \cdot k_{ib}, \quad (4.5.8)$$

где L_I – длина реки выше створа, принимаемая равной (80...100)· B_{bid} ; B_{bid} – средняя ширина реки на начало ледохода; h_{eis} – средняя толщина

льда в реке на конец ледостава; k_{ib} – коэффициент густоты ледохода (определяется по результатам визуальных наблюдений за ледоходом; при отсутствии данных наблюдений за ледоходом $k_{ib} \approx 0,7 \dots 0,8$). Плотность льда в заторе составляет примерно $0,55 \dots 0,60 \text{ т/м}^3$.

В-пятых, ледовый режим в нижнем бьефе гидроузла определяется не только метеорологическими условиями в районе гидроузла, гидравликой и морфометрией русла, но и режимом работы ГЭС и различных водосборных сооружений. На приплотинном участке нижнего бьефа ледовый режим неустойчив и характеризуется чередованием ледостава с ледоходом и шугоходом. При повышенных расходах и температуре воды здесь вероятно образование полыньи, в пределах которой при скоростях течения более $0,5 \dots 0,8 \text{ м/с}$ в периоды похолодания происходит интенсивное образование шуги и, как следствие, ледовых зажоров (ниже по течению). При этом вероятность зажоров возрастает при наличии мостов, естественных сужений и изгибов русла [100].

4.6. Расчеты твердого стока и русловых деформаций

Расчет твердого стока и русловых деформаций должен начинаться с классификации русловых процессов и русел. По мнению Р.С. Чалова, формы русел и руслового рельефа представляют собой морфологические, а русловые деформации – динамические проявления русловых процессов [171]. Соответственно, классификации русловых процессов и речных русел строятся на основе критериев, учитывающих в той или иной степени форму русел и русловых образований, устойчивость русел, транспортирующую способность потока, интенсивность твердого сочетания и различные сочетания перечисленных факторов [180]. В настоящее время имеется целый ряд подобных классификаций, разработанных в разное время Л. Леопольдом и М. Уолменом [181], М.А. Великановым, К.И. Россинским и И.А. Кузьминым, Н.Е. Кондратьевым и И.В. Поповым, Р.С. Чаловым и А.М. Алабяном, В.В. Бадяем и А.Н. Кондратьевым и др. [3, 52, 55, 57, 73, 175].

В практике гидрологических расчетов на территории Российской Федерации наибольшее распространение получила классификация, предложенная Государственным гидрологическим институтом [14, 57, 164], в соответствии с которой все возможные схемы деформаций русла равнинных рек следует подразделять на семь типов (рис. 4.6.1).

Ленточногрядовый тип руслового процесса (transverse bar process) распространен на средних и малых равнинных реках, сложенных из средних и крупных песков, а также в отдельных протоках крупных равнинных рек. Встречается в виде самостоятельного типа редко.

Побочневый тип руслового процесса широко распространен на равнинных и горно-предгорных реках, сложенных из наносов любой крупности. Встречается в основном на прямолинейных и слабоизвилистых участках рек, а также в отдельных рукавах.

Ограниченное меандрирование – тип руслового процесса, распространенный чаще на равнинных реках, характеризуется извилистым руслом с углом разворота до 120° . Свободное развитие плановых деформаций русла при этом типе руслового процесса ограничено наличием неразмываемых склонов долины.

Свободное меандрирование – самый распространенный тип руслового процесса на равнинных реках; обычно развивается в широких речных долинах, склоны которых не ограничивают свободное развитие плановых деформаций излучин.

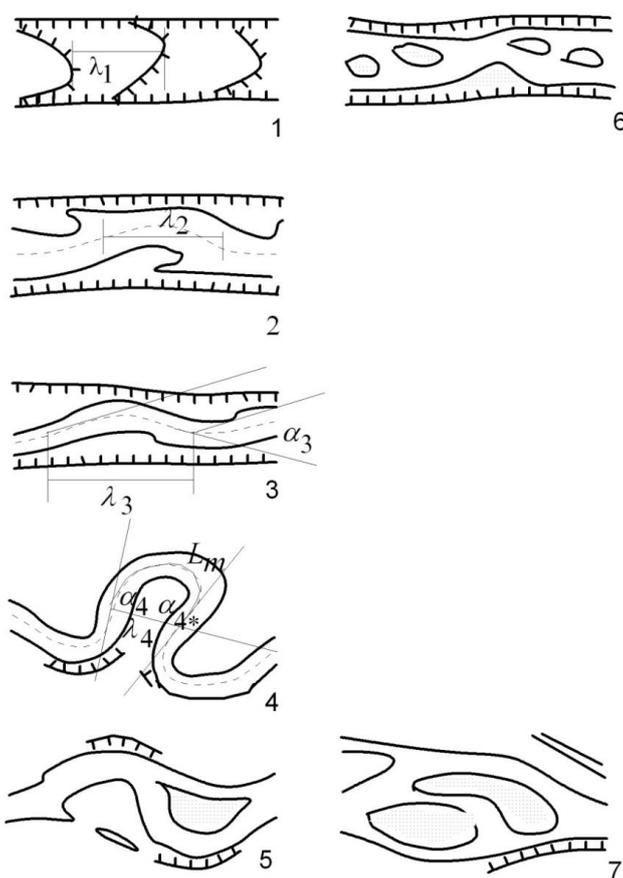


Рис. 4.6.1. Типы руслового процесса и их основные измерители:
 1 – ленточногрядовый тип (λ_1 – шаг ленточных гряд); 2 – побочневый тип (λ_2 – шаг побочней); 3 – ограниченное меандрирование (λ_3 – шаг излучины, α_3 – угол разворота излучины); 4 – свободное меандрирование (L_m – длина излучины, λ_4 – шаг излучины, α_4 – угол входа, α_4^* – угол выхода); 5 – незавершенное меандрирование; 6 – русловая многорукавность; 7 – пойменная многорукавность [14, 100, 164]

Незавершенное меандрирование является разновидностью свободного меандрирования. Характеризуется наличием спрямляющего протока излучин. Возникает в сильно затапливаемых во время половодья поймах, сложенных легкоразмываемыми грунтами.

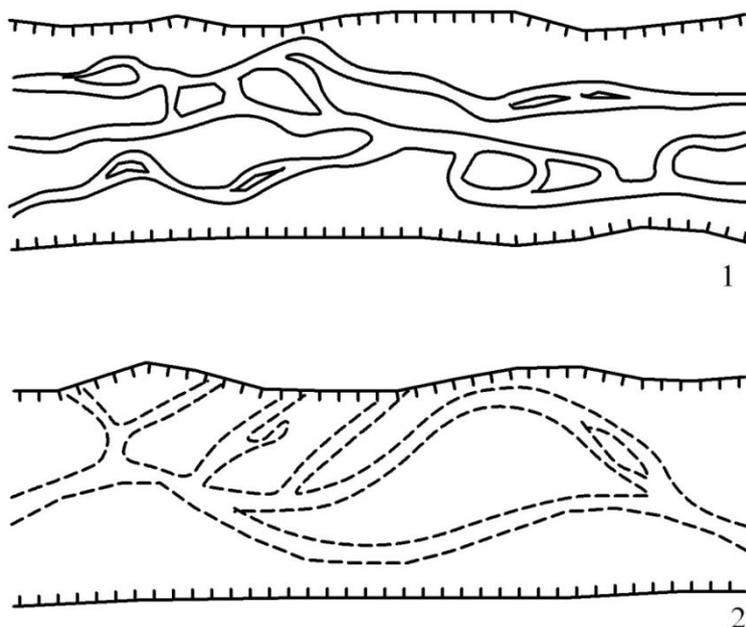


Рис. 4.6.2. Типы руслового процесса на участках рек горно-предгорной зоны [164]:

1 – горная пойменная многорукавность (пойменное блуждание);

2 – долинное блуждание

Таблица 4.6.1

Значения критерия КСТ для основных типов руслового процесса (приводятся по [100])

Тип процесса	К _{СТ}
Меандрирование: ограниченное;	4,5–6
свободное;	25–48
незавершенное	10,5–18,5
Многорукавность: пойменная;	5,5–10
русловая	1,5–2,5
Побочневый	2–3

Пойменная многорукавность является дальнейшим развитием и усложнением незавершенного меандрирования, при котором спрямляются не отдельные излучины, а группы смежных излучин. Характеризуется широкой поймой. Русловой процесс на каждой спрямляющей протоке может развиваться по законам любого типа.

Осередковый тип руслового процесса (русловая многорукавность) распространен на участках равнинных и горно-предгорных рек с интенсивным движением донных наносов в условиях перегрузки потока наносами. Характеризуется распластанным руслом, по которому в паводочный период перемещаются мезоформы: осередки, побочни и ленточные гряды.

На участках русел горно-предгорных рек, кроме указанных выше ленточно-грядового, побочневого и осередкового типов руслового процесса, распространены типы, свойственные только горным рекам: горная пойменная многорукавность (пойменное блуждание) и долинное блуждание (рис. 4.6.2) [14, 100, 164].

Тип руслового процесса устанавливают по картам и планам согласно указанным выше внешним признакам, а также путем использования критериальных зависимостей, позволяющих от визуальных оценок перейти к измеряемым параметрам русла и долины реки. Согласно [100, 164], тип руслового процесса может быть определен по значению критерия Б.Ф. Снищенко K_{CT} , определяемого по формуле

$$K_{CT} = \frac{J_{RV} \cdot B_{RV}}{J_{RC} \cdot B_{RC}}, \quad (4.6.1)$$

где J_{RV} – продольный уклон дна долины, принимаемый равным уклону водной поверхности при уровне высоких вод; J_{RC} – то же руслового потока по тальвегу; B_{RV} – ширина речной долины; B_{RC} – ширина русла между бровками пойменных берегов (в разветвленном русле ширина его равна сумме ширин протоков). Значения критерия K_{CT} для основных типов руслового процесса приведены в табл. 4.6.1. В сложных случаях рекомендуется использовать критерий в сопоставлении с материалами съемок за разные годы [100].

4.6.1. Сток взвешенных наносов

4.6.1.1. Определение при наличии наблюдений

Определение характеристик стока взвешенных наносов при наличии данных наблюдений в целом проводится аналогично соответствующему расчету основных характеристик водного стока. Специфика заключается в основном в способе подсчета стока взвешенных наносов по зависимостям от расхода воды, построенным по материалам измерений. Также следует отметить, что период наблюдений считается представительным, если расходы наносов имеются для всего диапазона изменений расхода воды обеспеченностью от 5 до 95 % (период наблюдений не менее 20 лет), а средняя квадратическая погрешность определения коэффициента вариации расхода взвешенных наносов не превы-

шает 20 % [74]. Внутригодовое распределение стока наносов при наличии данных наблюдений не менее чем за 8–10 лет рассчитывается путем вычисления средних месячных расходов наносов для характерных лет с наибольшим, средним и наименьшим стоком [74].

4.6.1.2. Определение при недостаточности или отсутствии наблюдений

При недостаточности данных наблюдений и значимой корреляционной связи расходы взвешенных наносов могут быть восстановлены по материалам наблюдений за водным стоком. В частности, если средний расход воды Q_{op} за период наблюдений за твердым стоком отличается от среднего многолетнего расхода воды Q незначительно (в пределах $\pm 20\%$), норма стока взвешенных наносов может быть определена по формуле

$$\bar{G}_{ss} = G_{op} \cdot \frac{Q_{op}}{Q}, \quad (4.6.1.2.1)$$

где G_{op} – расход взвешенных наносов за период наблюдений. При использовании данных о стоке взвешенных наносов рек-аналогов подбор последних проводится с учетом требований однородности условий формирования твердого стока: близкие условия формирования водного стока; одинаковый состав почвогрунтов; сходные характеристики лесистости, заболоченности, озерности и распаханности водосбора (различия в пределах 10...20 %); уклоны продольного профиля исследуемой реки и реки-аналога отличаются не более чем в 1,5 раза, площади водосборов – не более чем в 2–3 раза, а средние высоты водосборов горных рек – не более чем на 300 м [13].

