МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ**

**СТО ГУ ГГИ
08.29–2009**

# Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки

2009

gost.e-ecolog.ru

УДК 556.537

**Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки**. — СПб. : Нестор-История, 2009. – 184 с.

ISBN 978-59818-7393-5

Настоящий стандарт «Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки» разработан с целью развития ведомственных строительных норм ВСН 163 «Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов)», изданных более 20 лет назад.

При подготовке настоящего документа использованы результаты более 70 НИР, выполненных в отделе русловых процессов ГГИ в период 1986–2008 гг. по различным аспектам учета руслового процесса при проектировании, строительстве и эксплуатации подводных переходов трубопроводов через реки России, включая вопросы реконструкции, капитального ремонта и ликвидации (демонтажа) выведенных из эксплуатации переходов трубопроводов.

Предназначен для использования изыскательскими, научно-исследовательскими, проектными, строительными и природоохранными организациями и учреждениями различных форм собственности, занятыми проектированием, строительством и эксплуатацией переходов трубопроводов через реки. Стандарт может быть также полезен для органов государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

Стандарт организации «Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки» рассмотрен и одобрен Методической Комиссией ГУ «ГГИ»
3 марта 2009 г. Протокол № 1




© Государственное учреждение «Государственный гидрологический институт» ГУ «ГГИ», 2009

# Предисловие

1. РАЗРАБОТАН Государственным учреждением «Государственный гидрологический институт» (ГУ «ГГИ») Росгидромета

2. РАЗРАБОТЧИКИ З.Д.Копалиани, канд. техн. наук (руководитель темы); Б.Ф. Спищенко, академик РАЕН, профессор, заслуженный деятель науки РФ, доктор техн. наук (руководитель темы); В.М. Католиков, канд. техн. наук; А.Б. Клавен, доктор техн. наук; В.А. Бузин, доктор техн. наук; М.М. Жук, ведущий инженер; Н.И. Католикова, научный сотрудник; Н.К. Александрова, ведущий инженер

3. УТВЕРЖДЕН директором ГУ «ГГИ» И.А. Шикломановым 22.09.2009

4. ЗАРЕГИСТРИРОВАН ГУ «ГГИ» за номером СТО 08.29 -2009

5. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

# Содержание

1. Область применения ..... 1
2. Нормативные ссылки ..... 2
3. Термины и определения ..... 3
4. Общие положения ..... 5
5. Основные характеристики типов руслового процесса и речных пойм ..... 7
6. Связь методов пересечения рек трубопроводами с типами руслового процесса речных русел ..... 19
7. Инженерно-гидрометеорологические изыскания ..... 20
7.1. Общие указания ..... 20
7.2. Состав инженерно-гидрометеорологических изысканий, общие технические требования ..... 21
7.3. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для разработки предпроектной документации ..... 34
7.4. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для разработки проекта ..... 38
8. Выбор участков и створов переходов магистральных трубопроводов при пересечении рек траншейным способом и методом наклонного бурения ..... 42
8.1. Траншейный метод ..... 42
8.2. Метод наклонного бурения ..... 44
9. Оценка характеристик транспорта наносов и деформаций русел и пойм рек при разных способах прокладки трубопроводов ..... 48
9.1. Расчёты подвижности руслового аллювиального материала, характеристик русловых микроформ и расхода донных наносов ..... 48
9.2. Прогнозирование скорости перемещения затопляемых мезоформ речного русла или их фрагментов ..... 58
9.3. Примеры расчета смещения мезоформ за прогнозируемый период ..... 63
9.4. Прогнозирование плановых деформаций русла ..... 65
10. Построение ППР русел равнинных рек при траншейном способе прокладки перехода трубопровода ..... 66
11. Построение ППР русел равнинных и горно-предгорных рек в случае прокладки трубопровода методом наклонного бурения ..... 71
11.1. Основные параметры ППР ..... 71
11.2. Этапы построения профиля предельного размыва русла ..... 73
11.3. Определение ориентировочных значений параметров ППР (I этап) ..... 74
11.4. Определение значений параметров ППР русла для морфологически однородного участка реки и для конкретного створа перехода (II и III этапы) ..... 75
12. Построения ППР русел горно-предгорных рек при траншейном способе прокладки перехода трубопроводов ..... 81
13. Оценка заносимости подводных траншей при строительстве подводных переходов ..... 81
13.1. Проектно-технологические задачи ..... 81
13.2. Расчётные методы определения заносимости траншей ..... 81

13.3. Натурные методы определения заносимости траншей ..... 85
13.4. Примеры решения проектно-технологических задач по учёту заносимости подводных траншей ..... 88

14. Организация мониторинга на участках переходов магистральных трубопроводов через реки ..... 90
14.1. Общие положения ..... 90
14.2. Цели и программы проведения гидроморфологического мониторинга на различных этапах проектирования и реализации проекта ..... 97
14.3. Рекомендации по выполнению отдельных видов наблюдений и работ в составе гидроморфологического мониторинга водных объектов ..... 103

Приложение А (справочное). Классификация инженерных сооружений и мероприятий по характеру их взаимодействия с русловым процессом ..... 110

Приложение Б (рекомендуемое). Карты-схемы распределения типов руслового процесса на территории России и сопредельных государств ..... 114

Приложение В(рекомендуемое) Учет деформаций речных русел на подводных переходах трубопроводов в специфических условиях многолетней мерзлоты и зимнего периода ..... 125

Приложение Г (справочное). Темпы плановых деформаций берегов на реках при разных типах руслового процесса ..... 127

Приложение Д (рекомендуемое). Каталог заторных участков и уровенных характеристик затопления пойм средних и крупных рек России при заторах льда ..... 147

Приложение Е (рекомендуемое). Аварийные разливы нефти на участках подводных переходов трубопроводов через реки ..... 158

Приложение Ж (обязательное). Экспертиза проектов перехода трубопровода через реки (русловой аспект) ..... 167

Библиография ..... 173

Лист регистрации изменений ..... 175

# Введение

Настоящий стандарт «Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки» разработан с целью развития ведомственных строительных норм ВСН 163-83 «Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов)», изданных более 20 лет назад.

Необходимость создания и внедрения в практику строительства стандарта, регламентирующего учет русловых процессов на подводных переходах трубопроводов через реки в современных условиях, вызвана многими обстоятельствами:

— за последние несколько лет произошли существенные изменения в законодательной и нормативной базе в области водных отношений. Новым Водным кодексом Российской Федерации (ВК РФ) [1] и постановлением Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения о осуществлении государственного мониторинга водных объектов» [2] введены новые элементы государственного мониторинга водных объектов: мониторинг состояния дна и берегов водных объектов, а также состояния водоохранных зон, что выдвигает дополнительные требования к подводным переходам трубопроводов через реки и к расчету (анализу) рисков разливов нефти и ее попадания в речной поток;

— согласно своду правил СП 11-103 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства» русловые процессы включены в перечень опасных гидрометеорологических процессов и явлений, оказывающих аккумулятивно-эрозионное воздействие на дно, берега русла и пойму реки, нарушающее устойчивость или нормальные условия эксплуатации размещаемых здесь сооружений;

— период, прошедший после издания ВСН 163, соизмерим с нормативным сроком службы подводных переходов трубопроводов (25 лет), установленным СНиП 2.05.06 «Магистральные трубопроводы». Множество действующих переходов трубопроводов через реки уже исчерпали свой технический ресурс;

— за истекшие 20–25 лет появилось множество связанных с трубопроводным транспортом ведомственных нормативных документов, часто противоречащих друг другу;

— произошедшие в последние годы кардинальные изменения в социально-экономической, технологической и других сферах жизни России сопровождались бурным развитием трубопроводной транспортной системы. Существенно расширились сеть и география трубопроводного транспорта России: строительство трубопроводных систем на острове Сахалин (проекты Сахалин-1, Сахалин-2), в западной и восточной Сибири (проекты нефтепроводов «Восточная Сибирь — Тихий океан», газопровода «Алтай»), в Северо-Западном регионе (проекты нефтепроводов Балтийской трубопроводной системы БТС-1 и БТС-2, а также нефтепродуктопровода «Кстово-Ярославль-Кириши-Приморск»), в Мурманской области и Карелии (проект газопровода от Штокмановского газового месторождения до Финского залива), в северных регионах европейской части России (проекты нефтепроводов Харьяга-Индига и восточной части Балтийской трубопроводной системы, газопровода от Бованенковского месторождения до Финского залива), в южных районах страны (проекты нефтепровода Каспийского трубопроводного консорциума и газопровода «Голубой поток»).

— за последние 20–25 лет заметно обогатился опыт строительства и эксплуатации переходов трубопроводов через реки как традиционным траншейным способом пересечения рек, так и методом наклонного бурения, основанном на новейших, современных технологиях;

— в связи с глобальным изменением климата, влиянием хозяйственной деятельности на речных водосборах наиболее зримо проявившимися в последние 25 лет, существенно изменились естественный водный, ледовый и русловой режимы рек, что проявилось в нарушении стационарности речного стока. В тоже время получили развитие новые методы расчетов и прогнозов характеристик руслового процесса и русловых деформаций, с большей детализацией и дифференциацией этих характеристик применительно к большим, средним и малым равнинным и горно-предгорным рекам. Усовершенствованы и дополнены схематические карты распространения типов руслового процесса на реках России и некоторых сопредельных государств. Изучается механизм распространения, аварийных нефтяных разливов в руслах рек различных морфологических типов и разрабатываются рекомендации по их локализации и улову.

При подготовке настоящего документа использованы результаты более 70 НИР, выполненных в отделе русловых процессов ГГИ в период 1986–2008 гг. по различным аспектам учета руслового процесса при проектировании, строительстве и эксплуатации подводных переходов трубопроводов через реки России, включая вопросы реконструкции, капитального ремонта и ликвидации (демонтажа) выведенных из эксплуатации переходов трубопроводов.

Тематика большинства из отмеченных НИР была направлена на решение следующих задач:

— разработка прогноза руслового процесса на участках подводных переходов через реки (Нева, Волга, Обь, Иртыш, Кубань и др.);

— обоснование проектирования и строительства подводных переходов трубопроводов методом наклонного бурения (реки Волга, Урал, Нева, Конда);

— изучение процессов распространения разливов нефти и методов их локализации. Гидрологическое обоснование всероссийских учений АК «Транснефти» в натурных условиях (реки Обь, Волга, Белая, Кама, Нева, реки Башкирии);

— проведение гидроморфологического мониторинга трубопроводов на стадии их строительства (БТС-1, БТС-2, БТС-3).

Учитывая изложенное, актуальность и своевременность внедрения в строительную практику настоящего стандарта «Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки», представляется очевидной. Это должно обеспечить повышение качества проектирования и безопасность эксплуатации подводных переходов трубопроводов через реки России.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

**Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки**

Дата введения — 2010-01-01

# 1. Область применения

Настоящий стандарт «Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки» разработан в развитие ведомственных строительных норм ВСН 163 и на современном уровне регламентирует учет деформаций русловых процессов на подводных переходах трубопроводов через реки и направлен на решение следующих задач:

— безошибочное определение типа руслового процесса, предполагающее конкретную схему плановых и высотных переформирований русла и поймы реки;

— выбор предпочтительного по природным условиям, критерию надежности и технико-экономическим и экологическим показателям метода пересечения реки трубопроводом;

— выполнение инженерно-гидрометеорологических изысканий (русловые аспекты в составе общих инженерно-геологических, топографических, гидрологических и климатологических изысканий или специальные русловые изыскания);

— обоснование выбора участков и створов переходов трубопроводов через реки при траншейном способе, методе наклонного бурения или комбинированном методах;

— оценку (расчеты и прогнозы) характеристик руслового процесса (плановые и высотные деформации русла, геометрические и динамические параметры русловых макро, мезо- и микроформ, расход наносов и др.) при траншейном способе прокладки трубопровода и методе наклонного бурения;

— построение профиля предельного размыва (ППР) русла и поймы в поперечном сечении реки при альтернативных способах пересечения реки трубопроводом;

— оценку заносимости подводных траншей на переходах трубопроводов при траншейном или комбинированном методах прокладки трубопровода;

— инженерную защиту переходов трубопроводов от размыва русла;

— организацию мониторинга участков рек в зоне подводного перехода трубопроводов;

— решение вопросов, связанных с аварийными разливами нефти в реку, ее локализацией и уловом;

— экспертиза проектов переходов трубопроводов через реки.

В настоящем стандарте впервые решаются следующие задачи:

— обоснование и выбор метода пересечения реки трубопроводом методом наклонного бурения;

— организация и ведение мониторинга участков рек на подводных переходах трубопроводов;

— локализация аварийных разливов нефти в реках;

— проведение экспертизы проектов переходов трубопроводов через реки.

В стандарте существенно обновлены и расширены рекомендуемые методы расчета и прогноза характеристик руслового процесса и транспорта наносов в реках, учитывающие особенности руслового процесса на больших, средних и малых равнинных и горно-предгорных реках с различным типом руслового процесса.

Настоящий стандарт «Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки» предназначен для использования изыскательскими, научно-исследовательскими, проектными, строительными, природоохранными организациями и учреждениями различных форм собственности, занятыми проектированием, строительством и эксплуатацией переходов трубопроводов через реки. Стандарт может быть также полезен для органов государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

## 2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения

ГОСТ Р 17.0.0.06-2000 Охрана природы. Экологический паспорт природопользователя. Основные положения. Типовые формы

ГОСТ Р ИСО 14001-98 Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению

ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения

ВСН 163-83 Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов)

СНиП 2.05.06-85 Магистральные трубопроводы

СНиП 2.06.15-85 Инженерная защита территории от затопления и подтопления

СНиП 3.07.01-85 Гидротехнические сооружения речные

СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения

СО 34.21.204-2005 Рекомендации по прогнозу трансформации русла в нижних бьефах гидроузлов

СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства

СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства

СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик

РД 51-2.4-007-97 Борьба с водной эрозией грунтов на линейной части трубопроводов

РД 51-2-95 Регламент выполнения экологических требований при размещении, проектировании, строительстве и эксплуатации подводных переходов магистральных газопроводов

РД 51-3-96 Регламент по техническому обслуживанию подводных переходов магистральных газопроводов через водные преграды

РД 39-30-1060-84 Инструкция по обследованию технического состояния подводных переходов магистральных нефтепроводов

РД 153-34.2-02.409-2003 (СО 34.02.409-2003) Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду

РД 153-39.4Р-128-2002 Инженерные изыскания для строительства магистральных нефтепроводов

МДС 11-5.99 «Методические рекомендации по проведению инженерных изысканий для технико-экономических обоснований (проектов, рабочих проектов) строительных объектов»

При пользовании настоящими нормативными документами целесообразно проверить их действие в информационных системах общего пользования сети Интернет (по состоянию на 1 января текущего года), и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании этим документом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3. Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1. авария трубопровода:** Разрушение трубопровода, неконтролируемый взрыв или выброс опасных веществ, транспортируемых по трубопроводу.

**3.2. водоохранные зоны:** Территории, которые примыкают к береговой линии 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 [1].

**3.3. водопользователь:** Физическое лицо или юридическое лицо, которым предоставлено право пользования водным объектом [1].

**3.4. Государственный водный реестр:** Систематизированный свод документированных сведений о водных объектах, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, собственности физических лиц, юридических лиц, об их использовании, о речных бассейнах, о бассейновых округах [1].

**3.5. государственный мониторинг водных объектов:** Система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов с целью

своевременного выявления и прогнозирования развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработки и реализации мер по предотвращению негативных последствий этих процессов; оценки эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов; информационного обеспечения управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе для государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов [1]

**3.6. ликвидация (демонтаж) перехода трубопровода:** Осуществление действий, целью которых является приведение выведенного из эксплуатации трубопровода в состояние, при котором невозможно его использование по назначению, определенному в проектной документации.

**3.7. магистральный трубопровод:** Комплекс сооружений, предназначенных для приемки, транспортировки, хранения и сдачи транспортируемого вещества потребителю.

**3.8. макроформы (речные излучины, многорукавные русла):** Крупные речные морфологические образования, охватывающие русло и пойму, определяющие русловой процесс реки в целом, ее морфологический тип. Деформации макроформ отражают всю полноту твёрдого стока в реке.

**3.9. мезоформы (побочни, осерёдки, пляжи):** Крупные грядообразные песчаные скопления в руслах рек, соизмеримые с шириной русла и определяющие его морфологическое строение.

**3.10. микроформы (рифели, гряды):** Мелкие, малоинерционные, массовые песчаные или гравийно-галечные образования — гряды на дне рек, соизмеримые с глубиной потока, определяющие шероховатость русла и выражающие расход донных наносов.

**3.11. наносы:** Твердые частицы, образованные в результате эрозии водосборов и русел, переносимые водотоком и формирующие его ложе.

**3.12. подводный переход:** Участок линейной части трубопровода, пересекающий водную преграду и уложенный, как правило, с заглублением в дно водоема.

**3.13. пойма:** Часть дна речной долины, сложенная наносами и периодически заливаемая в половодье и паводки.

**3.14. прогноз руслового процесса:** Предвычисление в пространственном и временном интервалах изменений морфологического строения русла и поймы, основанное на знании закономерностей развития руслового процесса и его элементов, количественно описывающих эти изменения в конкретных условиях данного водотока (реки, канала).

**3.15. реконструкция подводного перехода трубопровода:** Перестройка перехода для улучшения его функционирования.

**3.16. ремонт подводного перехода трубопровода:** Совокупность организационных и технических мероприятий, осуществляемых с целью восстановления установленных эксплуатационных характеристик подводного перехода трубопровода.

**3.17. русловой процесс:** Изменение морфологического строения речного русла и поймы обусловленное действием текущей воды.

**3.18. техническое обслуживание подводного перехода трубопровода:** Совокупность организационных и технических мероприятий, осущест-

вляемых с целью поддержания работоспособности и исправности трубопровода при эксплуатации.

**3.19. тип руслового процесса:** Определенная схема деформаций русла и поймы реки, возникающая в результате определенного сочетания особенностей водного режима, стока наносов, ограничивающих деформацию условий и отражающая форму транспорта наносов.

**3.20. эксплуатация подводного перехода трубопровода:** Использование трубопровода по назначению, определенному в проектной документации, включая ввод в эксплуатацию техническое обслуживание, ремонт и вывод из эксплуатации.

**3.21. экологический паспорт:** Документ, содержащий информацию об уровне использования природопользователем ресурсов и степени воздействия его производства на окружающую среду.

## 4. Общие положения

**4.1.** Пересечение рек трассой подводного трубопровода может осуществляться наземным (воздушным) и подземным (подводным) способами. Подземный способ подразделяется на траншейный и метод наклонного бурения.

**4.2.** В соответствии с «Классификацией речных инженерных сооружений и мероприятий по характеру их взаимодействия с русловым процессом» (приложение А), переходы трубопроводов через реки относятся к типу пассивных сооружений, не способных влиять на характеристики руслового процесса, а подверженных их влиянию. Поэтому для рационального проектирования и надежной эксплуатации переходов трубопроводов через реки при всех методах пересечения рек и на всех стадиях проектирования переходов, а также в период их эксплуатации необходимо выполнять тщательную оценку характеристик руслового процесса и деформаций русла реки (водотока) на участке перехода за период его функционирования.

**4.3.** Оценка русловых деформаций выполняется в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий для строительства, предусматривающих также определение характеристик климатических условий и гидрологического режима рек.

Для оценки фактических русловых деформаций на участке перехода следует пользоваться имеющимися картографическими и топографическими материалами, аэрофотосъемками, землеустроительными планами, лоцманскими картами разных лет издания, материалами гидрометрических измерений, выполняемых на гидрологических постах и станциях Росгидромета, русловыми и береговыми съемками бассейновых управлений пути, материалами предыдущих изысканий проектных организаций, а также данными обследований параллельных ниток действующих трубопроводов.

Для составления прогноза руслового и (или) берегового процессов рек в малоизученных районах, на участках с интенсивными глубинными и плановыми деформациями, а также в случаях, когда к надежности подводных трубопрово-

дов предъявляются особые требования, либо когда заглубление трубопроводов связано с большими затратами и технологическими трудностями, следует проводить детальные исследования руслового процесса по специальным программам.

**4.4.** Инженерно-гидрометеорологические изыскания, в частности, оценки руслового режима рек на участке перехода, могут проводиться в комплексе с инженерно-геологическими изысканиями и инженерно-экологическими изысканиями (или с отдельными видами работ этих изысканий) при сложных гидроморфологических условиях пересекаемого объекта или сложных видах строительно-ремонтных и аварийно-восстановительных работ (ГОСТ 17.1.3.13).

**4.5.** Материалы, характеризующие природные условия на участке перехода (климатические, гидрологические, геологические, гидроморфологические (русловые), должны помещаться в экологическом паспорте природопользователя (ГОСТ Р17.0.0.06).

**4.6.** В случае, особо ответственного объекта и недостаточности указанных материалов для надежного прогнозирования деформаций русла на расчетный период эксплуатации перехода (25 лет при траншейном способе и 75 лет при методе наклонного бурения), необходимо выполнить дополнительные изыскания или провести исследования на гидравлической модели участка реки.

**4.7.** При назначении створа перехода или при оценке состояния существующего створа необходимо оценить влияние на переход других гидротехнических сооружений, расположенных как выше, так и ниже створа пересечения.

Особую опасность для устойчивости русла в створе перехода представляют дноуглубительные судоходные работы, разработка в русле и на пойме карьеров нерудных строительных материалов, а также ремонтно-защитные строительные мероприятия на нитках трубопроводов, расположенных вблизи рассматриваемого створа.

При оценке изменения характера русловых деформаций, вызванного влиянием на переход гидротехнических сооружений, следует руководствоваться рекомендациями согласно приложению А.

**4.8.** Основной определяемой характеристикой руслового режима, влияющей на надежность эксплуатации перехода магистрального нефтепровода, является поперечный ППР русла реки за расчетный период эксплуатации перехода трубопровода.

Прогнозирование деформаций русла для определения поперечного ППР русла следует выполнять на основании установленной динамики структурных русловых форм: речных макроформ (пойменный массив, речная излучина, речная протока, остров), русловых мезоформ (ленточная гряда, побочень, осерёдок) и русловых микроформ (донные гряды наносов).

По времени предвычисления необходимо выделять прогнозы полных циклов развития русловых форм (период сползания гряд, мезоформ, ограниченных излучин, развития свободных излучин и т.п.) и прогнозы стадий (части циклов) развития русловых форм. Такое деление прогнозов обусловлено тем, что в абсолютном выражении время протекания явлений руслового процесса на разных структурных уровнях весьма различно. Так время прохождения песчаными грядами своей длины (период их движения) колеблется от минут до десятков суток, период сползания мезоформ — от нескольких суток до нескольких лет; полный же цикл развития макроформ, например, излучин, может продолжаться и сотни

суток и сотни лет. Выбор того или иного вида прогноза по времени предвычисления зависит от соотношения расчетного времени строительства или эксплуатации сооружения и времени полного цикла развития русловых форм.

**4.9.** Обязательным условием эксплуатации трубопроводов на переходе через водную преграду является ведение мониторинга состояния водного объекта, самого трубопровода и сооружений, защищающих трубопровод от воздействия реки или стабилизирующих ее русло. Мониторинг проводится по специальной программе, разрабатываемой для каждого конкретного участка реки, на котором расположен переход нефтепровода.

**4.10.** Особенности и общие рекомендации по учету деформаций речных русел на подводных переходах трубопроводов в специфических условиях многолетней мерзлоты и зимнего периода представлены в приложении В, а в приложении Д приведен «Каталог затороопасных участков и уровенных характеристик затопления пойм средних и крупных рек России при заторах льда».

## 5. Основные характеристики типов руслового процесса и речных пойм

**5.1.** Переходы трубопроводов через реки относятся к категории пассивных гидротехнических сооружений, не предназначенных и не способных влиять на естественный ход развития руслового процесса. Подводные трубопроводы сами подвержены влиянию русловых деформаций и требуют учета характера, темпов, интенсивности и возможного диапазона плановых и глубинных деформаций за период их эксплуатации.

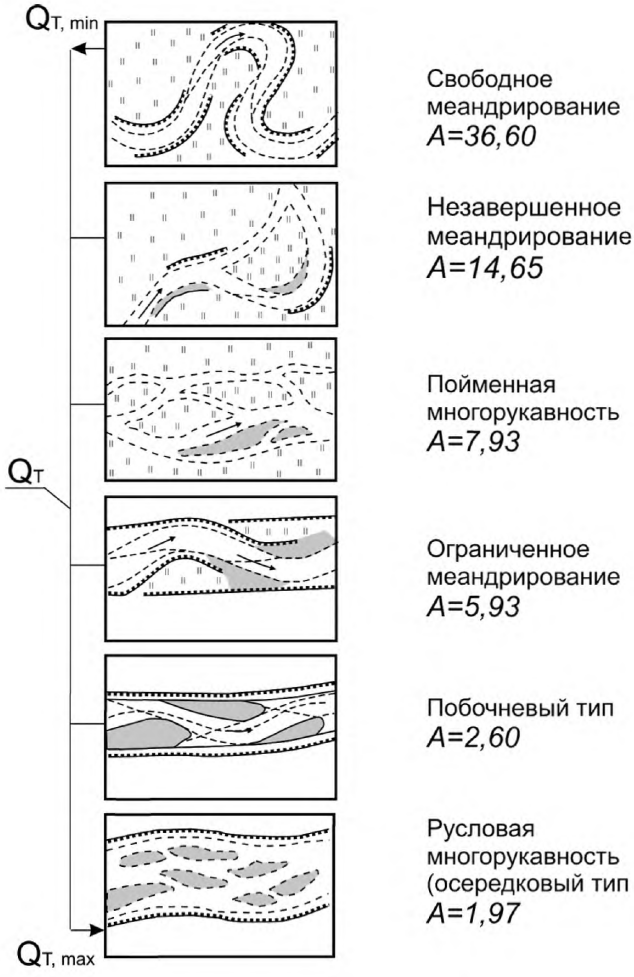
Все возможные схемы деформаций русел равнинных рек, включающие начальную, промежуточную и конечную стадии развития, в соответствии с гидроморфологической теорией руслового процесса ГГИ [3], следует подразделять на шесть типов, представленных на рисунке 5.1, и ленточно-грядового типа руслового процесса, не представленного на этом рисунке.

Каждому типу руслового процесса соответствует своё численное значение критерия типа руслового процесса (критерий Б.Ф. Снищенко). Типы руслового процесса расположены в порядке увеличения транспортирующей способности потока и удельного расхода русловых наносов сверху вниз: от свободного меандрирования к русловой многорукавности (см. рисунок 5.1).

Каждому из перечисленных типов руслового процесса соответствует свой тип поймы со своей, свойственной каждому типу поймы гидрологическим и гидравлическим режимом и структурой течений, который определяется морфологическим строением поймы.

Речную пойму целесообразно представить состоящей из отдельных массивов и, в качестве объекта типизации, принять пойменный массив, т.е. такой участок поймы, который, с одной стороны, оконтуривается руслом реки, а с другой, внешней границей самого удаленного от русла транзитного потока, возникающего на пойме при ее максимальном затоплении.

При затоплении пойменного массива следует различать три основные фазы:




$Q_T$ — удельный расход русловых наносов; $\boldsymbol{A}=\frac{\boldsymbol{J_0 B_0}}{\boldsymbol{JB}}$ — критерий типа русла,
где $J$ — уклон потока по тальвегу, $J_0$ — уклон дна по оси долины,
$B$ — ширина русла в бровках, $B_0$ — ширина активной поймы.

Рисунок 5.1 — Классификация типов руслового процесса равнинных рек

— *первая фаза,* когда происходит выход воды на пойму, обычно начинающийся с затопления наиболее пониженных ее участков в низовых частях излучин. Затем происходит выход воды на пойму через более высокие, верховые части излучин. Верховые и низовые границы разлива постепенно сближаются, и после их слияния возникает общий спрямляющий транзитный поток;

— *вторая фаза* затопления поймы, охватывающая период существования этого спрямленного потока;

— *третья фаза,* когда прекращение транзитного потока в результате снижения уровня воды происходит при спаде половодья с образованием вновь разобщенных затопленных участков поймы, площадь которых постепенно уменьшается по мере слива воды с поймы.

До появления транзитного потока верховые и низовые места проникновения воды на пойму работают в противоположных направлениях: вода распростра-

няется от периферии пойменного массива к его центральной части. С момента установления транзитного потока эти участки береговой линии пойменного массива работают в одном направлении — через верховые участки вода поступает на пойму, а через низовые — сливается с нее. С прекращением транзитного потока эти участки вновь начинают действовать разнонаправленно — вода сливается с поймы в русло сначала через низовые её участки, а затем и через верховые.

Таким образом, в пределах данного пойменного массива существуют своего рода водоразделы, лимитирующие возникновение и исчезновение спрямляющего транзитного потока, а места выхода и слива воды с поймы обычно носят сосредоточенный характер и часто бывают представлены эрозионными образованиями, особенно четко выраженными в верховой части пойменного массива.

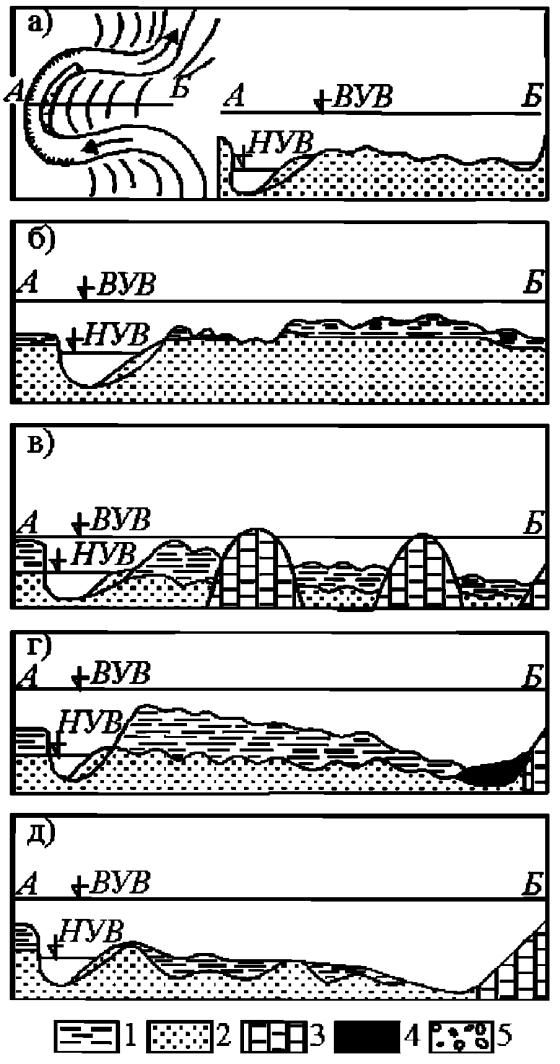
**5.2.** Свободное меандрирование — самый распространенный тип руслового процесса на равнинных реках, который обычно развивается в широких речных долинах, склоны которых не ограничивают свободное развитие плановых деформаций излучин. Характеризуется наличием одного действующего русла.

В начальной стадии развития при углах разворота менее 90° излучины свободного меандрирования сползают вниз по течению по схеме ограниченного меандрирования, но при этом меняя (увеличивая) угол разворота. По мере увеличения угла разворота сползание излучин замедляется, но меняется их форма (излучины вытягиваются). При углах разворота, близких к 140°, происходит разделение плесовой ложбины и нарушение плановой симметрии в результате преимущественного развития одного из плесов. Развитие излучин завершается сближением подмываемых берегов выше и ниже расположенных смежных излучин, прорывом образовавшегося между ними перешейка. После прорыва возникает новая излучина, что нарушает нормальный ход развития смежных излучин. Скорости деформаций в зоне прорыва возрастают.

Общий ход глубинных деформаций в многолетнем разрезе подчинен характеру развития плановых деформаций. Глубинные деформации в пределах фиксированных плановых очертаний русла носят сезонный характер и сводятся к нарастанию перекатов и размыву плесов в период половодья и к противоположным деформациям в период межени. При наличии базального слоя им определяется предельная возможная глубина размыва плесов, а выступы коренных пород в русле, останцы на пойме и другие виды проявления ограничивающего фактора в плане, вносят существенные изменения в циклическую закономерность развития плановых деформаций при свободном меандрировании.

При свободном меандрировании пойменный массив образуется несколькими излучинами. Рельеф поймы имеет гривистый характер (рисунок 5.2). Гривы представляют собой образованные в ходе плановых деформаций береговые валы. В пойме свободно меандрирующей реки сохраняются староречья — изолированные от действующего русла отпавшие излучины, находящиеся в различной стадии отмирания, соединяющиеся с рекой при высоком уровне воды.

Для пойм свободно меандрирующих рек характерно значительно более сложное строение поверхности, рельеф которой представлен разновысотными системами вееров перемещения русла в виде дугообразных изогнутых валов и ложбин между ними, образованных в ходе плановых деформаций русла. Последние выражаются в постепенном развитии излучин, достигающих состояния петли. Прорыв перешейка такой петли приводит к появлению обособленного




а) — песчано-гривистая пойма;
б) — ступенчато-гривистая пойма;
в) — останцево-гривистая пойма;
г) — возвышенно-глинистая пойма;
д) — пониженно-суглинисто-гривистая пойма.
1 — пойменная фация аллювия (суглинки);
2 — русловая фация аллювия (пески);
3 — коренные породы;
4 — торф;
5 — гравий, галька.
ВУВ — высокий уровень воды,
НУВ — низкий уровень воды.

Рисунок 5.2 — Типичные поперечные разрезы пойм свободно меандрирующей реки (через центральную часть массива)

участка поймы, огибаемого старицей (действующей, с водой или занесенной). Последующий повторяющийся цикл деформаций ведет к появлению новых систем вееров.