При отсутствии данных наблюдений или невозможности восстановления рядов оценка стока взвешенных наносов в расчетном створе G_s , согласно [74], выполняется по методу А.В. Караушева:

$$G_{ss} = C_{tr} \cdot Q, \quad (4.6.1.2.2)$$

где C_{tr} – транспортирующая способность потока ($г/м^3$), вычисляемая по формуле

$$C_{tr} = a_s \cdot \Gamma \cdot C_{sd}. \quad (4.6.1.2.3)$$

Здесь a_s – поправочный коэффициент, определяемый из соотношения средней измеренной мутности C_m и расчетной транспортирующей способности потока C_{tr} ($a_s = C_m / C_{tr}$), при отсутствии данных наблюдений $a_s = 1$; Γ – гидромеханический параметр наносов; C_{sd} – мутность взмыва ($г/м^3$), определяемая как

$$C_{sd} = 150 \cdot N_{ch} \cdot \eta_v^2 \cdot \frac{\bar{v}^2}{h_w}, \quad (4.6.1.2.4)$$

где \bar{h}_w – средняя глубина водотока, м; \bar{v} – средняя скорость течения, м/с; g – ускорение свободного падения, м²/с; N_{Ch} – безразмерное характеристическое число турбулентного потока, определяемое по формуле (5.2.21); η_v – коэффициент перехода от средней скорости потока к донной скорости, вычисляемый по формуле

$$\eta_v^2 = \frac{0,53 \cdot C_{Ch} - 4,1}{C_{Ch} - 2}. \quad (4.6.1.2.5)$$

Коэффициент Шези C_{Ch} определяется по формуле Штриклера, параметр наносов Γ – по [56] в зависимости от значений коэффициента Шези, параметра ϕ и состава взвешенных наносов. Если состав взвешенных наносов принимается однородным, то используется формула:

$$\phi = \frac{u(\bar{D}_{ss})}{\bar{v}}, \quad (4.6.1.2.6)$$

где $u(\bar{D}_{ss})$ – гидравлическая крупность, определяемая для среднего диаметра наносов \bar{D}_{ss} , который, в свою очередь, рассчитывается как:

$$\bar{D}_{ss} = 0,01 \cdot \sum_{i=1}^{N_{fr}} \zeta_i \cdot D_{ss,i}, \quad (4.6.1.2.7)$$

где N_{fr} – количество фракций, каждая из которых характеризуется процентным содержанием ζ_i и диаметром $D_{ss,i}$, а также коэффициентом формы θ , определяемым по формуле

$$\theta = \frac{D_{sph}^2}{a_{ss} \cdot b_{ss}}. \quad (4.6.1.2.8)$$

Здесь a_{ss} и b_{ss} – линейные размеры частиц во взаимно перпендикулярных направлениях (длина и ширина); D_{sph} – диаметр шара, равновеликого частице. Коэффициент формы θ изменяется от 0,48 до 1,00, обычно $\theta = 0,80$. Диаметры наносов различной обеспеченности определяют по интегральным кривым гранулометрического состава.

При неоднородности наносов и наличии данных об их составе расчет гидромеханического параметра проводится по формуле

$$\Gamma = \sum \frac{\zeta_{ss,i} \cdot \Gamma_i}{100}, \quad (4.6.1.2.9)$$

где Γ_i – частное значение гидромеханического параметра i -й фракции (значение параметра ϕ_i соответственно рассчитывается для гидравлической крупности $u(\bar{D}_{ss,i})$ частиц i -й фракции); $\zeta_{ss,i}$ – процентное содержание i -й взвешиваемой фракции в составе взвешиваемой части донных отложений (наносов, подвергающихся взмыву); определяется по формуле:

$$\zeta_{ss,i} = \frac{100 \cdot \zeta_{b,i}}{p(ss)}, \quad (4.6.1.2.10)$$

где $\zeta_{b,i}$ – процентное содержание i -й фракции в донных отложениях; $p(ss)$ – общий процент взвешиваемых фракций в составе донных отложений.

Удельный расход взвешенных наносов $G_{0,B}$, оседающих на дно или поднимающихся вверх, согласно [56], можно ориентировочно рассчитать по формуле

$$G_{0,B} = (u + k_u) C_{se} - k_u C_{sd}, \quad (4.6.1.2.11)$$

где C_{sd} – мутность взмыва, вычисленная для элемента транзитной струи, г/м³; C_{se} – средняя мутность воды в конце элемента Δx , г/м³; k_u – коэффициент, определяемый из условия равновесия русла:

$$k_u = \frac{u \cdot \Gamma}{1 - \Gamma}. \quad (4.6.1.2.12)$$

Средняя мутность воды C_{se} в конце элемента Δx определяется выражением:

$$C_{ce} = C_{tr} + (C_b - C_{tr}) \cdot \exp\left(-\frac{W_s \cdot (u + k_u)}{Q} \Delta x\right), \quad (4.6.1.2.13)$$

где C_b – средняя мутность воды в начале элемента Δx , г/м³; Q – расход воды, м³/с; W_s – ширина потока, м.

Кроме метода А.В. Караушева в гидрологической практике используются и другие подходы. В частности, теоретические зависимости для расчета распределения мутности по вертикали были получены М.А. Великановым и В.М. Маккавеевым [2]. Одна из них – соотношение М.А. Великанова (4.6.1.2.14) для средней по глубине концентрации взвешенных частиц – используется достаточно часто [45]:

$$C_{tr} = k_{vl} \cdot \frac{\bar{v}^3}{g \cdot \bar{h}_w \cdot \bar{u}}, \quad (4.6.1.2.14)$$

где \bar{v} , \bar{h}_w , \bar{u} – средние значения скорости течения, глубины потока и гидравлической крупности взвешенных частиц в расчетном сечении; g – ускорение свободного падения; k_{vl} – эмпирический коэффициент (например, для ряда рек в бассейне Оби (Васюган, Кеть, Бердь, Кия, Чулым) $k_{vl} = 293,847$ при условии $\bar{u} \approx 0,154 \cdot \sqrt{D_{ss}}$, где средний диаметр взвешенных частиц D_{ss} в мм; $D_{ss} = 0,011 \cdot J_a^{-0,217}$, J_a – средний уклон реки в м/км [124]).

Также широкое распространение получили и эмпирические формулы, например формула Е.А. Замарина для среднего содержания взвешенных наносов в потоке \bar{C}_z , соответствующего транспортирующей способности потока:

$$\bar{C}_z = k_1 \cdot \left(\frac{\bar{v}}{u}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{R_w \cdot J}, \quad 0,002 \text{ м/с} < u < 0,008 \text{ м/с}, \quad (4.6.1.2.15)$$

$$\bar{C}_z = k_2 \cdot \bar{v} \cdot \sqrt{\frac{R_w \cdot J \cdot \bar{v}}{u}}, \quad 0,0004 \text{ м/с} < u < 0,002 \text{ м/с}, \quad (4.6.1.2.16)$$

где k_1, k_2 – эмпирические коэффициенты ($k_1 = 700, k_2 = 350$ [130]); гидравлический радиус R_w в м, а гидравлическая крупность наносов u в м/с [69, 172]. Приближенная оценка среднего многолетнего модуля и коэффициента вариации стока взвешенных наносов неизученных рек может быть выполнена по регрессионным зависимостям от модуля водного стока, площади водосбора, его лесистости, заболоченности и озерности, продольного уклона рек и высоты водосбора, установленным для определенных эрозионных районов [13].

4.6.2. Сток влекомых наносов

4.6.2.1. Определение при наличии наблюдений

При наличии данных измерений сток влекомых наносов (G_b) определяется по зависимости $G_b = f(Q)$ от среднесуточных расходов воды Q . Затем подсчитывается сток влекомых наносов за декаду, месяц, год [74]. Методика дальнейших расчетов та же, что и для стока взвешенных наносов.

4.6.2.2. Определение при недостаточности или отсутствии наблюдений

При недостаточном количестве измерений или их отсутствии расходы влекомых наносов G_b могут быть вычислены различными методами с последующим введением поправки $a_b = G_{b,m}/G_{b,c}$ ($G_{b,m}$ и $G_{b,c}$ – измеренные и вычисленные значения расхода влекомых наносов). Далее изложены наиболее распространенные в РФ и зарубежом методы расчета расхода влекомых наносов в форме гряд (сопоставление методов проведено в ряде работ, например в [120, 176, 180]):

1. Метод В.Н. Гончарова [20]:

$$G_{b,G}^* = 1,2 \cdot (1 + \varphi) \cdot D_{b,m} \cdot v_{0,G} \cdot \left(\frac{v_m}{v_{0,G}}\right)^{4,33}; \quad (4.6.2.2.1)$$

$$v_{0,G} = \lg\left(\frac{8,8 \cdot h_m}{D_{b,5}}\right) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot D_{b,m}}{3,5 \cdot \rho}}, \quad (4.6.2.2.2)$$

где $G_{b,G}^*$ – удельный расход влекомых наносов по методу В.Н. Гончарова, кг/(с·м); φ – параметр турбулентности (отношение стандартной ско-

рости турбулентного равномерного падения частиц в невозмущенной жидкости к действительной), определяемый в зависимости от диаметра наносов D (табл. 4.6.2.2.1); $D_{b,m}$ – средний диаметр частиц влекаемых наносов, м; $D_{b,5}$ – диаметр частиц (наиболее крупных) влекаемых наносов обеспеченностью 5 %, м; v_m – средняя (по вертикали) скорость течения, м/с; $v_{0,G}$ – несдвигающая скорость по методу В.Н. Гончарова, м/с; ρ, ρ_s – соответственно средняя плотность воды и наносов, кг/м³; h_m – глубина по соответствующей вертикали, м; g – ускорение свободного падения, м/с².

Таблица 4.6.2.2.1

Параметр турбулентности φ в формуле (4.6.2.2.1) (приводится по [13])

D_s , мм	0,06	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	>1,5
φ	15,8	7,3	3,25	2,09	1,67	1,42	1,25	1,15	1,0	1,0

2. Метод И.И. Леви [69]:

$$G_{b,L}^* = 2 \cdot \left(\frac{v_m}{\sqrt{g \cdot D_{b,m}}} \right)^3 \cdot D_{b,m} \cdot (v_m - v_{0,L}) \cdot \left(\frac{D_{b,m}}{h_m} \right)^{0,25}; \quad (4.6.2.2.3)$$

$$v_{0,L} = 1,4 \cdot \sqrt{g \cdot D_{b,m}} \cdot \lg \left(\frac{12 \cdot h_m}{D_{b,m}} \right), \quad (4.6.2.2.4)$$

где $G_{b,L}^*$ – удельный расход влекаемых наносов по методу И.И. Леви, кг/(с·м); $v_{0,L}$ – начальная скорость движения влекаемых наносов по методу И.И. Леви, м/с.

3. Метод Г.И. Шамова [173]:

$$G_{b,Sh}^* = 0,95 \cdot \sqrt{D_{b,m}} \cdot \left(\frac{v_m}{v_{0,Sh}} \right)^3 \cdot (v_m - v_{0,Sh}) \cdot \left(\frac{D_{b,m}}{h_m} \right)^{0,25}; \quad (4.6.2.2.5)$$

$$v_{0,Sh} = 4,6 \cdot D_{b,m}^{1/3} \cdot h_m^{1/6}, \quad (4.6.2.2.6)$$

где $G_{b,Sh}^*$ – удельный расход влекаемых наносов по методу Г.И. Шамова, кг/(с·м); $v_{0,Sh}$ – начальная скорость движения влекаемых наносов по методу Г.И. Шамова, м/с.

4. Метод Е. Мейера-Петера и Р. Мюллера (приводится по [176]):

$$G_{b,MPM}^* = 8 \cdot \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho} \cdot \sqrt{\frac{g}{\rho}} \cdot \left(\left(\frac{n'}{n''} \right)^{1,5} \cdot \rho \cdot J \cdot h_m - 0,047 \cdot (\rho_s - \rho) \cdot D_{b,m} \right)^{1,5}; \quad (4.6.2.2.7)$$

$$n' = \frac{D_{b,10}^{1/6}}{26}; \quad (4.6.2.2.8)$$

$$n'' = \frac{\sqrt{J} \cdot R_w^{2/3}}{v_m}, \quad (4.6.2.2.9)$$

где $G_{b,MPM}^*$ – удельный расход влекомых наносов по методу Е. Мейера-Петера и Р. Мюллера, кг/(с·м); n' и n'' – коэффициенты шероховатости, вычисляемые по формулам (4.6.2.2.8, 4.6.2.2.9); J – уклон водной поверхности, м/м; $D_{b,10}$ – диаметр частиц (наиболее крупных) влекомых наносов обеспеченностью 10 %, м; R_w – гидравлический радиус, м.

6. Метод Р.А. Багнольда (приводится по [176, 180]):

$$G_{b,B}^* = 0,1 \cdot \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho} \cdot \left(\frac{\eta - \eta_0}{0,5} \right)^{1,5} \cdot \left(\frac{h_m}{0,1} \right)^{-2/3} \cdot \left(\frac{D_{b,m}}{0,0011} \right)^{-0,5}; \quad (4.6.2.2.10)$$

$$\eta = \rho \cdot h_m \cdot J \cdot v_m; \quad (4.6.2.2.11)$$

$$\eta_0 = 5,75 \cdot \left(\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) \cdot \rho \cdot 0,04 \right)^{1,5} \cdot \sqrt{\frac{g}{\rho}} \cdot D_{b,m}^{1,5} \cdot \lg \left(\frac{12 \cdot h_m}{D_{b,m}} \right), \quad (4.6.2.2.12)$$

где $G_{b,B}^*$ – удельный расход влекомых наносов по методу Р.А. Багнольда, кг/(с·м).

6. Метод Энгелунда–Хансена (приводится по [178]):

$$\frac{G_{bs,EH}}{Q} = 0,05 \cdot \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho} \cdot \frac{v_m \cdot J}{\sqrt{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) \cdot g \cdot D_{b,m}}} \cdot \sqrt{\frac{R_w \cdot J}{(\rho - 1) \cdot D_{b,m}}}, \quad (4.6.2.2.13)$$

где $G_{bs,EH}$ – расход наносов по методу Ф. Энгелунда – Е. Хансена, кг/с; Q – расход воды, м³/с.

7. Метод расчета расхода влекомых наносов в форме гряд.

Предположив, что при определенных условиях формой движения влекомых наносов является смещение донных гряд, расчет величины $G_{b(rb)}$ (кг/с), согласно [2, 164], может быть выполнен по формулам:

$$G_{b(rb)} = 0,6 \cdot \rho_s \cdot B_s \cdot v_{rb} \cdot h_{rb}; \quad (4.6.2.2.14)$$

$$v_{rb} = 0,019 \cdot \bar{v} \cdot \left(\frac{\bar{v}}{\sqrt{g \cdot \bar{h}_w}} \right)^3; \quad (4.6.2.2.15)$$

$$h_{rb} = \begin{cases} 0,25 \cdot \bar{h}_w, & \bar{h}_w < 1 \\ 0,2 + 0,1 \cdot \bar{h}_w, & \bar{h}_w > 1 \end{cases}. \quad (4.6.2.2.16)$$

4.6.3. Деформации русла

4.6.3.1. Определение при наличии наблюдений

Задача оценки русловых деформаций при наличии данных наблюдений решается на основе сопоставления и анализа карт или схем речного русла, составленных в разные годы, но с интервалом не менее 5 лет [14, 164]. Сущность методики – сравнение поперечных профилей, полученных в результате русловых съемок за разные годы.

Вертикальные деформации определяются на основе совмещения поперечных профилей русла с учетом погрешности вычислений δ_z :

$$\delta_z = \sqrt{\delta_g^2 + \delta_n^2 + \delta_{co}^2}, \quad (4.6.3.1.1)$$

где δ_g – погрешность измерения глубин при русловой съемке; δ_n – погрешность определения глубины на плане русловой съемки; δ_{co} – погрешность совмещения поперечных профилей.

Средняя погрешность измерения глубины δ_g эхолотом принимается равной 0,3 м, а средняя погрешность определения глубины на плане русловой съемки δ_n – равной $0,5 \cdot \Delta_0$, где Δ_0 – шаг изобат (м). Средняя погрешность совмещения поперечников δ_{co} (м) = $0,5 \cdot M_B / 1000$, где M_B – вертикальный масштаб поперечного профиля.

Горизонтальные деформации определяются на основе сопоставления карт и топографических материалов с учетом случайных погрешностей, обусловленных погрешностями самих плановых съемок δ_c , погрешностями приведения сравниваемых съемок к одному масштабу δ_{np} , погрешностями совмещения съемок δ_{co} и погрешностями измерения смещения линии берега на совмещенных планах δ_{ob} . Общую среднюю погрешность δ_y определяют из выражения:

$$\delta_y = 0,001 \cdot M_B \cdot \sqrt{\delta_c^2 + \delta_{np}^2 + \delta_{co}^2 + \delta_{ob}^2}, \quad (4.6.3.1.2)$$

где M_B – масштабный коэффициент совмещаемых планов. Средние значения δ_c и δ_{ob} обычно принимаются 0,5 мм в масштабе плана. Среднюю погрешность приведения съемок к общему масштабу (в миллиметрах приведенного масштаба) следует принимать равной:

$$\delta_{np} = 0,5 \cdot \sqrt{(n_M^2 + 1)}, \quad (4.6.3.1.3)$$

где n_M – отношение большего масштабного коэффициента к меньшему; 0,5 (мм) – средняя погрешность характерного линейного размера, по которому съемки приводят к общему масштабу. Совмещенные съемки следует приводить к более крупному масштабу. Среднюю погрешность

совмещения плановых съемок δ_{co} при наличии на них общих, неизменных во времени ориентиров принимают равной 1 мм в масштабе плана.

К недостаткам методики оценки деформаций русла при наличии данных наблюдений согласно [14] относятся: высокая трудоемкость инженерно-гидрометеорологических изысканий и сложность или невозможность получения расчетных параметров в сжатые сроки, определяемые для изысканий и проектирования заказчиком работ; метод неприменим при отсутствии надежных русловых съемок, выполненных в разные годы с интервалом не менее 5 лет. Кроме того, даже при наличии разновременных русловых съемок процесс сравнения нескольких планов или схем сопряжен с дополнительными погрешностями и недостаточно четко формализован [185].

4.6.3.2. *Определение при недостаточности или отсутствии наблюдений*

При отсутствии данных наблюдений известна методика построения линии возможного вертикального размыва речного русла при условии деформаций за счет переформирования русловых микроформ (гряд) [14, 164]. Сущность методики заключается в оценке **вертикальных деформаций** по зависимостям между размерами русловых микроформ и глубиной потока [2, 14]:

$$z_{\text{lim}} = z_{\text{min}} - h_{rb} - \Delta_{rb} - \delta_g, \quad (4.6.3.2.1)$$

где z_{lim} – минимальная отметка профиля предельного размыва русла; z_{min} – минимальная отметка дна в пределах излучины; h_{rb} – высота сползающих гряд, определяемая по (4.6.2.2.16); Δ_{rb} – дополнительные деформации дна, обусловленные переформированием микроформ и определяемые по формуле

$$\Delta_g = 0,1 \cdot 1,3 (h_{w,5\%} - h_w), \quad (4.6.3.2.2)$$

где $h_{w,5\%}$ – глубина реки при уровне обеспеченностью 5 %; согласно [14], величина h_w в (4.6.3.2.2) – глубина реки по данным изысканий, однако с учетом перемерзания рек ее целесообразно принимать по кривой $h_w = f(Q)$ для расчетной нормы стока.

Недостатки: пригодна при наличии грядового движения наносов и не позволяет получить достоверный прогноз вертикальных деформаций торфяного русла или русла с незначительным перемещением наносов в виде гряд; необходимы измерения параметров потока и русловых форм в период открытого русла, поскольку многие малые водотоки в зимний период могут перемерзнуть до дна.

Ориентировочная оценка предельных **горизонтальных деформаций** русла (длины профиля максимального размыва L_{lim}) может быть выполнена согласно [164] в зависимости от максимальной ширины пояса руслоформирования B_{lim} . Для каждого типа руслового процесса установлена связь между шириной пояса руслоформирования B_{lim} и шириной русла реки между пойменными бровками B_n . Значения B_{lim} и B_n , осредненные по многим генетически однородным участкам (типам руслового процесса) многих рек и отклонение B_{lim} от среднего значения в виде среднего квадратического отклонения σ_{B^*} приведены в табл. 4.6.3.2.1.

Максимальное значение B_{lim} устанавливается как средняя ширина пояса руслоформирования для данного типа руслового процесса плюс среднее квадратическое отклонение в соответствии с табл. 4.6.3.2.1:

$$L_{lim} = (B_{lim}/B_n + \sigma_{B^*}) \cdot B_n. \quad (4.6.3.2.3)$$

Соотношение лево- и правобережных частей профиля максимального размыва принимается пропорционально соотношению лево- и правобережных частей долины [164]. В целом указанная методика позволяет получить в целом достоверные данные о предельно возможных горизонтальных деформациях, но без привязки ко времени (что ограничивает возможность долгосрочного прогноза).

Таблица 4.6.3.2.1

Соотношение ширины пояса руслоформирования B_{lim} и ширины русла реки между пойменными бровками B_n при разных типах руслового процесса [164]

Тип руслового процесса	B_{lim} / B_n	σ_{B^*}
Свободное меандрирование	8,86	2,53
Незавершенное меандрирование	5,67	1,35
Пойменная многоруканность	5,58	1,85
Ограниченное меандрирование	3,41	0,71
Побочный тип	1,18	0,24
Русловая многоруканность	1,01	0,05

Известна также методика прогнозирования горизонтальных деформаций речных русел при отсутствии данных наблюдений на основе данных о деформациях русла реки-аналога [14, 164]. Она основана на переносе данных, полученных по вышеназванным методам для реки-аналога на исследуемую реку с учетом погрешностей прогноза:

$$L_6 = k_{dc} \cdot C_{max} \cdot T \cdot (h_{max} - h) / (h_{nl} - h), \quad (4.6.3.2.4)$$

где L_6 – смещение бровки берега; k_{dc} – коэффициент, принимаемый в зависимости от угла разворота излучины; C_{max} – наибольшая скорость плановых деформаций на реке-аналоге; T – период прогноза; h_{max} , h_{nl} ,

h – максимальная глубина в створе и в пределах излучины, средняя глубина двух смежных перекаатов. Недостатки методики: мало пригодна для использования на гидрологически плохо изученных территориях; с учетом этого подобрать аналог для неизученной реки чрезвычайно трудно или невозможно [185]. Могут использоваться и другие подходы, в основу которых, как правило, положены критериальные соотношения диаметра наносов, глубины потока, уклона водной поверхности и иных параметров [4, 54, 100, 109, 113, 114, 178].

В целом общие недостатки существующих методов, имеющие отношение к задаче прогноза деформаций речных русел следующие: 1) у большинства существующих способов необходима разновременная русловая съемка с интервалом не менее 5 лет на исследуемой реке или на реке-аналоге; 2) при проектировании объектов строительства на труднодоступных территориях таежной, лесотундровой и тундровой зон, а также горных районов данные русловых съемок в разные годы (особенно с интервалом не менее 5 лет) обычно отсутствуют или не удовлетворяют требованиям по точности, установленным в [14]; 3) трудоемкость инженерно-гидрометеорологических изысканий и сложность или невозможность получения расчетных параметров в сжатые сроки, определяемые для изысканий и проектирования; 4) высокая степень неопределенности при измерении или расчете параметров, используемых в косвенных способах оценки и прогноза плановых (горизонтальных) деформаций речных русел; 5) существенные отклонения расчетных значений русловых деформаций от измеренных значений, если способ применяется в другом районе при условиях, отличающихся от тех, которые учитывались при разработке того или иного способа (например, при наличии торфяных берегов) [185].

С учетом указанных выше недостатков в Томском политехническом университете разработан подход к оценке русловых деформаций (и горизонтальных, и вертикальных), основанный на определении параметров потока, при которых наблюдаются наибольшие деформации русла [93, 124, 185]. Реализация этого подхода заключается в выборе данных многолетних наблюдений, соответствующих фиксированному уровню воды (в балтийской системе высот), задаваемому с каким-либо постоянным приращением от наблюдаемого (или расчетного) минимума до соответствующего максимума.

В том случае, когда в данных отсутствует именно такое значение уровня воды, оно находится интерполяцией между ближайшими датами. В результирующей выборке должно быть четное количество выбранных уровней, соответствующих как подъему, так и спаду воды в реке. Для каждой выборки данных при фиксированном уровне воды

определяется минимальное и максимальное значение искомой величины (ширины, средней или максимальной глубины водотока) и рассчитывается максимальная амплитуда ее колебаний (разность между максимумом и минимумом). Максимальное значение амплитуды для всего изученного диапазона изменений уровня воды и является характеристикой вертикальной $D_{\max}(h_{\max})$ (в случае максимальной глубины потока h_{\max}) или плановой $D_{\max}(B)$ (для ширины водотока B) деформации русла. При этом следует отметить, что гидрометрический створ обычно устанавливается на наименее деформируемом и наиболее прямолинейном участке реки. С учетом этого результирующие значения русловой деформации могут рассматриваться как максимальные для наиболее устойчивых участков, что вполне соответствует задачам проектирования, ориентированным на поиск предельных значений гидрологических характеристик и строительство мостовых переходов, переходов трубопроводов и иных сооружений именно в таких местах [124, 185].