Сложный рельеф поверхности поймы, создающийся при свободном меандрировании, обусловливает возникновение сложных течений в период ее затопления, и лишь при очень больших глубинах затопления влияние рельефа поймы на структуру пойменных течений может значительно уменьшить или вовсе не проявляться. В этот период на пойме могут возникать и развиваться эрозионные и аккумулятивные образования, не связанные в своей ориентации и по размерам с ориентацией основного гривистого рельефа поймы (прорывы береговых валов, возникновение пойменных протоков и конусов их выноса, перерезающих системы вееров перемещения русла и т.п.). Таким образом, при оценке взаимодействия рельефа поймы и пойменного потока необходимо оценивать его применительно к каждой фазе затопления.

В первой и третьей фазах затопления большое влияние на пойменные течения оказывает гривистый рельеф поймы, валы и ложбины между ними, образующие каждый веер перемещения русла.

В начале второй фазы затопления, при возникновении транзитного потока, роль отдельных валов и ложбин ослабевает, но существенное влияние приобретают разновысотные их системы — веера перемещения русла. Именно благодаря им, из года в год намечаются постоянные пути движения воды по пойме, и образуются русла этих пойменных потоков, в межень полностью высыхающих или сохраняющих обычно воду лишь в плесах, отчленённых от русла реки.

При достижении уровнями воды на затопленной пойме наивысших отметок основное влияние на пойменный транзитный поток оказывает уже характер расположения в пределах речной долины всего пойменного массива.

На поймах свободно меандрирующих рек устанавливаются сложные системы течений и, в соответствии с этим, возникают разнообразные и далеко не всегда согласующиеся с рельефом их поверхности эрозионно-аккумулятивные образования.

Оценку интенсивности плановых деформаций русла при свободном меандрировании следует производить согласно 9.4 методических указаний.

**5.3.** Незавершённое меандрирование является разновидностью свободного меандрирования, которое характеризуется наличием спрямляющего протока излучин и возникает в сильно затопляемых во время половодья поймах, сложенных из легкоразмываемых пород грунта.

В начальной стадии своего развития излучины развиваются по схеме свободного меандрирования, но задолго до завершения полного цикла развития излучины на пойме возникает и развивается спрямляющая протока, со временем превращающаяся в главное русло (рисунок 5.3). По мере развития спрямляющей протоки плановые деформации главного русла ослабевают.

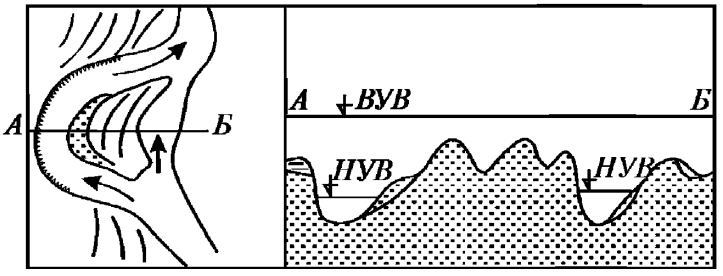



Рисунок 5.3 — Типичный план и поперечный разрез поймы при незавершенном мендрировании — крупно-гривисто-песчаная пойма

Спрямляющая протока разрабатывается постепенно (на малых реках — быстрее, на больших — медленнее). По ней происходит интенсивное движение наносных скоплений в виде ленточных гряд, осерёдков, побочней. После того как спрямляющая протока примет основную часть расхода воды в реке, прежнее главное русло начинает превращаться в старицу, и цикл возобновляется.

Этот тип руслового процесса легко опознается на картах и аэрофотоснимках участков рек достаточно большого протяжения по наличию спрямляющих проток, находящихся в разных стадиях развития.

При описании пойм свободно меандрирующих рек отмечалось о существовании постоянных сосредоточенных потоков на затопленной пойме, образую-

щихся при обтекании разновысотных сегментов поймы (вееров перемещения русла). Поймы рек при незавершенном меандрировании представляют собой дальнейшее развитие спрямляющих протоков, возникающих на участках с большой глубиной затопления поймы и превращающихся в постоянно действующие (в половодье и межень) спрямления излучин. Однако, поскольку при незавершенном меандрировании в пределах данного массива поймы структура ее рельефа менее сложна, чем при свободном меандрировании, и обычно бывает представлена одним веером перемещения русла, то и структура пойменных течений оказывается менее сложной. По этой же причине направление спрямляющих протоков определяется не наличием разновысотных систем вееров перемещения русла, а положением динамической оси транзитного потока в период наивысших уровней. Последнее, может быть, в известной мере обусловлено притеррасным понижением или направлением особенно крупных ложбин между валами, образующими данный сегмент поймы.

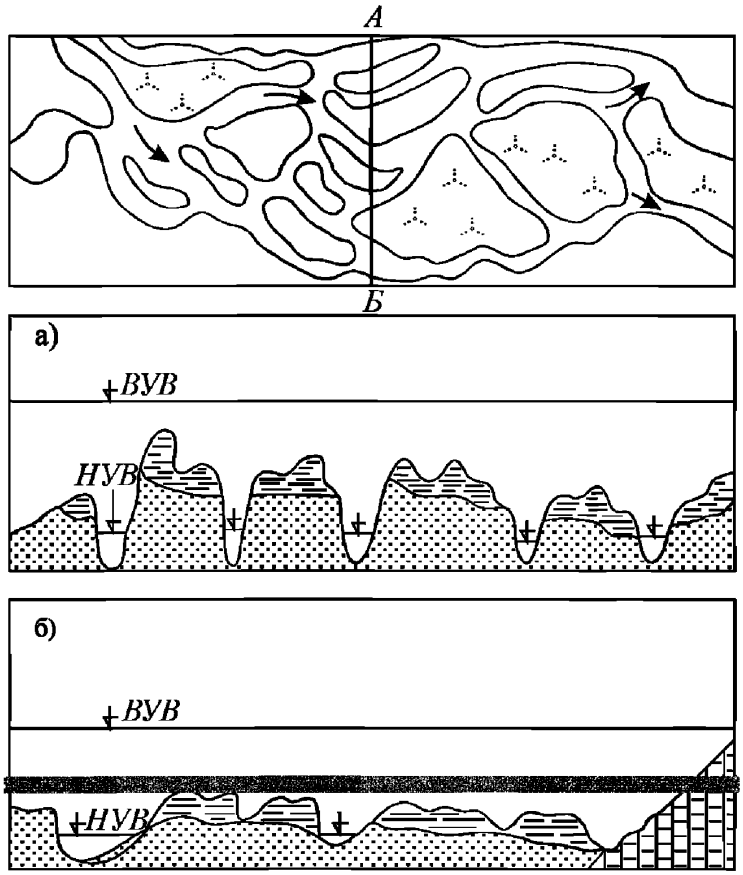
Основным фактором, определяющим положение спрямления, является положение динамической оси потока, обусловленное общим характером расположения пойменного массива в пределах речной долины и по отношению к смежным выше и ниже расположенным участкам реки.

Таким образом, при незавершенном меандрировании течения на пойме в общем значительно менее сложны, чем при свободном меандрировании, Основные деформации поймы проявляются в разрушении ее на подмываемых берегах излучин, в образовании новых участков на выпуклых берегах и в размывах поверхности, ведущих к появлению спрямляющих протоков. При этом указанные деформации длительное время происходят однонаправленно — развиваются излучины, и постепенно разрабатываются спрямляющие протоки. Последние в начальных стадиях развития меандрируют, образуя серии небольших излучин, в последующем расширяются, а затем вновь переходят к меандрированию, но уже в виде деформаций одной излучины, которая в дальнейшем повторяет весь цикл развития и спрямляется. Старое же главное русло начинает постепенно заноситься, но еще длительное время может определять характер местных пойменных течений.

Прогноз деформаций следует производить путем совмещений плановых материалов разных лет съемок.

**5.4.** 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 каждом спрямляющем протоке может развиваться по законам любого типа руслового процесса. Выделить основное русло среди многочисленных протоков часто невозможно. Острова, образованные протоками, представляют участки поймы, обладающие значительной плановой устойчивостью (рисунок 5.4).

Деформации русла реки в целом сводятся к медленному развитию спрямляющих протоков, их отмиранию и возобновлению, сопровождающемуся перераспределением расхода воды между рукавами. Спрямлениями, как правило, оказываются охвачены не отдельные излучины, как при незавершенном меандрировании, а группы смежных излучин.




а) проточно-островная песчаная пойма;

б) проточно-островная глинистая пойма при большой разнице в крупности взвешенных и донных наносов.

Рисунок 5.4 — Типичный план и поперечный разрезы поймы при пойменной многорукавности

При пойменной многорукавности в период половодий и паводков на пойме возникают вторичные протоки, не связанные с развитием незавершенного меандрирования.

На участках русла с поймой, затопляемой еще больше, чем при незавершенном меандрировании, последнее может привести к появлению сложной системы проток. Кроме того, возникают протоки, обусловленные местными течениями, образующимися сосредоточенным стоком воды через эрозионные образования, расчленяющие склоны долины. Вследствие этого сеть протоков еще более усложняется. В ходе деформаций протоков возможно занесение одних и возникновение других. Так, например, при перемещении по руслу крупных песчаных гряд они могут перекрывать начало меньших проток, впадающих в главную. По мере сползания этих гряд возможно возобновление течения в ранее перекрытых меньших протоках.

При пойменной многорукавности пойменные массивы следует выделять по правилам, указанным для свободного меандрирования, ориентируясь при этом на русла главных протоков.

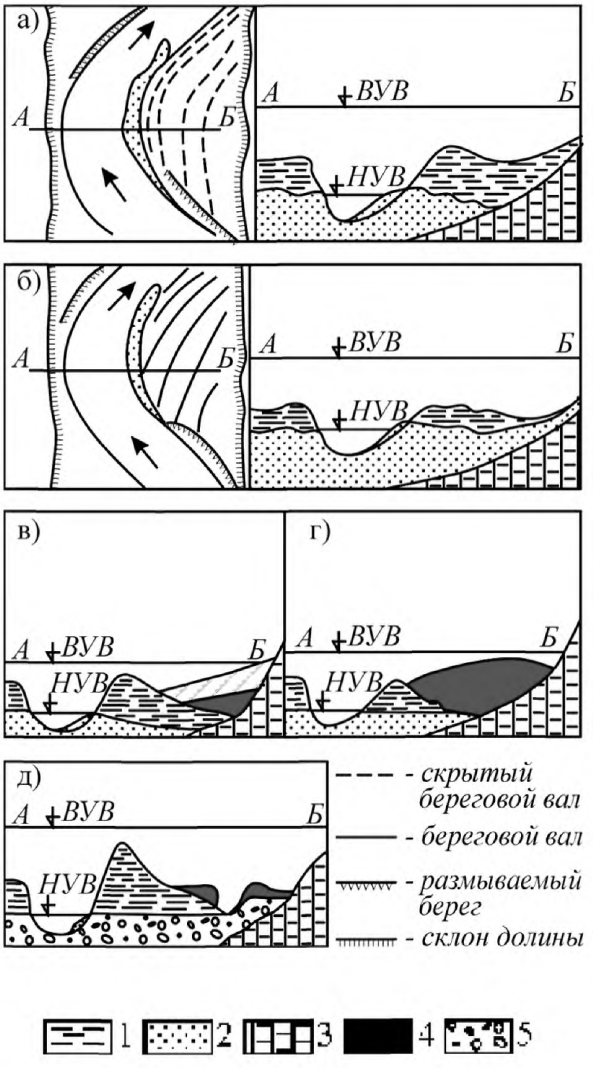
В целом, на подобном участке основные течения обычно согласуются с направлением протоков. Лишь при очень высоких половодьях могут возникнуть течения, направление которых не согласуется с направлением протоков и определяется общей ориентировкой русла в речной долине, т.е. общими про-

дольными и поперечными уклонами ее дна, а также течениями протоков реки или течениями, возникающими в местах выхода в долину реки сосредоточенного стока (по большим логам, оврагам и другим эрозионным образованиям, расчленяющим склоны долины).

При пойменной многорукавности на пойме при ее затоплении хотя и устанавливаются течения, в общем, согласные с направлением основных протоков, т.е. так же как при незавершенном меандрировании, но схема таких течений значительно усложняется и оказывается изменчивой во времени вследствие возможности занесения и возобновления деятельности проток.

При анализе материалов участков русел с пойменной многорукавностью требуется фрагментирование всех основных протоков по типам руслового процесса.

**5.5.** Ограниченное меандрирование — тип руслового процесса, встречающийся чаще на равнинных реках, характеризуется извилистым руслом с углом разворота до 120°, сохраняющем извилистость и во время паводка (рисунок 5.5). Свободное развитие плановых деформаций русла при этом типе ограничено наличием неразмываемых склонов долины. Осевая линия русла имеет форму,




а) песчаная пойма в условиях высокого стока взвешенных наносов с развитой пойменной фацией, прикрывающей первоначальный гривистый рельеф пойменного массива;

б) песчаная пойма в условиях малого стока взвешенных наносов со слабой пойменной фацией пойменного аллювия.

На фоне отмеченных двух основных типов пойм выделяются разновидности пойм, связанные с условиями разных природных и климатических зон:

в) овражно-деллювиальная пойма, с отложением материала, вынесенного к подножию склона долины из оврагов;

г) скрыто-гривистая, болотная пойма, поверхность которой перекрыта торфяной залежью;

д) таежно-алласная пойма в условиях многолетней мерзлоты с вытаявшими пониженными участками или притеррасными протоками.

1 — пойменная фация аллювия (суглинки);
2 — русловая фация аллювия (пески);
3 — коренные породы;
4 — торф;
5 — гравий, галька.

Рисунок 5.5 — Типичные поперечные разрезы пойм ограниченно меандрирующей реки

близкую к синусоиде. По обоим берегам реки за границами русла между неразмываемыми склонами долины располагаются чередующиеся обособленные пойменные массивы, подмыв которых с верховой и наращивание с низовой стороны приводят к сползанию излучин без изменения их плановых очертаний.

В межень перекаты размываются, а в половодье — намываются. В плёсах размыв приурочен к половодью, а намыв — к межени.

Скорость сползания излучин при ограниченном меандрировании следует определять по совмещению материалов разновременных съемок русла.

На пойме следы меандрирования отсутствуют. Это — поймы простейшего типа, представляют собой обособленные, чередующиеся по длине реки массивы, повышенные в верховой части и пониженные в низовой, т.е. имеющие уклоны вдоль реки и несколько наклоненные к притеррасной части поймы (от русла). Сползание излучин, свойственное ограниченному меандрированию, приводит к полной переработке всего пойменного массива. Затопление этих массивов начинается в их низовой части. При максимальном затоплении устанавливаются течения, параллельные оси долины. Динамическая ось потока в этот период близка к ее положению в межень и в наибольшей мере, чем во всех других случаях, совпадает со средней линией русла. Такая структура пойменных течений обусловливает возникновение неровной или слабоволнистой (береговые валы вдоль русла) поверхности поймы и эрозионных образований, ориентированных вдоль реки и наиболее разработанных в верховой части массивов (в низовой части обычно наблюдается отложение материала). В притеррасной, в общем, несколько пониженной части, возможно, возникновение течений с повышенной скоростью.

**5.6.** Побочневый тип руслового процесса широко распространен на равнинных и горно-предгорных реках, сложенных из наносов любой крупности. Встречается в основном как самостоятельный тип руслового процесса на прямолинейных и слабоизвилистых участках рек, а также в отдельных рукавах при пойменной многорукавности и в меандрирующих руслах.

Побочневый тип руслового процесса характеризуется наличием в русле крупных, занимающих в меженный период большую часть ширины русла частично обсыхающих в межень отмелей, расположенных в русле в шахматном порядке (Рисунок 5.1). В период паводков побочни покрываются водой, и русло приобретает прямолинейный вид. Обсохшие побочни в межень придают руслу извилистость в плане. Пониженные затопленные части в местах перегиба русла между побочнями образуют перекаты. Плёсы в русле располагаются против выпуклых краев побочней.

Русловые деформации при этом типе сводятся к сползанию побочней вниз по течению и в основном приурочены к периодам половодий и паводков. Высота побочней составляет 0,3 $H_{пл}$, где $H_{пл}$ — глубина в плесе, соответствующая уровню бровок русла, а длина побочней составляет 4÷8 $B$, где $B$ — средняя ширина русла между бровками.

Расчет скорости перемещения побочней следует производить по формуле или номограммам в соответствии с 9.2 настоящего стандарта.

Побочневый тип руслового процесса характеризуется отсутствием поймы. Плановые деформации берегов носят знакопеременный характер и имеют незначительную амплитуду.

**5.7.** 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, в разной степени обсыхающие в период межени и создающие многорукавный облик русла (Рисунок 5.1).

В периоды межени и низких половодий на участках русел, сложенных из мелких наносов, происходят внутрирусловые плановые деформации контуров мезоформ. На горно-предгорных реках и равнинных реках с крупным и средним составом аллювия мезоформы сохраняют свою форму, управляя меженным потоком [4]. При такой разновидности осередкового типа и редко повторяющихся больших паводках поверхность мезоформ может закрепляться растительностью, и осередки превращаются в осерёдки-остров. Если поток характеризуется большим содержанием взвешенных наносов в результате их осаждения на спаде половодья и паводков и интенсивного отложения наилка, осерёдки становятся менее подвижными. Однако при высоких паводках редкой повторяемости, особенно на горных реках, эти образования приходят в движение.

Динамические характеристики осерёдков в большинстве случаев могут быть оценены в соответствии с 9.2 настоящего стандарта.

Пойма, создающаяся при русловом процессе осередкового типа (русловая многорукавность), по сути дела, представляет собой аккумулятивные русловые образования — осередки-острова. Они обладают различной степенью подвижности — от песчаных или галечных отмелей с обнаженной поверхностью и неразвитой пойменной фацией аллювия и ежегодной большой подвижностью до островов с развитой пойменной фацией, задернованных или даже облесённых, сохраняющихся от года к году, но претерпевающих большие переформирования при очень высоких половодьях, когда они по сути дела также представляют собой подвижные русловые образования.

На такой пойме постоянно происходящее перераспределение стока между протоками создает особенно большую неустойчивость пойменных течений и возможность резкого изменения их направлений. Как следствие, в этих случаях возможны и резкие внезапные переформирования всего островного пойменного массива, выражающиеся в полном исчезновении старых форм и появлении новых.

**5.8.** Ленточно-грядовый тип руслового процесса распространен на средних и малых равнинных реках, сложенных из средних и крупных песков, а также на горно-предгорных участках русел и в отдельных протоках крупных равнинных рек. Как самостоятельный тип руслового процесса на равнинных реках встречается редко.

Ленточно-грядовый тип характеризуется наличием в реке одиночных, занимающих всю ширину русла песчаных гряд, длина которых составляет 6–8 ширин русла, а высота 0,15–0,30 глубины в плесе при высоких уровнях воды менее 10 % обеспеченности.

Основные деформации русла при ленточно-грядовом типе руслового процесса выражаются в сползании ленточных гряд по реке, вызывающем местные периодические повышения дна в фиксированном створе при прохождении гребней и понижении отметок при прохождении подвалий ленточных гряд.

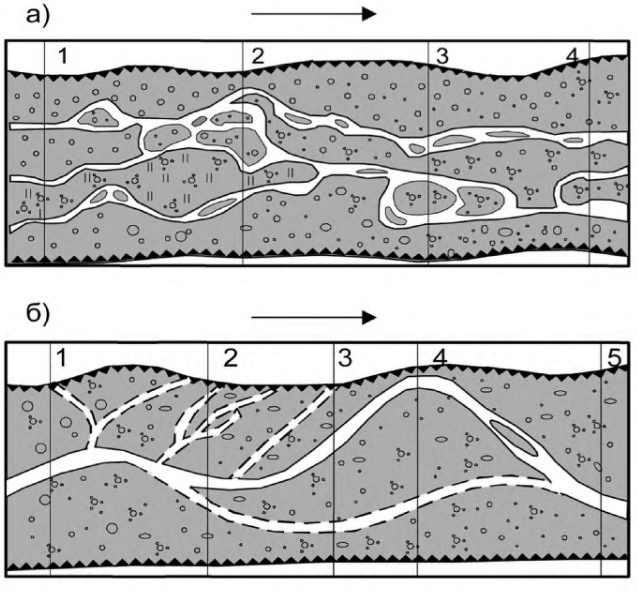
Скорость активного сползания в период высоких паводков при отсутствии вторичных гряд на поверхности ленточных гряд определяется по зависимости или номограммам (Раздел 9.1).

При движении ленточных гряд за счет более мелких вторичных гряд на их поверхности скорость сползания гряд определяется по зависимости или номограммам (Раздел 9.2).

Ленточные гряды легко выявляются при продольном эхолотировании русла, а также при аэровизуальной разведке и на аэрофотоснимках меженного русла.

Ленточно-грядовый тип руслового процесса характеризуется отсутствием поймы. Плановые деформации русла невелики и носят нерегулярный локальный характер.

**5.9.** На участках русел горно-предгорных рек кроме ленточно-грядового, побочневого и осередкового типов руслового процесса распространены типы, свойственные только горным рекам: горная пойменная многорукавность (пойменное блуждание) и долинное блуждание (рисунок 5.6). Эти типы руслового процесса распространены в расширениях горных долин или при выходе рек из горной — в предгорную зону.




а) — горная пойменная многорукавность (пойменное блуждание);
б) — долинное блуждание.

Рисунок 5.6 — Типы руслового процесса на участках рек горно-предгорной зоны

**5.10.** На дне горной речной долины выделяются два характерных элемента рельефа: пойма и паводочное русло. Характерным признаком поймы является наличие растительности, стабильность которой определяется стабильностью субстрата (грунта) на поверхности поймы и режимом стока воды и гидравликой паводочного русла. В отличие от рельефа равнинных пойм, формирующих-

ся в результате постоянного перемещения русла в плане, пойменный рельеф горных рек является результатом прерывисто происходящих во времени процессов стабилизации, зарастания и временно́й консервации подвижных русловых образований.

Паводочное русло горной реки представляет собой часть долины, систематически затопляемой паводками средней повторяемости, в пределах которой регулярно каждый год во время паводков поддерживается процесс переотложения наносов. Растительность в пределах паводочного русла горно-предгорных рек практически отсутствует. Паводочное русло представляет собой широкое галечно-валунное пространство, в значительной степени обсыхающее в меженный период.

Рельеф обсохшего паводочного русла горной реки состоит из пологих гравийно-галечных россыпей — мезоформ. Мезоформы паводочного русла выступают как формы регулярного перемещения наносов. Частично или целиком обсыхая в межень, они обусловливают извилистость русла в плане.

**5.11.** При установившемся режиме течения русловой процесс на горных реках при значениях относительной гладкости потока $H/d > 15$ выражается перемещением русловых мезо- и микроформ. В условиях колебаний водности установившиеся формы транспорта наносов периодически перестраиваются. На реках горно-предгорных зон с присущей им неравномерностью режима стока воды в многолетнем разрезе и внутри года инерционность русловых образований сравнительно невелика. Подвижные структуры, оставленные высокими (редкими и выдающимися) паводками, резко перестраиваются только такими же паводками, повторяющимися 1 раз в 20–30 лет. В относительно маловодные периоды продолжительностью 3–10 лет подвижные крупные формы частично зарастают и превращаются в пойменные пространства. В промежутке времени между редкими паводками транспорт наносов осуществляется на уровне структур меньших порядков. При описанной многопорядковой структуре руслового рельефа функционирование каждого порядка форм связано с соответствующим диапазоном расходов воды, а процесс в целом в многолетнем и внутригодовом разрезе воспринимается как блуждание русла реки по пойме или долине, соответствующее типу горной пойменной многорукавности (на средних горных реках) или долинному блужданию (на малых горных реках).

В обоих случаях вероятность появления максимальных глубин, наблюдаемых на участке при данной морфологии русла за 20–30 лет, одинакова для любого поперечного створа горной поймы или долины.

**5.12.** В дополнение к описанным выше типам руслового процесса и связанным с ними типами пойм необходимо рассмотреть еще два дополнительных типа пойм, называемых соответственно унаследованным и неразвитым поймами, рельеф которых не создан в ходе плановых деформаций русел.

Под термином «унаследованные» следует понимать такие поймы, происхождение которых не обусловлено работой современного потока. Они могли создаваться в речных долинах, сформировавшихся в период сброса флювиогляциальных вод, причем часто могут быть не речного, а озерного происхождения. Такие образования могут называться поймой современной реки только потому, что представляют собой затопляемую часть дна речной долины.

В качестве примера можно назвать пойму р. Волхова, достигающую ширины десятков километров, в то время как русло современной реки практической не деформируется в плане.

В пределах этих участков рек современная пойма, т.е. созданная работой современного потока, занимает лишь небольшую часть затопляемого дна долины.

Унаследованная пойма может быть и на узких участках речных долин, но с недеформирующимся в плане руслом, т.е. может иметь небольшую ширину.

Таким образом, типы и размеры унаследованных пойм могут быть различными. Для случая отсутствия или слабого развития плановых деформаций выделяются две группы пойм. Первая из них может быть неразвитой, вторая – обвалованно-равнинной.

К неразвитым поймам отнесены такие, когда русло реки врезано в коренные, ледниковые или древнеозерно-аллювиальные породы, или в торфяники. Вследствие врезанности русла в плохо поддающиеся размыву породы плановые деформации его отсутствуют. Пойма имеет плоский нерасчлененный рельеф, слабо развитую пойменную фацию аллювия, причем сосредоточенную в прирусловой части. Например, при протекании реки среди торфов небольшой слой современного аллювия обычно не перекрывает всего поперечника поймы и сосредоточен в прирусловой части. В период затопления такой поймы образующиеся на ней местные течения не производят значительных размывов. Подобные поймы встречаются на малых и средних реках. Выделяются следующие их разновидности: надморенная пойма, надкоренная пойма, древнеозерно-торфяная, озерно-плавневая и лиманная пойма.

**5.13.** Схематические карты распределения типов руслового процесса на территории России и сопредельных государств приведены в Приложении Б.

## 6. Связь методов пересечения рек трубопроводами с типами руслового процесса речных русел

**6.1.** Выбор метода и места пересечения рек трубопроводами должен определяться не только соображениями надёжности, технико-экономическими и экологическими условиями, но также состоянием водного объекта и типом руслового процесса на участке реки.

**6.2.** Традиционно принято соотносить метод пересечения, тип и размеры реки следующим образом:

- надземный (воздушный) способ рекомендуется при пересечении горных рек в местах сужения долин и ущелий, скалистого дна;
- подводный (траншейный) способ рекомендуется при пересечении равнинных рек всех типов руслового процесса, а также аллювиальных участков рек горно-предгорной зоны;
- метод наклонного бурения рекомендуется при пересечении рек, характеризующихся незначительными горизонтальными деформациями и значительными вертикальными (глубинными) деформациями. Длина перехода при этом методе лимитируется техническими возможностями наклонного бурения (до 1500–1800 м).

**6.3.** На реках России широко применяется траншейный метод, и метод наклонного бурения. При этом должны быть соблюдены требования раздела 8.

**6.4.** При проектировании новой трассы трубопровода или трассы лупинга (закругления) следует увязывать тип руслового процесса и метод пересечения реки: створ подводного перехода должен назначаться ранее трассы линейной части трубопровода.

# 7. Инженерно-гидрометеорологические изыскания

## 7.1. Общие указания

**7.1.1.** Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства магистральных трубопроводов в соответствии с СП 11-103 должны обеспечивать комплексное изучение природно-климатических условий территории, гидрологического режима и руслового процесса рек, пересекаемых трубопроводами, надежность прогнозирования возможных изменений гидрометеорологических условий в результате взаимодействия с проектируемым объектом с целью получения необходимых и достаточных материалов для принятия обоснованных решений при проектировании, строительстве и эксплуатации переходов трубопроводов через реки.

**7.1.2.** В соответствии с установленным порядком проектирования инженерно-гидрометеорологические изыскания проводятся для разработки:

- предпроектной документации;
- проектного строительства;
- рабочей документации.

**7.1.3.** Материалы инженерно-гидрометеорологических изысканий должны обеспечивать решение следующих задач на соответствующих стадиях проектирования:

- выбор участков и створов переходов магистральных трубопроводов через реки при различных вариантах этих переходов — при траншейном и надземном способах, а также методе наклонного бурения;
- выбор конструкций переходов, определение их основных элементов и параметров;
- организацию подготовительных и строительных работ;
- разработку комплекса инженерных мероприятий по эффективной защите трубопроводов от неблагоприятных гидрометеорологических воздействий;
- определение условий эксплуатации переходов;
- оценку негативного воздействия трубопроводов на гидрологический режим и русловой процесс реки на участке перехода и разработку природоохранных мероприятий.

**7.1.4.** При производстве инженерно-гидрометеорологических изысканий изучению подлежат:

- гидрологический режим и русловой процесс рек;
- климатические условия и отдельные метеорологические характеристики;
- опасные гидрометеорологические процессы и явления;

— техногенные изменения гидрологических и климатических условий или их отдельных характеристик.

**7.1.5.** Инженерно-гидрометеорологические изыскания следует выполнять в соответствии с требованиями СП 11-102, СП 11-103, РД 153-39.4Р-128, СНиП 11-103, настоящего стандарта и др. нормативных документов.

**7.1.6.** Инженерно-гидрометеорологические изыскания являются самостоятельным видом инженерных изысканий и могут выполняться как в составе комплексных инженерных изысканий, так и отдельно по специальному техническому заданию заказчика.

**7.1.7.** Программа инженерно-гидрометеорологических изысканий должна содержать информацию:

— о гидрографической сети района изысканий;
— об основных характеристиках гидрологического режима и руслового процесса рек;
— об использовании водных ресурсов и хозяйственной деятельности в бассейнах рек;
— о наличии материалов наблюдений по гидрометеорологическим станциям и постам, а также материалов гидрометеорологических изысканий прошлых лет и возможности их использования при решении поставленных задач;
— о местах размещения станций, постов и створов гидрометеорологических наблюдений;
— о категориях сложности отдельных видов полевых работ;
— о намечаемых методах определения требуемых расчетных характеристик.

В программе инженерно-гидрометеорологических изысканий обосновываются состав и объемы изыскательских работ в зависимости от природных условий, их изученности и состава требуемых расчетных гидрометеорологических характеристик.

## 7.2. Состав инженерно-гидрометеорологических изысканий

**7.2.1.** В состав инженерно-гидрометеорологических изысканий при проектировании магистральных трубопроводов входят:

— сбор, анализ и обобщение материалов гидрометеорологической и картографической изученности;
— рекогносцировочное обследование района проложения трассы трубопровода, водотоков, пересекаемых трассой, а также участков их долины;
— стационарные и эпизодические наблюдения за основными характеристиками гидрологического режима рек в районе переходов и климата территории;
— изучение тенденций развития и интенсивности деформаций русел и пойм;
— изучение процессов формирования и развития овражно-балочной сети;
— изучение опасных гидрометеорологических процессов и явлений (сели, лавины) в районе трассы трубопровода;
— камеральная обработка и анализ материалов наблюдений с определением расчетных гидрологических, гидроморфологических и метеорологических характеристик;

— составление технического отчета «Инженерно-гидрометеорологические изыскания».

**7.2.2.** Необходимость выполнения специальных работ и исследований устанавливается программой инженерно-гидрометеорологических изысканий в соответствии с СП 11-103, РД 51-2, РД 51-3, РД 51-2.4-007 и др. нормативных документов в зависимости от:

— стадии проектирования;
— сложности гидрологических, гидроморфологических и климатических условий и степени их изученности;
— количества пересекаемых трубопроводами водотоков;
— группы сложности переходов через водотоки;

**7.2.3.** Отнесение перехода трассы к той или иной группе сложности следует осуществлять в зависимости от ширины и глубины потока согласно таблице 7.1.

Таблица 7.1

| Группа сложности перехода | Условия пересечения реки 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, более 75 м, но ширина зоны затопления поймы при уровне воды 10% обеспеченности составляет более 500 м |

**7.2.4.** Работа по сбору, анализу и обобщению материалов гидрометеорологической и картографической изученности начинается после приема к исполнению технического задания заказчика и продолжается в течение всего полевого периода.

**7.2.5.** Сбору и анализу подлежат:

— материалы гидрометеорологических наблюдений, включая полученные на их основе обобщения и расчетные характеристики;
— материалы по динамике развития морфологических структур русла и поймы;
— материалы изысканий прошлых лет;
— сведения об экстремальных значениях гидрометеорологических характеристик;
— сведения о наличии и характере проявления опасных гидрометеорологических процессов и явлений;
— крупномасштабный картографический материал, материалы аэрокосмических съемок разных лет и повторных топографических съемок, лоцманские карты на судоходных реках;
— сведения о состоянии близлежащих переходов, тенденциях развития и интенсивности русловых деформаций на участках этих переходов;
— сведения о режиме эксплуатации проектируемых и существующих гидротехнических сооружений и влиянии этих сооружений на ход русловых деформаций, в том числе и на участках переходов;
— сведения о взаимовлиянии гидрометеорологических условий и эксплуатируемых сооружений, в том числе и о характере взаимодействия этих сооружений и руслового процесса;

— сведения о судоходстве, лесосплаве, карчеходе и др.;
— сведения о рыбохозяйственном значении реки;
— сведения о наличии заповедных и особо охраняемых зон.

**7.2.6.** При сборе информации следует использовать:
— научно-техническую литературу, архивные материалы, содержащие сведения об экстремальных гидрометеорологических явлениях (больших наводнениях, переформированиях русел, ветрах и др.);
— крупномасштабный картографический материал, топографические съемки, а также материалы аэрофотосъемок разных лет, лоцманские карты;
— сведения, полученные на основании опроса местных жителей, о наблюдавшихся гидрометеорологических явлениях с экстремальными характеристиками;
— опубликованные фондовые материалы различных организаций и ведомств по загрязнению водотоков при эксплуатации трубопроводов.

**7.2.7.** Полученные в результате сбора, анализа и обобщения материалы гидрометеорологических наблюдений следует использовать для:
— оценки степени гидрометеорологической изученности территории;
— выбора репрезентативной станции (поста) — аналога;
— установления в программе инженерных изысканий состава и объемов работ;
— предварительного выбора способов получения требуемых расчетных гидрометеорологических и гидроморфологических характеристик, в том числе необходимости применения лабораторных исследований, и, в частности, гидравлического моделирования участка реки в районе перехода;
— расчета гидрологических и метеорологических характеристик, а также характеристик русловых и пойменных деформаций.

**7.2.8.** Рекогносцировочное обследование выполняется при инженерно-гидрометеорологических изысканиях на первом этапе полевых работ и производится независимо от степени изученности территории.

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

**7.2.9.** Рекогносцировочное обследование целесообразно проводить в меженный период, когда на реке устанавливается низкий уровень воды. На реках с весенним половодьем рекогносцировочные работы рекомендуется планировать на осенний период, а на реках с половодьем в теплую часть года — на раннюю весну.

**7.2.10.** Рекогносцировочное обследование проводится, как правило, с использованием картографических материалов, в том числе материалов аэрокосмических съемок, лоцманских и землеустроительных карт и планов.

При рекогносцировочном обследовании, при необходимости, выполняются отдельные виды инструментальных геодезических и гидрометрических работ: измерение расходов воды, основных морфометрических характеристик русла и поймы, нивелирование меток высоких вод, продольных профилей потока и поперечных профилей русла реки и её долины.

**7.2.11.** При рекогносцировочном обследовании для обоснования проектирования переходов магистральных трубопроводов через реки, как правило, выполняются следующие виды работ:

- определение границы изучаемого участка реки с учетом его морфологического строения;
- определение схемы планового и высотного обоснования участка реки на переходе и схемы геодезического определения точек съемочного обоснования, а также местоположения гидрологических постов и гидрометрических створов;
- уточнение отметки исторических и ледоходных (заторных) уровней высоких вод и зоны затопления по следам прошедших половодий (паводков) и опросам старожилов;
- определение места образования заторов и зажоров льда в период весеннего и осеннего ледоходов, направление движения ледохода в пределах поймы;
- определение количественных характеристик основных элементов русла и поймы, характеристик потока (скорости течения, уклон водной поверхности и др.), границы размывов русла и поймы, направленность этих размывов на участках предполагаемых переходов;
- описание геологического строения подмываемых склонов долины, поймы и русла на исследуемом участке реки и на этой основе определение степени устойчивости русла и поймы в районе возможного расположения перехода;
- уточнение типа руслового процесса, выявление местных факторов, влияющие на характер морфологического облика русла и поймы и на особенности их деформаций;
- уточнение морфометрических характеристик русла и поймы реки в расчетных створах;
- уточнение вопросов хозяйственного использования реки (наличие гидротехнических сооружений или проектов их предполагаемого строительства, судоходства, лесосплава и пр.).

**7.2.12.** При наличии на участке реки в районе перехода гидротехнических сооружений (мостов, плотин, дамб обвалования, карьеров по добыче нерудных материалов и др.) оценивается влияние данных сооружений на изменение гидрологического и руслового режимов на участке перехода, определяются размеры подмостовых отверстий, метки уровней высоких вод и ледохода на мостовых опорах, типы плотин и их назначение, напор, величина ежедневных попусков, расчетные расходы воды, нормальный и максимальный уровни воды в верхнем и нижнем бьефах, направленность и интенсивность русловых деформаций. Особое внимание следует уделить оценке влияния карьеров по добыче нерудных строительных материалов из русла и поймы реки на уровенный и русловой режим реки на участке перехода: снижение уровня воды, понижение отметок дна, разрушение береговых откосов и др.

**7.2.13.** На основе результатов рекогносцировочного обследования решаются следующие задачи:

- выявление участков (зон) проявления опасных гидрометеорологических и русловых процессов;

- предварительное районирование трассы (при большой протяженности) по гидрометеорологическим условиям и сложности проявления руслового процесса;
- выбор наиболее благоприятного по гидрометеорологическим условиям и характеру развития русловых и пойменных деформаций варианта проложения трассы трубопровода и створов переходов этого трубопровода через водотоки;
- выбор мест расположения гидрометрических створов и постов (пунктов) гидрологических, метеорологических и русловых наблюдений.

**7.2.14.** Стационарные наблюдения за характеристиками гидрологического и руслового режимов водотоков и метеорологическими элементами предусматриваются в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий на стадии обоснования проекта строительства магистрального трубопровода для детальной оценки гидрометеорологических условий и получения динамических характеристик руслового процесса на участке реки в районе перехода трубопровода.

**7.2.15.** Продолжительность наблюдений при инженерно-гидрометеорологических изысканиях должна определяться временем, необходимым для установления с достаточной достоверностью корреляционных связей между изучаемыми характеристиками, получаемыми за одновременный период наблюдений в створе перехода и на опорном гидрологическом посту.

Согласно требованиям СП 11-103, продолжительность наблюдений за основными характеристиками гидрологического и руслового режимов реки в районе перехода, а также климата территории должна быть не менее годового периода, включающего все фазы гидрологического периода.

**7.2.16.** Наблюдения за характеристиками гидрологического и руслового режимов и метеорологическими элементами следует проводить по единой методике, устанавливаемой наставлениями и методическими указаниями Росгидромета. При необходимости выполнения в составе инженерных изысканий специальных работ и исследований, не входящих в стандартный комплекс наблюдений на гидрометеостанциях (постах), могут быть использованы методики, содержащиеся в нормативных документах других министерств и ведомств.

**7.2.17.** При выборе места размещения гидрологического поста на участке реки необходимо руководствоваться следующим:

- местоположение и оборудование поста должны соответствовать требованиям нормативных документов, в частности, «Наставления гидрометеорологическим станциям и постам» [5].
- наблюдения за уровнем воды должны осуществляться в различные фазы гидрологического режима, в том числе и при прохождении пика половодья (паводка);
- должна быть обеспечена устойчивость поста;
- не рекомендуется оборудовать пост на оползневом или размываемом участке берега реки.

**7.2.18.** Основной гидрометрический створ для измерения скоростей течения, расходов воды, стока взвешенных и донных наносов, оценки русловых деформаций и наблюдений за ледовыми явлениями располагают, как правило, в границах технического коридора проектируемого перехода. В зависимости от сложности морфологического строения участка реки в районе проектируемого перехода и

интенсивности русловых деформаций на этом участке разбивают дополнительные гидрометрические створы. Каждый гидрометрический створ закрепляется двумя реперами, по одному на каждом берегу, которые являются точками съемочного обоснования, создаваемого на участке перехода.

**7.2.19.** На участке реки в районе перехода для измерения продольного уклона водной поверхности оборудуют уклонные посты, наблюдения на которых приурочивают к характерным фазам гидрологического режима и к периодам непосредственного выполнения гидрологических работ.

**7.2.20.** В состав работ, выполняемых при стационарных гидрологических наблюдениях, как правило, включают:

- измерение уровней воды;
- определение уклонов водной поверхности;
- измерение расходов воды и расходов взвешенных и донных наносов;
- отбор проб воды и донных отложений;
- измерение скоростей и направлений течений воды;
- повторные промеры глубин по створу перехода и по дополнительным гидрометрическим створам;
- измерение темпов размыва берегов;
- измерение скоростей смещения мезоформ (ленточных гряд, побочней, осерёдков);
- количественное описание формирования и развития ям местного размыва;
- изучение ледовых явлений.

**7.2.21.** Наблюдения над уровнем воды на гидрологических постах производятся ежесуточно в 8 и 20 часов и, кроме того, в периоды половодий и паводков дополнительно через равные промежутки времени — через каждые 1, 2, 4 или 6 часов.

**7.2.22.** Измерение продольного уклона водной поверхности на участке реки в районе перехода производится:

- при наличии подпора от основной реки (водоприемника) ежедневно в сроки измерения уровня на основном гидрологическом посту;
- при наличии переменного подпора при заторных и зажорных колебаниях ежедневно в периоды заторных и зажорных явлений, в сроки измерения уровня на основном гидрологическом посту;
- при неустойчивом русле, когда связь между расходами воды и уровнями выражается системой временных кривых, измерение уклонов производится одновременно с измерением расходов воды;
- при практически устойчивом русле измерения уклона производятся эпизодически: в количестве 4–5 измерений на подъеме и спаде половодья, равномерно распределенных по высоте амплитуды, и 3–4 — в меженный период.

**7.2.23.** Измерение расходов воды производится для расчетов и прогнозов — скоростей потока, расхода наносов, русловых деформаций, переформирований русла.

**7.2.24.** Частоту и сроки измерения расходов воды назначают с учётом интенсивности изменения уровня воды при прохождении половодий (паводков) и характера русловых деформаций на участке реки в районе строительства пере-

хода. Рекомендуется в период половодья (паводка) выполнять 2–3 измерения на подъеме, 3–4 измерения — на спаде. При этом крайне желательно провести измерение расхода воды вблизи пика половодья. В летне-осеннюю межень и в период ледостава рекомендуется выполнять 2–3 измерения за каждый период.

**7.2.25.** Измерения расходов воды гидрометрической вертушкой производят согласно требованиям «Наставления гидрометеорологическим станциям и постам» [5]. Допускается также измерение расхода воды поплавками.

**7.2.26.** Для измерения расхода взвешенных наносов отбираются пробы воды на мутность в гидрометрическом створе на скоростных вертикалях одновременно с измерением скоростей течения, выполняемым при измерении расхода воды. Пробы воды на мутность берутся различными способами: точечным (детальным, двухточечным и одноточечным), суммарным и интеграционным.

**7.2.27.** Измерение расхода донных наносов выполняется для оценки русловых деформаций на участке реки в районе проектируемого перехода, а также интенсивности занесения подводных траншей, разрабатываемых для укладки трубопроводов на переходе. Расходы донных наносов измеряют или по параметрам песчаных гряд, или приборами.

**7.2.28.** Для характеристики картины течений воды на участке реки в районе перехода, необходимой для расчета степени воздействия потока и русловых деформаций на устойчивость трубопроводов, скорости течения в створе перехода и на гидростворе, расположенном в пределах ближайшей к переходу русловой мезоформы, измеряют детальным способом.

Для определения скорости и направления течений применяют гидрометрические вертушки различных модификаций.

**7.2.29.** Для описания поля поверхностных скоростей на изучаемом участке реки применяют поверхностные поплавки. При помощи последних определяются скорости течения и направления поверхностных струй, выявляются участки сжатия и расширения потока, а также водоворотные зоны. Всё это крайне необходимо для прогнозирования направленности и интенсивности русловых деформаций, а также разработки инженерных мероприятий по локализации и ликвидации возможных аварийных разливов нефти. Поплавочные измерения проводят наземным методом или аэрофотометодом. При ледоходе в качестве поплавков могут быть использованы плывущие льдины.

**7.2.30.** Работы по измерению течений на участке реки необходимо выполнять совместно с измерениями характеристик ветра (скорости и направления). Выполнение поплавочных наблюдений при скорости ветра более 5 м/с не рекомендуется.

**7.2.31.** Изучению ледового режима при обосновании проектирования и строительства переходов трубопроводов через реки уделяют большое внимание вследствие значительного влияния ледовых образований на развитие русловых и пойменных процессов, а также на проведение работ по ликвидации возможных аварий на подводных переходах трубопроводов. Изучение ледового режима и ледовых явлений осуществляется путем:

- визуальных и инструментальных наблюдений;
- маршрутных обследований с картированием;
- ледомерных съемок в пределах исследуемых участков рек и авиаразведок, по фондовым материалам.

**7.2.32.** В состав стандартных наблюдений над ледовыми явлениями входят:

- сроки появления ледяных образований, вскрытия и очищения реки от льда;
- виды ледяных образований;
- наличие внутриводного льда;
- образование зажора, его протяженность;
- состояние ледяного покрова (сплошной или с полыньями, с гладкой или торосистой поверхностью);
- толщина льда и снежного покрова на нем;
- динамика ледохода, формирование и развитие заторов, навалы льда на берега и в пойме реки.

**7.2.33.** Изучение развития русловых и пойменных деформаций на участке реки в районе перехода трубопровода необходимо для надежного прогнозирования возможного ППР русла в створе перехода на расчетный срок эксплуатации сооружения. При разработке прогноза размыва русла необходимо учитывать также время полного генетического цикла развития русловой формы или явления на соответствующем структурном уровне.

**7.2.34.** Состав и объемы изыскательских работ зависят от форм проявления на изучаемом участке реки руслового процесса, его закономерностей и связей с определяющими факторами, а также степени воздействия гидротехнических сооружений, расположенных на реке, на русловой режим в районе перехода в соответствии с СНиП 3.07.01 и СНиП 33-01.

По принятой для речных переходов типизации руслового процесса, предложенной ГГИ [3], схемы деформаций русла равнинных рек подразделяются на следующие типы:

- свободное меандрирование;
- незавершенное меандрирование;
- пойменная многорукавность;
- ограниченное меандрирование;
- побочневый тип руслового процесса;
- русловая многорукавность;
- ленточно-грядовый тип руслового процесса.

**7.2.35.** Основой для суждения о свойствах руслового процесса, получения количественных характеристик русловых и пойменных форм, разработки прогноза переформирования русла и поймы на исследуемом участке реки являются существующие картографические и аэрофотосъемочные материалы, геоморфологические, геологические и гидрологические сведения, а также результаты работ, выполняемых при рекогносцировочном обследовании изучаемого участка реки.

**7.2.36.** Для детального изучения режима деформаций крупных форм русла и отдельных их элементов необходимо выполнять наблюдения за движением мезоформ и макроформ. Задачи и состав детальных русловых наблюдений в первую очередь зависят от типа руслового процесса и его особенностей на участке реки в районе перехода.

При свободном меандрировании главной целью наблюдений является установление закономерностей планового развития излучин и связанного с этим изменений глубин русла.

При незавершенном меандрировании задачи и состав наблюдений могут быть такими же, как и при свободном меандрировании. Однако необходимы и дополнительные работы, заключающиеся в наблюдениях за развитием спрямляющего протока.

При пойменной многорукавности рекомендуется проведение тех же работ, что и при свободном меандрировании, с включением в программу исследований изучения деформаций и гидравлики разветвлений. Важно отметить, что при пойменной многорукавности в отдельных протоках может развиваться русловой процесс разного типа — меандрирование, ленточно-грядовый или побочневый. Поэтому при изучении подобных участков реки необходимо не только охватывать главное русло в целом, но и проанализировать ход развития руслового процесса в каждой протоке, т.е. прибегнуть к фрагментированию исследуемого участка реки.

При ограниченном меандрировании главной задачей наблюдений является выявление особенностей плановых деформаций излучин в ходе их сползания, установление связей скорости сползания излучин с гидрологическим режимом и гидравлическими характеристиками потока.

При побочневом типе руслового процесса задача наблюдений сводится к оценке размеров побочней, темпами плановых и высотных деформаций и их связи с определяющими факторами.

При русловой многорукавности наблюдения выполняются с целью выявления закономерностей переформирования средних русловых форм (мезоформ) на исследуемом участке реки.

При ленточно-грядовом типе руслового процесса главное внимание уделяется оценке размеров гряд и скорости их движения в зависимости от определяющих факторов.

Полевые работы по наблюдению за развитием русловых и береговых деформаций, в общем случае, состоят из систематических промеров по поперечникам и продольникам, определения состава донных отложений и наблюдений за смещением бровок берегов в створах переходов.

**7.2.37.** Изучение опасных гидрометеорологических процессов, таких как селевые потоки и снежные лавины, оползни и оползневые явления, наиболее актуально при проложении трассы трубопровода в районах проявления указанных процессов.

При наличии или возможности возникновения в районе проектируемого трубопровода опасных гидрометеорологических процессов и явлений в результате выполнения инженерных изысканий должны быть получены сведения и материалы, необходимые и достаточные для установления характеристик и прогноза развития отмеченных процессов и явлений с детальностью, соответствующей стадии проектирования.

**7.2.38.** При изучении опасных гидрометеорологических процессов инженерные изыскания проводятся по специальным программам, предлагающим использование как традиционных для инженерно-гидрометеорологических изысканий методов — гидрометрических, гидроморфологических, гидрологических и т.д., так и методов лабораторного моделирования, опытно-экспериментальных работ на реальных объектах и др.

**7.2.39.** На заключительном этапе инженерно-гидрометеорологических изысканий производится камеральная обработка полученных материалов, включающая:

- окончательную обработку материалов наблюдений, выполненных за период изысканий;
- построение графиков связи, схем, планов;
- приведение коротких рядов гидрологических наблюдений к многолетнему ряду;
- оценку гидрометеорологических условий трассы строительства и ее переходов через водотоки;
- оценку деформаций русла и поймы на участках проектируемых переходов трубопровода через водотоки;
- определение расчетных гидрометеорологических и гидроморфологических характеристик для обоснования проектных решений;
- построение прогнозируемого возможного ППР русла в створе перехода на расчетный период эксплуатации сооружения.

**7.2.40.** Определение расчетных значений основных гидрологических характеристик режима рек следует выполнять в соответствии с требованиями СП 33-101 и производственно-отраслевых нормативно-методических документов.

При определении расчетных метеорологических характеристик рекомендуется руководствоваться СНиП 23-01.

При определении основных характеристик типов руслового процесса равнинных рек рекомендуется руководствоваться настоящим документом.

**7.2.41.** Характеристики опасных гидрометеорологических процессов и явлений должны устанавливаться на основе официальных документов Росгидромета и МЧС.

**7.2.42.** По результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий составляется технический отчет.

**7.2.43.** Технический отчет по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям для обоснования проекта строительства магистральных трубопроводов должен иметь следующую структуру:

Введение
Гидрометеорологическая изученность
Состав, объем и методы производства изыскательских работ
Гидрометеорологическая характеристика района изысканий:
— Климатическая характеристика
— Режим уровней
— Режим стока
— Сток взвешенных и влекомых наносов
— Скорости течения
— Ледовый режим
— Русловые и пойменные деформации
Заключение

Во «Введении» должно быть указано основание для производства работ, стадия проектирования трубопровода, задачи инженерно-гидрометеорологических изысканий, принятые изменения к программе изыскательских работ и их обоснование, сведения об основных параметрах проектируемых объектов, мероприятиях по инженерной защите территории и охране окружающей среды, сведения о местоположении участков изысканий, рельефе, геоморфологии и гидроморфологическом строении исследуемых участков рек, хозяйственном использовании рек.

Раздел «Гидрометеорологическая изученность» должен содержать краткие сведения о ранее выполненных инженерных изысканиях и исследованиях, наличии пунктов стационарных и временных наблюдений, возможности их использования для решения поставленных задач; характеристику изученности территории с учетом имеющихся материалов.

В разделе «Состав, объем и методы производства изыскательских работ» следует представлять сведения о составе и объемах выполненных инженерных изысканий, описание методов полевых и камеральных работ, в том числе методов определения расчетных характеристик с указанием использованных нормативных документов.

Раздел «Гидрометеорологическая характеристика района изысканий» должен содержать: оценку гидрометеорологических условий района строительства с приведением расчетных характеристик, требуемых для обоснования проектирования перехода трубопровода; анализ и оценку материалов выполненных изыскательских работ, исходных данных, принятых для расчетов; оценку достоверности выполненных расчетов; прогнозы развития русловых и пойменных деформаций на участках перехода трассы проектируемого трубопровода через реки и прогнозы развития опасных природных процессов и явлений (при их наличии) с оценкой степени их опасности и риска для проектируемого строительства.

Подраздел «Климатическая характеристика» составляется по данным многолетних наблюдений ближайших метеорологических станций (постов). Приводятся сведения по основным метеорологическим элементам (экстремальным и средним значениям температуры и влажности воздуха, количеству и интенсивности атмосферных осадков, скорости и направлении ветра; наибольшей высоте снежного покрова и глубине промерзания почвы; атмосферным явлениям).

В подразделе «Режим уровней» приводится характеристика уровенного режима реки в районе перехода, графики колебаний уровня воды в многоводные, средние по водности и маловодные годы, характерные уровни воды для различных фаз водного режима по данным многолетних наблюдений на опорном гидрологическом посту и наблюдений непосредственно на участке перехода, а также сведения о воздействии техногенных факторов на годовой ход уровня воды. Для проектируемого перехода приводятся следующие характерные уровни:

- максимальные годовые уровни воды 1, 2, 10, 25 и 50 % обеспеченности;
- максимальные уровни воды в период летне-осенней межени и в зимний период;
- продолжительность стояния высоких уровней воды;
- минимальные уровни воды;
- характерные уровни в период ледохода;
- расчетные отметки уровня воды различной обеспеченности (25, 50, 75, 90 %) для основных строительных периодов (летнего и зимнего), установленные по данным ежедневных наблюдений за последние 10–15 лет.

В подразделе «Режим стока» дается характеристика условий формирования годового стока реки, распределение стока по сезонам и месяцам в различные по водности годы. Представляются данные о наблюденных максимальных расходах воды и расчетных расходах обеспеченностью 1, 2, 10 и 50 %, о минимальных наблюденных и расчетных расходах летней и зимней межени.

В подразделе «Сток взвешенных и влекомых наносов» приводится характеристика стока наносов на изучаемом участке реки, сведения о гранулометрическом составе взвешенных и влекомых наносов, а также донных отложений; дается анализ внутригодового распределения стока взвешенных и донных наносов, мутности воды; приводятся средние и максимальные наблюденные за многолетний период расходы взвешенных и донных наносов, мутность воды.

По материалам наблюдений за деформациями целостных морфологических образований в русле и на пойме на исследуемом участке реки дается расчет расходов влекомых наносов в створе перехода проектируемого трубопровода и их связь с расходами воды.

При прохождении трассы трубопровода в селеопасных районах представляется характеристика режима селей и меры борьбы с ними.

В подразделе «Скорости течения» дается характеристика скоростного поля потока на участке реки в районе перехода в разные фазы гидрологического режима, в том числе: распределение скоростей течения по поперечному сечению русла, структура течений в пределах русловых морфологических образований и на участках разветвления русла. В виде графических приложений приводят:

- планы поверхностных скоростей течения на участке реки (во время половодья и межени);
- распределение скоростей течения на вертикалях в створе проектируемого перехода и в других намеченных створах (во время половодья и межени);
- планы поверхностных и донных течений в пределах морфологических образований и на участках разветвления русла.

В подразделе «Ледовый режим» по материалам многолетних наблюдений на ближайшем к изучаемому участку реки гидрологическом посту и по данным наблюдений, выполненных при изысканиях, приводится характеристика ледового режима в районе проектируемого трубопровода, средние и крайние даты наступления характерных фаз этого режима. Дается описание процессов замерзания и вскрытие реки, условий прохождения ледохода с указанием мест образования торосов, заторов и навалов льда на берега.

В подразделе «Русловые и пойменные деформации» требуется привести гидроморфологическую характеристику участка реки в районе перехода, описание типа руслового процесса, гранулометрический состав донных отложений в границах морфологических образований, оценку русловых и пойменных деформаций и их влияние на условия хозяйственного использования реки; описание местных факторов, влияющих на характер морфологического облика русла и поймы и на особенности их деформаций на участке изысканий; сведения о сезонных изменениях наинизших отметок дна в плесовых лощинах на исследуемом участке реки, скоростях смещения целостных морфологических образований русла (мезо- и макроформ) и их зависимости от гидрологического режима и гидравлических характеристик потока.

На основе анализа исторических материалов и материалов наблюдений, выполненных в период изысканий, уточняется местоположение створа перехода и разрабатывается прогноз возможного размыва русла в этом створе.

Приводятся следующие отчетные документы:

- план (схема) исследуемого участка реки с показанием магистральных ходов, вариантов проектируемого перехода, гидростворов, границ ме-

женного русла и поймы, участков наблюдений за развитием русловых и пойменных деформаций, мест закладки шурфов;
- продольный профиль по трассе трубопровода и план съемки полосы местности вдоль этой трассы;
- план русловой съемки участка реки;
- совмещенные топографические карты и планы участка реки, составленные по материалам ранее выполненных съемок;
- совмещенные планы и профили деформаций русла и поймы;
- совмещенные продольные профили дна по линии наибольших глубин;
- совмещенные поперечные профили русла реки в створе перехода;
- детальные планы деформаций морфологических образований в русле и на пойме;
- детальные планы деформаций на участках разветвления русла;
- планы поверхностных и донных скоростей;
- кривые гранулометрического состава взвешенных и влекомых наносов и донных отложений;
- графики зависимости динамических характеристик морфологических образований в русле и на пойме от гидравлических характеристик потока;
- картограмма донных отложений;
- прогнозируемый возможного ППР русла в створе перехода на расчетный период эксплуатации сооружения;

В разделе «Заключение» должны содержаться основные выводы и рекомендации для принятия проектных решений, рекомендаций по охране окружающей природной среды, а также обоснование необходимости проведения дальнейших изысканий (исследований).

Табличные и графические документы к техническому отчету следует включать в приложениях.

Табличные документы должны содержать результаты выполненных за период инженерных изысканий наблюдений, результаты наблюдений по посту — аналогу за тот же период, принимаемые при гидрометеорологических расчетах исходные данные и результаты расчетов, подписанные в установленном порядке.

В состав графических материалов следует включать:
- схему гидрографической сети с указанием местоположения пунктов гидрологических и метеорологических наблюдений (включая пункты наблюдений прошлых лет);
- выкопировку с карты с обозначением расположения мест перехода трассы магистрального трубопровода через реки;
- графики зависимости расходов воды, площадей водного сечения и средних скоростей течения от уровня воды;
- графики связи гидрологических параметров по исследуемым пунктам и по пунктам-аналогам, данные по которым были использованы для установления расчетных характеристик;
- кривые обеспеченности характерных уровней и расходов воды и других расчетных характеристик.

**7.2.44.** Состав и содержание разделов технического отчета, а также приложений к нему при выполнении изысканий для обоснования инвестиций в строи-

тельство магистральных трубопроводов, рабочей документации и т.д. должны корректироваться, исходя из объемов выполненных работ, необходимых для решения поставленных задач на соответствующих стадиях проектирования.

### 7.3. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для разработки предпроектной документации

**7.3.1.** Инженерно-гидрометеорологические изыскания для разработки предпроектной документации для строительства магистрального трубопровода включают:

— изыскания для разработки прединвестиционной документации
— изыскания для разработки обоснований инвестиций в строительство.

**7.3.2.** Основной задачей инженерно-гидрометеорологических изысканий для разработки прединвестиционной документации является предварительная оценка природно-климатических условий, гидрологического и руслового режимов водотоков, пересекаемых трассой трубопроводов при различных вариантах ее проложения, а также интенсивности развития овражно-балочной сети в районах возможного строительства магистрального трубопровода.

Характеристики гидрометеорологических и гидроморфологических условий на данном этапе изысканий, как правило, даются на основе анализа материалов картографической, гидрометеорологической и геоморфологической изученности.

**7.3.3.** Инженерно-гидрометеорологические изыскания для разработки обоснований инвестиций в строительство магистральных трубопроводов должны обеспечить следующее:

— изучение гидрометеорологических условий всех альтернативных районов возможного проложения трассы, а именно: климатических условий, гидрологического режима и динамики руслового процесса водотоков, природных и техногенных факторов, определяющих особенности развития русловых и пойменных деформаций на водотоках, формирования и развития овражно-балочной сети, а также режимов селей и снежных лавин в зонах их возможного воздействия;
— выбор оптимального (по гидрометеорологическим условиям) направления трассы трубопровода и участков перехода этого трубопровода через водотоки;
— оценку возможности воздействия на магистральные трубопроводы опасных гидрометеорологических процессов и явлений (желательно на уровне статистического описания);
— разработку рекомендаций (при необходимости) по проектированию инженерных защитных сооружений.

**7.3.4.** Для решения поставленных задач в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий по выбору направления трассы трубопровода и участков перехода этого трубопровода через водотоки следует предусматривать для каждого из вариантов направления трассы следующие виды работ:

— сбор, обработка и анализ материалов картографической, гидрометеорологической и геоморфологической изученности;
— гидроморфологический анализ руслового процесса водотоков на участках перехода, в том числе и предварительная оценка качественных и ко-

личественных характеристик русловых и пойменных деформаций (направление деформаций, тенденции и интенсивность их развития);
- рекогносцировочное обследование трассы магистрального трубопровода, водотоков в районе перехода и участков долин.

**7.3.5.** При выборе направления трассы на стадии обоснований инвестиций в строительство магистрального трубопровода проводят выбор генерального направления трассы трубопровода на мелкомасштабной карте (масштаба 1:1000000) или по материалам аэрокосмических съемок.

На основе результатов анализа и обобщения материалов картографической, гидрометеорологической и геоморфологической изученности территории предварительно определяют:
- климатические условия района;
- общее количество пересекаемых трассой водотоков и состояние их изученности;
- местоположение и количество малых, средних и больших переходов;
- состояние эрозионноопасных участков трассы;
- гидрологический и русловой режимы водотоков на участках средних и больших переходов;
- основные характеристики гидрологического и руслового режимов водотоков;
- характер развития русловых и пойменных деформаций на перспективу.

На топографических картах (масштаба 1:25000 – 1:50000) намечают наиболее благоприятные по гидроморфологическим условиям места пересечения трассой трубопровода водотоки. Местоположение створов перехода трубопровода через средние и большие реки рекомендуется определять по топографическим картам масштаба 1:10000 с привлечением для судоходных рек — лоцманских карт. Последние позволяют учитывать рельеф дна русла реки при выборе створа перехода.

**7.3.6.** При выборе оптимального направления трассы трубопровода необходимо, в первую очередь, учитывать следующие характеристики (показатели):
- минимальное расстояние между начальной и конечной точкой трассы;
- минимальное количество пересечения рек, железных, автомобильных дорог и инженерных коммуникаций;
- обход или минимальная протяженность участков с карстом, селевыми потоками, а также косогорных участков и участков с продольными уклонами более 20°.

**7.3.7.** Выбор направления трассы трубопровода в районах переходов через большие реки, в основном, определяется выбором створов этих переходов.

**7.3.8.** Определяющим условием при выборе местоположения створа перехода трубопровода через реку является относительная устойчивость русла и поймы размыву потоком на рассматриваемом участке реки.

При выборе вариантов расположения перехода необходимо руководствоваться следующими общими требованиями:
- располагать переход на прямолинейных или слабоизогнутых, устойчивых участках реки с пологими, не размываемыми берегами и минимальной шириной поймы;
- пересекать реку под углом, близким к прямому;

- пересекать широкие поймы на участке с минимальным числом стариц, озер, болотистых участков, не допуская крутых поворотов трассы;
- поймы рек, подлежащие затоплению после возведения плотин, пересекать по прямой линии без углов поворота;
- необходимо избегать пересечений трассы трубопровода с участками многорукавных неустойчивых русел и излучин, имеющих спрямляющие протоки, и участками русел, сложенных скальными грунтами на глубине укладки трубопровода, что может привести к усложнению строительства перехода через реку;
- располагать переход в зоне наименьшего влияния сооружений I и II категорий;
- в нижних бьефах гидроузлов размещать переход за пределами зоны активного однонаправленного размыва русла, в удалении от подходных каналов к шлюзам;
- не рекомендуется располагать переходы непосредственно на участках образования зажоров, заторов, навалов льда на берега, перемычек и лесных заломов.

**7.3.9.** При выборе створа перехода необходимо учитывать особенности развития русловых и пойменных деформаций при каждом типе руслового процесса.

В зависимости от хода развития руслового процесса на участках рек, пересекаемых трассой магистрального трубопровода, створы перехода выбирают:

- при свободном меандрировании (для хорошо развитых излучин с углом разворота более 120°) — вблизи точек перегиба на относительно прямолинейных и наиболее устойчивых участках русла, находящихся между перекатом и плёсом;
- при незавершенном меандрировании с развивающимся, спрямляющим протоком — на отмирающей излучине, без пересечения спрямляющего протока. В случае невозможности исключения пересечения трассой спрямляющего протока створ перехода выбирается с учетом развития русловых деформаций в этом протоке;
- при пойменной многорукавности выбор створов переходов необходимо производить отдельно для каждого рукава с учетом направленности русловых деформаций в рассматриваемом рукаве;
- при ограниченном и свободном меандрировании (для пологих излучин) — на плёсовых участках ниже вершины излучины;
- при побочневом, осерёдковом и ленточно-грядовом типах руслового процесса в местах наиболее глубоких плесов, низовых участках сползающих внутрирусловых морфологических образований.

**7.3.10.** В селеопасных районах переходы магистральных трубопроводов через русла селевых потоков рекомендуется располагать на прямолинейных, хорошо разработанных участках, где практически исключается образование мощных скоплений грязевого и обломочного материала, а следовательно, и изменение направлений русел селевых потоков.

При надземном проложении трассы трубопровода, в зависимости от сложности прохождения селевого потока и степени его опасности, принимается один из трех вариантов пересечения селевого водотока: обход селеопасного участка, расположение перехода в транзитной зоне водотока, с заложением верха устоев

моста выше максимально возможного уровня селевого потока, и расположение перехода ниже зоны возможного образования конуса выноса грязевого и обломочного материала.

**7.3.11.** На основе анализа полученных материалов составляется краткая гидрометеорологическая характеристика района проложения трассы трубопровода, а также ведомость переходов через водотоки с характеристиками этих водотоков (ширина русла водотока на уровне бровок пойменных берегов, глубина, ширина и продолжительность затопления поймы, максимальные скорости течения в русле и на пойме и другие имеющиеся сведения).

Выполняется гидроморфологический анализ имеющихся материалов. Анализ включает выявление морфологических образований в руслах и поймах рек на участках переходов, получение количественных характеристик русловых и пойменных форм, их изменений (деформаций), факторов, определяющих процесс, и выявление связей этих факторов с деформациями речных русел и пойм на рассматриваемых участках. На основе результатов выполненного гидроморфологического анализа определяются оптимальные участки для пересечения речной долины трассой трубопровода.