Собственно, оценка предельно возможного вертикального размыва русла Z_{\lim} и прогноз максимально возможных плановых русловых деформаций $\Delta B(T)$ гидрологически неизученных равнинных рек могут быть выполнены по формулам:

$$Z_{\lim} = Z_{\min} - D_{\max}(h_{\max}) - \delta_h, \quad (4.6.3.2.5)$$

$$\Delta B(T) = T \cdot (D_{\max}(B) + \delta_B), \quad (4.6.3.2.6)$$

где $\Delta B(T)$ – прогноз плановой деформации русла в расчетном створе на период T , м/период в годах; δ_B и δ_h – погрешности измерения ширины и глубины потока, м. Значения $D_{\max}(h_{\max})$ и $D_{\max}(B)$ либо принимаются по данным для реки-аналога, либо рассчитываются по эмпирическим зависимостям [93, 124].

4.7. Гидрохимические расчеты

В соответствии с водным законодательством РФ в результате инженерных изысканий должна быть получена информация о состоянии водных объектов, необходимая и достаточная для обеспечения их рационального использования и охраны [12, 37, 39, 66, 168]. С учетом этого гидрохимические расчеты в рамках инженерных изысканий должны включать классификацию по химическому составу, минерализации, рН и ряду других показателей [1, 18, 26, 36, 39, 108]. Исходная информация должна быть получена согласно требованиям Росгидромета к составу и содержанию гидрохимических работ, а также с учетом рекомендаций к эколого-геохимическим исследованиям и инженерно-экологическим изысканиям [107, 108, 112, 121, 132, 158, 162].

Необходимо отметить, что одним из основных инструментов, обеспечивающих реализацию задачи охраны водных объектов, является процедура разработки нормативов допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ (ЗВ) в поверхностные водные объекты, призванная смягчить последствия одного из видов водопользования – водоотведения [77, 84, 91, 168]. НДС устанавливаются для каждого выпуска сточных вод проектируемых и действующих предприятий, исходя из условий недопустимости превышения предельно допустимых концентраций вредных веществ (ПДК) в контрольном створе или на участке водного объекта с учетом его целевого использования, а при превышении ПДК в контрольном створе – исходя из условия сохранения состава воды, сформировавшегося под влиянием природных факторов. При этом величина допустимого сброса сточных вод определяется как произведение их расхода q_{sw} на допустимую концентрацию загрязняющего вещества $C_{sw,lim}$ [77]. Обычно предполагается, что величина q_{sw} задана оптимально. Поэтому основной задачей определения НДС часто является объективная оценка величины $C_{ст.дк}$.

4.7.1. Существующие подходы к нормированию сбросов стоков

Для решения большинства гидрохимических задач необходимо корректное математическое описание процессов формирования химического состава поверхностных вод, например, на основе использования системы дифференциальных уравнений турбулентного потока и турбулентной диффузии [48, 122, 177]. Но из-за сложности использования таких моделей на практике обычно рассматривается выражение

$$C_X = \frac{Q_{bc} \cdot C_{bc} \cdot \gamma + q_{sw} \cdot C_{sw}}{Q_{bc} \cdot \gamma + q_{sw}} \cdot f(C), \quad (4.7.1.1)$$

где C_X – концентрация вещества в воде в контрольном створе, расположенном на расстоянии X от выпуска сточных вод; C_{bc} и Q_{bc} – концентрация вещества в поверхностных водах и расход воды до поступления сточных вод; C_{sw} и q_{sw} – концентрация вещества в сточных водах и их расход; γ – коэффициент смешения; $f(C)$ – функция, которая в случае допустимости описания деструкции вещества с помощью линейного дифференциального уравнения первого порядка имеет вид

$$f(C) = \exp(-k_C \cdot \tau), \quad (4.7.1.2)$$

где k_C – константа самоочищения; τ – время добегающего от выпуска сточных вод до расчетного створа; C – концентрация вещества (в последней версии [77] принято, что самоочищение не учитывается, то есть $f(C) = 1$).

Уравнение (4.7.1.1) после замены $C_X = \text{ПДК}$ преобразуется к форме (4.7.1.3), используемой для расчета величины $C_{sw,lim}$ [50–77]:

$$C_{sw,lim} = n_m \cdot (\text{ПДК} \cdot f(C) - C_{bc}) + C_{bc}. \quad (4.7.1.3)$$

n_m – кратность общего разбавления сточных вод (или вод притока), определяемая как произведение кратности основного ($n_{m,s}$) и начального ($n_{m,b}$) разбавления (4.7.1.4) и связанная с концентрациями веществ в стоках и исследуемом водном объекте соотношением (4.7.1.5):

$$n_m = n_{m,s} \cdot n_{m,b}; \quad (4.7.1.4)$$

$$n_{m,s} = \frac{C_{sw} - C_{bc}}{C_{x,max} - C_{bc}}. \quad (4.7.1.5)$$

Здесь $C_{x,max}$ – максимальная концентрация вещества в расчетном створе (ниже по течению притока природных или сточных вод); C_{sw} – концентрация вещества в сточных водах. Основное разбавление происходит благодаря турбулентному обмену в водном объекте, а начальное – вследствие увлечения окружающей жидкости турбулентным струйным потоком, образующимся при истечении сточных вод из оголовка выпуска. Границей начального разбавления является сечение, где разность скоростей струйного потока и окружающей среды становится незначительной. Методы расчета кратности разбавления приведены в [77].

Модель (4.7.1.3), на первый взгляд, отличается простотой и характеризует основные процессы антропогенной трансформации химического состава поверхностных вод за счет их смешения со стоками и деструкции загрязняющих веществ. Однако эти предположения не совсем верны из-за целого ряда причин. Перечислим лишь некоторые из них: 1) простота модели исчезает при попытке учесть с помощью многочисленных коэффициентов разнообразные природно-техногенные условия, наблюдаемые на реальных водных объектах; 2) изменение концентраций веществ далеко не всегда может быть описано уравнениями (4.7.1.1), (4.7.1.2); 3) определение параметра C_{bc} в уравнении (4.7.1.3), имеющего смысл фоновой концентрации, теоретически недостаточно обосновано. В частности, «фоновой» обычно называется концентрация, рассчитываемая применительно к данному источнику примесей в фоновом створе водного объекта при расчетных гидрологических условиях и с учетом всех источников примесей, кроме рассматриваемого, но на практике за фоновую концентрацию вещества C_{bc} , согласно [107], принимается статистически обоснованная верхняя доверительная граница среднего содержания этого вещества, вычисленная с доверительной вероятностью 95 % по результатам гидрохимических и гидрологических наблюдений в створе, расположенном выше по течению от выпуска сточных вод.

Процедура вычисления фоновых концентраций, как и расчет кратности общего разбавления n , существенно осложняется использованием ряда поправок и ограничений, в результате чего их определение нередко сводится к использованию формулы (4.7.1.6) для зимнего периода:

$$C_{bc} = C_a + \frac{Z_\alpha \cdot \sigma}{\sqrt{M}}, \quad (4.7.1.6)$$

где Z_α – критическое значение коэффициента Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 5 \%$; M – длина ряда гидрохимических наблюдений; C_a – среднее арифметическое значение концентрации вещества в водном объекте в период года, наиболее неблагоприятный с точки зрения самоочищения; σ – среднее квадратическое отклонение концентрации вещества [107]. Но самое главное, в настоящее время нет методики определения антропогенной и природной составляющих C_ϕ , особенно для случаев, когда фоновая концентрация больше предельно допустимой. По этой причине громоздкие вычисления оказываются бесполезными, так как в [107] указывается на целесообразность в подобных случаях проводить расчет НДС на основе ПДК ($C_{ст.дк} = \text{ПДК}$).

Помимо указанных, существует еще целый ряд нерешенных вопросов, касающихся подготовки и использования гидрохимической и гидрологической информации, выбора нормируемых показателей, выявления вклада природных и антропогенных факторов в формирование химического состава поверхностных вод и т. д. Например, достаточно часто встает вопрос о составе перечня нормируемых показателей. Понятно, что любая хозяйственная деятельность сопряжена с усилением природных миграционных циклов или созданием техногенных циклов для огромного количества веществ. Если для них всех разрабатывать нормативы, то это парализует или ликвидирует практически любое производство, в связи с чем еще раз возникает вопрос о приоритетах использования и охраны природных ресурсов. Выход из этой ситуации ряду специалистов видится в нормировании только тех веществ, для которых зафиксированы случаи превышения ПДК. Но на территории РФ в поверхностных водах присутствуют компоненты, концентрации которых, независимо от антропогенной нагрузки, почти всегда больше нормативов (вещества, идентифицируемые как нефтепродукты, Fe, Cu и т. д.). Поэтому очень часто априори предполагается, что все вещества в концентрациях больше ПДК имеют антропогенное происхождение. Следовательно, весь расчет НДС сводится к умножению значений q_{cm} на величину ПДК [117, 119].

При этом следует отметить, что оценка качества воды очень часто сводится к сравнению фактически наблюдаемых и неких граничных значений физических, химических, биологических и иных показателей или их функций. Чаще всего на территории РФ в качестве граничных значений используются предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ, определенные для водных объектов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственно-

го водопользования. При этом предполагается, что ПДК – это максимальная концентрация вещества в среде, которая не оказывает негативного (прямого или косвенного) воздействия на здоровье человека или состояние ихтиофауны [18]. Обычно оценка качества воды на основе сравнения измеренных концентраций с ПДК проводится для группы из N веществ с одинаковым классом опасности (1–2) или лимитирующим признаком вредности (ЛПВ) [18, 66]. При этом должно соблюдаться условие:

$$\sum_i^N \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1. \quad (4.7.1.7)$$

Учитывая, что в группу с одним ЛПВ может попасть более 50 веществ, следует ожидать выполнение условий (4.7.1.7) при концентрациях веществ в 50 и более раз меньше соответствующих ПДК. Однако из-за погрешностей используемых методов химического анализа и природных особенностей формирования химического состава вод (например, повышенные концентрации железа в таежной зоне, ионов Na^+ – в аридных районах и т. д.) это практически невыполнимо. Другой способ сравнения фактических и нормативных значений заключается в определении класса качества воды по нескольким показателям и выборе наилучшего из них.

Более рациональный подход к оценке качества компонентов окружающей среды предложен в [162, 163]. В соответствии с ним рассчитывается показатель Z_C :

$$Z_C = \sum_{i=1}^{N_{bc}} \frac{C_i}{C_{bc,i}} - (N_{bc} - 1), \quad (4.7.1.8)$$

где C_i и C_{bc} – фактическая и фоновая концентрация i -го вещества; N_{bc} – количество веществ с концентрациями выше фоновых значений в два и более раз. В зависимости от величины Z_C определяется одна из пяти категорий: 1) при $Z_C < 8$ – «минимальный уровень воздействия»; 2) $Z_C = 8 \dots 16$ – «слабый»; 3) $Z_C = 16 \dots 32$ – «средний»; 4) $Z_C = 32 \dots 128$ – «сильный»; 5) $Z_C > 128$ – «максимальный» [162].

4.7.2. Альтернативный подход к нормированию сбросов стоков

В рамках решения указанных выше вопросов предлагается подход к определению $C_{sw,lim}$ на основе сравнения двух выборок объемом M в условно фоновом (C_{bc}) и нарушенном (C_X) состояниях. Возможность подобного подхода связана с тем, что смысл расчета нормативов ПДС как раз и состоит в нахождении такого уровня антропогенного воздействия на водный объект, при котором его состояние существенно не меняется. Иными словами, вероятность \mathfrak{Z} отвергнуть нулевую гипотезу H_0

об однородности двух выборок не должна превышать принятый уровень значимости α : $\mathfrak{Z}(\xi \in O | H_0) \leq \alpha$, где ξ – статистика для проверки нулевой гипотезы, а O – критическая область. Если предположить, что значения C_{bc} и C_X распределены по закону Гаусса, а дисперсии σ_{bc}^2 и σ_X^2 известны и равны ($\sigma^2 = \sigma_{bc}^2 = \sigma_X^2$), то возможно использование критерия Стьюдента в виде [94, 117, 122]:

$$Z = \frac{|C_X - C_{bc}|}{\sigma \cdot \sqrt{\frac{2}{M}}}. \quad (4.7.2.1)$$

Тогда ограничение (4.7.2.1) для величины $C_{ст. дк}$ при заданном значении Z_α и с учетом (4.7.1.1) может быть сформулировано в виде

$$C_{ws,lim} \leq C_{bc} \cdot \left(\frac{n_m}{f(C)} - n + 1 \right) + \frac{n_m}{f(C)} \cdot Z_\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{2}{M}}. \quad (4.7.2.2)$$

Дальнейшее упрощение (4.7.2.2) может быть связано с принятием ошибки определения фоновой концентрации $\delta \approx \frac{\sigma}{C_{bc} \cdot \sqrt{M}}$ с фиксированным значением δ_v (например, $\delta_v \approx 0,05$). Тогда

$$C_{ws,lim} \leq C_{bc} \cdot \left(\frac{n_m}{f(C)} \cdot (1 + \delta_v \cdot Z_\alpha \cdot \sqrt{2}) - n + 1 \right), \quad (4.7.2.3)$$

а при $f(C)=1$

$$C_{ws,lim} \leq C_{bc} \cdot (1 + n_m \cdot \delta_v \cdot Z_\alpha \cdot \sqrt{2}). \quad (4.7.2.4)$$

Величина n_m для уже существующих предприятий может быть определена по данным наблюдений за предшествующий период действия НДС (по средним концентрациям за предшествующий период), а для проектируемых выпусков – по нормативным значениям (для очистных сооружений) или равным 1 (для выпусков без очистки или для веществ, не указанных в нормативных документах). С учетом этого задача сводится к обоснованию и разработке приемлемого для практического использования способа определения фоновых концентраций и оценке качества поверхностных вод в целом (до их использования в хозяйственно-питьевых целях).