**7.3.12.** При рекогносцировочном обследовании производится осмотр участков рек в районах их пересечения с трассой проектируемого трубопровода и уточняются местоположения створов переходов этого трубопровода через исследуемые реки с учетом интенсивности и направленности русловых и пойменных деформаций в районах створов переходов. При этом также определяются отметки исторических максимальных уровней высоких вод при открытом русле и ледоходе (заторе) и границы зон затопления. На основе анализа полученных материалов обследования производится сопоставление вариантов переходов, и выбираются наиболее оптимальные из них.

**7.3.13.** На основе анализа материалов изученности и результатов рекогносцировочного обследования по каждому из рассматриваемых вариантов проложения трассы трубопровода должны быть получены:

- основные климатические характеристики в районе проложения трассы;
- основные гидроморфологические и морфометрические характеристики бассейна, русла и поймы реки;
- максимальные уровни и расходы воды по ближайшим к переходам гидрологическим постам;
- сведения о скоростях течения в разные фазы гидрологического режима;
- сведения о режиме русловых деформаций за многолетний период (темпы размыва берегов, смещение плесов и перекатов, перемещение излучин, прорыв петель, отторжение побочней, развитие спрямляющих проток и рукавов);
- сведения о возможностях проявления опасных природных процессов и явлений (селях, лавинах и др.), их продолжительности, частоте и границах распространения;
- сведения о наличии гидротехнических сооружений в русле реки и хозяйственных мероприятиях в бассейне, оказывающих влияние на гидрологический и русловой режимы реки в районе перехода.

**7.3.14.** По материалам изученности и результатам изыскательских работ составляется технический отчет (глава отчета) с характеристикой гидрометео-

рологических и гидроморфологических условий всех вариантов проложения трассы трубопровода, с указанием количества пересекаемых трассой водотоков различных групп сложности по каждому варианту, основными характеристиками гидрологического режима средних и больших водотоков, описанием хода развития русловых и пойменных деформаций на участках переходов трубопровода через водотоки, рекомендациями по выбору оптимального (по гидрометеорологическим и гидроморфологическим условиям) варианта проложения трассы и её переходов через водотоки. При необходимости должны быть представлены рекомендации по проведению инженерных защитных мероприятий.

### 7.4. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для разработки проекта

**7.4.1.** Инженерно-гидрометеорологические изыскания для разработки проектной документации проводятся на выбранном направлении трассы в целях уточнения и детализации гидрометеорологических и гидроморфологических условий и получения расчетных гидрологических и морфометрических характеристик водотоков, отнесенных по условиям пересечения трассой трубопровода к большим и средним рекам, а также для оценки гидрометеорологических и гидроморфологических условий на участках малых водотоков в соответствии с РД 153-39.4Р-128.

**7.4.2.** Состав инженерно-гидрометеорологических изысканий следует устанавливать с учетом способа прокладки трубопровода и группы сложности его перехода через водотоки.

**7.4.3.** При надземном способе проложения трубопровода основное внимание при обследовании водотоков следует уделять определению отметок уровней высоких вод, максимальных скоростей течения, интенсивности и направленности русловых и пойменных деформаций; при пересечении эрозионноопасных участков — водноэрозионной деятельности и ее интенсивности.

**7.4.4.** Подземный способ проложения трубопровода определяет необходимость детального анализа характеристик динамики руслового процесса реки в районе перехода, получения количественных данных о русловых и пойменных деформациях, выявления местных факторов, влияющих на характер морфологического облика русла и поймы, на особенности и темпы их деформаций для разработки прогноза развития руслового процесса и построения прогнозируемого возможного ППР русла реки в створе перехода трубопровода на период его эксплуатации.

**7.4.5.** При прокладке трубопровода через водотоки методом наклонного бурения особое внимание уделяется (помимо вышеперечисленных характеристик) также изучению и расчету плановых деформаций русла и поймы реки в районе перехода, описанию процессов затопления и опорожнения поймы, оценке степени устойчивости системы пойменных протоков (прорв) и развитию транзитных течений на пойме. Важно отметить, что появление прорв способствует возникновению местных течений на пойме со скоростями, иногда превышающими наблюдающиеся в русле реки.

**7.4.6.** Оценка гидрометеорологических и гидроморфологических условий малых водотоков производится, как правило, по материалам гидрологической

изученности, дополненными результатами рекогносцировочного обследования с комплексом морфометрических работ. При проложении трассы в районах интенсивного развития овражно-балочной сети рекомендуется выделять эталонные участки (наиболее характерные по стоку и водноэрозионной активности) и предусматривать для них наблюдения за стоком малых рек, выполняемые в комплексе с работами по изучению водноэрозионных процессов.

**7.4.7.** Для оценки гидрометеорологических и гидроморфологических условий на участках переходов трубопроводов II–III категорий в составе инженерных изысканий следует предусматривать организацию наблюдений за основными характеристиками гидрологического и руслового режимов водотоков и детальное обследование участков рек в районах переходов.

**7.4.8.** В состав гидрологических и русловых систематических наблюдений на организуемых постах (которые рекомендуется располагать в створах переходов), как правило, включают:

- измерение уровней и расходов воды;
- отбор проб воды на мутность и химический анализ;
- отбор проб донных наносов;
- измерение скоростей течения по глубине потока на 6–8 скоростных вертикалях в створах переходов трубопровода через водотоки и на гидростворах, расположенных в характерных местах участков рек в районах переходов;
- поплавочные измерения скоростей течения на характерных участках;
- измерение продольных уклонов водной поверхности;
- наблюдения за характеристиками ледового режима рек;
- определение на детальных участках наблюдений динамических характеристик репрезентативных русловых и пойменных образований;
- промеры глубин по створам переходов;
- наблюдения за деформациями берегов и дна русла реки;
- систематические (при динамически неустойчивом русле) промеры глубин в русле и на пойме (при ее затоплении и в случае необходимости) по продольным и поперечным створам, закрепленным на местности, с целью выявления особенностей развития руслового процесса на различных по морфологическому строению участках русла реки. Указанные работы выполняются в характерные фазы гидрологического режима реки (на подъеме, при прохождении пика и спаде половодья и паводков), как правило, не менее пяти серий в год. На основе полученных материалов устанавливаются связи между динамическими характеристиками руслового процесса, гидрологическими и гидравлическими характеристиками потока на исследуемых участках рек.

**7.4.9.** Протяженность участка реки при промерах русла должна составлять: для рек, шириной между бровками пойменных берегов до 500 м, — не менее 10-ти ширин; рек, шириной более 500 м, — не менее 5-ти ширин. В пределах центрального морфологического образования рекомендуется вести детальные промеры, в пределах смежных образований — по разреженным продольникам и поперечникам. Промерные работы следует выполнять совместно со съемкой берегов.

**7.4.10.** В ряде случаев, вместо детальных промеров русла на участке реки, систематические промеры глубин осуществляются только по поперечникам и

продольникам, расположенным в характерных местах как центральной основной русловой формы, так и смежных форм. Промерные работы следует выполнять совместно с нивелированием надводных частей береговых откосов.

**7.4.11.** Наблюдения за размывом пойменных бровок русла реки необходимо вести посредством систематических (4–5 раз за половодье) измерений по створу перехода и закрепленным на местности поперечным створам отрезков от бровки берега до постоянного начала (магистрали). Поперечники располагают на характерных участках подмываемого берега.

**7.4.12.** На неустойчивых пойменных массивах необходимо организовать наблюдения за развитием высотных и плановых деформаций поймы, процессами ее затопления и опорожнения, развитием течений на пойме и воздействием инженерных сооружений на динамику пойменных процессов. Наблюдения следует выполнять в характерные фазы гидрологического режима.

**7.4.13.** По результатам выполненных работ составляются планы участков в масштабах при ширине поймы:

- до 200 м – 1:1000;
- до 1000 м – 1:2000;
- более 1000 м – 1:5000.

**7.4.14.** При проведении последующих серий наблюдений вместо подробных топографических и промерных работ проводят измерения расстояний по закрепленным поперечникам от бровки размываемого пойменного берега русла до постоянного начала (магистрали), контурные съемки и нивелирование поверхности поймы по закрепленным поперечникам как на существующих участках наблюдений, так и на участках новых размывов пойменных массивов.

**7.4.15.** Обработка результатов систематических промеров позволяет определить интенсивность и направленность пойменных деформаций на участках наблюдений, а, следовательно, и в целом на рассматриваемом участке реки и оценить степень их влияния на эффективность функционирования проектируемого перехода трубопровода через водоток.

**7.4.16.** При выполнении изысканий на реках, русла которых сложены легко размываемыми грунтами и характеризуются интенсивными плановыми и высотными деформациями, особое внимание уделяют определению линии возможного размыва русла и поймы реки на расчетный период эксплуатации перехода трубопровода и условиям занесения траншеи взвешенными и донными наносами.

**7.4.17.** Линия возможного предельного размыва русла должна находиться ниже отметок возможного местного размыва дна, обусловленного не только естественным развитием реки и геоморфологическими условиями, но и техногенным воздействием. В пределах береговых откосов линия возможного размыва проводится с учетом переформирования берегов на перспективу и с учетом возможных факторов риска.

На реках с неустойчивыми руслами динамическая ось потока может смещаться в любое положение в пределах коренных берегов, поэтому линию возможного размыва рекомендуется проводить на уровне одних и тех же отметок как в пределах существующих русел рукавов, так и в пределах островных участков.

**7.4.18.** Для получения геометрических и динамических характеристик русловых мезоформ при помощи эхолота проводят серию промеров глубин по 5-ти

или 6-ти закрепленным на местности продольным створам, расположенным таким образом, чтобы охватить в пределах целостной макроформы всю область активного грядового движения наносов и определить количественные характеристики исследуемых мезоформ по всей активной ширине русла реки. Промеры проводят в характерные фазы водного режима, что позволяет установить связь между количественными характеристиками мезоформ, гидрологическими и гидравлическими характеристиками потока, а также выявить связь между расходами донных наносов и расходами воды на подъеме, пике и спаде половодий и паводков.

**7.4.19.** Для определения удельного расхода наносов, откладывающихся в траншее, проводят серию промеров по строго фиксированным от 3-х до 5-ти поперечникам траншеи, либо по произвольным близко расположенным (через 10–15 м), поперечникам. Промеры рекомендуется выполнять 1–3 раза в день, в зависимости от интенсивности занесения траншеи наносами.

Для разработки надежного прогноза развития русловых и пойменных деформаций на участке реки в районе перехода трубопровода, необходим детальный комплексный анализ материалов наблюдений за основными характеристиками гидрологического, гидравлического, руслового и ледового режимов реки в исследуемом районе.

**7.4.20.** На основе материалов наблюдений за определяющими характеристиками ледового режима должны быть получены сведения о следующих характеристиках:

- местах, видах и протяженности подвижек льда;
- густоте ледохода;
- преобладающих размерах льдин и ледяных полей;
- положении динамической оси ледохода и максимальных скоростях движения льдин;
- характере ледохода на пойме;
- динамике заторов и зажоров, местах их образования и размерах;
- местах навала льда на берега;
- местах, характере и степени разрушения берегов и поверхности прирусловой поймы от воздействия льда.

**7.4.21.** Для оценки гидравлического режима на участке реки в районе перехода должны быть получены данные о распределении скоростей течения как в плане, так и по глубине потока на этом участке реки в разные фазы гидрологического режима, гидравлической структуре потока в пределах целостных морфологических образований, что позволяет выполнить расчеты характеристик руслового режима на рассматриваемом участке реки.

**7.4.22.** По результатам изыскательских работ должна быть дана детальная оценка гидрометеорологических и гидроморфологических условий трассы трубопровода, участков переходов через реки, получены необходимые для обоснования проекта строительства трубопровода расчетные метеорологические, гидрологические и морфометрические характеристики и построены прогнозируемые ППР русла и поймы в створах переходов трубопровода через водотоки на расчетный срок эксплуатации сооружения.

**7.4.23.** По каждому створу перехода трубопровода через водоток строится поперечный профиль русла и поверхности поймы, на который наносятся:

- значение уровня воды и дата на период изысканий;
- средний рабочий уровень воды с указанием величин поверхностной и донной скоростей течения;
- УВВ 1 и 10 % обеспеченности с указанием величин поверхностной и донной скоростей течения;
- уровень воды при подвижке льда, максимальные и минимальные уровни воды при ледоходе;
- на судоходных реках — проектный уровень воды;
- линия возможного размыва дна и берегов.

При этом акт выбора подводного перехода для больших рек составляется отдельно. Обоснование выбора перехода через средние реки включается в акт выбора трассы по району (области).

# 8. Выбор участков и створов переходов магистральных трубопроводов при пересечении рек траншейным способом и методом наклонного бурения

## 8.1. Траншейный метод

**8.1.1.** При выборе вариантов расположения перехода трубопровода через реки необходимо руководствоваться следующими общими требованиями:

- располагать переход на прямолинейных и слабоизогнутых участках рек с минимальной шириной поймы;
- пересекать реку под углом, близким к прямому;
- пересекать широкие поймы на участке с минимальным числом стариц, озёр, болотистых участков, не допуская крутых поворотов трассы;
- поймы рек, подлежащие затоплению после возведения плотин, пересекать по прямой линии без углов поворота;
- по возможности избегать пересечений трассы с участками многорукавных русел и излучин, имеющих спрямляющие протоки;
- располагать переход в зоне наименьшего влияния сооружений I и II категорий;
- в нижнем бьефе гидроузлов размещать переход за пределами зоны активного однонаправленного размыва русла в удалении от подходных каналов к шлюзам.

**8.1.2.** Выбор участка и створов подводного перехода следует осуществлять в несколько этапов.

На первом этапе для определении направления трубопровода следует выбрать предварительный вариант расположения перехода на основании имеющихся картографических, аэрофотосъёмочных, топографо-геодезических планов участков (масштаб 1:10000 – 1:100000 в зависимости от ширины русла), а также литературных источников и справочных материалов, содержащих сведения о гидрологических, геологических и гидроморфологических условиях в районе проектируемого перехода.

**8.1.3.** На втором этапе выбор участка перехода осуществляется комиссией при обязательном участии организаций, выполняющих изыскания, проектирование и строительство перехода с привлечением специалистов, непосредственно занимающихся прогнозированием русловых деформаций.

**8.1.4.** Материалы рекогносцировочного обследования намеченного участка перехода рассматриваются в дополнение к материалам, собранным на предварительном этапе изысканий.

В качестве картографической основы при рекогносцировочном обследовании следует использовать крупномасштабные карты или планы масштаба 1:10000 – 1:25000. При отсутствии таких карт или планов необходимо составить схематический план участка реки.

Рекогносцировочное обследование следует проводить при низком уровне воды в реке. В ходе обследования на план (схему) участка наносят границы подмываемых участков берега реки, местоположение мезоформ речного русла (побочни, осерёдки, острова, косы), гребни перекатов, пляжей, устанавливается характер строения берегов, крупность донных отложений, наличие растительности на берегах и русловых формах, определяются места возможного образования зажоров и заторов льда.

**8.1.5.** С целью получения дополнительных сведений о режиме русловых деформаций в многолетнем разрезе (темпы размыва берегов, смещение плёсов и перекатов, перемещение излучин, прорыв петель, отторжение побочней, развитие спрямляющих проток и рукавов) в период рекогносцировочного обследования следует проводить опрос местных жителей, а также речников, рыбаков, перевозчиков паромов и др. Полученные сведения необходимо оформлять в виде актов опроса.

**8.1.6.** Организация, проектирующая переход, составляет и представляет комиссии краткую записку с оценкой типа руслового процесса и обоснованием предлагаемых вариантов на основе материалов, использованных на первом этапе выбора вариантов расположения подводного перехода, и результатов рекогносцировочного обследования.

**8.1.7.** Комиссия на местности определяет местоположение основного варианта перехода.

Участки перехода следует выбирать в соответствии с требованиями 8.1.1 с учётом типов руслового процесса:

- на участках русел с ленточно-грядовым и побочневым типами — на плёсовых участках, в нижней части побочней и плёсов;
- при ограниченном и свободном меандрировании (для пологих излучин) — на плёсовых участках ниже вершины излучины;
- при свободном меандрировании для хорошо развитых излучин с углом разворота более 120° — вблизи точек перегиба ниже или выше (между плёсом и перекатом);
- при незавершённом меандрировании с развивающимся спрямляющим протоком — на отмирающей излучине без пересечения спрямляющего протока;
- при осерёдковом типе — в местах наиболее глубоких плёсов, низовых участков сползающих островов.

**8.1.8.** Не следует располагать переходы в местах возможного образования заторов и зажоров льда, интенсивного разрушения берегов в результате склоновой эрозии, развития оползневых и карстовых явлений.

**8.1.9.** Местоположение створов перехода на участке реки, выбранном комиссией, устанавливают после выполнения русловой съёмки. Объёмы разработки подводных траншей в намеченных створах должны быть минимальными в границах участка русловой съёмки. Для выполнения указанного требования в случаях ограниченного меандрирования, побочневого и осерёдкового типов руслового процесса следует построить совмещённые поперечные профили и предварительный поперечный профиль предельного размыва русла. Из совмещённых профилей необходимо выбрать профили по трём-четырём поперечникам, очертания которых наиболее близки к очертаниям прогнозируемого профиля.

**8.1.10.** При окончательном выборе створов следует учитывать данные инженерно-геологического бурения в выбранных створах. Следует по возможности избегать расположения траншеи в зоне выходе в русло скальных грунтов. В противном случае необходимо заглубить трубу в скалу на глубину $h_T=D_T+0{,}5$ м, где $D_T$ – диаметр трубопровода, м.

## 8.2. Метод наклонного бурения

**8.2.1.** При использовании метода наклонного бурения кроме ведомственных норм РАО Газпром [6] и требований, указанных в 8.1.1 настоящего стандарта, для выбора участка створа перехода следует учитывать нижеследующие положения.

**8.2.2.** Деформации берегов рек представляют наибольшую проблему для их учёта при применении метода наклонного бурения. Для переходов следует выбирать участки с наибольшим проявлением искусственных или естественных факторов, ограничивающих горизонтальное (плановое) перемещение русла.

**8.2.3.** Пересечение больших и средних рек методом наклонного бурения целесообразно выполнять в непосредственной близости к мостовым переходам, искусственно стабилизирующим горизонтальные деформации русла. Преимущества такого совмещения створов очевидны: уменьшение длины перехода и объёма изысканий, стабилизация планового положения берегов, выполнение берегозащитных мероприятий и мониторинга водного объекта и сооружения на паритетных началах с владельцем моста, упрощение транспортных проблем.

**8.2.4.** При отсутствии возможности использования искусственных ограничивающих факторов, следует отдавать предпочтение тем вариантам переходов, где наиболее выражены естественные ограничивающие факторы.

К таким участкам относятся:

- места сужений речных долин, имеющих, как правило, чёткообразное строение;
- узкие долины, типа ложбин ледникового выпахивания, склоны которых сложены трудноразмываемыми горными породами;
- реки с односторонними поймами, русло которых прижато к одному, как правило, высокому склону надпойменной террасы или долины. Поймы могут быть как современными, так и унаследованными, т.е. сформированными не в результате плановых деформаций современного русла;
- относительно прямолинейные русла рек с унаследованными односторонними или двусторонними поймами;
- участки рек с руслом, врезанным в коренные породы;

— участки рек, где ширина современного пояса меандрирования составляет менее 50 % ширины поймы.

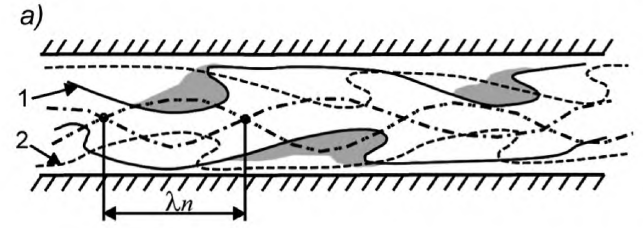
**8.2.5.** На участке перехода, выбранном в соответствии с 8.2.2–8.2.4 настоящего стандарта, необходимо наметить створ перехода, отвечающий определённому типу руслового процесса:

— на реках с побочневым типом руслового процесса створ может проходить через любую часть побочня и плёса; в протоках меандрирующих и многорукавных русел побочни могут быть лишь первоначальной формой развития рукава, поэтому створ в таком русле следует назначать с учётом последующих стадий его перестройки, последовательной смены типов руслового процесса (рисунок 8.1а);

— при ограниченном меандрировании створ перехода может пересекать любую часть пойменного массива и плёса, при условии расположения точек входа и выхода трубы за пределами пояса меандрирования, на неразмываемой террасе (рисунок 8.1б);

— при выборе створа перехода через свободно меандрирующие реки необходимо иметь в виду, что излучина в своём развитии проходит разные стадии полного генетического цикла (рисунок 8.2).

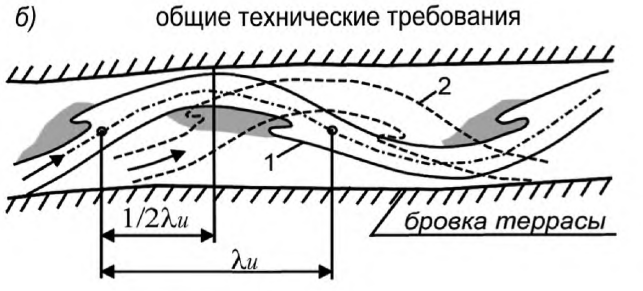
Для свободно меандрирующих рек створ перехода необходимо назначать в зависимости от стадии и времени развития этой части цикла свободного меандрирования, избегая участков наибольших плановых переформирований при указанных ниже стадиях цикла. При углах разворота излучины до 75° (чертеж *а)* излучина сползает вниз по течению, подобно излучине ограниченного меандрирования. При углах разворота от 75° до 120° (чертежи *б)* и *в))* сползание замедляется и заменяется разворотом этой русловой формы; при углах разворота от 120° до 140° (чертеж *г))* излучина приобретает асимметричную форму, а при зна-




1 — начальное положение русла,
2 — положение русла через

$$t = \frac{1}{2}\frac{\lambda п}{Cп},$$

где λ*п* — шаг побочня , расстояние по прямой между двумя смежными точками перегиба осевой линии меженного потока, *Сп* — скорость движения побочня




1 — начальное положение русла,
2 — положение русла через

$$t = \frac{1}{2}\frac{\lambda и}{Cи},$$

где λ*и*— шаг излучин, расстояние по прямой линии между двумя смежными точками перегиба осевой линии меженного русла, *Си* — скорость сползания излучины

Рисунок 8.1 — Участки русел с различными типами руслового процесса:
*а)* побочневый тип, *б)* ограниченное меандрирование

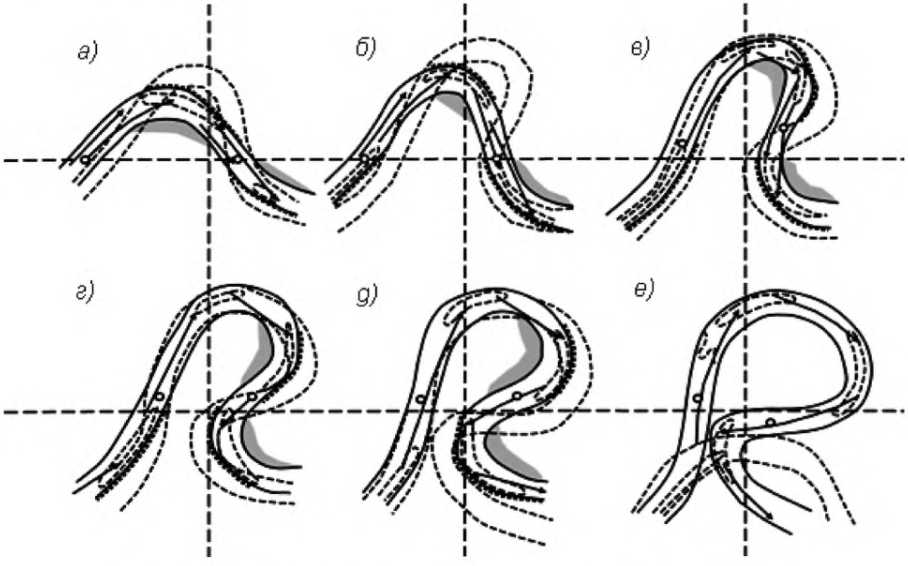
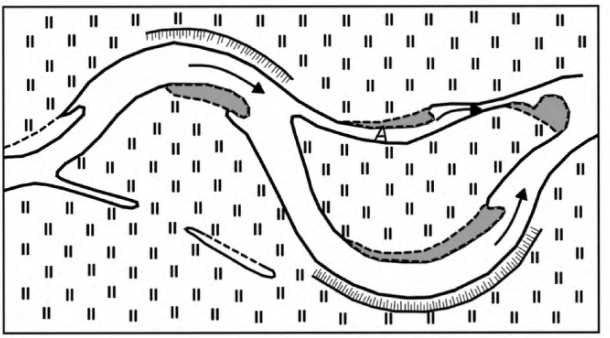



Рисунок 8.2 — Последовательные положения стадий развития излучины в ходе свободного меандрирования

чении углов 240°–270° (чертежи *д)* и *е)*) происходит отчленение старого русла, прорыв перешейка и превращение его в новое русло. Необходимо помнить, что излучины в своём развитии увеличиваются, достигая размеров максимального пояса меандрирования перед спрямлением.

На широких поймах малых и средних рек иногда наблюдается миграция систем излучин, объединённых в единую цепочку меандрирующего русла, пояс меандрирования которой намного превышает пояс меандрирования отдельной излучины. Створ перехода на таких реках следует назначать с учётом особенностей развития и меандрирования по пойме такого участка русла: одновременного спрямления нескольких излучин и внезапного перемещения реки к противоположному склону долины и др.; при незавершенном меандрировании на ранних стадиях развития меандры на пойме появляется довольно протяжённый спрямляющий проток, постепенно превращающийся в главное русло (см. рисунок 8.3). В своём развитии проток проходит разные стадии, свойственные разным типам руслового процесса.

Створ перехода следует располагать в соответствии со стадиями развития главного русла и протока и их продолжительностью: на отмирающей излучине главного русла без пересечения спрямляющего протока, на границе между двумя смежными излучинами главного русла; в главном русле при консервации спрямляющего протока. При этом типе руслового процесса возможно комбинированное пересечение двух русел реки — методом наклонного бурения и траншейным способом; при пойменной многорукавности в расширениях долин река течёт многими рукавами, которые периодически становятся основным руслом (рисунок 8.4). Назначать створ перехода на таких участках больших и средних рек нецелесообразно из-за большой ширины дна долины, занятых руслом этого типа. Исключение составляют суженные части долин, где главное русло обычно




*А* — спрямляющий излучину проток

Рисунок 8.3 — Незавершенное меандрирование

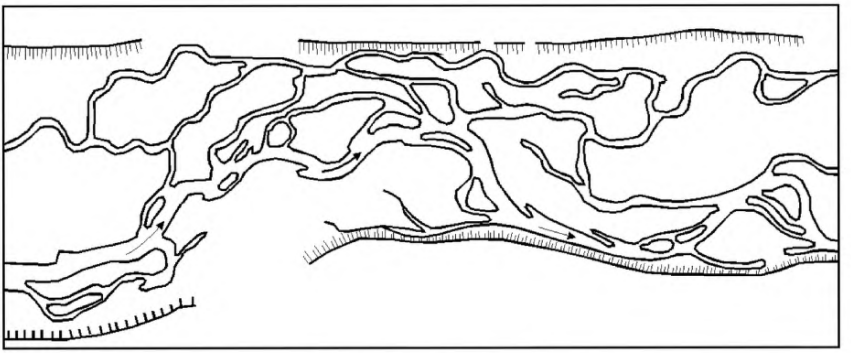
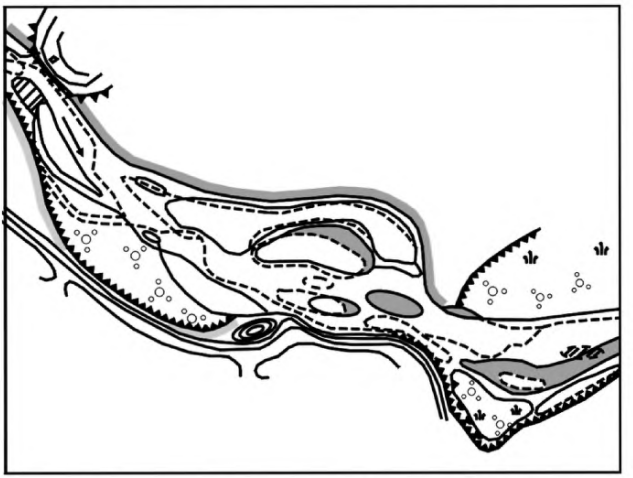


Рисунок 8.4 — Пойменная многорукавность



Положение осерёдков: – – – 1949 г., —— 1950 г.

Рисунок 8.5 — Русловая многорукавность

занимает основную часть дна долины, — здесь и следует выбирать створ перехода (см. 8.1.3).

При наличии детального 50–100-летнего прогноза развития каждого из рукавов при пойменной многорукавности возможно применение комбинированного способа пересечения реки (траншейного или воздушного и метода наклонного бурения); при русловой многорукавности, как и при пойменной, створ перехода целесообразно располагать в узкой части долины, часто сложенной трудноразмываемыми породами (рисунок 8.5).

**8.2.6.** Не следует располагать переходы в местах возможного образования заторов и зажоров льда, интенсивного разрушения берегов в результате склоновой эрозии, развития оползневых и карстовых явлений.

**8.2.7.** Не следует располагать переход в зоне активного влияния разработанных подводных карьеров по добыче рудных или нерудных ископаемых.

# 9. Оценка характеристик транспорта наносов и деформаций русел и пойм рек при разных способах прокладки трубопроводов

## 9.1. Расчёты подвижности руслового аллювиального материала, характеристик русловых микроформ и расхода донных наносов

**9.1.1.** Для оценки форм транспорта наносов в реках (влечение, сальтация, взвешивание) и их учёта при расчётах заносимости подводных траншей на переходах трубопроводов следует пользоваться формулами характерных значений вертикальной компоненты пульсационной скорости потока:

$$\bar{V}_{ср.\,в.} = 0{,}14\ V_*, \tag{9.1}$$

где $\bar{V}_{ср.\,в.}$ — осреднённое во времени и по глубине потока $H$ значение вертикальной компоненты

$$V_{макс.\,ср.\,в.} = 1{,}28\ V_*, \tag{9.2}$$

где $V_{макс.\,ср.\,в.}$ — осреднённое по глубине максимальное значение вертикальной компоненты

$$V_{макс.} = 1{,}75\ V_*. \tag{9.3}$$

где $V_{макс.}$ — наибольшее возможное при данном гидравлическом режиме значение вертикальной компоненты в зоне $(0{,}15 \div 0{,}40)H$ от дна потока

$$V_* = \sqrt{gHI}, \tag{9.4}$$

где $V_*$ — динамическая скорость, $I$ — уклон поверхности потока.

Форма движения наносов устанавливается путём сопоставления характерных значений вертикальной компоненты, определяемыми с помощью зависимостей (9.1)–(9.4), с гидравлической крупности частиц, определяемой по таблице 9.1.

Наносы перемещаются в форме влечения по дну, если гидравлическая крупность $u > V_{макс}$.

Таблица 9.1 — Гидравлическая крупность частиц наносов $u$, м/с,

а) при ламинарном и переходном режимах осаждения

| Приведённый диаметр $d$, мм | Температура $t$, °С | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 |
| 0,030 | 0,000451 | 0,000617 | 0,00080 | 0,000999 |
| 0,040 | 0,000800 | 0,001090 | 0,00141 | 0,001760 |
| 0,050 | 0,000125 | 0,001680 | 0,00219 | 0,002710 |
| 0,075 | 0,002760 | 0,003710 | 0,00469 | 0,005690 |
| 0,100 | 0,004760 | 0,006250 | 0,00774 | 0,009120 |
| 0,125 | 0,007130 | 0,009140 | 0,01100 | 0,012750 |
| 0,150 | 0,009710 | 0,012170 | 0,01430 | 0,016500 |
| 0,175 | 0,012410 | 0,015200 | 0,01780 | 0,020200 |
| 0,200 | 0,015180 | 0,018400 | 0,02130 | 0,024100 |
| 0,300 | 0,026600 | 0,031500 | 0,03600 | 0,040000 |
| 0,400 | 0,038500 | 0,045200 | 0,05070 | 0,055500 |
| 0,500 | 0,050800 | 0,058400 | 0,06460 | 0,069400 |
| 0,700 | 0,074500 | 0,082200 | 0,08900 | 0,094300 |
| 0,900 | 0,095300 | 0,103800 | 0,11020 | 0,114300 |
| 1,000 | 0,104500 | 0,112900 | 0,11960 | 0,123700 |
| 1,400 | 0,139000 | 0,146000 | 0,15100 | 0,154000 |
| 1,800 | 0,167000 | 0,173000 | 0,17800 | 0,180000 |
| 2,000 | 0,180000 | 0,185000 | 0,18900 | 0,190000 |
| 2,500 | 0,210000 | 0,212000 | 0,21200 | 0,212000 |

б) при турбулентном режиме осаждения

| Приведённый диаметр $d$, мм | Гидравлическая крупность $u$, м/с | Приведённый диаметр $d$, мм | Гидравлическая крупность $u$, м/с |
|---|---|---|---|
| 0 | 0,232 | 12,0 | 0,465 |
| 3,5 | 0,251 | 15,0 | 0,519 |
| 4,0 | 0,268 | 20,0 | 0,600 |
| 4,5 | 0,284 | 30,0 | 0,735 |
| 5,0 | 0,300 | 40,0 | 0,848 |
| 5,5 | 0,315 | 50,0 | 0,948 |
| 6,0 | 0,328 | 75,0 | 1,161 |
| 6,5 | 0,342 | 100 | 1,341 |
| 7,0 | 0,355 | 150 | 1,642 |
| 8,0 | 0,379 | 200 | 1,897 |
| 9,0 | 0,402 | 250 | 2,120 |
| 10,0 | 0,424 | 300 | 2,323 |

Наносы перемещаются в форме сальтации вблизи дна при условии $V_{макс} \geqslant u \geqslant V_{макс.\,ср.\,в.}$.

Сальтирующие частицы достигают середины глубины потока при условии $\bar{V}_{ср.\,в.} \geqslant u \geqslant V_{макс.\,ср.\,в.}$.

Наносы переходят во взвешенное состояние и распространяются на всю глубину потока если $u < V_{ср.в}$.

При оценке возможности выпадения взвешенных наносов в траншее следует учитывать её размеры и характер вторичных течений в ней.

Заиления траншеи взвешенными наносами не происходит, если средняя ширина траншеи вдоль потока близка к длине водоворотной зоны.

Если средняя ширина траншеи вдоль потока существенно больше длины водоворотной зоны, часть попадающих в траншею взвешенных наносов оседает в ней.

Длина водоворотной зоны в траншеях с относительной глубиной $h_T/H > 2$ составляет примерно $3h_T$, а в траншеях с относительной глубиной $h_T/H < 2$ может достигать от 6 до $8h_T$.

Если средняя ширина траншеи существенно превышает длину водоворотной области, объём занесения траншеи взвешенными наносами составляет 3–10 % общего объёма занесения.

**9.1.2.** Условия нарушения устойчивости и начала движения частиц на дне водных потоков определяются критическими значениями скорости потока — «неразмывающими» скоростями и проявляются специфически на дне равнинных и горно-предгорных рек, сложенных соответственно из песчаного и гравийно-галечного материала.

Мелкие и крупные песчаные наносы на дне равнинных рек приходят в движение при близких абсолютных значениях скорости потока, обеспечивающих движение всей смеси донных отложений и движение песчаного материала в реке с различной интенсивностью поддерживается в течение всего года.

Мелкие и крупные фракции гравийно-галечных отложений, слагающих дно рек горно-предгорной зоны, приходят в движение при резко различающихся значениях скорости потока. Поэтому диапазон скоростей потока, при которых обеспечивается подвижка всей смеси донных отложений, в том числе и крупных наносов, весьма широк по сравнению с песчаными наносами. Это является причиной частичной подвижности, избирательного характера движения различных фракций в смеси крупных наносов, их сортировки и самоотмостки (рисунок 9.1).

Срыв самоотмостки и транспорт всего руслового материала на горно-предгорных реках в отличие от равнинных, имеют место лишь при максимальных расходах воды, обеспеченностью менее 10 %.

Для расчета неразмывающих скоростей потока $V_0$ для песка песчаного материала рекомендуется зависимость В.Н. Гончарова [7]

$$V_0 = 3{,}0H^{0{,}2}(d + 0{,}0014)^{0{,}3}. \qquad (9.5)$$

Для расчета неразмывающих скоростей $V_0$ гравийно-галечного материала следует пользоваться формулой КиргНИИВХ

$$V_0 = 2\frac{m-1{,}5}{m+1}\left(\frac{H}{d}\right)^{\frac{1}{m}}\sqrt{\frac{\gamma_н - \gamma}{\gamma} g d}, \qquad (9.6)$$

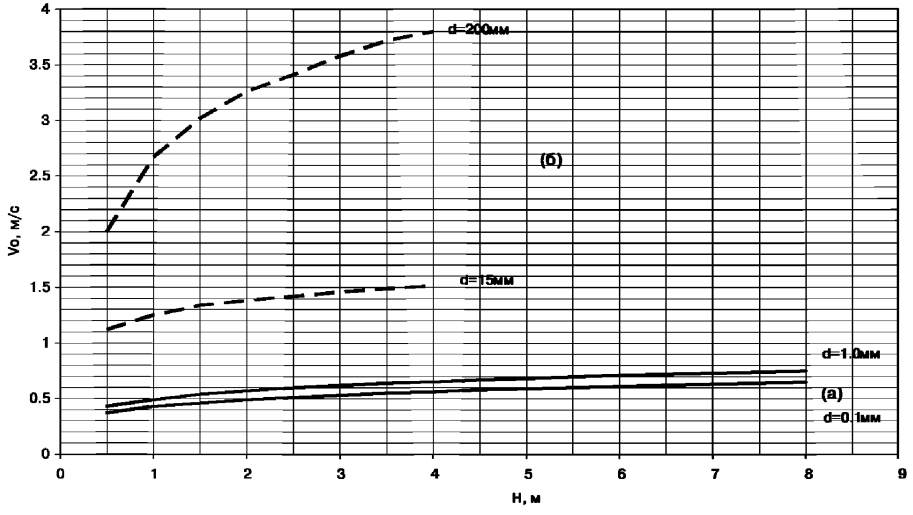



Рисунок 9.1 — Критические условия начала движения донных отложений на равнинных (а) и горно- предгорных (б) участках

где $m$ — знаменатель показателя степени в степенной формуле распределения скорости потока по вертикали.

Значения неразмывающих скоростей потока по формуле (9.5) и (9.6) представлены в таблицах 9.2 и 9.3.

При необходимости определения неразмывающих скоростей для связного материала грунта следует пользоваться рекомендациями ВНИИГ по СО 34.21.204.

Значения неразмывающих средних скоростей $V_0$, м/с, в зависимости от глубин потока Н, м, для полускальных и скальных грунтов представлены в таблице 9.4.

**9.1.3.** Для определения обратимых знакопеременных деформаций дна и расхода донных наносов необходимо определить геометрические размеры и динамические характеристики русловых микроформ (гряд), к которым относятся малоинерционные, волнообразные донные структуры массового распространения в русле, соизмеримые с глубиной потока, образующиеся при скоростях потока, превышающих неразмывающие.

**9.1.4.** Длина гряд $l_r$, м, при установившемся режиме движения воды определяется по зависимости

$$l_r = H\sqrt[3]{C^2/g}, \tag{9.7}$$

где $C$ — коэффициент Шези на расчетной вертикали, $м^{0,5}/с$; $H$ — глубина потока на вертикали, м; g = 9,81 – ускорение свободного падения, $м/с^2$.

При отсутствии данных о гидравлических характеристиках потока, длина гряд установившегося профиля может быть принята в среднем равной

$$l_r = 6{,}5H. \tag{9.8}$$

Таблица 9.2 — Значения неразмывающих скоростей потока $V_0$, м/с, в зависимости от глубин потока $H$, м, для песчаных материалов (по В.Н. Гончарову)

| Глубина потока $H$, м | Диаметр частиц $d$, мм | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 0,5 | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,40 | 0,40 | 0,41 | 0,41 | 0,42 | 0,42 | 0,43 | 0,48 | 0,54 | 0,60 | 0,64 | 0,68 |
| 1,0 | 0,43 | 0,44 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,48 | 0,49 | 0,49 | 0,55 | 0,63 | 0,69 | 0,74 | 0,78 |
| 1,5 | 0,46 | 0,47 | 0,48 | 0,49 | 0,50 | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,53 | 0,54 | 0,59 | 0,68 | 0,75 | 0,80 | 0,85 |
| 2,0 | 0,49 | 0,50 | 0,51 | 0,52 | 0,53 | 0,54 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,57 | 0,63 | 0,72 | 0,80 | 0,85 | 0,90 |
| 2,5 | 0,51 | 0,52 | 0,54 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,66 | 0,75 | 0,83 | 0,89 | 0,94 |
| 3,0 | 0,53 | 0,54 | 0,56 | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,61 | 0,62 | 0,68 | 0,78 | 0,86 | 0,92 | 0,98 |
| 3,5 | 0,55 | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,70 | 0,80 | 0,89 | 0,95 | 1,01 |
| 4,0 | 0,56 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,61 | 0,62 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,71 | 0,82 | 0,91 | 0,98 | 1,04 |
| 4,5 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,72 | 0,84 | 0,93 | 1,00 | 1,06 |
| 5,0 | 0,59 | 0,60 | 0,62 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,76 | 0,86 | 0,96 | 1,02 | 1,08 |
| 6,0 | 0,61 | 0,62 | 0,64 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 0,78 | 0,89 | 0,99 | 1,06 | 1,12 |
| 7,0 | 0,63 | 0,64 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,73 | 0,81 | 0,92 | 1,02 | 1,10 | 1,16 |
| 8,0 | 0,65 | 0,66 | 0,68 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,83 | 0,95 | 1,05 | 1,12 | 1,19 |
| 9,0 | 0,66 | 0,68 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,76 | 0,77 | 0,85 | 0,97 | 1,08 | 1,14 | 1,22 |
| 10,0 | 0,68 | 0,69 | 0,71 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,87 | 0,99 | 1,10 | 1,18 | 1,25 |
| 11,0 | 0,69 | 0,71 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,88 | 1,02 | 1,12 | 1,20 | 1,27 |
| 12,0 | 0,70 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,81 | 0,90 | 1,03 | 1,14 | 1,22 | 1,29 |
| 13,0 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,81 | 0,82 | 0,91 | 1,05 | 1,16 | 1,24 | 1,31 |
| 14,0 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,81 | 0,82 | 0,84 | 0,93 | 1,07 | 1,18 | 1,26 | 1,34 |
| 15,0 | 0,74 | 0,75 | 0,76 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0.82 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,94 | 1,08 | 1,19 | 1,28 | 1,36 |
| 16,0 | 0,74 | 0.76 | 0,77 | 0,79 | 0,80 | 0,81 | 0.82 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,95 | 1,10 | 1,20 | 1,29 | 1,37 |
| 17,0 | 0,75 | 0,77 | 0,78 | 0,80 | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,86 | 0,87 | 0,96 | 1,11 | 1,22 | 1,30 | 1,38 |
| 18,0 | 0,76 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,88 | 0,97 | 1,12 | 1,23 | 1,32 | 1,40 |
| 19,0 | 0,77 | 0,78 | 0,80 | 0,81 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,88 | 0,89 | 0,98 | 1,13 | 1,24 | 1,34 | 1,42 |
| 20,0 | 0,78 | 0,80 | 0,81 | 0,82 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,88 | 0,90 | 1,00 | 1,14 | 1,26 | 1,35 | 1,43 |

Таблица 9.3 — Значения неразмывающих скоростей потока $V_0$, м/с, в зависимости от глубин потока Н, м, для крупных наносов (по КиргНИИВХ)

| Глубина потока $H$, м | Диаметр частиц $d$, мм | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 70 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 |
| 0,5 | 1,12 | 1,23 | 1,41 | 1,52 | 1,62 | 1,75 | 1,88 | 1,97 | 2,00 | 2,00 | – | – | – | – |
| 1,0 | 1,25 | 1,40 | 1,60 | 1,76 | 1,88 | 2,07 | 2,30 | 2,50 | 2,67 | 2,74 | 2,78 | 2,80 | 2,80 | – |
| 1,5 | 1,34 | 1,47 | 1,71 | 1,88 | 2,03 | 2,25 | 2,52 | 2,83 | 3,02 | 3,14 | 3,27 | 3,34 | 3,43 | 3,47 |
| 2,0 | 1,38 | 1,54 | 1,79 | 1,98 | 2,22 | 2,37 | 2,66 | 3,00 | 3,26 | 3,42 | 3,54 | 3,74 | 3,90 | 3,92 |
| 2,5 | 1,42 | 1,58 | 1,85 | 2,10 | 2,33 | 2,47 | 2,80 | 3,17 | 3,41 | 3,63 | 3,70 | 4,00 | 4,21 | 4,28 |
| 3,0 | 1,46 | 1,62 | 1,90 | 2,12 | 2,38 | 2,65 | 2,87 | 3,28 | 3,58 | 3,80 | 4,00 | 4,22 | 4,45 | 4,60 |
| 4,0 | 1,51 | 1,68 | 1,95 | 2,19 | 2,40 | 2,71 | 3,22 | 3,43 | 3,80 | 4,06 | 4,25 | 4,56 | 4,86 | 5,00 |

Таблица 9.4

| Наименование грунта | Глубина потока $h$, м | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Алевролит слабый | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,85 | 0,90 |
| Алевролит средней крепости | 1,00 | 1,25 | 1,40 | 1,60 | 1,70 | 1,80 |
| Алевролит крепкий | 1,50 | 1,90 | 2,05 | 2,40 | 2,60 | 2,70 |
| Мергель | 2,50 | 3,00 | 3,45 | 3,95 | 4,30 | 4,55 |
| Известняк пористый, слоистый и доломитовый | 3,50 | 4,40 | 4,85 | 5,50 | 6,00 | 6,35 |
| Известняк плотный, неслоистый и кремнистый | 5,00 | 6,25 | 6,90 | 7,90 | 8,60 | 9,10 |
| Песчаник известковый | 3,50 | 4,40 | 4,85 | 5,50 | 6,00 | 6,35 |
| Песчаник доломитовый | 5,00 | 6,25 | 6,90 | 7,90 | 8,60 | 9,10 |
| Гранит и другие изверженные кристаллические породы | >15 | >15 | >15 | >15 | >15 | >15 |

**9.1.5.** Расчет высоты микроформ — гряд, $h_Г$, м, определяющих расход донных наносов наряду с амплитудой знакопеременных колебаний дна при установившемся режиме их перемещения, рекомендуется выполнять:

— при отсутствии данных о подвижности донных наносов:

а) для малых рек, сложенных из песчаного материала

$$h_Г = 0{,}13H; \tag{9.9}$$

б) для средних и крупных равнинных рек

$$h_Г = 0{,}2 + 0{,}1H. \tag{9.10}$$

— при наличии данных о глубине и скорости потока (возможности определить значения неразмывающей скорости потока по таблицам 9.2 и 9.3), высоту гряд $h_Г$, м, в общем виде можно определить по формуле

$$h_Г = 0{,}39\left(\frac{V}{V_0}\right)^{2{,}5} Fr^{-3{,}75}, \qquad (9.11)$$

где $Fr = \frac{V}{\sqrt{gH}}$

Для малых и средних рек, сложенных из крупного песка и гравийно-галечного материала, в диапазоне значений относительной гладкости потока $30 < H/d \leqslant 150$ высоту гряд следует определять по формуле

$$h_Г = \left(0{,}07\frac{V}{V_0} + 0{,}02\right)H. \qquad (9.12)$$

**9.1.6.** Скорость смещения гряд установившегося профиля $C_Г$, м/с, определяется по формуле

$$C_Г = 0{,}019 V Fr^3 \qquad (9.13)$$

или по номограммам, представленным на рисунке 9.2.

**9.1.7.** К выбору метода и формулы для расчета расхода донных (влекомых) наносов на участках подводных переходов трубопроводов следует подходить дифференцированно для больших, средних и малых равнинных и горно-предгорных участков рек, сложенных соответственно из песчаного и гравийно-галечного ма-

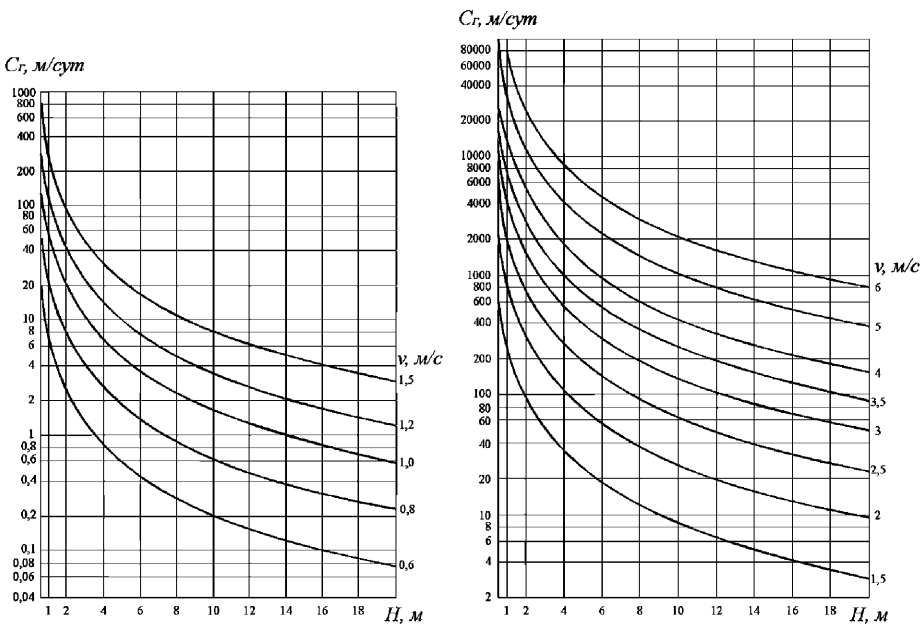



Рисунок 9.2 — Номограммы для определения скорости движения русловых микроформ

териала, с учетом степени подвижности (интенсивности) транспорта наносов и форм их перемещения (структурный, бесструктурный) и в зависимости от наличия исходной информации о гидрологических и гидравлических характеристиках потока.

**9.1.8.** При безгрядовом движении донных наносов в руслах равнинных и горно-предгорных рек, имеющем место при неоднородном составе грунта и неполном вовлечении в движение всех фракций донных отложений ($1<V/V_0<1,3$), удельный расход донных наносов в весовом выражении рекомендуется определять по формуле Г.И. Шамова [8]:

$$q_T = 0,95d^{0,5}\left(\frac{V}{V_0}\right)^3 (V - V_0)\left(\frac{d}{H}\right)^{0,75} \text{ кг/(с·м)}, \quad (9.14)$$

где неразмывающая скорость потока $V_0$ вычисляется по формуле:

$$V_0 = 3,8d^{1/3}H^{1/6}. \quad (9.15)$$

**9.1.9.** В общем случае интенсивного движения донных наносов любой крупности в грядовой форме при $H/d>30$, в руслах равнинных и горно-предгорных рек ($1,3<V/V_0<2,5$) удельный расход донных наносов $q_T$, м$^3$/(м·с), в объемном выражении (в рыхлом теле) определяется по формуле:

$$q_T = 0,01h_\Gamma VFr^3. \quad (9.16)$$

или

$$q_T = 31\left(\frac{V^4}{H^{1/2}}\right)\frac{h_\Gamma}{H}, \quad (9.17)$$

где $q_T$ — удельный расход донных наносов, м$^3$/(сут·м).

Высота гряд $h_\Gamma$, м, в формулах (9.16) и (9.17) определяется по зависимостям (9.9) – (9.12).

**9.1.10.** Расчет удельного расхода донных наносов $q_T$, м$^3$/(сут·м) для мелких песчаных наносов со средним диаметром менее 0,5 мм, перемещающихся в форме гряд при средних скоростях потока $V_0$ менее 1,5 м/с следует выполнить по формуле

$$q_T = 16\frac{V^5}{H}. \quad (9.18)$$

Для определения $q_T$ по формуле (9.18) можно пользоваться номограммой $q_T = f(V, H)$, представленной на рисунке 9.3.

**9.1.11.** При отсутствии данных о степени подвижности донных отложений и высоте гряд, удельный расход донных наносов в объемном выражении $q_T$, м$^3$/(с·м) на малых равнинных реках с песчаным составом грунта при грядовом движении наносов рекомендуется определять по формуле

$$q_T = 0,001HVFr^3. \quad (9.19)$$

**9.1.12.** При наличии данных о крупности донных наносов для определения неразмывающей скорости потока $V_0$, расход донных наносов $q_T$, м$^3$/(с·м), на этих реках, при грядовом движении наносов, определяется по формулам:

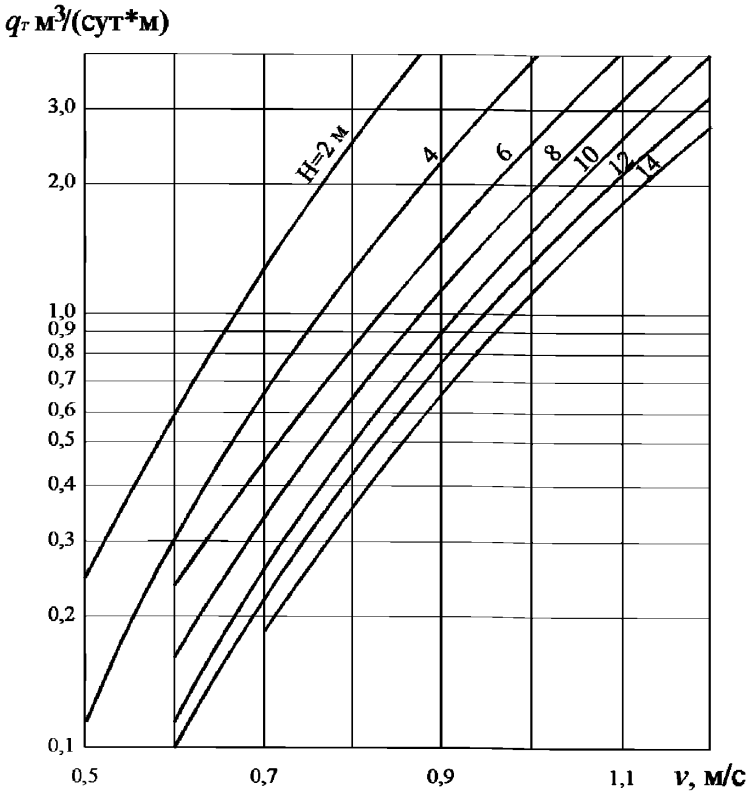



Рисунок 9.3 — Номограмма для расчета $q_T$ по формуле $q_T = 16\frac{V^5}{H}$

а) при условии $\frac{V}{V_0} > 2$,

$$q_T = 0{,}005HVFr^{3,5}. \quad (9.20)$$

б) при условии $1{,}5 < \frac{V}{V_0} < 2$,

$$q_T = 0{,}0015HVFr^{2,9}. \quad (9.21)$$

в) при условии $\frac{V}{V_0} < 1{,}5$,

$$q_T = 0{,}0005HVFr^{2,4}. \quad (9.22)$$

**9.1.13.** На малых и средних реках, сложенных из крупного песка и гравийно-галечного материала, в диапазоне значений относительной гладкости потока $30 < H/d \leqslant 150$, при наличии сведений о крупности донных отложений и гидравлических характеристик потока, удельный расход донных наносов в грядовой форме в м³/(с·м) рекомендуется вычислять по следующим зависимостям

а) при условии $\frac{V}{V_0} > 2$,

$$q_T = 0{,}008HVFr^{3,5}. \quad (9.23)$$

б) при условии $1{,}5 < \frac{V}{V_0} < 2$

$$q_T = 0{,}0016 HVFr^{2{,}9}. \quad (9.24)$$

в) при условии $\frac{V}{V_0} < 1{,}5$

$$q_T = 0{,}0004 HVFr^{2{,}4}. \quad (9.25)$$

**9.1.14.** Полный расход донных наносов в объемном выражении ($м^3$/сут.), для рек горно-предгорной зоны при структурном (грядовом) и бесструктурном формах движения донных наносов, в диапазоне руслоформирующих расходов воды 73–766 $м^3/с$ уклонах дна 0,004–0,028 и средней крупности донных отложений 0,013–0,058 м, рекомендуется определять по формуле В.В. Ромашина [9]

$$Q_T = 11232 \frac{\rho}{\rho_0} I \frac{(Q - Q_0)^{1,2}}{Q_0^{0,2}}, \quad (9.26)$$

где $Q$ — средний суточный расход воды, $м^3/с$, а $\rho$ и $\rho_0$ — объемная плотность, соответственно воды и наносов, $кг/м^3$; $Q_0$ — расход воды, соответствующий начальной фазе вовлечения в движение донных отложений, $м^3/с$, вычисляется по зависимости

$$Q_0 = 0{,}067 \sqrt{g} \left( \frac{d_{50}}{I} \right)^{2,5} м^3/с. \quad (9.27)$$

**9.1.15.** Полный расход донных наносов $Q_T$, кг/с, на малых горных реках, при безгрядовом транспорте донных наносов всех фракций, имеющем место при уклонах дна $I > 0{,}01$, относительной гладкости потока $\frac{H}{d} < 20$ и расходах воды менее 10-ти % обеспеченности максимальных расходов следует определять по формуле

$$Q_T = 7000 Q \left( \frac{H}{d} \right)^{0,17} I^{2,2}, \quad (9.28)$$

где $Q$ — средний суточный расход воды, $м^3/с$.

**9.1.16.** Для расчета расхода донных наносов на участках переходов трубопроводов через земляные каналы при условиях слабого транспорта песчаного материала, малых числах Фруда, грядовом и безгрядовом транспорте донных наносов или рифелей целесообразно использовать формулы Абальянца С.Х. [10]

$$q_T = 0{,}084 \frac{V^4}{H^{5/6}}, \text{ (кг/с)·м} \quad (9.29)$$

или

$$q_T = \frac{0{,}03 V^3 (V - V_0)}{(Hd)^{0,25}}, \text{ (кг/с)·м}, \quad (9.30)$$

где

$$V_0 = 1{,}04 \sqrt{gd} \left( \frac{H}{d} \right)^{1/4} м/с. \quad (9.31)$$

## 9.2. Прогнозирование скорости перемещения затопляемых мезоформ речного русла или их фрагментов

**9.2.1.** Для определения суммарного смещения затопляемых мезоформ речного русла (побочни, осередки, косы) или их фрагментов, пересекающих створ перехода за период эксплуатации трубопровода, необходимо выполнить расчет скорости их перемещения.

**9.2.2.** Для производства расчетов необходимо наличие следующих исходных материалов:

- данных о суточных уровнях воды в створе перехода или приведенных к этому створу (за все годы наблюдений);
- топографической карты или плана русловой съемки участка, охватывающего две смежные русловые мезоформы;
- графиков связи средних скоростей и глубин потока для характерных вертикалей над мезоформой в створе перехода, полученных непосредственными измерениями скоростей потока или расчетным путем;
- данных о крупности и составе донных наносов.

**9.2.3.** Для расчета скорости перемещения затопляемых в паводок мезоформ речного русла или их фрагментов используется зависимость

$$C_{\Delta} = 950\, V_I (h_I/\Delta) Fr^3, \qquad (9.31)$$

где $C_{\Delta}$ — скорость перемещения мезоформ на расчетной вертикали (в общем случае при расчётах может быть принято несколько расчётных вертикалей по ширине русла и соответственно получено неравномерное смещение мезоформы по фронту её движения), м/сут; $V_I$ — средняя скорость потока над гребнем микроформы, м/с; $h_I/\Delta$ — относительная высота микроформ; $h_I$ — высота микроформ, определяемая по формулам (9.9)–(9.12), м; $\Delta$ — высота мезоформ, определяемая по топографической карте или русловой съемке, как разность между отметками гребня и подвалья мезоформы, м; $Fr = V_I / \sqrt{gH}$ — число Фруда над гребнем микроформ.

Номограммы для определения скорости перемещения мезоформ представлены на рисунке 9.4.

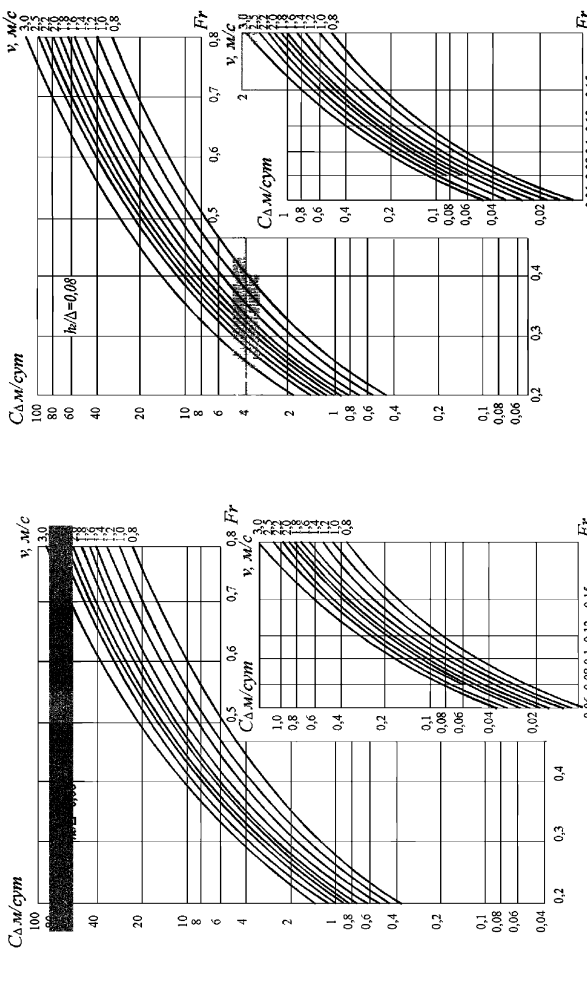
**9.2.4.** Расстояние $L_{\Delta}$, м, пройденное мезоформой вдоль расчётного продольника за прогнозируемый период времени $T_{пр.}$, сут, следует вычислять по зависимости

$$L_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n} C_{\Delta i} \delta T_i \qquad (9.32)$$

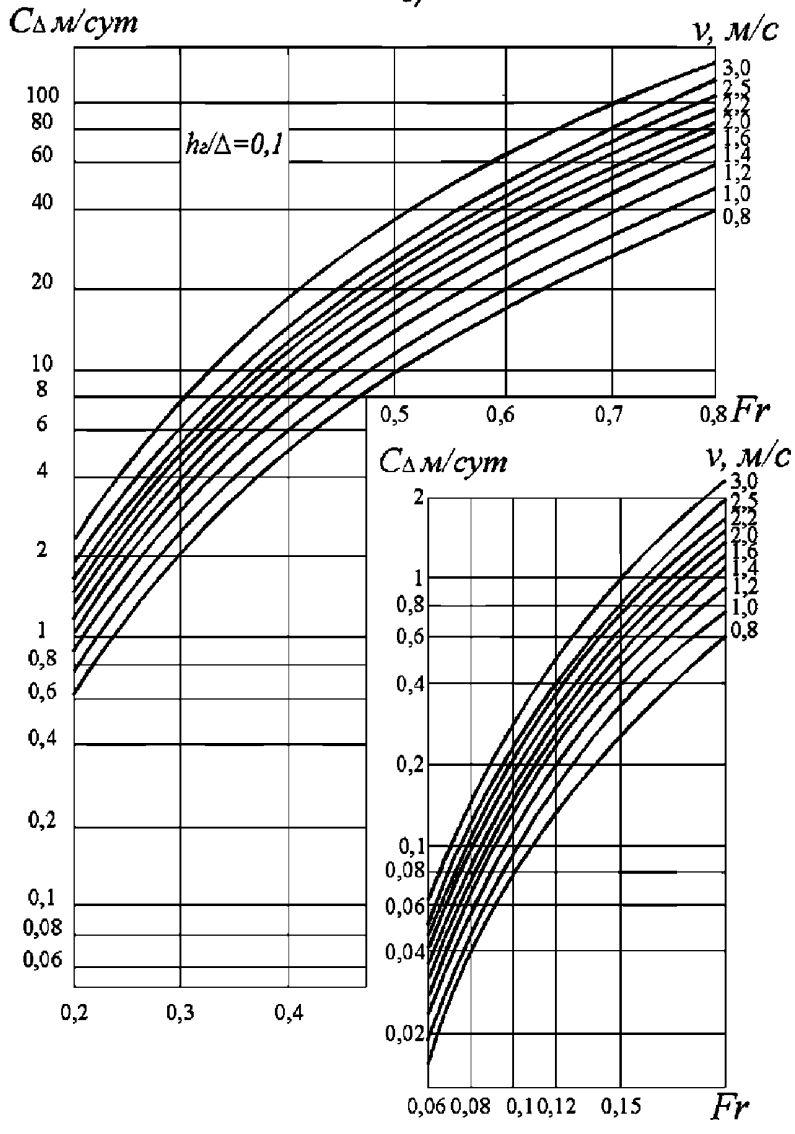
где $\delta T_i$ — частные интервалы времени, отвечающие различным характерным диапазонам наполнения русла или стадиям затопления мезоформ, сут.; $C_{\Delta i}$ — скорость перемещения мезоформы, определяемая по формуле (9.31) или в зависимости от $h_I/\Delta$ по рекомендуемым номограммам (рисунок 9.4).

**9.2.5.** Расчет $L_{\Delta}$ производится в следующем порядке.

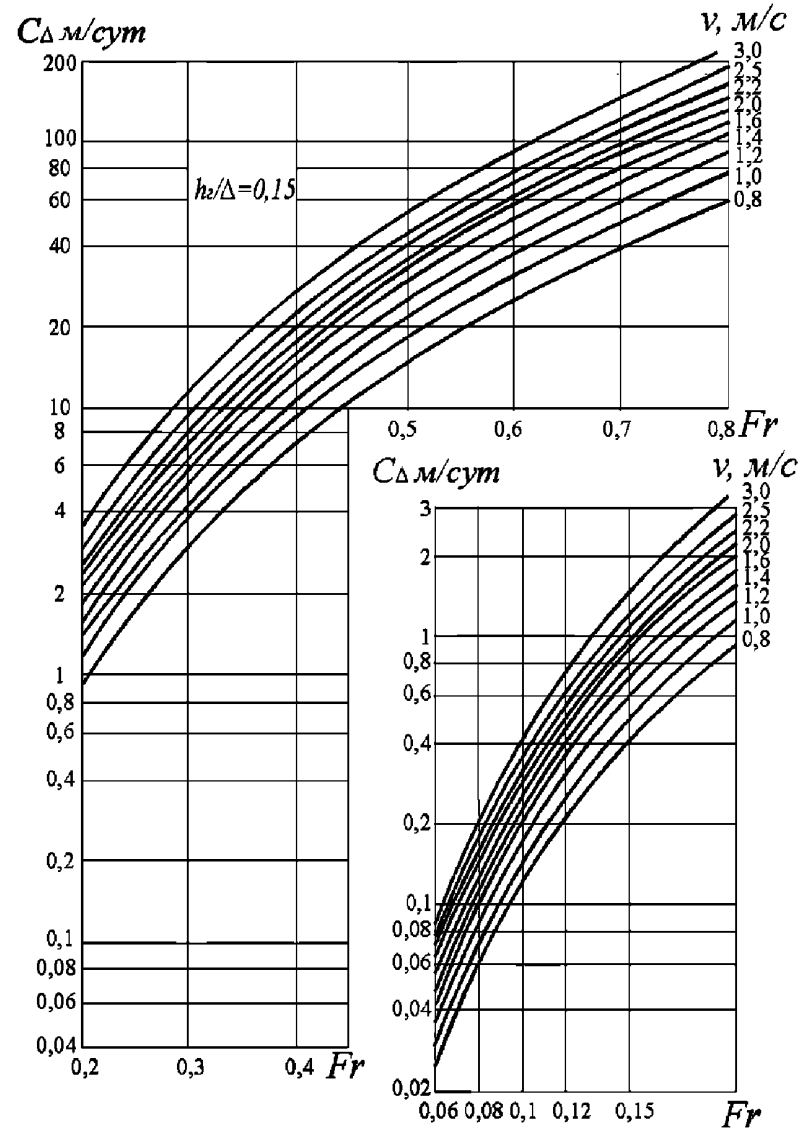
Для заданной крупности донных наносов, используя таблицу 9.2, график $V=f(H)$ и русловую съёмку, определяется критическая глубина $H_K$ и соответствующее ей значение уровня воды, при котором $V>V_0$, начинается движение донных наносов.