Определению величины C_{bc} в уравнении (4.7.2.2)–(4.7.2.4) может быть выполнено на основе подхода к определению фоновых концентраций как характеристики равновесного состояния системы «речные воды – донные отложения – речные наносы – атмосферный воздух» при следующих допущениях: 1) колебания концентраций вещества C_t в момент времени t относительно некоего устойчивого состояния C_0 при ря-

де допущений пропорционально функции расхода воды в момент времени Q_t , расхода воды Q_0 , соответствующего C_0 , удельной скорости деструкции вещества k_c и изменения расхода воды λ :

$$C_t / C_0 = f(Q_t, Q_0, k_c, \lambda); \quad (4.7.2.5)$$

2) данное устойчивое состояние соответствует сформировавшемуся за статистически однородный период условно равновесному состоянию системы «вода–порода», при котором для математического ожидания логарифма концентрации рассматриваемого вещества $E(\ln C_x)$ допустимо выражение:

$$E(\ln C_x) = b_0 - \sum_{j=1}^{S_x} b_j \cdot E(\ln C_j), \quad (4.7.2.6)$$

где S_x – количество учитываемых веществ за исключением рассматриваемого; b_0, b_j – константы; 3) условно равновесное состояние системы «вода–порода» фактически и является фоновым; соответственно, фоновая концентрация представляет собой математическое ожидание в сложившихся природно-антропогенных условиях и при наличии данных наблюдений может быть рассчитана как среднее геометрическое за статистически однородный период продолжительностью не менее 10–12 лет.

Результаты расчета C_{bc} целесообразно использовать не только для определения НДС, но и для оценки качества поверхностных вод. При этом оценка качества отдельных проб воды может быть эффективно выполнена с помощью широко используемого в геохимии комплексного показателя отклонения от фона по формуле (4.7.1.8). Дополнительно может быть выполнена дифференциация веществ по генезису посредством расчета соотношения суммарного поступления вещества по сосредоточенным (S_c) и распределенным по водосбору источникам загрязнения (S_d) к гидрохимическому стоку G . Так, согласно [117], к категории «природных» целесообразно отнести вещества, для которых величина $(S_c + S_d)/G$ меньше 5 %, к «преимущественно природным» – при $5 \% \leq (S_c + S_d)/G \leq 20 \%$; к «природно-антропогенным» – в прочих случаях (граничные значения 5 и 20 % выбраны, исходя из допустимых невязок балансовых расчетов [76]).

Контрольные вопросы к главе 4

1. Определение понятия «гидрологические расчеты». Основные задачи гидрологических расчетов в составе инженерных изысканий для строительства.
2. Категории водотоков и критерии их выделения. Примеры водотоков различных категорий.

3. Классификации водных объектов по водному режиму и водному питанию (классификации М.И. Львовича, Б.Д. Зайкова).
4. Основные нормативные документы, используемые в гидрологических расчетах в составе инженерных изысканий для строительства.
5. Задачи и этапы статистического анализа гидрологической информации при проведении гидрологических расчетов в составе инженерных изысканий для строительства. Критерии проверки на однородность, случайность, соответствие теоретической и эмпирической кривых распределения вероятностей.
6. Определить расход воды обеспеченностью около 20 % для ряда значений расходов воды (в м³/с): 120; 103; 123; 110; 98; 95; 108; 112; 92; 89; 117; 94; 101; 125. Рассчитать среднее арифметическое, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, используя средства MS Excel.
7. Способы гидрологических расчетов и условия их выбора.
8. Методика выбора реки-аналога для определения гидрологических характеристик неизученной реки.
9. Методика определения нормы водного стока, максимального и минимального стока при наличии данных наблюдений.
10. Методика определения нормы водного стока, максимального и минимального стока при недостаточности данных наблюдений.
11. Методика определения нормы водного стока при отсутствии данных наблюдений.
12. Методика определения максимального стока весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений.
13. Методика определения максимального стока дождевых паводков при отсутствии данных наблюдений.
14. Методика определения минимального водного стока зимней и летне-осенней межени при отсутствии данных наблюдений.
15. Методика определения уровней воды при наличии и отсутствии данных наблюдений.
16. Влияние заболоченности, озерности и лесистости водосборов на максимальный водный сток и способы его оценки.
17. Влияние заболоченности, озерности и лесистости водосборов на минимальный водный сток и способы его оценки.
18. Методы определения внутригодичного распределения стока. Оценка внутригодичного распределения по методу средних распределений.
19. Методика построения расчетного гидрографа весеннего половодья.
20. Методика определения положения береговой линии рек и озер.
21. Методы расчета уровней болотных вод.
22. Условия формирования ледовых заторов и зажоров.

23. Определения понятий «русло», «пойма», «долина», «русловой процесс», «тип руслового процесса». Классификация русловых процессов Государственного гидрологического института.
24. Понятие о стоке взвешенных и влекомых наносов. Взаимосвязи русловых процессов и твердого стока.
25. Методы расчета стока взвешенных и влекомых наносов при отсутствии данных наблюдений.
26. Методика оценки русловых деформаций при наличии данных наблюдений. Состав наблюдений за русловыми процессами.
27. Способы оценки русловых деформаций при отсутствии данных наблюдений.
28. Классификации природных вод по минерализации.
29. Классификации природных вод по преобладающим ионам.
30. Методики определения фоновой концентрации вещества в речных водах и выявления отклонений от фона.
31. Уравнение для определения допустимой концентрации вещества в сточных водах, сбрасываемых в водоток.

5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

При проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий необходимо строгое выполнение требований по технике безопасности на основе соответствующих нормативных документов по технике безопасности работ в строительстве [127] при проведении инженерных изысканий и гидрометеорологических наблюдений. Ниже приводится краткий обзор требований, предъявляемых к безопасности работ на сети Росгидромета [104] и актуальных при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий. Согласно [104], все виды гидрометеорологических наблюдений и работ должны производиться в соответствии с утвержденными в установленном порядке наставлениями, руководствами, инструкциями и методическими указаниями по производству этих наблюдений и работ при строгом соблюдении требований государственных стандартов безопасности труда, других действующих правил, норм и инструкций по технике безопасности.

Руководители всех организаций, учреждений, предприятий и учебных заведений обязаны: 1) своевременно до начала поручаемой работы знакомить персонал с установленным заданием, обеспечивать здоровые и безопасные условия труда, исправное состояние производственного оборудования, а также запасы материалов, необходимых для работы; 2) улучшать условия труда, соблюдать законодательство о труде, обеспечивать надлежащее техническое оборудование всех рабочих мест и создавать на них условия работы, соответствующие правилам по охране труда; 3) при отсутствии в нормативных документах требований, соблюдение которых необходимо для обеспечения безопасных условий труда, руководство организации должно принимать меры, обеспечивающие безопасные условия труда; 4) внедрять современные средства техники безопасности, предупреждающие производственный травматизм, и обеспечивать санитарно-гигиенические условия, исключаящие возникновение профессиональных и других заболеваний персонала; 5) постоянно контролировать соблюдение персоналом всех требований правил и инструкций по технике безопасности, производственной санитарии и гигиены труда, пожарной безопасности; 6) должны учитываться специфика и местные условия производства работ [104].

К производству инженерных изысканий и гидрометеорологических наблюдений и работ допускаются лица, имеющие специальную техническую подготовку, прошедшие обучение безопасным методам работы

и сдавшие проверочные испытания в установленном порядке. Допуск к работе лиц, находящихся в нетрезвом состоянии, запрещается. К техническому руководству гидрометеорологическими наблюдениями и работами допускаются лица, аттестованные по вопросам охраны труда. Все работники, как вновь принятые, так и переведенные на другую работу, а также зачисленные учениками, должны пройти инструктаж (вводный и на рабочем месте) по технике безопасности поручаемых им работ [104].

Руководители работ обязаны повторить обучение работников в следующих случаях: 1) изменения физико-географических условий работ; 2) получения в процессе производства работ новой техники и внедрения новой технологии работ; 3) обнаружения грубых нарушений правил безопасного ведения работ, приведших или способных привести к тяжелым последствиям; 4) появления нового процесса или вида работ, правилам безопасного исполнения которых наблюдатели гидрометеорологических постов и вспомогательные рабочие ранее не обучались; 5) введения вышестоящими организациями новых правил и требований по безопасному производству работ или в случаях получения особых указаний и распоряжений [104].

Каждый работник должен направляться только на ту работу, по которой он прошел обучение. Направлять работников на другие работы без соответствующего обучения и инструктажа по технике безопасности запрещается. Все работники, занятые на тяжелых работах и на работах с вредными или опасными условиями труда, проходят обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры для определения пригодности их к поручаемой работе и предупреждения профессиональных заболеваний. Работники экспедиционных партий, полевых отрядов и труднодоступных станций до начала работ должны быть обучены приемам, связанным со специфичностью полевых работ в данном районе.

При производстве работ в районах, где возможно нападение на людей диких зверей, экспедиционные партии и отряды обеспечиваются огнестрельным и холодным оружием при условии получения от местных органов полиции персонального разрешения на право ношения такого оружия. Лица, получившие оружие, должны быть обучены правилам обращения с ним. Приобретение, хранение и использование служебного огнестрельного и холодного оружия должно производиться в строгом соответствии с инструкцией о порядке приобретения, перевозки, хранения, учета и использования огнестрельного оружия, боеприпасов к нему, производства холодного оружия, открытия стрелковых тиров, стрельбищ, стрелково-охотничьих стендов, оружейно-ремонтных мастерских, торговли огнестрельным оружием, боеприпасами к нему и

охотничьими ножами. Ответственность за хранение и использование ведомственного огнестрельного и холодного оружия несут должностные лица, получившие его, а также руководители обсерваторий, станций, экспедиций, полевых отрядов и групп [104].

Перевозка участников полевых и экспедиционных гидрометеорологических наблюдений и работ к месту расположения объекта наблюдений и исследований должна производиться, как правило, на транспортных средствах, специально предназначенных для этой цели. Из числа наиболее опытных работников должен назначаться ответственный (старший) за перевозку пассажиров автотранспортом. Перед началом движения водитель и ответственный должны проверить условия безопасной перевозки пассажиров [104].

При выполнении инженерных изысканий, гидрометеорологических наблюдений и работ инженерно-технические работники, наблюдательский и вспомогательный персонал должны быть обеспечены и обязаны пользоваться индивидуальными средствами защиты, предохранительными поясами, касками, защитными очками, рукавицами, диэлектрическими ботами, перчатками, респираторами, спасательными средствами (жилеты, пояса, круги) и пр., а также спецодеждой и спецобувью соответственно профессии и условиям работы [104].

Все механизмы, электроустановки, транспортные средства, ручной инструмент, снаряжение и средства защиты должны находиться в исправном состоянии и периодически проверяться должностными лицами, ответственными за безопасное ведение работ. Использование неисправного, не прошедшего установленного испытания оборудования, инструмента, снаряжения и т. п. не разрешается. Инструменты и приборы с острыми, режущими кромками и лезвиями разрешается переносить и перевозить только в специальных защитных приспособлениях [104].

Все виды инженерных изысканий, гидрометеорологических наблюдений и работ должны выполняться в строгом соответствии с общими требованиями пожарной безопасности. Кроме того, должны строго выполняться требования противопожарной безопасности, особо оговоренные в соответствующих разделах настоящих Правил, при выполнении отдельных видов работ (использование самоходных плавсредств и судов при производстве гидрологических и морских гидрометеорологических наблюдений и работ, работ с огнеопасными легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами в химических лабораториях, работ по газодобытию и использованию сжатого водорода при производстве аэрологических наблюдений, хранении и использовании горюче-смазочных материалов, эксплуатации двигателей внутреннего сгорания, автономных электростанций, аккумуляторных установок и других

работ, при выполнении которых имеется угроза возникновения пожара) [104].