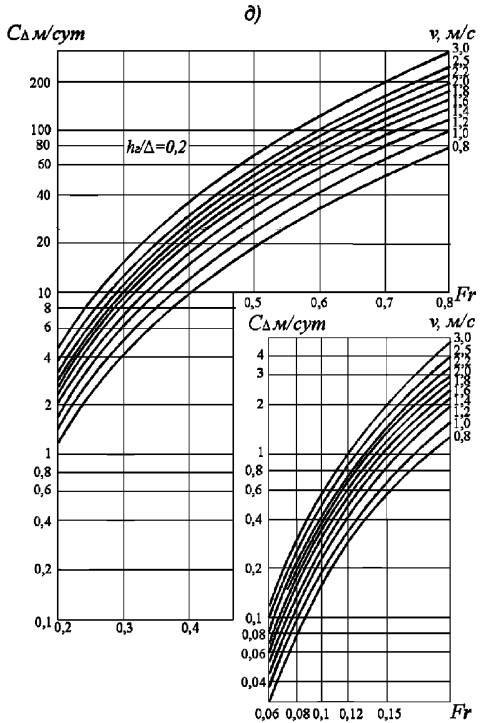

а)
б)
$C_{\Delta}$, м/сут
v, м/с
Fr
h/Δ=0,08

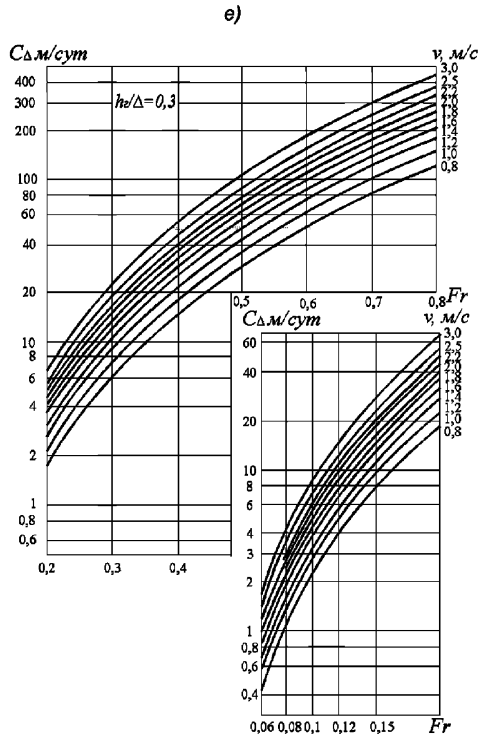
в)


$C_\Delta$ м/сут
v, м/с
$h_2/\Delta$=0,1
Fr
3,0
2,5
2,2
2,0
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8

г)


$C_\Delta$ м/сут
v, м/с
$h_2/\Delta$=0,15
Fr
3,0
2,5
2,2
2,0
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8


д)
Cδ м/сут
v, м/с
3,0
2,5
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
200
100
80
60
40
20
10
8
6
4
2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0,1
0,2
0,3
0,4
hг/Δ=0,2
0,5
0,6
0,7
0,8
Fr
Cδ м/сут
v, м/с
4
3
2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0,1
0,08
0,06
0,04
0,06
0,08
0,1
0,12
0,15
Fr


е)
Cδ м/сут
v, м/с
3,0
2,5
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
400
300
200
100
80
60
40
20
10
8
6
4
2
1
0,8
0,6
0,2
0,3
0,4
hг/Δ=0,3
0,5
0,6
0,7
0,8
Fr
Cδ м/сут
v, м/с
60
40
20
10
8
6
4
3
2
1
0,8
0,6
0,4
0,06
0,08
0,1
0,12
0,15
Fr

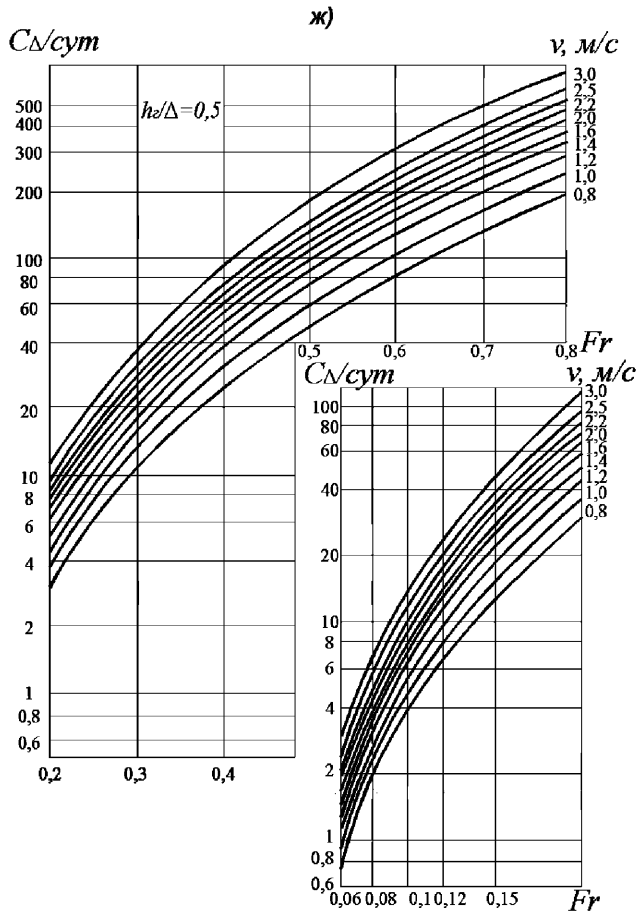



Рисунок 9.4 — Номограммы для определения скорости движения русловых мезоформ с учетом различных значений относительных высот микроформ $h_г/\Delta$:

*а)* 0,06; *б)* 0,08; *в)* 0,1; *г)* 0,15; *д)* 0,2; *е)* 0,3; *ж)* 0,5

На основании данных наблюдений за все предыдущие годы составляется таблица либо строится эмпирическая кривая обеспеченности суточных уровней воды для значений $H \geqslant H_K$. Эти данные группируются в частные интервалы с равными или неравными градациями. Определяется частота повторяемости уровня воды в каждом интервале за период наблюдений:

$$p_i^* = m_i / N, \tag{9.33}$$

где $m_i$ — количество суток повторяемости уровня в данном интервале; $N = 365 \cdot n$ — общее количество суток за период наблюдений $n$.

Частные интервалы времени $\delta T_i$, отвечающие тем же стадиям наполнения русла за прогнозируемый период, определяются по зависимости

$$\delta T_i = N_{пр} p_i^*, \tag{9.34}$$

где $N_{пр}$ — общее количество суток прогнозируемого периода.

## 9.3. Примеры расчета смещения мезоформ за прогнозируемый период

**9.3.1.** Пример 1 — Определить смещение побочня $L_{\Delta}$ за 30 лет в поперечном сечении «15» (рисунок 9.5).

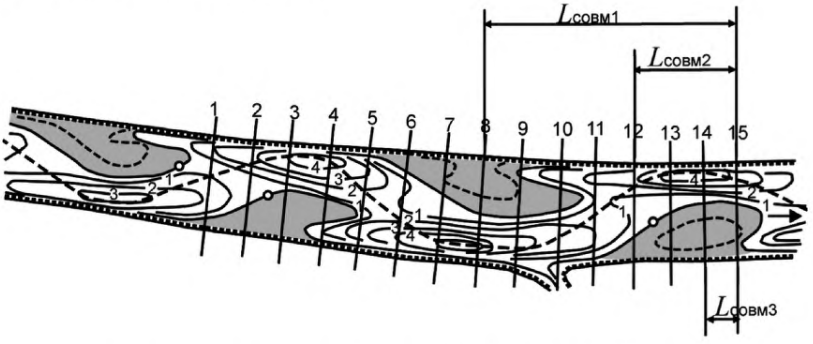



Рисунок 9.5 — Участок русла с побочневым типом руслового процесса

Исходные данные для расчетной вертикали:

- кривая $V=f(H_B)$;
- средняя крупность донных наносов $d$ = 7,0 мм;
- ширина реки $B$ = 400 м;
- ширина побочня 180 м;
- длина побочня 1400 м; высота побочня $\Delta$ = 2,5 м;
- период наблюдений за уровнем воды составляет 50 лет ($N$ = 18262 сут).

На основании русловой съемки, таблицы 9.2, данных об уровнях воды и кривой $V=f(H_B)$ находим критическое значение уровня воды $H_B$ = 600 м., выше которого частицы донных наносов крупностью 7,0 мм находятся в состоянии движения. Результаты расчета представлены в таблице 9.5.

Ряд данных о суточных уровнях воды выше значения $H_B$ = 600 м за все годы наблюдений делим на четыре интервала (см. таблица 9.5). Подсчитываем число случаев $m_i$ (суток со значением уровней в каждом интервале за период наблюдений). Определяем частоту повторяемости уровня воды $P^*$ в каждом интервале за период наблюдений и прогнозируемые интервалы времени $\delta T_i$ в сутках с этими же интервалами уровней за прогнозируемый период 30 лет (10957 сут.).

По топографической карте с помощью кривой $V=f(H_B)$ определяем глубину и среднюю скорость потока на расчетной вертикали для всех частных интервалов уровней воды.

Вычисляем число Фруда. По формулам (9.9) или (9.10) определяем высоту гряд $h_r$ для каждого интервала уровней воды и относительную высоту гряд при высоте мезоформ $\Delta$=2,5 м.

По зависимости (9.31) или номограммам (рисунок 9.4) определяем скорость смещения побочня для частных интервалов уровней воды, а по формуле (9.32) — смещение побочня за прогнозируемые интервалы времени с соответствующими интервалами уровней воды.

Таблица 9.5 — Расчет смещение побочня $L_\Delta$ за 30 летний период в поперечном сечении «15» при различных исходных данных

| Интервал уровней воды, м | Число случаев $m_i$, сут | Частота повторяемости уровня воды $P$* | Число случаев за расчетный период $\delta\Gamma_i$, сут | Глубина потока $H$, м | Средняя скорость на вертикали $V$, м/с | Число Фруда | Высота гряд $h_\Gamma$, м | Отно-ситель-ная высота микро-форм, $h_\Gamma/\Delta$ | Скорость пере-мещения мезо-форм, $C_\Delta$, м /сут | Величина смещения побочня $C_\Delta\delta T$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Пример 1 | | | | | | | | | | |
| 600,0 – 600,6 | 4000 | 0,219 | 2399 | 0,6 | 0,90 | 0,37 | 0,15 | 0,06 | 2,37 | 5686 |
| 600,6 – 601,4 | 1800 | 0,098 | 1074 | 1,4 | 1,10 | 0,30 | 0,34 | 0,14 | 3,80 | 4081 |
| 601,4 – 602,3 | 300 | 0,016 | 175 | 2,3 | 1,30 | 0,27 | 0,43 | 0,17 | 4,75 | 631 |
| 602,3 – 603,5 | 20 | 0,001 | 11 | 3,5 | 1,30 | 0,22 | 0,55 | 0,22 | 2,66 | 29 |
| Сумма Σ | | | | | | | | | | 10427 |
| Пример 2 | | | | | | | | | | |
| 151,5 – 152,0 | 2200 | 0,100 | 1096 | 2,0 | 0,70 | 0,15 | 0,40 | 0,08 | 0,16 | 175 |
| 152,0 – 152,8 | 1400 | 0,065 | 712 | 2,8 | 0,85 | 0,16 | 0,48 | 0,10 | 0,32 | 228 |
| 152,8 – 153,8 | 480 | 0,022 | 229 | 3,8 | 0,85 | 0,14 | 0,58 | 0,11 | 0,22 | 50 |
| 153,8 – 154,5 | 160 | 0,007 | 77 | 4,5 | 0,90 | 0,14 | 0,65 | 0,13 | 0,28 | 21 |
| 154,5 – 155,8 | 50 | 0,002 | 22 | 5,8 | 1,10 | 0,15 | 0,78 | 0,15 | 0,47 | 10 |
| 155,8 – 156,7 | 20 | 0,001 | 11 | 6,7 | 1,10 | 0,14 | 0,87 | 0,17 | 0,47 | 5 |
| Сумма Σ | | | | | | | | | | 489 |

Суммарное смещение побочня за прогнозируемый период в 30 лет в данном примере составляет $L_\Delta$=10427 м.

Отношение суммарного смещения побочня к длине побочня $L_\Delta/L_{мез.}$=7,4>1.

**9.3.2.** Пример 2 — Определить смещение побочня за 30 лет и схему проектирования перехода трубопровода в поперечном сечении «15» (см. рисунок 9.5).

Исходные данные для расчетной вертикали:

- кривая $V=f(H_B)$;
- средняя крупность донных наносов $d$ = 0,3 мм;
- ширина реки $B$ = 1200 м;
- длина побочня 5000 м;
- высота побочня 5,0 м;
- период наблюдений за уровнем воды составляет 60 лет (21915 сут).

На основании русловой съемки, таблицы 9.2, данных об уровнях воды и кривой $V=f(H_B)$ находим критическое значение уровня воды $H_B$ =151,5 м, выше которого частицы донных наносов крупностью 0,3 мм находятся в состоянии движения.

Единый ряд данных суточных уровней воды за все годы наблюдений выше значения 151,5 м делим на шесть интервалов.

Дальнейшая процедура расчетов аналогична примеру 1. Результаты расчета сведены в таблицу 9.5.

Суммарное смещение побочня за прогнозируемый период составляет 489 м. Отношение $L_\Delta/L_{мез.}$= 0,1.

## 9.4. Прогнозирование плановых деформаций русла

**9.4.1.** Прогноз плановых деформаций излучин меандрирующего русла на заданный срок составляется на основании экстраполяции значений смещения берегов русла, определяемых совмещением планов русла, выполненных с интервалом не менее 5–7 лет (достоверность прогноза существенно возрастает при наличии трёх разновременных съемок, в том числе одной на момент проектирования перехода).

**9.4.2.** Совмещение планов выполняется по координатной сетке или по не изменяющим своего положения деталям местности.

**9.4.3.** Характер установленных при совмещении съемок зон плановых деформаций должен сопоставляться с фактическими деформациями (в ходе морфологического обследования участка русла при низких уровнях воды) по следующим признакам:

- зонам размыва должна соответствовать четко выраженная бровка берега, крутой береговой откос, лишенный растительности, со следами недавних обрушений;
- зонам намыва должны соответствовать сглаженные бровки берега, пологое очертание берегового откоса;
- должны быть опознаны на каждом из совмещенных планов наиболее характерные морфологические элементы, такие, как вершины и точки перегиба линий бровок вогнутого и выпуклого берегов, гребни и подвалья мезоформ и т.п.

Экстраполируя смещение характерных точек русла по направлению и по числовому значению, получают положение русла на прогнозируемый срок. При этом необходимо принимать во внимание обстоятельства, способные изменить характер русловых деформаций, в частности приближение излучины к коренному склону долины или останцу, образование спрямляющих протоков на смежных излучинах и др.

**9.4.4.** Оправдываемость прогноза следует считать тем выше, чем надёжней исходные планы и их совмещение, подробнее освещён русловыми съёмками предыдущий ход развития излучины, меньше вариация интенсивности планового перемещения излучины за период совмещения съемок и прогнозируемый период, продолжительней по сравнению с периодом колебаний водности срок прогноза и промежутки времени между следующими друг за другом исходными русловыми съемками.

**9.4.5.** При отсутствии съемок предшествующих положений данного участка (излучины), но наличии подобных материалов по одной или нескольким излучинам рассматриваемого морфологически однородного участка прогноз плановых деформаций составляется следующим образом.

Границы зон плановых деформаций меандрирующих русел устанавливают при морфологическом обследовании участка перехода по указанным в п. 9.4.3 признакам и на основании русловой съемки по смещению линии наибольших глубин относительно геометрической средней линии русла (в любом створе, нормальном к осевой линии русла, берега перемещаются от средней линии в сторону линии наибольших глубин).

Смещение $L_б$ береговой линии в произвольном створе данной излучины вычисляется по формуле

$$L_б = kC_{макс}T_{пр}(H_{макс}-H)/(H_{пл}-H). \quad (9.35)$$

где $H_{макс}$ — наибольшая глубина в расчетном поперечнике; $H_{пл}$ — наибольшая глубина в пределах всей излучины; $H$ — средняя глубина двух смежных перекатов (глубины должны быть приведены к одному уровню); $T_{пр}$ — период прогноза (проектный срок эксплуатации сооружений); $k$ — коэффициент скорости развития излучины, зависящий от степени ее развитости (угла разворота $\alpha_0$), и определяемый по таблице 9.6.

Таблица 9.6

| $\alpha_0$ | 10 | 20 | 30 | 40 | 55 | 70 | 85 | 100 | 125 | 170 | 215 | 240 | 260 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $k$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |

Входящая в формулу (9.35) максимально возможная для рассматриваемого морфологически однородного участка скорость плановых деформаций $C_{макс}$ вычисляется по формуле

$$C_{макс} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(C_{макс\,i}/k_i\right)}{n_и}, \quad (9.36)$$

где $C_{макс}$ — наибольшая скорость смещения берегов в пределах каждой излучины, для которой имеются данные совмещения русловых съемок. Средняя по периметру вогнутого берега скорость размыва берега каждой излучины составляет 0,66 наибольшей на данной излучине; $k_i$ — значения коэффициента скорости развития соответствующей излучины $i$, полученные по таблице 9.6; $n_и$ — число излучин, по которым имеются данные совмещений.

**9.4.6.** При полном отсутствии данных по смещению берегов в пределах рассматриваемого участка следует использовать материал по другой реке, которую можно рассматривать в качестве аналога. В качестве аналога следует использовать реку с тем же типом руслового процесса в том же регионе, а для определения скоростей деформаций — связь с определяющими факторами при данном типе руслового процесса (приложение Г).

**9.4.7.** На вогнутых берегах излучин меандрирующих рек, как правило, не следует предусматривать капитального берегоукрепления с целью предотвращения или замедления темпов естественных плановых деформаций русла.

## 10. Построение ППР русел равнинных рек при траншейном способе прокладки перехода трубопровода

**10.1.** Построение линии предельного размыва русла за период эксплуатации трубопровода в поперечном течении реки в створе перехода следует выполнять на основе учета типа руслового процесса по материалам топографических, гидрологических и инженерно-геологических изысканий и выполнения расчетов и прогнозов плановых и высотных деформаций дна с оценкой их точности, а также на основании учёта конструктивных решений перехода.

**10.2.** При ленточно-грядовом и побочневом типах руслового процесса прогнозируемый профиль предельного размыва строят с учётом только высотных деформаций дна. При остальных типах руслового процесса наряду с глубинными деформациями следует учитывать факторы наличия поймы и плановые смещения берегов русла.

**10.3.** Основой для определения глубинных деформаций при разных типах руслового процесса наряду со съёмками прежних лет должны служить русловые съёмки участка перехода, выполненные при изысканиях. Линию глубинных деформаций в створах переходов трубопроводов траншейным способом строят в следующем порядке:

- на основании совмещения планов разных лет съёмки, поперечных профилей или расчётным путём определяют вероятность и темпы смещения русловых мезоформ, плёсовых лощин, перекатов и длину участка совмещения $L_{совм}$;
- совмещают на одном чертеже поперечные профили русла для участка выше створа перехода (за исключением участков меандрирующих рек с развитыми излучинами);
- по наинизшим отметкам совмещённых профилей проводят огибающую линию глубинных деформаций (размывов), обусловленных предполагаемым смещением плёсовых лощин с вышерасположенного участка реки в створ перехода за многолетний период;
- на основании материалов годичного цикла изысканий или расчётным путём определяют значение сезонных деформаций;
- строят прогнозируемый профиль суммарных (многолетних и сезонных) размывов дна.

**10.4.** Для рек шириной менее 50 м с сокращённым объёмом изысканий совмещения поперечных профилей русла и построения огибающей линии глубинных деформаций не требуется. Вместо этого определяют наибольшую глубину по продольному профилю русла в пределах данной макроформы. Плановые деформации определяются совмещением планов разных лет съёмки, в соответствии с п. 10.3.

**10.5.** При ленточно-грядовом и побочневом типах руслового процесса поперечники следует совмещать по осевой (средней геометрической) линии русла.

При ограниченном меандрировании поперечники, включающие русло и пойму, следует совмещать по средней линии пояса меандрирования.

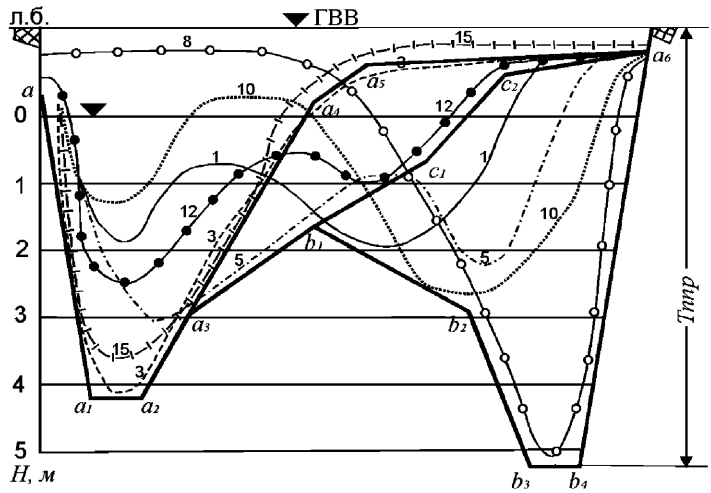
**10.6.** Длину (в метрах) участка русла с ленточно-грядовым, побочневым или осерёдковым типами, в пределах которого выполняется совмещение поперечных профилей, следует принимать по зависимости

$$L_{совм} = k_з C_{пр} T_{пр}, \qquad (10.1)$$

где $C_{пр}$ — средняя прогнозируемая скорость смещения характерных точек русловых мезоформ или других фрагментов руслового рельефа (гребень переката, подвалье плёса и т.д.), определяемая на основании совмещения разновременных русловых съёмок по формуле (9.31) или по реке-аналогу, м/год; $T_{пр}$ — расчётный срок прогнозирования, включающий время проектирования и строительства, год; $k_з$ — коэффициент запаса, зависящий от достоверности определения $C_{пр}$,

принимаемый для интервала совмещения более 10 лет равным 1,2, а для интервала менее 10 лет, а также для значений $C_{пр}$, полученных расчётом или по объекту-аналогу, равным 2.

**10.7.** Прогнозируемый предельный профиль размыва русла при побочневом, осерёдковом и ленточно-грядовом типах руслового процесса необходимо строить с учётом скорости смещения мезоформ и длины участка совмещения, определяемой по формуле (10.1) и по схемам, представленным на рисунке 10.1.




1 — между поперечниками 8-15 aa1a2a3b1b2b3b4a6;
2 — между поперечниками 12-15 aa1a2a3b1c1c2a6;
3 — между поперечниками 14-15 aa1a2a3a4a5a6;
ГВВ — уровень воды, соответствующий уровню бровок русла;
Местоположение поперечников показано на рисунке 9.5.

Рисунок 10.1 — Прогнозируемые поперечные профили русла

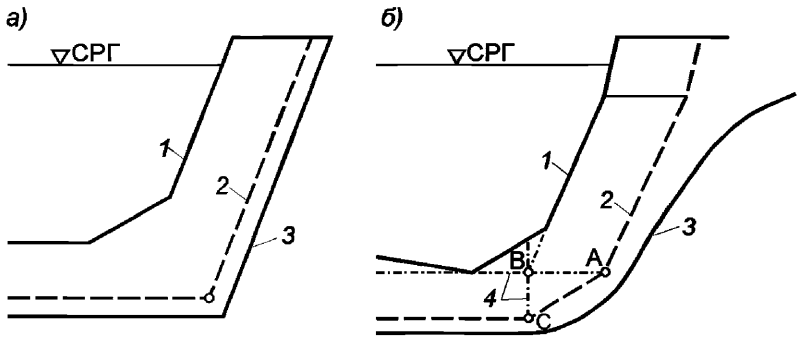
В соответствии с Примером 1 (10.3.1) при $L_{\Delta}/L_{мез}>1$ трубопровод следует проектировать по схеме $aa_1a_2a_3в_1в_2в_3в_4a_6$ (рисунок 10.1). При $L_{\Delta}/L_{мез}>1$ (Пример 2) трубопровод следует проектировать по схеме $aa_1a_2a_3a_4a_5a_6$ (рисунок 10.1).

**10.8.** Для свободно меандрирующих рек профиль предельного размыва русла строится в следующем порядке (рисунок 10.2):

— на поперечном профиле русла в створе перехода проводят линию, параллельную существующей линии берега и подводного берегового склона, смещённую относительно неё в направлении размыва на расчётную величину $L_{бр}$;

— на уровне, соответствующем наинизшей отметке прогнозируемого глубинного размыва, проводят горизонтальную линию.

Сопряжение прогнозируемых линий глубинного и берегового размывов выполняют с учётом трассировки трубопровода. При трассировке трубопровода по радиусу искусственного гнутья линии продолжают до их взаимного пересечения (чертеж а) на рисунке 10.2). При трассировке трубопровода по радиусу естественного упругого изгиба (чертеж б) на рисунке 10.2) линию размыва (от-




а) — при трассировке трубопровода с кривой искусственного гнутья,
б) — при трассировке трубопровода по радиусу упругого изгиба;
1 — линия естественного дна, 2 — линия прогнозируемого размыва русла, 3 — дно траншеи,
4 — вспомогательные кривые построения прогнозируемого ППР.

Рисунок 10.2 — Схема построения прогнозируемого ППР русла для свободномеандрирующих рек

ступления берега) с номером 2 продолжают до пересечения с горизонтальной линией *4*, проведённой на уровне самой низкой отметки существующего дна (точка *А*). Линию глубинного размыва с номером 1 продолжают до вертикали, проведённой через точку *В* до пересечения характерной линии существующего берегового склона с горизонтальной линией на уровне самой низкой отметки существующего дна (точка *С*). Крайние точки *С* и *А* линии глубинного размыва и отступления берега соединяют прямой линией.

**10.9.** При сокращённом объёме изысканий для рек ленточно-грядового и побочневого типов, а также для ограниченного меандрирования профиль предельного размыва строят в порядке, аналогичном указанному в 10.8.

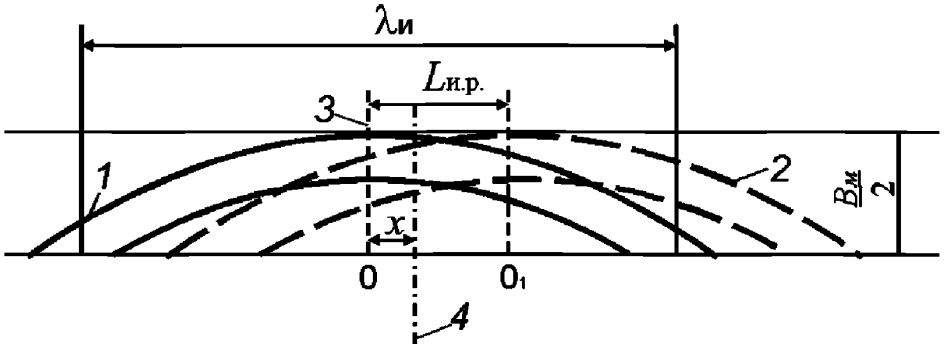
**10.10.** Отступление бровок обоих берегов при ленточно-грядовом и побочневом типах руслового процесса $L_б$ принимается равным не менее 20 м и определяется по формуле

$$L_б=(B_{макс}-B_{ств})/2, \qquad (10.2)$$

где $B_{макс}$ — максимальная ширина русла между бровками берегов на участке длиной $L_{совм}$, определяемом в соответствии с п. 10.6; $B_{ств}$ — ширина русла между бровками берегов в проектном створе.

**10.11.** Отступление бровки размываемого берега за прогнозируемый период при ограниченном и свободном меандрировании (для излучин с углом разворота менее 50°) следует определять графическим или аналитическим способом. При графическом способе (рисунок 10.3) совмещают по общим ориентирам разновременные съёмки излучины, измеряют смещение излучины $L_и$ за период между съёмками $t$, далее смещают план участка более поздней съёмки относительно первоначального положения излучины на величину $L_{и.р}=L_и T_{пр}/t$, где $T_{пр}$ — продолжительность прогнозируемого периода.

При аналитическом способе следует использовать данные о скорости сползания излучины $C_и$ по участку (или реке-аналогу). Расчетное смещение излучины $L_{и.р}$ за прогнозируемый период $T_{пр}$ следует рассчитывать по формуле




$L_u$ — смещение излучины, $L_{u.p}$ — расчетное смещение излучины,
$B_м$ — ширина пояса меандрирования, расстояние по перпендикуляру между касательными к вершинам смежных излучин; $x$ — расстояние от вершины излучины до створа перехода;
1 — положение излучины в начальный момент;
2 — положение излучины на конец периода;
3 — ось симметрии излучины в первоначальном положении;
4 — проектный створ;

Рисунок 10.3 — Схема смещения излучины при ограниченном меандрировании

$$L_{u.p}=\alpha C_u T_{пр}, \qquad (10.3)$$

где $\alpha$ — коэффициент запаса, равный 1,5, если аналогом является участок данной реки, и равный 2,0, если аналогом является участок другой реки.

Смещение бровки берега в створе перехода $L_б$ за прогнозируемый период $T_{пр}$ определяют в соответствии со схемой (см. рисунок 10.3) и с помощью графиков, представленных на рисунках 10.4, 10.5. Для определения величины $L_б$ необходимо значения $L_б/B$, полученные по графикам (рисунки 10.4, 10.5), умножить на ширину пояса меандрирования $B_м$.

При расположении створа перехода ниже по течению от вершины излучины на расстоянии, меньшем половины расчётного смещения излучины $L_{u.p}$, следует

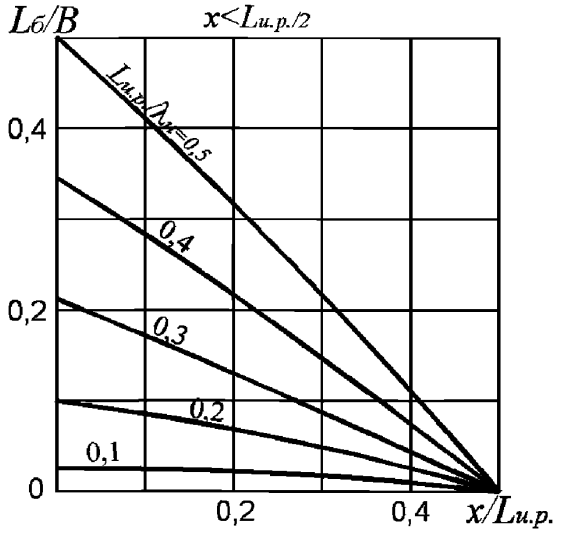
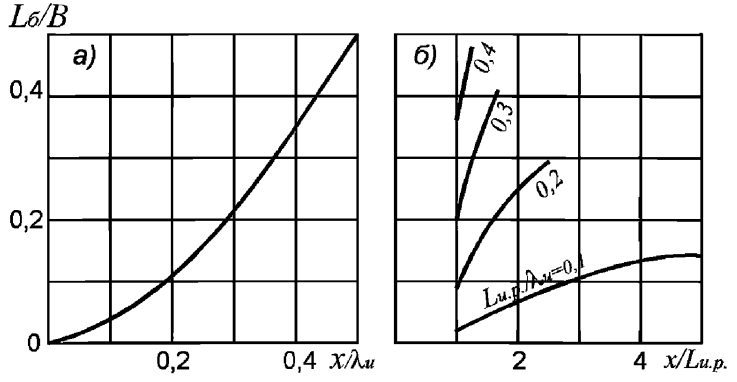



Рисунок 10.4 — Графики относительного размыва выпуклого берега в зависимости от расстояния проектного створа до вершины излучины при различных темпах смещениях излучины




*а*) $L_{и.р.}/2<x<L_{и.р.}$; *б*) $L_{и.р.}<x$; $x$ — расстояние от вершины излучины до створа перехода.

Рисунок 10.5 — Графики относительного размыва вогнутого берега

учитывать размыв обоих берегов, а при большем расстоянии — только размыв вогнутого берега.

**10.12.** При русловой и пойменной многорукавности с устойчивыми островами профиль предельного размыва строят отдельно для каждого разветвления русла по схеме, близкой к побочневому типу или меандрированию в соответствии с характером развития рукава.