Каждый работник, заметивший опасность, угрожающую людям, сооружениям и имуществу, обязан принять зависящие от него меры по устранению или предотвращению этой опасности и немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю или другому старшему должностному лицу. В случае возникновения несчастного случая с человеком все находящиеся вблизи работники обязаны немедленно оказать первую помощь пострадавшему [104].

Указания и распоряжения, а также другие меры воздействия старших по должности работников, принуждающие подчиненных выполнять работы с нарушением правил и инструкций по технике безопасности, самовольное возобновление работ, остановленных соответствующим надзором, и непринятие должностными лицами мер по устранению нарушений техники безопасности, допускающихся в их присутствии или известных им из других источников, являются грубейшими нарушениями правил по технике безопасности. В зависимости от характера нарушений и их последствий виновные несут ответственность в дисциплинарном, административном или судебном порядке [104].

Непосредственные исполнители инженерных изысканий, гидрометеорологических работ (технический, наблюдательский и вспомогательный персонал), не выполняющие требований по технике безопасности, изложенных в инструкциях по безопасным методам работ по их профессиям, в зависимости от характера нарушений несут ответственность в дисциплинарном или судебном порядке. Территории, служебные и жилые помещения, источники водоснабжения, освещение, температурный режим, состояние воздушной среды на рабочих местах, санитарно-гигиенические и другие факторы должны соответствовать установленным требованиям системы стандартов безопасности труда и другим действующим нормативным документам по охране труда [104].

Контрольные вопросы к главе 5

1. Основные требования к персоналу полевых отрядов при проведении полевых гидрологических работ.
2. Основные обязанности руководителей подразделений проектно-изыскательских организаций по обеспечению техники безопасности при выполнении гидрометеорологических работ.
3. Основные требования к транспортным средствам и механизмам, используемым при проведении полевых гидрологических работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное учебное пособие включает в себя широкий перечень вопросов инженерно-гидрометеорологических изысканий и гидрологических расчетов. Тем не менее оно не является исчерпывающим в части описания используемых методов и служит прежде всего для ознакомления с теми проблемами, с которыми в настоящее время сталкивается гидролог в процессе проектирования инженерных сооружений и осуществления водохозяйственных мероприятий.

Более глубокое освещение этих проблем можно найти в литературе, приведенной в списке литературы. В то же время следует отметить, что некоторые из них до сих пор недостаточно раскрыты. Например, с одной стороны, способы прогноза русловых деформаций по своему содержанию и результатам более всего соответствуют не инженерным изысканиям, а научно-исследовательской работе, связанной с выбором (или разработкой) и апробацией тех или иных моделей. С другой стороны, математические модели гидрологических процессов с распределенными параметрами так и не получили широкого распространения на практике. До сих пор достаточно слабо используются и данные дистанционного зондирования Земли.

Тем не менее указанные и многие другие проблемы не должны задерживать развитие инженерной гидрологии, а наоборот, должны стимулировать дальнейшие исследования в области методологии и методики гидрологических расчетов с учетом последних достижений в области наук о Земле и таких интегральных дисциплин, как синергетика и системный анализ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
2. Алексеевский Н.И. Гидрофизика / Н.И. Алексеевский. – Москва : Академия, 2006. – 176 с.
3. Бадяй В.В. Построение и актуальность использования многофакторных классификаций в русловедении / В.В. Бадяй, А.Н. Кондратьев // Литасфера. – 2007. – № 1 (26). – С. 83–88.
4. Беркович К.М. Расчет стабильности речных русел в условиях антропогенной нагрузки / К.М. Беркович, Л.В. Злотина // География и природные ресурсы. – 2003. – № 2. – С. 117–123.
5. Бесценная М.А. Практикум по оценке загрязненности водных объектов / М.А. Бесценная, В.Г. Орлов. – Ленинград : Изд-во ЛПИ, 1983. – 54 с.
6. Бефани Н.Ф. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам : учебное пособие / Н.Ф. Бефани, Г.П. Калинин. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. – 390 с.
7. Болота Западной Сибири. Их строение и гидрологический режим / под ред. К.Е. Иванова и С.М. Новикова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – 447 с.
8. Ботвинков В.М. Гидроэкология на внутренних водных путях : учебник / В.М. Ботвинков, В.В. Дегтярев, В.А. Седых. – Новосибирск: Сибирское соглашение, 2002. – 356 с.
9. Бураков Д.А. Основы метеорологии, климатологии и гидрологии / Д.А. Бураков. – Красноярск : Изд-во КГАУ, 2011. – 279 с.
10. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование в гидрологии : учебное пособие / Ю.Б. Виноградов, Т.А. Виноградова. – Москва : Академия, 2010. – 304 с.
11. Виссмен мл. У. Введение в гидрологию / У. Виссмен мл., Т.И. Харбаф, Д.У. Кнэпп. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1979. – 470 с.
12. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 29.07.2017). – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения: 31.01.2018).
13. ВСН 01-73. Ведомственные строительные нормы. Указания по расчету стока наносов. – Москва : Главгидрометслужба, 1974. – 29 с.
14. ВСН 163-83. Ведомственные строительные нормы. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне переходов маги-

- стральных трубопроводов (нефтегазопроводов). – Москва : Госкомгидромет, 1985. – 142 с.
15. Гельфан А.Н. Динамико-стохастическое моделирование формирования талого стока / А.Н. Гельфан. – Москва : Наука, 2007. – 279 с.
 16. Гидрографическое районирование территории Российской Федерации. В 2 книгах. Книга 1. – Москва : НИА-Природа, 2008. – 540 с.
 17. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири / под ред. С.М. Новикова. – Санкт-Петербург : ВВМ, 2009. – 536 с.
 18. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / под ред. Т.В. Гусевой. – Москва : ФОРУМ: Инфра-М, 2007. – 192 с.
 19. Природообустройство : учебник / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, Д.В. Козлов и др. – Москва : Колосс, 2008. – 552 с.
 20. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков : учебник / В.Н. Гончаров. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1962. – 374 с.
 21. Гопченко Е.Д. Гидрология с основами мелиорации : учебник / Е.Д. Гопченко, А.В. Гушля. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. – 303 с.
 22. ГОСТ 15150–69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. Machines, instruments and other industrial products. Modifications for different climatic regions. Categories, operating, storage and transportation conditions as to environment climatic aspects influence. – Москва : Стандартинформ, 2006. – 77 с.
 23. ГОСТ 16350–80. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. – Москва : Госстандарт СССР, 1981. – 165 с.
 24. ГОСТ 17.1.1.01–77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. Nature protection. Hydrosphere. Utilization of water and water protection. Basic terms and definitions. – Москва : Изд-во стандартов, 2001. – 15 с.
 25. ГОСТ 17.1.1.02–77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. – Москва : Госстандарт России, 1992. – 20 с.
 26. ГОСТ 17.1.2.04–77. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – Москва : Госстандарт СССР, 1977. – 17 с.
 27. ГОСТ 17.8.1.01–86. Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения. – Москва : Госстандарт СССР, 1986. – 6 с.

28. ГОСТ 17.8.1.02–88. Охрана природы. Ландшафты. Классификация. – Москва : Госстандарт СССР, 1988. – 5 с.
29. ГОСТ 17713–89. Сельскохозяйственная метеорология. Термины и определения. General agricultural meteorology. Terms and definitions. – Москва : Изд-во стандартов, 1989. – 31 с.
30. ГОСТ 19179–73. Гидрология суши. Термины и определения. – Москва : Госстандарт СССР, 1988. – 47 с.
31. ГОСТ 21.001–2013. Межгосударственный стандарт. Система проектной документации для строительства. Общие положения. System of design documents for construction. General principles. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 7 с.
32. ГОСТ 21123–85. Торф. Термины и определения. Peat. Terms and definitions. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 85 с.
33. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 65 с.
34. ГОСТ 25645.143–88. Атмосферы планет. Термины и определения. Planetary atmospheres. Terms and definitions. – Москва : Изд-во стандартов, 1989. – 11 с.
35. ГОСТ 26463–85. Ледники. Термины и определения. Glaciers. Terms and definitions. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 30 с.
36. ГОСТ 27065–86. Качество вод. Термины и определения. Water quality. Terms and definitions. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 9 с.
37. ГОСТ 2761–84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. Sources of centralized economic-drinking water supply. Sanitary and technical requirements and rules of selection. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 13 с.
38. ГОСТ 27751–2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Reliability for constructions and foundations. General principles. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 17 с.
39. ГОСТ 30813–2002. Вода и водоподготовка. Термины и определения. Water and water-preparation. Terms and definitions. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 27 с.
40. ГОСТ Р 54257–2010. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования. Reliability of constructions and foundations. Basic principles and requirements. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 21 с.
41. ГОСТ Р 55912–2013. Климатология строительная. Номенклатура показателей наружного воздуха. – Москва : Стройстандартинформ, 2014. – 12 с.

42. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 31.12.2017) . – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 31.01.2018).
43. Гусев Е.М. Моделирование тепло- и влагообмена поверхности суши с атмосферой / Е.М. Гусев, О.Н. Насонова. – Москва : Наука, 2010. – 327 с.
44. Дебольская Е.И. Математическое моделирование деформаций дна в покрытых льдом нестационарных потоках / Е.И. Дебольская, В.К. Дебольский, О.Я. Масликова // Водные ресурсы. – 2006. – Т. 33, № 1. – С. 29–38.
45. Дебольский В.К. Задачи прогноза распределения взвешенных наносов в русловых и приливных потоках / В.К. Дебольский, С.М. Анцыферов, Т.М. Акивис ; отв. ред. М.Г. Хубларян // Водные проблемы на рубеже веков. – Москва : Наука, 1999, С. 107–124.
46. Догановский А.М. Гидрология суши / А.М. Догановский. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2012. – 524 с.
47. Долгонос Б.М. Нелинейная динамика экологических и гидрологических процессов / Б.М. Долгонос. – Москва : ЛИБРОКОМ, 2009. – 440 с.
48. Дружинин Н.И. Математическое моделирование и прогнозирование загрязнения поверхностных вод суши / Н.И. Дружинин, А.И. Шишкин. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. – 390 с.
49. Дьяконов К.Н. Экологическое проектирование и экспертиза : учебник / К.Н. Дьяконов, А.В. Дончева. – Москва : Аспект Пресс, 2002. – 384 с.
50. Жуков А.И. Методы очистки производственных сточных вод / А.И. Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. – Москва : Стройиздат, 1977. – 204 с.
51. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 31.12.2017). – Режим доступа: <http://stzkrf.ru/> (дата обращения: 31.01.2018).
52. Земцов В.А. Русловые и пойменные процессы рек Сибири / В.А. Земцов, Д.А. Вершинин, А.О. Крутовский и др. – Томск : Изд-во ТГУ, 2007. – 182 с.
53. Иванов К.Е. Водобмен в болотных ландшафтах / К.Е. Иванов. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. – 280 с.
54. Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противозерозионных мероприятий на Европейской территории СССР. – Москва : Госкомгидромет, 1979. – 63 с.

55. Каменсков Ю.И. Русловые и пойменные процессы : учебное пособие / Ю.И. Каменсков. – Томск : Изд-во ТГУ, 1987. – 171 с.
56. Караушев А.В. Речная гидравлика / А.В. Караушев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1969. – 416 с.
57. Кондратьев Н.Е. Основы гидроморфологической теории руслового процесса / Н.Е. Кондратьев, И.В. Попов, Б.Ф. Смищенко. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1982. – 272 с.
58. Константинов Н.М. Гидравлика, гидрология, гидрометрия : учебник. В 2 частях. Часть 1. Общие законы / Н.М. Константинов, Н.А. Петров, Л.И. Высоцкий. – Москва : Высшая школа, 1987. – 304 с.
59. Константинов Н.М. Гидравлика, гидрология, гидрометрия : учебник. В 2 частях. Часть 2. Специальные вопросы / Н.М. Константинов, Н.А. Петров, Л.И. Высоцкий. – Москва : Высшая школа, 1987. – 431 с.
60. Крамаренко В.В. Инженерно-геологические изыскания: методы исследования торфяных грунтов : учебное пособие / В.В. Крамаренко, О.Г. Савичев. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – 275 с.
61. Крицкий С.Н. Гидрологические основы управления водохозяйственными системами / С.Н. Крицкий, М.Ф. Менкель. – Москва : Наука, 1982. – 270 с.
62. Крылов Ю.М. Ветровые волны и их воздействие на сооружения / Ю.М. Крылов, С.С. Стрекалов, В.Ф. Цыплухин. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – 256 с.
63. Куделин Б.И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод / Б.И. Куделин. – Москва : Изд-во МГУ, 1960. – 343 с.
64. Кузеванов К.И. Математическое моделирование процессов в компонентах природы : учебное пособие / К.И. Кузеванов, О.Г. Савичев, М.В. Решетько. – Томск : Изд-во ТПУ, 2012. – 144 с.
65. Кузин П.С. Географические закономерности гидрологического режима рек / П.С. Кузин, В.И. Бабкин. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1979. – 200 с.
66. Кумсиашвили Г.П. Гидроэкологический потенциал водных ресурсов / Г.П. Кумсиашвили. – Москва : Академкнига, 2005. – 270 с.
67. Кучмент Л.С. Модели процессов формирования речного стока / Л.С. Кучмент. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. – 143 с.
68. Лебедев В.В. Гидрология и гидрометрия в задачах / В.В. Лебедев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1955. – 551 с.
69. Леви И.И. Динамика русловых процессов / И.И. Леви. – Ленинград : Госэнергоиздат, 1957. – 252 с.

70. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 29.12.2017). – Режим доступа: <http://leskod.ru/> (дата обращения: 31.01.2018).
71. Лучшева А.А. Практическая гидрология : учебное пособие / А.А. Лучшева. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – 440 с.
72. Льготин В.А. Проблемы определения границ водоохранных зон водных объектов / В.А. Льготин, О.Г. Савичев // Вода: химия и экология. – 2008. – № 9. – С. 3–6.
73. Маккавеев Н.И. Русловые процессы / Н.И. Маккавеев, Р.С. Чалов. – Москва : МГУ, 1986. – 246 с.
74. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик / под ред. А.В. Рождественского и А.Г. Лобановой. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. – 248 с.
75. Мезенцев В.С. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях : учебное пособие / В.С. Мезенцев. – Омск : Изд-во Омского СХИ, 1982. – 84 с.
76. Мелиорация и водное хозяйство. В 5 томах. Том 5. Водное хозяйство / под ред. И.И. Бородавченко. – Москва : Агропромиздат, 1988. – 400 с.
77. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. – Москва : МПР России, 2008. – 35 с.
78. Методика расчета водохозяйственного баланса водных объектов. – Москва : МПР России, 2007. – 41 с.
79. Методические рекомендации по определению расходов воды при проектировании переходов через водотоки в зоне воздействия некапитальных плотин. – Москва : ВНИИТС, 1981. – 17 с.
80. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – Санкт-Петербург : Нестор-История, 2009. – 193 с.
81. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – Санкт-Петербург : Нестор-История, 2010. – 162 с.
82. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. – Ленинград : Госкомгидромет, 1986. – 167 с.
83. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток средних и больших рек и восстановлению его характеристик. – Ленинград : Госкомгидромет, 1986. – 78 с.

84. Методические указания по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты. – Москва : Госкомэкологии России, 1998. – 16 с.
85. Михайлов В.Н. Гидрология / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. – Москва : Высшая школа, 2005. – 463 с.
86. Найденов В.И. Нелинейная динамика поверхностных вод суши / В.И. Найденов. – Москва : Наука, 2004. – 318 с.
87. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2. Часть II. Гидрологические наблюдения на постах. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. – 373 с.
88. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Часть I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1978. – 477 с.
89. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Часть II. Гидрологические наблюдения и работы на малых реках. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1972. – 624 с.
90. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 8. Гидрометеорологические наблюдения на болотах. – 3-е изд. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1990. – 360 с.
91. Носаль А.П. Оценка самоочищающей способности болот и ее использование при нормировании / А.П. Носаль // Водное хозяйство России. – 2002. – Т. 4, № 4. – С. 308–323.
92. Орлов В.Г. Основы инженерной гидрологии : учебное пособие / В.Г. Орлов, А.В. Сикан. – Ростов-на-Дону ; Санкт-Петербург : Феникс, 2009. – 192 с.
93. Пат. 2468337 Российская Федерация, G01C. Способ измерения и долгосрочного прогноза деформаций речных русел при отсутствии русловых съемок / Савичев О.Г., Решетько М.В. ; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет (RU). – № 2468337 ; заявл. 06.12.2011 ; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33. – 3 с.
94. Пат. 2540442 Российская Федерация, C2. Способ измерения фоновых концентраций веществ в болотных водах / Савичев О.Г., Решетько М.В. ; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет (RU). – № 2540442 ; заявл. 19.04.2013 ; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 4. – 19 с.
95. Перечень видов инженерных изысканий. – Москва : Правительство РФ, 2006, 2007. – 1 с.
96. Перечень вопросов для проведения проверки знаний в форме устного экзамена на право подготовки заключений экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий. – Москва : Мистрой, 2016. – 39 с.

97. Положение о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства. – Москва : Правительство РФ, 2017. – 3 с.
98. Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию. – Москва : Правительство РФ, 2008, 2014. – 53 с.
99. Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчеты : учебник / Б.В. Поляков. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1946. – 480 с.
100. Пособие к СНиП 2.05.03–84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). – Москва : ГУПиКС, 1992. – 374 с.
101. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / под ред. А.В. Рождественского и А.Г. Лобановой. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
102. Об определении границ зон затопления, подтопления: постановление Правительства РФ от 18.04.2014 № 360. – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102349198> (дата обращения: 31.01.2018).
103. Об утверждении Правил определения местоположения береговой линии(границы водного объекта), случаев и периодичности ее определения и о внесении изменений в Правила установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов: постановление Правительства РФ от 29.04.2016 № 377. – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102396613&rdk=&backlink=1> (дата обращения: 31.01.2018).
104. Правила по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета. НПАОП 74.2-1.03–83. Ввод в действие 31.05.1982. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1983 – 217 с.
105. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод. Справочное пособие к СНиП 2.04.02–84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». – Москва : Стройиздат, 1990. – 223 с.
106. Раткович Д.Я. Актуальные проблемы водообеспечения / Д.Я. Раткович. – Москва : Наука, 2003. – 352 с.
107. РД 52.24.622–2001. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. – Москва : Росгидромет, 2001. – 68 с.

108. РД 52.24.643–2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – Москва : Росгидромет, 2002. – 34 с.
109. Рекомендации по оценке и прогнозу размыва берегов равнинных рек и водохранилищ для строительства. – Москва : Стройиздат, 1987. – 72 с.
110. Рекомендации по расчету испарения с поверхности суши. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1976. – 95 с.
111. Рождественский А.В. Статистические методы в гидрологии / А.В. Рождественский, А.И. Чеботарев. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1974. – 424 с.
112. Руководство по гидрологической практике. Том I. Гидрология: от измерений до гидрологической информации. WMO № 168. – Женева, Швейцария : ВМО, 2011. – 314 с.
113. Руководство по гидрологической практике. Том II. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. WMO № 168. – Женева, Швейцария : ВМО, 2012. – 324 с.
114. Руководство по разработке раздела «Охрана окружающей природной среды» в проектах карьеров обводненных месторождений песчано-гравийных материалов. – Москва : Департамент речного транспорта, 1996. – 125 с.
115. Рычагов Г.И. Общая геоморфология / Г.И. Рычагов. – Москва : МГУ, 2006. – 416 с.
116. Савичев О.Г. Гидрология, метеорология и климатология: гидрологические расчеты / О.Г. Савичев. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – 224 с.
117. Савичев О.Г. Проблемы нормирования сбросов загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты / О.Г. Савичев // Вода: химия и экология. – 2010. – № 9. – С. 35–39.
118. Савичев О.Г. Расчет заторных уровней речных вод на юге Западной Сибири / О.Г. Савичев // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320, № 1. – С. 152–155.
119. Савичев О.Г. Теоретические основы охраны окружающей среды / О.Г. Савичев. – Томск : Изд-во ТПУ, 2012. – 126 с.
120. Савичев О.Г. Сравнительный анализ методов оценки стока влекомых наносов равнинных рек (на примере Оби и ее притоков) / О.Г. Савичев, Ю.С. Березикова // Инженерные изыскания. – 2014. – № 13–14. – С. 84–87.
121. Савичев О.Г. Методика эколого-геохимических исследований / О.Г. Савичев, Ю.Г. Копылова, Р.Ф. Зарубина и др. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 170 с.

122. Савичев О.Г. Экологическое нормирование: методы расчета допустимых сбросов загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты суши. Часть 1 / О.Г. Савичев, К.И. Кузеванов, А.А. Хвощевская и др. – Томск : Изд-во ТПУ, 2009. – 106 с.
123. Савичев О.Г. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений природообустройства и водопользования / О.Г. Савичев, В.К. Попов, К.И. Кузеванов. – Томск : Изд-во ТПУ, 2014. – 216 с.
124. Савичев О.Г., Решетько М.В. Методы ориентировочной количественной оценки твердого стока и русловых деформаций для равнинных рек таежной зоны Западной Сибири / О.Г. Савичев, М.В. Решетько // Инженерные изыскания. – 2012. – № 1. – С. 52–56.
125. СанПиН 2.1.6.1032–01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест : утв. Постановлением гос. Санитар. Врача Рос. Федерации от 28.05.01 № 22. – Москва : Минздрав России, 2001. – 10 с.
126. Синянский И.А. Проектно-сметное дело / И.А. Синянский, Н.И. Манешина. – Москва : Академия, 2007. – 448 с.
127. СНиП 12-03–2001. Безопасность труда в строительстве. Часть I. Общие требования : утв. постановлением Госстроя России от 23.07.2001 № 80. – Москва : Госстрой России, 2001. – 49 с.
128. СНиП 2.01.14–83. Строительные нормы и правила. Определение расчетных гидрологических характеристик. – Москва : Госстандарт СССР, 1985. – 47 с.
129. СНиП 23-01–99*. Строительная климатология. – Москва : Госстрой России, 2003. – 104 с.
130. СП 100.13330.2016. Свод правил. Мелиоративные системы и сооружения. The reclamation systems and construction. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85. – Москва : Минстрой РФ, 2017. – 137 с.
131. СП 104.13330.2016. Свод правил. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85. – Москва : Минстрой России, 2016. – 29 с.
132. СП 11-102–97. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – Москва : Госстрой России, 1997. – 41 с.
133. СП 11-103–97. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. – Москва : Госстрой России, 1997. – 32 с.
134. СП 11-104–97. Свод правил. Code of practice. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Engineering geodesical survey for construction. – Москва : Госстрой России, 1997. – 139 с.

135. СП 11-104–97. Свод правил. Code of practice. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Engineering geodesical survey for construction. Часть II. Выполнение съемки подземных коммуникаций при инженерно-геодезических изысканиях для строительства. – Москва : Госстрой России, 2001. – 76 с.
136. СП 11-104–97. Свод правил. Code of practice. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Engineering geodesical survey for construction. Часть III. Инженерно-гидрографические работы при инженерных изысканиях для строительства. – Москва : Госстрой России, 2004. – 173 с.
137. СП 11-105–97. Свод правил. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. Code of practice. Engineering geological site investigations for construction. – Москва : Госстрой России, 1997. – 99 с.
138. СП 11-105–97. Свод правил. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Code of practice. Engineering geological site investigations for construction. – Москва : Госстрой России, 2000. – 150 с.
139. СП 11-105–97. Свод правил. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. Code of practice. Engineering geological site investigations for construction. – Москва : Госстрой России, 2000. – 130 с.
140. СП 11-105–97. Свод правил. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. code of practice. engineering geological site investigations for construction. – Москва : Госстрой России, 1999. – 86 с.
141. СП 11-105–97. Свод правил. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть V. Правила производства работ в районах с особыми природно-техногенными условиями. Code of practice. Engineering geological site investigations for construction. – Москва : ФГУП ПНИИИС, 2003. – 55 с.
142. СП 11-105–97. Свод правил. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть VI. Правила производства геофизических исследований. Code of practice. Engineering geological site investigations for construction. – Москва : Госстрой России, 2004. – 72 с.
143. СП 11-108–98. Свод правил. Code of practice. Изыскания источников водоснабжения на базе подземных вод. Water supply prospecting on the sase of groundwater. – Москва : Госстрой России, 1998. – 47 с.