**10.13.** Дополнительные деформации дна $\Delta_I$, обусловленные переформированием русловых микроформ (гряд), определяют из выражения

$$\Delta_I = 0{,}1k_I(H_{5\%}-H), \qquad (10.4)$$

где $k_I$ — коэффициент, учитывающий возможные отклонения фактической высоты гряд от расчётных значений, принимаемый равным 1,3; $H_{5\%}$ — глубина на расчётной вертикали при уровне воды 5%-ной обеспеченности; $H$ — глубина на этой вертикали на момент русловой съёмки.

**10.14.** Полученный прогнозируемый профиль предельного размыва русла на участке перехода совмещают с поперечным профилем русла в проектном створе, на который наносят границы залегания трудноразмываемых грунтов (базального слоя), если они обнаружены при инженерно-геологических изысканиях.

Окончательный профиль предельного размыва дна в створе перехода с выходами трудноразмываемых пород грунта на отметках выше прогнозируемого профиля многолетних и сезонных деформаций дна, следует проводить по границе трудноразмываемых пород.

## 11. Построение ППР русел равнинных и горно-предгорных рек в случае прокладки трубопровода методом наклонного бурения

### 11.1. Основные параметры ППР

**11.1.1.** Под поперечным профилем предельного размыва (ППР) русла реки понимается профиль с предельно низкими отметками в поперечнике, которые

может занять река в течение расчётного времени эксплуатации водного перехода магистрального трубопровода.

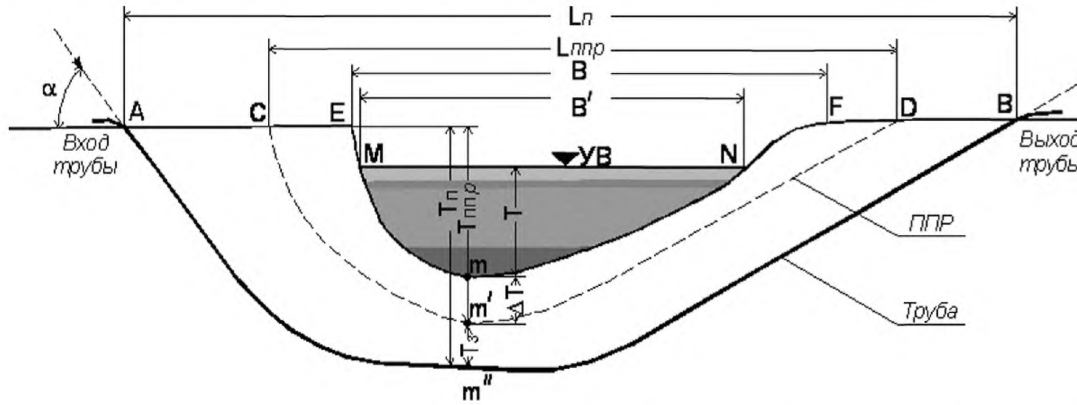
**11.1.2.** Наибольшую угрозу трубопроводу при пересечении реки методом наклонного бурения представляют деформации берегов русла в направлении к точкам входа (*A*) и выхода (*B*) трубы и размывы дна в направлении к верхней образующей туннеля ($m''$) — рисунок 11.1.

Положение трубопровода в туннеле (скважине), выполненном методом наклонного бурения, будет устойчивым по условиям размыва русла в течение расчётного времени эксплуатации перехода $t_Э$, если длина ППР будет меньше, чем длина перехода, т.е. $L_{ППР}<L_П$, а максимальная глубина ППР будет меньше, чем максимальная глубина перехода, т.е. $T_{ППР}<T_П$ (рисунок 11.1).

Расстояние от бровок существующего (*AE, FB*) или прогнозируемого (*AC, DB*) берегов до точек входа и выхода нитки трубопровода не может быть задано произвольно, также как и толщина грунта между существующим ($mm''$) и прогнозируемым ($m'm''$) дном реки и верхней образующей туннеля (рисунок 11.1).

**11.1.3.** Указанные выше расстояния определяются следующими факторами: типом руслового процесса (схемой деформаций) участка реки; интенсивностью русловых деформаций; строением и составом слагающих дно долины геологических пород; технологическими требования производства работ.

Знание типа руслового процесса позволяет установить схему и количественные значения деформаций дна и берегов реки, а также наметить оптимальный створ перехода. В Разделе 5 приведены опознавательные признаки типов руслового процесса рек и качественные характеристики их глубинных и плановых деформаций (направление деформаций, тенденция их развития).




$L_П$ — длина перехода,
$L_{ППР}$ — длина ППР,
$B$ — ширина реки в бровках,
$B'$ — ширина реки на момент съемки,
$T_П$ — глубина перехода,
$T_{ППР}$ — максимальная глубина ППР,
$T_З$ — глубина грунта между ППР и туннелем,
$T$ — максимальная глубина реки на момент съемки,
$\Delta T$ — глубина размыва между дном реки и ППР,
$m$, $m'$, $m''$ — отметки точек максимальных глубин соответственно: на момент съемки, предельного размыва русла и верхней образующей скважины в точке его максимального заглубления;
$\alpha$ — угол входа трубы,
$\beta$ — угол выхода трубы,
*УВ* — урез воды в реке.

Рисунок 11.1 — Параметры ППР в створе перехода трубопровода при пересечении реки методом наклонного бурения

**11.1.4.** Интенсивность деформаций определяется гидрологическим режимом реки, влиянием на него сооружений и другой техногенной деятельности на реке, форс-мажорными обстоятельствами, геологическими условиями.

Снижение величины и интенсивности деформаций дна и берегов реки может быть достигнуто выбором и инженерной стабилизацией створа перехода.

**11.1.5.** Геологические породы и явления (тектонические, оползневые и др.), выявленные в процессе специальных геотехнических изысканий, могут оказать существенное влияние на величину расстояний, показанных на рисунке 11.1.

Расстояния *AC* и *DB* (рисунок 11.1) определяются с учетом условий производства работ при бурении тоннеля, протаскивании трубы и размещении хозяйства бурового раствора.

**11.1.6.** Прогнозу и расчёту ППР в створе перехода трубопровода должна предшествовать оценка общих тенденций естественного и антропогенного изменения участка реки на расстоянии длиной в несколько макроформ или русловых мезоформ, в зависимости от типа руслового процесса.

Антропогенные изменения, вызванные влиянием гидротехнических сооружений на русловой режим участка перехода трубопровода, должны учитываться в соответствии с принципами взаимодействия руслового процесса и активных и пассивных сооружений (приложение А).

При оценке влияния активных и пассивных сооружений на характер и интенсивность русловых деформаций в створах переходов следует учитывать, что:

- зона влияния на русловой процесс сооружений I категории простирается по реке выше и ниже их местоположения, захватывая участки реки, состоящие из нескольких макроформ;
- зона влияния на русловой процесс сооружений II категории ограничивается одной макроформой или несколькими мезоформами;
- возведение в реке пассивных сооружений не приводит к изменению русловых макроформ и мезоформ, а вызывает лишь перестройки русловых микроформ в непосредственной близости от сооружения или в его пределах.

После строительства перехода методом наклонного бурения на его участке водопользователем, эксплуатирующим переход, должно быть организовано проведение мониторинга водного объекта и сооружения, что следует предусматривать в проекте перехода.

## 11.2. Этапы построения профиля предельного размыва русла

**11.2.1.** Основными расчётными параметрами ППР при пересечении реки трубопроводом методом наклонного бурения являются его максимальная длина $L_{ППР}$ и максимальная глубина $T_{ППР}$ (рисунок 11.1).

Определение количественных значений этих параметров производится в три этапа:

первый этап — определение ориентировочных значений, используемых при назначении трассы трубопровода и выборе участков рек для их пересечения трубопроводом;

второй этап — определение количественных значений $L_{ППР}$ и $T_{ППР}$, характерных для морфологически однородного участка реки, пересекаемого трассой;

третий этап — определение значений параметров для конкретного створа перехода, т.е. разработка прогноза деформаций речного русла в створе перехода на весь расчётный срок эксплуатации перехода.

## 11.3. Определение ориентировочных значений параметров ППР (I этап)

**11.3.1.** На данном этапе определения значений основных параметров профиля предельного размыва длина ППР $L_{ППР}$ должна приниматься равной максимальной ширине пояса руслоформирования

$$L_{ППР} = B_{ПР},$$

где $B_{ПР}$ — расстояние между линиями, касательными к зонам максимальных деформаций на противоположных берегах реки.

**11.3.2.** Для меандрирующих рек пояс руслоформирования равен поясу меандрирования

$$B_M = B_{ПР},$$

где $B_M$ — расстоянию между касательными линиями, проведёнными через вершины противоположно направленных смежных излучин, находящихся в завершающей стадии развития.

Для рек с пойменной многорукавностью пояс руслоформирования является зоной между линиями, касательными к зонам максимальных деформаций крайних проток у противоположных бортов долины с учётом возможного развития излучин в этих протоках.

**11.3.3.** Для каждого типа руслового процесса установлена связь между шириной пояса руслоформирования $B_{ПР}$ и шириной русла реки между пойменными бровками В. Значения $B_{ПР}$ и $B$, осреднённые по многим генетически однородным участкам (типам руслового процесса) многих рек и отклонение $B_{ПР}$ от среднего значения в виде среднего квадратического отклонения $\delta_{B_{пр}/B}$ представлены в таблице 11.1.

Таблица 11.1

| Тип руслового процесса | $B_{ПР}/B$ | $\delta_{B_{пр}/B}$ |
|---|---|---|
| Свободное меандрирование | 8,86 | 2,53 |
| Незавершённое меандрирование | 5,67 | 1,35 |
| Пойменная многорукавность | 5,58 | 1,85 |
| Ограниченное меандрирование | 3,41 | 0,71 |
| Побочневый тип | 1,18 | 0,24 |
| Русловая многорукавность | 1,01 | 0,05 |

**11.3.4.** Поскольку длине профиля предельного размыва на данном этапе расчётов должны придаваться максимальные значения, то $L_{ППР}$ должна устанавливаться как средняя ширина пояса руслоформирования для данного типа руслового процесса плюс среднее квадратическое отклонение в соответствии с таблицей 11.1.

**11.3.5.** Определённые по таблице 11.1 значения $L_{ППР}$ должны использоваться при назначении новой трассы трубопровода и при определении приоритетов различных участков рек (с разным типом руслового процесса) при выборе участка и створа перехода и определении метода строительства перехода (траншейного, воздушного, методом наклонного бурения или комбинированного).

**11.3.6.** При невозможности выбора участка реки с типом руслового процесса, для которого характерен узкий пояс руслоформирования (побочневый тип руслового процесса или ограниченное меандрирование), и неизбежности пересечения реки на участке с широким поясом руслоформирования, следует планировать проведение детальных предпроектных гидрометеорологических изысканий для разработки точного прогноза развития русла реки, её приток и пойменных массивов на расчётный срок эксплуатации перехода.

В таких случаях створ перехода $L_{ППР}$, точки входа и выхода туннеля устанавливаются только после проведения третьего этапа расчётов, после разработки указанного прогноза.

**11.3.7.** Для уменьшения значения $L_{ППР}$ на участках рек с широкой зоной руслоформирования следует предусматривать инженерные мероприятия по стабилизации русла реки или сужению зоны руслоформирования. К этим мероприятиям относятся локальное берегоукрепление, обвалование поймы, укрепление спрямлений излучин и некоторые другие.

При проектировании этих мероприятий также должны быть проведены предварительные оценки и расчёты второго и третьего этапов.

## 11.4. Определение значений параметров ППР русла для морфологически однородного участка реки и для конкретного створа перехода (II и III этапы)

**11.4.1.** На II и III этапах определения количественных значений основных параметров профиля предельного размыва русла ($L_{ППР}$ и $T_{ППР}$) построение профиля предельного размыва русла следует выполнять с учётом типа руслового процесса на основании материалов топографических, гидрологических и инженерно-геологических изысканий, производства расчётов и прогнозов плановых и высотных деформаций дна и берегов русла реки, а также динамики его пойменных массивов.

**11.4.2.** Морфологически однородными участками следует считать протяжённые участки рек, в пределах которых тип крупных русловых форм, а следовательно и характер, и схема основных деформаций речного русла и поймы не претерпевают существенных изменений. Морфологически однородный участок реки — это участок реки не только с одним типом руслового процесса, но и с относительно устойчивыми в пределах участка величинами измерителей доминирующих речных русловых форм.

**11.4.3.** Материалы топографических, гидрологических и инженерно-геологических изысканий, а также картографические и топографические материалы, необходимые для производства оценок, расчётов и прогнозов плановых и высотных деформаций дна и берегов водных объектов, а также динамики их пойменных массивов следует собирать в пределах всего морфологически однородного участка реки, на котором намечен створ перехода.

**11.4.4.** Методы и приёмы определения количественных значений основных параметров профиля предельного размыва ($L_{ППР}$ и $T_{ППР}$), характерных для морфологически однородного участка, а также методы и способы построения ППР русла в створе перехода определяются типом руслового процесса на участке.

**11.4.5.** При побочневом типе и русловой многорукавности плановые деформации русел рек носят нерегулярный знакопеременный характер и имеют незначительную амплитуду. Поэтому ширина пояса руслоформирования или длина профиля предельного размыва, характерная для морфологически однородного участка, при данных типах руслового процесса может быть определена по формуле:

$$B_{ПР} = L_{ППР} = (1{,}2 \div 1{,}3)B, \qquad (11.1)$$

где $B$ — средняя для морфологически однородного участка ширина русла реки в пойменных бровках.

**11.4.6.** Ширина пояса руслоформирования или длина профиля предельного размыва русла для конкретного створа перехода при ленточно-грядовом и побочневом типах руслового процесса определяется по этой же формуле, только величина $B$ определяется, как средняя ширина русла реки в пойменных бровках, на участке, расположенном от створа перехода вверх по течению. Длина этого участка определяется по формуле:

$$L = t_{Э}C, \qquad (11.2)$$

где $C$ — скорость смещения мезоформ (ленточных гряд и побочней), определяемая по совмещённым русловым съёмкам или крупномасштабным картам или лоциям за разные годы или расчётными методами (см. 9.2.3) (м/год); $t_{Э}$ — расчётное время эксплуатации перехода.

**11.4.7.** Величины $B_{ПР}$ для морфологически однородного участка и для створа перехода при побочневом типе руслового процесса должны иметь близкие значения. В случае значительных расхождений этих значений следует провести дополнительный анализ по определению причин этого различия.

**11.4.8.** Величину $T_{ППР}$ при побочневом типе руслового процесса определяют по совмещённым поперечным профилям русла реки в пределах пойменных бровок. Поперечники следует совмещать по осевой (средней геометрической) линии русла. Совмещаемые поперечники должны равномерно освещать всю амплитуду колебаний отметок дна на участке от створа перехода вверх по течению. Длина этого участка определяется по формуле (11.2).

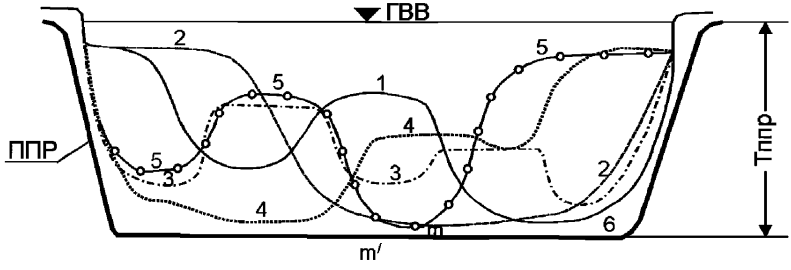
Методика проведения поперечников, совмещения поперечных сечений и проведения профиля предельного размыва русла для створа перехода при побочневом типе руслового процесса представлены на рисунке 9.5. При этом следует обратить внимание, что при этом типе руслового процесса максимальные глубины наблюдаются не по оси русла, а попеременно у обоих берегов, что должно быть учтено при назначении профиля бурения.

**11.4.9.** Для учёта возможных сезонных деформаций речного русла и параметров микроформ при движении донных наносов в паводок при данном типе руслового процесса величину $T_{ППР}$, определённую по совмещённым поперечным сечениям, следует увеличить на 0,5 метра.

**11.4.10.** При русловой многорукавности (осерёдковый тип руслового процесса) и пойменной многорукавности створ перехода следует назначать в местах сужения долины. В связи с этим, при данных типах процесса определение ширины пояса руслоформирования для морфологически однородного участка не требуется.

**11.4.11.** Ширина пояса руслоформирования в створе перехода при русловой многорукавности, соответствующая ширине паводочного русла на участке сужения долины, определяется по аэрофотопланам и крупномасштабным картам.

**11.4.12.** Максимальная глубина профиля предельного размыва при русловой многорукавности (осерёдковом типе руслового процесса) определяется аналогично побочневому типу руслового процесса, т.е. по совмещённым поперечникам паводочного русла. При этом профиль бурения устанавливается с учётом того, что при русловой многорукавности (осерёдковом типе процесса) определённая вышеуказанным методом максимальная глубина равновероятна по всему поперечному сечению. Пример проведения профиля предельного размыва паводочного русла при осерёдковом типе процесса показан на рисунке 11.2.




1-5 — совмещенные поперечные профили русла;
ГВВ — уровень воды, соответствующий уровню бровок русла.

Рисунок 11.2 — Прогнозируемый поперечный профиль размыва русла (6) на участках рек с ленточно-грядовым и осередковым типами руслового процесса

**11.4.13.** Ширину пояса руслоформирования в створе перехода при пойменной многорукавности определяют по крупномасштабным картам или аэрофотопланам, как расстояние между крайними пойменными бровками крайних рукавов многорукавного русла, вне зависимости от водности этих рукавов в момент съемки с учётом прогноза возможного развития этих рукавов по одной из схем меандрирования.

**11.4.14.** В общем случае максимальную глубину ППР русла при пойменной многорукавности ($T_{ППР}$) определяют по совмещённым поперечникам пояса руслоформирования на участке сужения долины. Как правило, она соответствует глубине плёса на излучине максимальной степени развитости на участке сужения долины. Также как и при русловой многорукавности, появление этой глубины за период эксплуатации перехода трубопровода равновероятно в любом месте поперечного сечения пояса руслоформирования в створе перехода.

Пример проведения профиля предельного размыва при пойменной многорукавности представлен на рисунке 11.3.

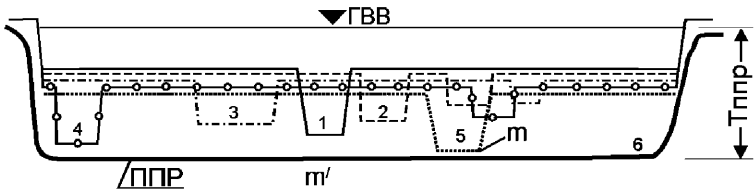



Рисунок 11.3 — Прогнозируемый поперечный профиль размыва русла (6) на участках рек с пойменной многорукавностью.

**11.4.15.** Частные отклонения от общих принципов построения профиля предельного размыва русла при пойменной многорукавности и определение возможности использования комбинированного метода пересечения русла (траншейным или воздушными методом и методом наклонного бурения) устанавливаются только на основании детального исследования и прогноза динамики всех рукавов и пойменных массивов на участке перехода.

**11.4.16.** Ширина пояса руслоформирования и, следовательно, длина профиля предельного размыва при ограниченном меандрировании как для морфологически однородного участка, так и для створа перехода определяется по крупномасштабным картам или аэрофотопланам, как ширина поймы между незатопляемыми террасами.

**11.4.17.** Максимальная глубина профиля предельного размыва при ограниченном меандрировании определяется аналогично побочневому типу процесса, т.е. по совмещённым поперечникам. При этом, при ограниченном меандрировании поперечники должны включать русло и пойму, т.е. весь пояс руслоформирования. Совмещать поперечники следует по средней линии пояса руслоформирования (пояса меандрирования).

**11.4.18.** Длина участка совмещения поперечников при ограниченном меандрировании определяется по формуле

$$L = t_Э C, \qquad (11.3)$$

где $C$ — скорость сползания излучин по схеме (рисунок 8.1), определяемая при совмещении крупномасштабных карт за разные годы съёмки или по рекам-аналогам в данном регионе; м/год.

**11.4.19.** В тех случаях, когда период сползания излучин (время смещения излучины на полный её шаг) меньше расчётного срока эксплуатации перехода $t_Э$, длина профиля предельного размыва может быть уменьшена за счёт проведения створа перехода через точку перегиба излучин (рисунок 8.1) и приближения точки входа скважины к пойменной бровке со стороны выпуклого пойменного массива. Точное место входа скважины должно, в этих случаях, определяться только на основании детального прогноза развития и сползания конкретной пересекаемой излучины.

**11.4.20.** На морфологически однородном участке равнинной реки со свободным меандрированием при пересечении реки трубопроводом методом наклонного бурения местоположение створа перехода и значения параметров ППР ($L_{ППР}$ — длина ППР, $T_{ППР}$ — максимальная глубина ППР) на основании имеющихся материалов топографических, гидрологических и инженерно-

геологических изысканий рекомендуется устанавливать в следующем порядке:

- определяется ширина пояса меандрирования $B_M$ морфологически однородного участка, охватывающего 6–8 излучин;
- устанавливается максимальная глубина в плёсе на выбранном морфологически однородном участке при уровне затопления бровок пойменных берегов, которая при проектировании перехода методом наклонного бурения принимается как $T_{ППР}$ – максимальная глубина ППР;
- на основании совмещения планов участка русла разных лет съёмок, в том числе одной на момент проектирования перехода, выявляется характер развития и взаимодействия излучин;
- определяется средняя и наибольшая скорости планового смещения вогнутого берега каждой излучины в пределах морфологически однородного участка;
- на основании выявленных закономерностей развития всех излучин на исследуемом участке прогнозируется плановое положение русла на этом участке на расчётный срок эксплуатации перехода трубопровода;
- для перехода трубопровода выбирается подучасток, охватывающий три смежных излучины, с наименьшими плановыми деформациями для всего морфологически однородного участка.

  С учётом положения русла на прогнозируемый срок для рассматриваемого подучастка устанавливается длина предельного профиля размыва $L_{ППР}$. В этом случае $L_{ППР}$ будет значительно меньше ширины пояса меандрирования $B_M$ для всего морфологически однородного участка реки;
- в случае необходимости разрабатываются рекомендации и предложения по стабилизации русла на участке перехода;
- на участках равнинных рек со свободным меандрированием наименьшие плановые деформации русел наблюдаются, как правило, у мостовых переходов, вследствие стабилизации русел этим инженерным сооружением, и в пределах излучин, прижатых к одному из склонов долины. Поэтому данные подучастки следует рассматривать как приоритетные для расположения створа перехода трубопровода;
- уровень риска эксплуатации перехода трубопровода, пересекающего участок реки со свободным меандрированием достаточно высок, в силу значительных плановых деформаций русла и большой ширины пояса меандрирования на рассматриваемом участке реки, в связи с чем для разработки проекта и строительства перехода трубопровода методом наклонного бурения, равно как и прокладки линейной части трубопровода, на участке реки со свободным меандрированием необходимо выполнение детального анализа имеющихся картографических, геологических материалов, а также проведение детальных предпроектных полевых изысканий на рассматриваемом участке реки;
- прогноз плановых деформаций меандрирующего русла на заданный срок составляется на основании экстраполяции значений смещения бровок берегов, определяемых совмещением планов русла, полученных с интервалом не менее 5 лет. Достоверность прогноза существенно возрас-

тает уже при наличии трёх разновременных съёмок, в том числе одной на момент проектирования перехода;

- совмещение планов выполняется по координатной сетке или по не изменяющим своего положения деталям местности;
- метод прогнозирования горизонтальных деформаций свободномеандрирующих русел детально изложен в 9.4.5–9.4.6;
- надёжный прогноз смещения берега наиболее сложен как на слишком короткий, так и на слишком отдалённый срок. Недопустимо коротким считается срок, составляющий незначительную часть многолетнего цикла водности данной реки. Чрезмерно продолжительный срок сопоставим с полным периодом развития излучины (от слабой извилистости до состояния петли), в течение которого возможно воздействие на исследуемый процесс трудно предсказуемых факторов, переводящих деформации берегов в область случайных явлений и затрудняющих прогнозирование даже их направленности.

**11.4.21.** На участке равнинной реки с незавершённым меандрированием створ перехода трубопровода может располагаться как в основном русле, так и в спрямляющем протоке (рисунок 8.3). При выборе места створа перехода необходимо учитывать, что основное русло и спрямляющий проток проходят в своём развитии разные стадии, свойственные разным типам руслового процесса: побочневому, ограниченному меандрированию, свободному меандрированию.

Незавершённое меандрирование является разновидностью свободного меандрирования. Поэтому выбор створа перехода трубопровода на участке реки с незавершённым меандрированием и определение параметров профиля предельного размыва в створе этого перехода осуществляются в таком же порядке, как и при свободном меандрировании.

При изучении режима плановых деформаций излучины незавершённого меандрирования, в границах которой предполагается строительство перехода, особое внимание следует уделить процессу развития спрямляющего протока в пределах данной излучины, поскольку спрямляющий проток со временем может превратиться в главное русло, что свойственно данному типу руслового процесса.

В результате значительных планово-высотных деформаций русла на участке реки с незавершённым меандрированием уровень риска при эксплуатации перехода на этом участке, как и на участке реки со свободным меандрированием, относительно высок. В этой связи проектным работам должны предшествовать детальный анализ на основе детальных полевых изысканий.

Следует отметить, что строительство перехода на рассматриваемых участках реки в некоторых случаях может быть осуществлено комбинированным способом, а именно — траншейным способом и методом наклонного бурения.

**11.4.22.** При всех типах руслового процесса на участке перехода построенный профиль предельного размыва совмещают с поперечным профилем русла в проектном створе, на который наносят границы залегания трудноразмываемых грунтов (базального слоя), если они обнаружены при инженерно-геологических изысканиях.

Окончательный профиль предельного размыва дна в створе перехода с выходом трудноразмываемых пород на отметках выше прогнозируемого ППР следует проводить по границе трудноразмываемых пород.

## 12. Построения ППР русел горно-предгорных рек при траншейном способе прокладки перехода трубопроводов

**12.1.** Русловой процесс на реках горно-предгорной зоны, сложенных из крупного гравия, характеризуется рядом специфических особенностей:

- сильным проявлением ограничивающего фактора,
- непостоянным в течение года и в многолетнем разрезе транспортом донных наносов и соответственно активностью русла,
- неразвитостью и нестабильностью речных пойм,
- условиями образованиями русловых микро и мезоформ при значениях относительной гладкости потока $H/d \geqslant 30$,
- обильным расходом донных наносов и высокими темпами плановых и высотных деформаций во время паводков.

Как следствие, на участках рек горно-предгорной зоны с наиболее часто встречающимися в расширениях горных долин и при выходе из горной в предгорную зону типами руслового процесса (горная многорукавность, долинное блуждание) во время высоких паводков происходит полная переработка руслового и пойменного рельефа в зоне блуждания потока с равной вероятностью появления наибольших глубин в любой точке блуждания русла (см. разделы 5.10-5.11).

Исходя из изложенного построение ППР русел горно-предгорных рек и при траншейном способе укладке трубопровода выполняется по аналогии с методом, изложенным в разделе 11 (рисунки 11.2 и 11.3).

## 13. Оценка заносимости подводных траншей при строительстве подводных переходов

### 13.1. Проектно-технологические задачи

**13.1.1.** Отложение донных наносов в траншее при скоростях течения потока, превышающих неразмывающие, необходимо учитывать для решения следующих задач:

- определение проектной ширины траншеи по дну с учётом расчётного запаса на заносимость;
- определение объёма наносов, поступающих в траншею за время её разработки;
- определение минимальной производительности земснаряда из условий заносимости траншей;
- определение возможности укладки трубопровода способом протаскивания в условиях интенсивной заносимости подводной траншеи.

### 13.2. Расчётные методы определения заносимости траншей

**13.2.1.** Для расчётов заносимости подводной траншеи необходимо располагать следующими исходными данными:

- поперечными профилями дна реки и траншеи в створе перехода;
- данными о гранулометрическом составе проб донных отложений;

— результатами измерения (или расчёта) средних на вертикали скоростей течения потока в створе перехода при расчётном уровне воды. Измерения скоростей на вертикалях в период полевых изысканий следует выполнять при уровнях воды, близких к среднему рабочему уровню.

Скоростные вертикали необходимо располагать вблизи створа перехода.

Количество скоростных вертикалей определяется особенностями морфологического строения русла (формой поперечного сечения) и шириной реки.

Вместо точечных измерений скорости потока на вертикалях допускается измерение поля поверхностных скоростей поплавками с последующим пересчётом данных измерений на средние по вертикали скорости.

Пробы донных наносов следует брать одновременно с измерениями скорости течения на тех же промерных вертикалях.

**13.2.2.** Если подводные земляные работы выполняют при уровнях воды и скоростях течения, существенно отличающихся от указанных в проекте, то следует выполнить повторные расчёты заносимости траншей на стадии составления или уточнения проекта производства работ. Повторные расчёты выполняет строительная организация.

**13.2.3.** Расчёты заносимости траншеи в период строительства следует выполнять на основании измерений параметров потока (уровень, глубина, скорость течения) непосредственно перед началом или в период разработки траншеи. В отдельных случаях допускается расчёт этих параметров на основании краткосрочного гидрологического прогноза, охватывающего период работы на подводном переходе.

**13.2.4.** Заносимость подводной траншеи следует учитывать лишь при скоростях, превышающих неразмывающие значения для данной крупности донных наносов в соответствии с таблицами 9.2 и 9.3. Оценка форм транспорта наносов при заносимости подводных траншей производится в соответствии с разделом 9.

**13.2.5.** Неблагоприятные гидрологические условия при разработке подводной траншеи и укладке трубопровода в условиях интенсивного движения донных наносов следует учитывать увеличением ширины траншеи на значение расчётного запаса на заносимость $\Delta b_3$.

**13.2.6.** Значение расчётного запаса на заносимость (в метрах) следует определять для наиболее неблагоприятного участка траншеи, на котором расход наносов имеет максимальное, а глубина траншеи — минимальное значение. Запас на заносимость траншеи определяют по формуле

$$\Delta b_3=(q_T t_T)/h_T=C_B t_T, \qquad (13.1)$$

где $q_T$ — удельная интенсивность отложения наносов в расчётном сечении траншеи, м$^3$/сут; $t_T$ — время поступления наносов в расчётное сечение траншеи, сут; $h_T$ — глубина траншеи в расчетном поперечном сечении, м; $C_B$ — скорость смещения верхового откоса траншеи в процессе отложения наносов, м/сут.

**13.2.7.** К допустимой погрешности и способу определения величины $q_T$ предъявляются требования в зависимости от технологического параметра заносимости траншеи $a=(q_T t_T)/\omega_0$ и параметра формы траншеи $m_{OT}h_T/b_O$, где $m_{OT}$ — коэффициент заложения откоса; $b_O$ — ширина по дну без учёта заносимости; $\omega_0$ — площадь расчётного поперечного сечения траншеи.

При $\alpha \leqslant 0{,}1$ допускается определение $q_T$ расчётным способом для любых значений параметра $m_{OT}h_T/b_O$, если средняя скорость течения на вертикали определена с относительной погрешностью, не превышающей 0,1.

При $\alpha \leqslant 0{,}2$ допускается определение $q_T$ расчётным способом для значений $m_{OT}h_T/b_O < 0{,}8$ и при ограничении относительной погрешности значения средней скорости на вертикали, принятой в расчёте.

При $\alpha < 0{,}2$ и $m_{OT}h_T/b_O > 0{,}8$, а также при $\alpha > 0{,}2$ к расчётным значениям величины $q_T$ следует вводить коэффициент запаса, равный

$$k = 1 + 0{,}8 - \delta_{q_T}/q_T, \qquad (13.2)$$

где $\delta_{q_T}/q_T$ – допустимая относительная погрешность величины $q_T$, определяемая по таблице 13.1 в зависимости от технологического параметра заносимости $\alpha$ и параметра формы траншеи $m_{OT}h_T/b_O$.

Таблица 13.1 — Допустимая относительная погрешность величины $q_T$ в зависимости от технологического параметра заносимости $\alpha$ и параметра формы траншеи $m_{OT}h_T/b_O$

| $\alpha$ | $m_{OT}h_T/b_O$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,0 |
| 0,2 | | | 0,52 | 0,43 | 0,35 |
| 0,3 | 0,55 | 0,41 | 0,31 | | |
| 0,4 | 0,39 | 0,27 | | | |
| 0,5 | 0,28 | | | | |

**13.2.8.** Если допустимая погрешность $\delta_{q_T}/q_T$=0,3, то величину $q_T$ целесообразно уточнить на основе измерений параметров и скорости перемещения донных гряд или принять по фактической заносимости траншеи, соответственно снизив коэффициент $k$, рассчитанный по формуле 13.2 до значения 1,3. Предельное значение технологического параметра заносимости траншеи $\alpha$ не должно превышать 0,5.

**13.2.9.** Выбор технических средств (по производительности), предназначенных для разработки подводных траншей на участках русла со средними на вертикали скоростями течения более 0,7 м/с в границах перемещения донных наносов (мелкозернистых и среднезернистых песков), следует выполнять, исходя из условия

$$A \leqslant 0{,}26, \qquad (13.3)$$

где $A$ – расчётное значение технологического параметра заносимости траншеи в пределах ширины русла, равное отношению суммарного количества донных наносов $Q_T$, откладывающихся в траншее в единицу времени, к суммарной производительности грунторазрабатывающих машин $\Pi_p$, используемых одновременно на указанном выше участке.