144. СП 11-109–98. Свод правил. Code of practice. Изыскания грунтовых строительных материалов. Survey of soil building materials. – Москва : Госстрой России, 1998. – 50 с.
145. СП 11-114–2004. Свод правил. Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазовых сооружений. Site investigation on the continental shelf for offshore oil and gas facilities construction. – Москва : Госстрой России, 2004. – 109 с.
146. СП 116.13330.2012. Свод правил. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Engineering protection of territories, buildings and structures from dangerous geological processes. Basic principles. Актуализированная редакция СНиП 22-02–2003. – Москва : Минрегион России, 2012. – 116 с.
147. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Building climatology. Актуализированная редакция СНиП 23-01–99*. – Москва : Минрегион России, 2012. – 376 с.
148. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Приложение Ж. – Москва : Минрегион России, ОАО «ЦПП», 2011. – 6 с.
149. СП 20.13330.2011. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Loads & actions. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Москва : Госстрой России, 2011. – 109 с.
150. СП 30.13330.2012. Свод правил. Внутренний водопровод и канализация зданий. Domestic water supply and drainage systems in buildings. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01–85*. – Москва : Минрегион России, 2012. – 57 с.
151. СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Sewerage. Pipelines and wastewater treatment plants. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03–85. – Москва : Минрегион России, 2012. – 82 с.
152. СП 33-101–2003. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Москва : Госстрой России, 2004. – 72 с.
153. СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Automobile roads. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85*. – Москва : Минрегион России, 2013. – 148 с.
154. СП 38.13330.2012. Свод правил. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Loads and impacts on Hydraulic structures (from wave, ice and ships). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04–82*. – Москва : Минрегион России, 2014. – 145 с.

155. СП 47.13330.2016. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Engineering survey for construction. Basic principles. – Москва : Минстрой России, 2016. – 166 с.
156. СП 58.13330.2012. Свод правил. Гидротехнические сооружения. основные положения. Hydraulic Structures. Basic statements. Актуализированная редакция СНиП 33-01–2003. – Москва : Минрегион России, 2012. – 53 с.
157. СП 86.13330.2014. Свод правил. Магистральные трубопроводы. Main (Trunk) pipelines. – Москва : Минстрой России, 2014. – 161 с.
158. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства (цены приведены к базисному уровню на 01.01.1991 года). – Москва : Госстрой России, 1999. – 187 с.
159. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-гидрографические работы. Инженерно-гидрометеорологические изыскания на реках. – Москва : Госстрой России, 2001. – 70 с.
160. Справочник по гидрохимии / под ред. А.В. Никанорова. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1989. – 391 с.
161. Технический регламент. Том III. Гидрология. WMO № 49. – Женева, Швейцария : ВМО, 2006. – 130 с.
162. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1: 200000 / А.А. Головин, Н.Н. Москаленко, А.И. Ачкасов и др. – Москва : Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов РАН, 2002. – 92 с.
163. Учет и оценка природных ресурсов и экологического состояния территорий различного функционального использования / под ред. Э.К. Буренкова и Е.И. Филатова. – Москва : Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов РАН, 1996. – 88 с.
164. СТО ГУ ГГИ 08.29–2009. Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки. – Санкт-Петербург : Нестор-История, 2009. – 184 с.
165. Российская Федерация. Законы. Об экологической экспертизе : федер. закон от 23.11.1995 № 174-ФЗ. (с изменениями на 29.12.2015). – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/data1/1/1653/> (дата обращения: 31.01.2018).
166. Российская Федерация. Законы. О недрах : федер. закон от 03.03.1995 № 27-ФЗ. (с изменениями на 26.07.2017). – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/data1/41/41871/> (дата обращения: 31.01.2018).

167. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : федер. закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ. (с изменениями на 02.07.2013). – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/57/57096/> (дата обращения: 31.01.2018).
168. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : федер. закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. (с изменениями на 29.07.2017). – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294847/4294847255.htm> (дата обращения: 31.01.2018).
169. Хабидов А.Ш. Оценка интенсивности берегопроявления в результате появления Богучанского гидроузла / А.Ш. Хабидов, Л.А. Жиннаев, В.С. Кусковский и др. – Барнаул : ИВЭП СО РАН, 2006. – 102 с.
170. Христофоров А.В. Надежность расчетов речного стока / А.В. Христофоров. – Москва : МГУ, 1993. – 168 с.
171. Чалов Р.С. Основные положения теории общего и географического русловедения / Р.С. Чалов // Вестник Московского государственного университета. Сер. 5. География. – 2005. – № 6. – С. 10–15.
172. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь / А.И. Чеботарев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1964. – 222 с.
173. Шамо́в Г.И. Речные наносы. Режим, расчеты и методы измерений / Г.И. Шамо́в. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1954. – 345 с.
174. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология / С.Л. Шварцев. – Москва : Альянс, 2012. – 601 с.
175. Alabyan A.M. Types of the River Channel Patters and Their Controls / A.M. Alabyan, R.S. Chalov // Earth Surface processes and Landforms. – Vol. 23. – 1998. – P. 467–474.
176. Barry J.J. A general power equation for predicting bed load transport rates in gravel bed rivers / J.J. Barry, J.M. Buffington, J.G. King // Water resources research. – 2004. – Vol. 40. – 22 p.
177. Benedini M. Water Quality Modelling for Rivers and Streams / M. Benedini, G. Tsakiris. – Springer : Dordrecht, 2013. – 288 p.
178. Chang H.H. Fluvial processes in river engineering / H.H. Chang. – Malabar, Florida : Kriger Publishing Company, 2008. – 432 p.
179. Hendriks M.R. Introduction to Physical Hydrology / M.R. Hendriks. – Oxford ; New York : Oxford University Press, 2010. – 331 p.
180. Krasnoshchekov S.Y. Determining Lateral River Channel Activity with Respect to Safety of Pipeline Crossings. Thesis for the degree of PhD / S.Y. Krasnoshchekov. – Southampton: University of Southampton. Faculty of engineering, science & mathematics. School of Geography. – 2008. – 197 p.

181. Leopold L.B. River channel patterns: braided, meandering and straight / L.B. Leopold, M.G. Wolman. – B.M.: US Geological Survey Professional Paper, 1957. – P. 85.
182. Loucks D.P. Water resources systems planning and management. An introduction to methods, models and applications / D.P. Loucks, E. Van Beek. – Turin : Unesco Publishing, 2005. – 680 p.
183. Mujumdar P.P. Floods in a Changing Climate / P.P. Mujumdar, Kumar D. Nagesh. – New York ; USA : Cambridge University Press, 2012. – 177 p.
184. Nash J.E. River flow forecasting through conceptual models. Part I – A discussion of principles / J.E. Nash, J.V. Sutcliffe // Journal of Hydrology. – 1970. – № 10 (3). – P. 282–290.
185. Savichev O.G. Evaluation of plain river channel deformation in the absence of observation data / O.G. Savichev, M.V. Reshetko, I.A. Matveenko et al. // IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science (012027). 2015. 24. – 6 p. doi:10.1088/1755-1315/24/1/012027.

Содержание

Введение.....	3
1. Основные понятия о градостроительной деятельности и проектировании	4
1.1. Общие сведения о градостроительной деятельности и архитектурно-строительном проектировании.....	4
1.2. Состав и примерное содержание проектной документации	5
1.3. Особенности проектирования систем и сооружений природообустройства и водопользования	18
1.4. Экспертиза проектной документации и материалов инженерных изысканий	22
Контрольные вопросы к главе 1	27
2. Цели и задачи инженерных изысканий	28
2.1. Назначение и виды инженерных изысканий.....	28
2.2. Результаты инженерных изысканий и отчетная документация....	33
2.3. Основные термины и определения	39
2.3.1. Основные термины и определения в области инженерных изысканий	39
2.3.2. Основные термины и определения в области инженерно-геодезических изысканий	42
2.3.3. Основные термины и определения в области инженерно-геологических изысканий.....	44
2.3.4. Основные термины и определения в области инженерно-гидрометеорологических изысканий	55
2.3.5. Основные термины и определения в области инженерно-экологических изысканий.....	88
Контрольные вопросы к главе 2	96
3. Назначение, методология и содержание инженерно-гидрометеорологических изысканий.....	98
3.1. Цель и задачи инженерно-гидрометеорологических изысканий..	98
3.2. Общие требования к составу инженерно-гидрометеорологических изысканий	99
3.2.1. Рекогносцировочное обследование.....	101
3.2.2. Гидрометеорологические наблюдения	102
3.2.3. Исследования ледового режима	105
3.2.4. Исследования опасных гидрометеорологических процессов и явлений	105
3.2.5. Камеральные работы	107
3.2.6. Дополнительные требования к заданию и программе	

инженерно-гидрометеорологических изысканий.....	108
3.3. Структура и примерное содержание отчета	
об инженерно-гидрометеорологических изысканиях.....	108
Контрольные вопросы к главе 3	128
4. Гидрологические расчеты.....	129
4.1. Общие требования к гидрологическим расчетам	130
4.1.1. Исходная информация	130
4.1.2. Статистический анализ исходной информации.....	134
4.1.2.1. Анализ на соответствие теоретической	
и эмпирических кривых распределения вероятностей	134
4.1.2.2. Анализ на случайность	137
4.1.2.3. Анализ на однородность.....	138
4.1.3. Выбор расчетной схемы	140
4.1.3.1. Обоснование расчета при наличии наблюдений	140
4.1.3.2. Обоснование расчета при недостаточности наблюдений ..	140
4.1.3.3. Обоснование расчета при отсутствии наблюдений.....	142
4.2. Водный сток и его внутригодовое распределение	143
4.2.1. Норма стока	143
4.2.1.1. Определение при наличии наблюдений	143
4.2.1.2. Определение при недостаточности наблюдений	143
4.2.1.3. Определение при отсутствии наблюдений.....	144
4.2.2. Максимальный сток.....	145
4.2.2.1. Определение при наличии наблюдений	145
4.2.2.2. Определение при недостаточности наблюдений.....	145
4.2.2.3. Определение при отсутствии наблюдений.....	145
4.2.2.3.1. Половодье	146
4.2.2.3.2. Дождевые паводки	148
4.2.3. Минимальный сток	158
4.2.3.1. Определение при наличии наблюдений	158
4.2.3.2. Определение при недостаточности наблюдений.....	158
4.2.3.3. Определение при отсутствии наблюдений.....	158
4.2.4. Внутригодовое распределение водного стока	159
4.2.4.1. Определение при наличии наблюдений	159
4.2.4.2. Определение при недостаточности наблюдений.....	160
4.2.4.3. Определение при отсутствии наблюдений.....	160
4.2.5. Расчетные гидрографы стока воды рек	
весеннего половодья и дождевых паводков.....	161
4.2.5.1. Определение при наличии наблюдений	161
4.2.5.2. Определение при недостаточности наблюдений.....	163
4.3. Расчет движения воды.....	164

4.3.1. Расчет течений в водотоках	165
4.3.2. Расчет течений в водоемах.....	171
4.3.2.1. Стоковые течения.....	171
4.3.2.2. Ветровые течения на открытой акватории водоемов.....	172
4.3.2.3. Ветровые течения в зоне прибрежного мелководья.....	174
4.3.3. Расчет характеристик ветровых волн	178
4.4. Расчеты характерных уровней воды	183
4.4.1. Расчет уровней воды в водотоках	183
4.4.1.1. Определение при наличии наблюдений	183
4.4.1.2. Определение при недостаточности наблюдений.....	184
4.4.1.3. Определение при отсутствии наблюдений.....	184
4.4.2. Расчет уровней воды в озерах.....	186
4.4.2.1. Определение при наличии наблюдений	186
4.4.2.2. Определение при недостаточности наблюдений.....	186
4.4.2.3. Определение при отсутствии наблюдений.....	186
4.4.3. Расчет кривой свободной поверхности	187
4.5. Расчеты ледового режима	188
4.6. Расчеты твердого стока и русловых деформаций	193
4.6.1. Сток взвешенных наносов.....	196
4.6.1.1. Определение при наличии наблюдений	196
4.6.1.2. Определение при недостаточности или отсутствии наблюдений.....	197
4.6.2. Сток влекомых наносов.....	200
4.6.2.1. Определение при наличии наблюдений	200
4.6.2.2. Определение при недостаточности или отсутствии наблюдений.....	200
4.6.3. Деформации русла	203
4.6.3.1. Определение при наличии наблюдений	203
4.6.3.2. Определение при недостаточности или отсутствии наблюдений.....	204
4.7. Гидрохимические расчеты	207
4.7.1. Существующие подходы к нормированию сбросов стоков...208	
4.7.2. Альтернативный подход к нормированию сбросов стоков....211	
Контрольные вопросы к главе 4	213
5. Техника безопасности при выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий	216
Контрольные вопросы к главе 5	219
Заключение	220
Список литературы	221

Учебное издание

САВИЧЕВ Олег Геннадьевич

ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ

Учебное пособие

Корректурa *Е.Л. Тен*
Компьютерная верстка *О.Ю. Аршинова*
Дизайн обложки *А.И. Сидоренко*

Подписано к печати 15.02.2018. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать CANON. Усл. печ. л. 13,90. Уч.-изд. л. 12,57.
Заказ 25-18. Тираж 100 экз.



Издательство

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