Значение $Q_T$, м$^3$/сут, определяют по данным удельной интенсивности отложения наносов $q_{T_i}$ в пределах отдельных участков длиной $l_i$ и суммированием значений $q_{T_i}l_i$ по всей ширине русла $n$:

$$Q_T = \sum_{i=1}^{n} q_{T_i} l_i. \qquad (13.4)$$

Для значений $q_{T_i}$, м$^3$/(сут·м), полученных расчётным способом по измеренным скоростям течения на вертикалях, предельное допустимое значение технологического параметра заносимости $\alpha$ следует принимать не более 0,26. Увеличение предельного значения технологического параметра заносимости $\alpha$ до 0,32 допускается в случае более точного определения величины $Q_T$ на основании непосредственных измерений высоты и скорости перемещения донных гряд в русле реки или измерений фактической заносимости траншеи.

**13.2.10.** Проверку возможности укладки подводного трубопровода способом протаскивания следует выполнять при скоростях течения (средних на вертикалях на участке русла, сложенном мелкозернистыми или среднезернистыми песками) не более 0,7–0,8 м/с, исходя из условия, что смещение верхового откоса траншеи (вследствие отложения наносов) $L_B$ за время укладки трубопровода не превосходило бы допустимого значения, равного

$$L_{B.\,доп} = b_1 - 1{,}5, \qquad (13.5)$$

где $b_1$ — расстояние от подошвы верхового откоса подводной траншеи до её проектной оси, определяемое на основании промеров глубин траншеи эхолотом по поперечникам непосредственно перед укладкой трубопровода; 1,5 м — минимальный запас, учитывающий возможное отклонение трубопровода в процессе его протаскивания от оси траншеи в сторону верхового откоса.

**13.2.11.** Смещение верхового откоса траншеи (в метрах) определяют для наиболее неблагоприятного сечения по формуле

$$L_B = (2q_{T_{макс}}t_y)/h_T, \qquad (13.6)$$

где 2 — коэффициент, учитывающий возможное увеличение интенсивности отложения наносов в траншее по сравнению с осреднённым во времени значением за интервал времени укладки вследствие неравномерности расхода наносов; $q_{T_{макс}}$ — максимальное по фронту траншеи значение интенсивности отложения наносов для вертикали с наибольшей скоростью на 1 м длины, м$^3$/сут; $t_y$ – расчётное время укладки трубопровода, сут; $h_T$ — глубина траншеи в расчётном сечении, м.

Погрешности определения расчётных параметров, входящих в (13.6), для глубины траншеи не должны превышать $0{,}1h_T$, для времени укладки — $0{,}2t_y$, для расчётной интенсивности отложения наносов в траншее — $0{,}8q_T$.

**13.2.12.** Укладку трубопровода способом протаскивания допускается выполнять, если технологический параметр заносимости траншеи при укладке $A_y=(q_Tt)/(b_1h_T)$ для измеренных значений $b_1$ не превышает значений, указанных в таблице 13.2.

Таблица 13.2

| $b_1$, м | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|
| $A_y$ | 0,07 | 0,17 | 0,20 | 0,22 | 0,23 |

**13.2.13.** При увеличении точности определения $q_T$ на основании натурных измерений с погрешностью, не превышающей 0,3 рассчитанных значений, укладка трубопровода допускается при значениях технологического параметра $A_y$, не превышающих значений, указанных в таблице 13.3.

Таблица 13.3

| $b_1$, м | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|
| $A_y$ | 0,09 | 0,23 | 0,27 | 0,30 | 0,31 |

Расчёт удельной интенсивности отложения наносов в траншее $q_T$ следует выполнять в соответствии с разделом 9 по формулам (9.16) или (9.18) в м$^3$/(м·с) или формулами (9.17) или номограммой (рисунок 9.3) в м$^3$/(сут·м).

**13.2.14.** Суммарный объём наносов (в кубических метрах), откладывающихся в траншее по всей ширине русла в единицу времени, определяется по формуле

$$Q_T = \sum_{i=1}^{n} l_i q_{Ti}, \qquad (13.7)$$

где $l_i$ — длина частных морфологически однородных участков русла вдоль фронта траншеи; $q_{Ti}$ — интенсивность отложения наносов на этих участках.

## 13.3. Натурные методы определения заносимости траншей

**13.3.1.** Для уточнения результатов расчётов заносимости подводных траншей в ответственных случаях следует применять натурные методы измерения расхода наносов, перемещающихся в форме гряд, либо измерения фактического объёма наносов, отложившихся в траншее. В последнем случае перед разработкой проектной траншеи следует предусмотреть устройство опытной поперечной прорези на участке русла с максимальной расчётной интенсивностью заносимости.

**13.3.2.** Осреднённый удельный расход наносов $q_T$, м$^3$/(сут·м), перемещающихся в форме гряд, определяется по формуле

$$q_T = \overline{m}_T \overline{C}_T \overline{h}_T, \qquad (13.8)$$

где $\overline{m}_T$ — средний по продольнику коэффициент формы гряд; $\overline{C}_T$ — средняя по продольнику скорость перемещения гряд, м/сут; $\overline{h}_T$ — средняя высота гряд по продольнику, м.

Входящие в формулу параметры определяют на основании обработки батиграмм, полученных при многократных промерах глубин эхолотом по постоянным продольникам в русле реки.

**13.3.3.** Среднюю скорость перемещения гряд определяют из выражения

$$\overline{C}_T = \left( \sum_{1}^{n} \Delta L_{Ti} \right) \Big/ (n_T T_П), \qquad (13.9)$$

где $T_П$ — время между первым и последующим промерами, сут; $\Delta L_{Ti}$ — смещение характерных точек гряд (гребни, средние точки тылового откоса, подвалья) за время $T_П$; $n_T$ — число обработанных гряд на продольнике.

**13.3.4.** Коэффициент формы одиночной гряды определяют из выражения

$$m_T = F_T/(h_T l_T),$$

где $F_T$ — площадь гряды в масштабе батиграммы, определяемая планиметрированием; $l_T$ — длина гряды (расстояние между подвальями или гребнями двух смежных гряд) на батиграмме.

Средний коэффициент формы гряд равен

$$\bar{m}_{\Gamma_i} = \sum_{1}^{n} m_{\Gamma_i} / n_\Gamma, \qquad (13.10)$$

где $n_\Gamma$ — число обработанных гряд.

Ориентировочно допустимо принимать $\bar{m}_\Gamma$=0,6.

**13.3.5.** При производстве промерных работ необходимо учитывать следующие основные причины погрешностей рассматриваемого метода:

- смещение промерного судна относительно створа при повторных промерах, определяемое качеством створов, воздействием на судно поперечного течения и ветра;
- неравномерность движения промерного судна по створу в интервале времени между двумя последовательными засечками его местоположения;
- несинхронность моментов плановых засечек с моментами регистрации оперативных отметок на батиграммах;
- недостаточные масштабы записи на батиграммах и на плане засечек.

**13.3.6.** Для опознавания гряд на последующих батиграммах следует проводить не менее трёх серий промеров, принимая интервал времени между второй и третьей сериями в 2 раза меньше интервала между первой и второй сериями. Время между первой и второй сериями следует принять на основе предварительного расчёта равным половине периода движения гряд:

$$t = (\tau_\Gamma/2)(l_\Gamma/2C_\Gamma), \qquad (13.11)$$

где $C_\Gamma$ — определяется по номограммам (рисунок 9.2) в соответствии с (9.13).

**13.3.7.** В каждой серии следует выполнять не менее трёх промеров по одному и тому же продольнику, определив линейные координаты характерных точек гряд как средние значения.

Интервалы времени между оперативными отметками на батиграммах для всех промеров и серий следует принимать равными 15–20 с.

Геодезические засечки положения промерного судна в моменты нанесения оперативных отметок на батиграммах выполняют с интервалом 0,5–1 мин.

Ошибка планового положения засекаемых точек не должна превышать в масштабе плана ±1,5 мм.

**13.3.8.** Среднее смещение гряд $\Delta\bar{l}_\Gamma$ за время наблюдений должно быть существенно больше ошибки, обусловленной погрешностями построения плана засечек и измерения расстояний на плане засечек и на батиграммах. Максимальные абсолютные значения указанной ошибки для отдельных гряд $\delta_{\Delta l\Gamma}$ м в зависимости от коэффициента масштаба плана засечек $M_i$ и коэффициента масштаба расстояний на батиграммах $M_б$ приведены в таблице 13.4.

Таблица 13.4 — Значения $\delta_{\Delta l\Gamma}$, м, при разных масштабах плана засечек $M_i$

| $M_б$ | Масштаб $M_i$ | | |
|---|---|---|---|
| | 1:500 | 1:1000 | 1:2000 |
| 1:200 | 1,6 | 2,7 | 5,2 |
| 1:500 | 2,7 | 3,5 | 5,7 |
| 1:1000 | 4,9 | 5,4 | 7,0 |

При определении $C_Г$ по нескольким грядам указанную выше среднюю погрешность следует принимать равной

$$\bar{\delta}_{\Delta lГ} = \delta_{\Delta lГ} / \sqrt{n_Г}, \qquad (13.12)$$

где $\delta_{\Delta l_Г}$ определяют по таблице 13.4.

**13.3.9.** При промерах следует стремиться к возможно более крупному горизонтальному масштабу на батиграмме за счёт уменьшения скорости промерного судна (движения его против течения), а также используя максимальную скорость записи батиграмм. Масштаб $M_б$ следует по возможности сохранять одинаковым при всех сериях промеров. Величина смещения гряд определяется после приведения сравниваемых батиграмм к общему масштабу.

**13.3.10.** Удельный расход наносов м$^3$/сут (на 1 м ширины русла), откладывающихся в опытной поперечной прорези или траншее, определяется путём сопоставления поперечных профилей прорези (траншеи) на различные даты промеров по формуле

$$q_Т = (\Delta l_Г h_Т)/T_П, \qquad (13.13)$$

где $\Delta l_Г$ — смещение характерной точки верхового откоса траншеи (бровки или средней точки откоса траншеи) за время между промерами, м; $h_Г$ — глубина траншеи, м; $T_П$ — время между промерами, сут.

**13.3.11.** Промеры следует выполнять по строго фиксированным поперечникам траншеи, либо по произвольным близко расположенным (через 10–15 м) поперечникам. При промерах по поперечникам необходимо иметь не менее трёх засечек местоположения промерного судна: выше и ниже траншеи (10–15 м за границами её раскрытия) и в проектном створе.

При обработке и совмещении батиграмм разновременных промеров по фиксированным поперечным створам траншеи необходимо установить идентичность этих створов.

**13.3.12.** Для определения смещений верхового откоса траншеи по разновременным промерам произвольных её поперечников необходимо на плане засечек построить линию бровки верхового откоса траншеи на соответствующие даты промеров. Смещение верхового откоса определяют по смещению этой линии в направлении нормали к продольной оси траншеи.

Среднее смещение верхового откоса траншеи между двумя соседними точками на линии определяют как среднее арифметическое из соответствующих смещений в этих точках, измеренных по нормали к оси траншеи.

**13.3.13.** Среднюю удельную интенсивность отложения наносов в (м$^3$/(сут·м)) на участке траншеи длиной $l$ определяют из выражения

$$\bar{q}_{T(l)} = \frac{\sum_1^n \Delta L_{Bi} \left[ (h_{T1} + h_{T2})/2 \right]_i}{n_T t}, \qquad (13.14)$$

где $\Delta L_{B_i}$ — смещение верхового откоса в точке $i$ за время $t$;
$h_{T_1}$, $h_{T_2}$ — соответственно глубина траншеи в $i$-той точке при первой и последней сериях промеров, м; $n_Т$ — число точек на участке длиной $l$.

**13.3.14.** Смещение верхового откоса траншеи $\Delta L_B$, м, должно превосходить значение ошибки $\delta_{\Delta lГ}$ согласно таблице 13.4 (при определении величи-

ны $q_T$ для фиксированных поперечников траншеи) и превосходить значение $\delta_{\Delta\Gamma}/\sqrt{n_T}+1{,}5$, м, при определении величины $q_T$ по формуле (13.14).

Смещение верхового откоса траншеи определяют после приведения сравниваемых батиграмм к общему масштабу.

## 13.4. Примеры решения проектно-технологических задач по учёту заносимости подводных траншей

**13.4.1.** Пример 1 — Расчет запаса ширины траншеи на заносимость.

Следует определить значение расчётного запаса ширины подводной траншеи на заносимость при следующих исходных данных:

- средняя (на вертикали) скорость течения на стрежне потока $V = 0{,}7$ м/с;
- глубина $H = 5$ м;
- средняя крупность донных наносов $d = 0{,}7$ мм;
- расчётное время занесения траншеи после её разработки $t = 22$ сут;
- параметры траншеи (без учёта заносимости): ширина по дну $b_0 = 5$ м, глубина $h_T = 4$ м, коэффициент заложения откосов $m_{OT} = 2$, площадь поперечного сечения $\omega_0 = 52$ м$^2$.

Расчёт:

а) Определяем удельную интенсивность отложения наносов в траншее по формуле (9.17) при высоте донных гряд $h_I$, рассчитанных по формуле (9.10):

$$h_I = 0{,}1\times 5 + 0{,}2 = 0{,}7 \text{ м};$$

$$q_T = 31\times(0{,}7)^4/5\times 0{,}7 = 0{,}47 \text{ м}^3/(\text{сут}\cdot\text{м}).$$

б) Определяем технологический параметр заносимости

$$\alpha = (q_T t)/\omega_0 = (0{,}47\times 22)/52 = 0{,}189.$$

в) Поскольку $a > 0{,}1$, определяем параметр формы траншеи

$$m_{OT}(h_T/b_0) = 2(4/5) = 1{,}6.$$

г) В соответствии с 13.2.7, к рассчитанному значению $q_T$ по формуле 13.2 вводим коэффициент запаса $k$. $\delta q_T/q_T = 0{,}43$ определяем по таблице 13.1 и получаем $q_{T1}$:

$$k = 1 + (0{,}8 - 0{,}43) = 1{,}37;$$

$$q_{T1} = 1{,}37 \times 0{,}47 = 0{,}65 \text{ м}^3/(\text{сут}\cdot\text{м}).$$

д) Рассчитываем запас ширины траншеи на заносимость по формуле (13.1):

$$\Delta b_3 = (0{,}65\times 22)/4 = 3{,}6 \text{ м}.$$

**13.4.2.** Пример 2 — Расчет минимальной производительности земснаряда из условий заносимости траншеи.

Следует определить минимальную производительность земснаряда при разработке подводной траншеи на русловом участке перехода, характеризующемся значениями глубин, скоростей течения (средних на вертикалях) и крупностью донных наносов, приведённых в таблице 13.5.

Таблица 13.5

| Номер вертикали | Расстояние между вертикалями $\Delta l$, м | Глубина $H$, м | Скорость $V$, м/с | Крупность донных наносов $d$, мм | $q_T$, м$^3$/(сут·м) | $q_{T\,ср}$ м$^3$/(сут·м) | $Q_{Ti}=q_T\Delta l$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 85 | 3,2 | 0,75 | 0,21 | 1,2 | 2,8 | 238 |
| 2 | 90 | 3,6 | 1,00 | 0,27 | 4,4 | 2,8 | 252 |
| 3 | 50 | 4,5 | 0,8 | 0,30 | 1,2 | | |
| 4 | 140 | 2,5 | 0,47 | 0,14 | | | |
| 5 | 65 | 2,0 | 0,50 | 0,32 | | | |
| 6 | | 0,6 | 0,30 | 0,30 | | | |
| $\Sigma Q_{Ti}$ | | | | | | | 490 |

Расчет:

а) В соответствии с 13.2.9 расчётный участок русла, лимитирующий производительность земснаряда, со скоростями течения более 0,7 м/с расположен между вертикалями 1–3.

б) Определяем удельную и суммарную интенсивность отложения наносов в траншее на участке русла 1–3. Поскольку средняя крупность донных наносов менее 0,5 мм, расчёт выполняем по формуле $q_T=16V^5/H$ и графику (рисунок 9.3).

в) Определяем минимальную суточную производительность земснаряда, допустимую при указанной выше заносимости траншеи на лимитирующем участке русла. В соответствии с 13.2.9 технологический параметр заносимости $A=Q_T/\Pi_P$ должен быть не более 0,26 для расчётного метода определения величины $Q_T$. Следовательно, минимальная суточная производительность земснаряда будет равна

$$\Pi_P \geq Q_T/0{,}26 = 490/0{,}26 \approx 1900 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

**13.4.3.** Пример 3 — Определение возможности укладки трубопровода способом протаскивания в условиях заносимости подводной траншеи.

Следует установить возможность протаскивания подводного трубопровода по дну траншеи при следующих исходных данных:

— средняя (на вертикали) скорость течения на стрежне потока $V$=1 м/с;

— глубина $H$=7 *м*;

— крупность донных наносов 0,4 мм;

— глубина траншеи $h_T$=3,5 м;

— расстояние от подошвы верхового откоса до осевого створа траншеи (по промерам эхолотом) $b_1$=5 м;

— расчётная продолжительность протаскивания трубопровода $t_y$=3 сут.

Расчет:

а) Определяем расчётную интенсивность отложения наносов в траншее по графику (см. рисунок 9.3):

$$q_T = 2{,}4 \text{ м}^3/(\text{сут}\cdot\text{м}).$$

б) Определяем технологический параметр заносимости траншеи при укладке:

$$A_y=(q_T t_y)/(b_1 h_T)=(2{,}4\times 3)/(5\times 3{,}5)=0{,}41.$$

в) Находим допустимое значение при укладке $A_{y.доп}=0{,}18$ для значения $b_1=5$ м по таблице 13.2.

г) Сравниваем рассчитанное значение величины $A_y$ с допустимым. Поскольку рассчитанное значение существенно больше допустимого, протаскивать трубопровод при рассмотренных выше условиях нельзя, т. к. в процессе укладки возможно частичное занесение трубопровода, что приведёт к резкому увеличению тяговых усилий.

д) Определяем условия, при которых укладка трубопровода будет допустимой:

$$q_{T.доп}=(A_{y.доп} b_1 h_T)/t_y=(0{,}185\times 5\times 3{,}5)/3=1{,}08\ м^3/(сут\cdot м).$$

По графику на рисунке 9.3 находим, что полученному значению при глубинах от 6 до 7 м соответствуют скорости течения $V\leqslant 0{,}85$ м/с.

С учетом выполненных вычислений следует сделать вывод, что протаскивание трубопровода при поддержании первоначальной ширины траншеи, при $b_1=5$ м, следует выполнять после того, как средние на вертикалях скорости упадут до 0,85 м/с и ниже.

## 14. Организация мониторинга на участках переходов магистральных трубопроводов через реки

### 14.1. Общие положения

**14.1.1.** В соответствии с п. 2 статьи 11 Водного кодекса Российской Федерации [1] водные объекты, находящиеся в федеральной собственности, на основании решений о представлении водных объектов в пользование для:

- размещения и строительства гидротехнических сооружений, мостов, подводных переходов, трубопроводов, подводных линий связи, других линейных объектов и коммуникаций;
- разведки и добычи полезных ископаемых;
- проведения дноуглубительных, взрывных, буровых и других работ, связанных с изменением дна и берегов водных объектов

Согласно п.1 статьи 26 ВК РФ [1] предоставление водных объектов, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территориях субъектов РФ, в пользование в указанных выше целях принимаются и выдаются органами государственной власти субъектов РФ. Решение о предоставлении водного объекта в пользование вступает в силу с момента его регистрации в государственном водном реестре (п. 5 статьи 23 ВК РФ [1]).

В то же время п. 2 ст. 39 ВК РФ [1] предусматривает, что при использовании водных объектов водопользователи кроме прочего обязаны:

- не допускать причинение вреда водному объекту;
- своевременно осуществлять мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на водных объектах;
- вести в установленном порядке регулярные наблюдения за водными объектами и их водоохранными зонами;

— бесплатно и в установленные сроки представлять результаты таких регулярных наблюдений в уполномоченный Правительством Российской Федерации федеральный орган исполнительной власти, каковым в данном случае является соответствующее Бассейновое водное управление (БВУ).

В соответствии с «Положением об осуществлении государственного мониторинга водных объектов»[2], проводимые водопользователями регулярные наблюдения за водными объектами и водоохранными зонами являются обязательными для водопользователей и включаются в подсистему государственного мониторинга водных объектов в качестве составной части, называемой «мониторинг состояния дна и берегов водных объектов, а также их водоохранных зон».

В обязанность водопользователей — владельцев нефтегазопроводов входит проведение регулярных регламентных наблюдений за техническим состоянием трубопроводов и берегоукрепительных сооружений на подводных переходах, а также за локальными размывами дна и берегов русел рек в створах переходов. Программы этих наблюдений в рамках технического обслуживания переходов должны регламентироваться как нормативными документами федерального уровня, так и ведомственными нормативными документами.

В таких компаниях, как ОАО «Российское акционерное общество энергетики и электрификации» (ОАО РАО «ЕЭС России») и ОАО «Акционерная компания по транспорту нефти «Транснефть» (ОАО «АК «Транснефть»), внутриведомственными документами для осуществления мониторинга за техническим состоянием трубопроводов, берегоукрепительных сооружений являются РД 51-3, РД 39-30-1060, Пособие к РД 51-2 [11], «Регламент технической эксплуатации подводных переходов магистральных нефтепроводов» [12] и др.

Эти документы требуют от водопользователей проведения регулярных наблюдений как за техническим состоянием трубы (внутренняя диагностика), так и за состоянием речного русла (дна и берегов) в пределах технического коридора трассы. В указанных нормативных документах состав наблюдаемых параметров и периодичность наблюдений увязывается с масштабами водного объекта и с интенсивностью естественных переформирований русел рек на участках переходов. В этих документах предусмотрена обязанность разработки «Экологического паспорта перехода», в котором помещаются материалы всех изысканий и наблюдений за состоянием водного объекта на всех стадиях реализации проекта перехода. Существенным недостатком этих ведомственных нормативных документов является допуск ограничения участков регулярных наблюдений за состоянием речного русла границами технического коридора трассы.

В отличие от производственного мониторинга подводных переходов трубопроводов, нормативная методическая база для осуществления мониторинга состояния дна и берегов водоемов, а также их водоохранных зон, разработана в настоящее время еще не достаточно. Только лишь «Макеты программ по ведению государственного мониторинга водных объектов на территориальном и бассейновом уровне» утвержденные МПР, регламентируют эти виды мониторинга.

Макеты программ содержат в себе как формулировки целей и задач различных видов мониторинга, так и перечни наблюдаемых параметров и формы представления данных мониторинга, полученных участниками ведения мони-

торинга, уполномоченными органами исполнительной власти субъектов РФ, собственниками водных объектов и водопользователями. Согласно этому документу мониторинг береговой линии, русловых процессов водотоков и состояния водоохранных зон водных объектов ведется единым блоком в силу взаимосвязанности и взаимообусловленности исследуемых процессов, тесного соседства объектов мониторинга.

Виды, объемы, технические средства и методы осуществления работ в рамках мониторинга береговой линии, русловых процессов водотоков и состояния водоохранных зон водных объектов определяются в зависимости от состояния и характерных особенностей объектов мониторинга, приоритетных задач и направлений мониторинга, средств, выделяемых на проведение мониторинга.

Задачи мониторинга береговой линии, русловых процессов водотоков и состояния водоохранных зон водных объектов включают:

- оценку и прогноз динамики изменения конфигурации и положения береговой линии (особенно в части разрушения берегов);
- идентификацию, оценку интенсивности и опасности процессов подтопления и заболачивания прибрежных территорий;
- исследование и прогнозирование типов и динамики русловых процессов по характеристикам рельефа дна и ложа;
- определение преобладающих типов русловых процессов для прогноза изменения конфигурации русла, береговой линии, морфологических характеристик дна (или ложа) водных объектов,
- мониторинг соблюдения специальных режимов хозяйственной и иной деятельности в водоохранных зонах;
- мониторинг развития эрозионных процессов в водоохранных зонах;
- оценка опасности заиления водных объектов;
- состояние экосистем водоохранных зон и другие задачи в соответствии со спецификой природных условий и хозяйственной инфраструктуры территории.

К методам осуществления мониторинга относятся:

- экспедиционные визуальные обследования;
- геодезические методы мониторинга;
- методы дистанционного зондирования.

Кроме того, для отдельных водных объектов, водохозяйственная ситуация на которых имеет специфические черты, могут применяться сочетания разных методов в различной последовательности. Например, экспедиционные визуальные обследования могут предшествовать или служить в качестве обоснования для дальнейшего применения методов геодезического мониторинга или дистанционного зондирования. Для уточнения и углубленной интерпретации данных дистанционного зондирования необходимы экспедиционные обследования отдельных участков береговой линии и водоохранных зон водных объектов или объектов, расположенных в пределах водоохранных зон.

В результате экспедиционных визуальных обследований составляются такие материалы, как описания, абрисы, карты, характеризующие состояние береговой линии, русловых процессов водотоков и водоохранных зон в наиболее общем виде. Важным результатом таких обследований должны стать рекомендации по проведению более детальных исследований с использованием других методов и

технических средств, а также рекомендации по проведению водоохранных мероприятий.

Основным результатом геодезического мониторинга русловых процессов, динамики береговой линии и состояния водоохранных зон являются крупномасштабные топографические карты и планы со специальным содержанием в соответствии со спецификой исследуемых процессов и явлений.

К основным материалам дистанционного зондирования относятся космические и аэрофотоснимки водоохранных зон, береговой линии и акватории водных объектов. Кроме того, важное значение имеют материалы обработки данных дистанционного зондирования: трансформированные снимки, фотопланы и фотокарты со специальным тематическим содержанием и др. материалы.

В соответствии с разработанным Макетом программ к измеряемым параметрам речного русла относятся:

— изменение планового и высотного положения береговой линии;

— изменение абсолютных и относительных характеристик рельефа дна водных объектов;

— показатели интенсивности и динамики эрозионных процессов в водоохранных зонах.

В исследованиях береговой линии, русловых процессов водотоков и состояния водоохранных зон водных объектов необходимо использование не только материалов, полученных непосредственно в период наблюдения, но и ретроспективных данных (картографических, материалов дистанционного зондирования и других) для обеспечения возможности оценки и прогноза динамики изучаемых процессов.

Таким образом, в составе материалов, получаемых в результате мониторинга береговой линии, русловых процессов водотоков и состояния водоохранных зон водных объектов, необходимо указывать не только оперативные, получаемые непосредственно в результате планируемых наблюдений, но и ретроспективные данные для обеспечения возможности получения по этому набору материалов интересующих показателей, согласно поставленным задачам мониторинга.

Описанные выше общие методические положения послужат основой для разработки локальных программ мониторинга состояния берегов и дна водных объектов, а также их водоохранных зон. Этот вид мониторинга должны будут проводить различные водопользователи, в том числе и владельцы магистральных трубопроводов, на основании требований, изложенных в решениях на предоставление водных объектов в пользование [1].

Таким образом, владельцы подводных переходов трубопроводов, должны проводить мониторинг, состоящий из двух разделов:

— локальный мониторинг состояния дна, берегов и водоохранных зон водных объектов на участках их пересечения трубопроводом для обеспечения защиты водных объектов от негативного воздействия технологических объектов трубопроводной системы;

— локальный мониторинг состояния трубопроводов и иных инженерных сооружений трубопроводов на участках переходов через водные объекты и прилегающих к ним территориях (локальный мониторинг подводного перехода) для обеспечения надежной работы подводных переходов, что и отражено на рисунке 14.1




Рисунок 14.1 — Структура мониторинга подводных переходов трубопроводов

Согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 14001 проведение мониторинга состояния окружающей среды основано на документировании процедуры регулярного слежения за состоянием окружающей среды и измерением характеристик и параметров. В соответствии с национальными и ведомственными нормативными документами для проведения мониторинга подводных переходов трубопроводов должен быть разработан «Экологический паспорт подводного перехода», содержащий результаты обоих разделов мониторинга (рисунок 14.1). Формы и содержание Экологического паспорта установлены ГОСТ 17.0.0.06. Типовая форма «Паспорта подводного перехода» для организаций АК «Транснефть» установлена регламентом технической эксплуатации ППМН [12].

**14.1.2.** Информация, помещаемая в «Экологический паспорт перехода» должна подразделяться на два вида.

К первому виду относится системная описательная информация, собранная из архивных и иных источников и позволяющая составить максимально полное физико-географическое и гидролого-морфологическое представление о водном объекте. Разделы паспорта, содержащие информацию первого вида, должны быть составлены на предстроительном этапе мониторинга и не должны требовать своего последующего уточнения или существенного дополнения. Информации первого вида, включаемая в «Экологический паспорт перехода», следующая:

- геоморфологическая характеристика долины, пойм и русла водного объекта на участке подводного перехода;
- профиль геологического строения русла и поймы реки в техническом коридоре перехода;

— характеристика гидрологического режима каждого водного объекта, разработанная на основе архивных материалов и материалов режимных наблюдений Росгидромета.

Ко второму виду относится оперативная информация, составленная на основе регулярно проводимых гидролого-морфологических изысканий на объекте. Эта информация должна содержать фактические измеренные значения характеристик и параметров, изменение которых в силу естественных или антропогенных причин выявляет положительные или отрицательные тенденции изменения состояния водного объекта или уровня надежности подводного перехода. Разделы паспорта, содержащие информация второго вида, должны регулярно дополняться на всех этапах мониторинга и хранить оперативную информация о значениях характеристик и параметров в виде, удобном для проведения их первичного экспресс-анализа. Информация второго вида, включаемая в «Экологический паспорт перехода», следующая:

— характеристика гидравлического режима водного объекта, разработанная на основе материалов изысканий;
— русловая съемка участка реки и поперечное сечение русла и поймы в створе перехода;
— характеристика гранулометрического состава донных отложений;
— характеристика режима транспорта наносов на каждом водном объекте с оценкой темпов плановых и высотных деформаций русла и поймы на участке перехода.

Периодически возобновляемые в одной и той же системе координат и высот русловые съемки участка реки позволяют оперативно оценивать морфологическое состояние водных объектов и выявлять тенденции его развития при совмещении русловых съемок за разные годы.

Сопоставление поперечных сечений русла реки в створе перехода за разные годы с профилем предельного размыва русла и фактическим положение трубопровода на подводном переходе позволяет оперативно оценивать уровень надежности перехода и обнаруживать тенденции ее снижения.

Оперативная оценка гидравлического режима на участке перехода и выявление негативных тенденций в его изменении могут быть произведены на основе первичного анализа изменений зависимости расхода воды от уровня воды, так называемой «кривой $Q = f(H)$», построенной для створа перехода и на основе анализа изменений гранулометрического состава транспортируемых донных наносов.

Таким образом, «Экологический паспорт перехода» должен содержать в себе:

— раздел, в который помещаются регулярные русловые съемки перехода, и программные средства, позволяющие производить сопоставление этих съемок;
— раздел, в который помещаются совмещенные регулярно измеряемые поперечные сечения русла реки в створе перехода, профиль предельного размыва русла и фактическое высотное положение нефтепровода на переходе;
— раздел, содержащий данные гранулометрического состава транспортируемых донных наносов;
— раздел, содержащий в себе таблицы измеренных расходов воды и измеренных уровней воды на участке перехода.

Структура раздела «Экологического паспорта перехода», посвященного геоморфологической характеристике долины, пойм и русла водного объекта на участке подводного перехода, должна быть следующей:

- ситуационный план перехода (лист топографической карты масштаба 1: 25000 без координат или с координатами 1963 года и, по возможности, электронный вариант трансформированного и приведенного аэрофотоснимка участка перехода в масштабе 1:10000 в формате используемой ГИС;
- описание перехода, включающего а) расположение перехода на водном объекте и описание инженерных сооружений, хозяйственных объектов и населенных пунктов, расположенных ниже по течению в 10–30-ти километровой зоне б) характеристику водомерного поста в) техническую характеристику подводного перехода г) характеристику берегоукрепления на участке подводного перехода (из проекта)
- краткая характеристика природно-климатических условий на участке перехода включающая а) геоморфологическую характеристику; б) характеристику метеоусловий; в) характеристику растительности; г) характеристику ледового режима;
- гидрологическая характеристика перехода, включающая а) характеристику среднемноголетнего режима водного объекта; б) график колебаний уровней воды за характерные по водности годы с обозначениями ледовых явлений (на первых этапах мониторинга возможно построение графика по реке-аналогу), в) данные по уровням воды в створе перехода различной обеспеченности, г) измеренные уровни и расходы воды в табличном виде с построением графической зависимости $Q = f(H)$ и возможным редактированием по мере проведения регулярных мониторинговых измерений на участке;
- совмещенные продольные профили свободной поверхности воды, измеряемые в момент производства русловой съемки или измерения расходов воды,
- характеристика гранулометрического состава донных и взвешенных наносов, включая а) время и места отбора проб в табличном виде и с координатами; б) гранулометрический состав.
- русловая съемка участка подводного перехода в масштабе 1:5000, 1:2000 или 1:1000 с нанесенным плановым положением основной и резервной ниток. Съемка должна быть представлена в соответствии с требованиями ГИС в координатах с привязкой к реперу и с указанием пикетажа по трубе и нанесенными точками отбора проб донных наносов;
- совмещенные поперечные профили русла и поймы с нанесенным проектным и фактическим положением нитки трубопровода и профилем предельного размыва (из проекта) по створам основной и резервной ниток с указанием пикетажа по трубе и уровня воды на момент измерения профиля дна;
- профиль геологического строения русла и поймы реки в техническом коридоре трубопровода (из проекта);
- экспертный анализ руслового процесса на участке перехода с определением интенсивности этих процессов и анализ степени устойчивости перехода.

Вся перечисленная выше информация, представляющая собой результат многолетнего мониторинга состояния водных объектов на участках подводных переходов, должна быть сгруппирована в соответствии с указанными подразделами паспорта и представлена в электронном виде в формате Word, Excel, Corel Draw и AutoCAD с возможным редактированием в последующем или без него. На разных этапах мониторинга эта информация может обладать различной полнотой и достоверностью, однако наличие указанных подразделов позволяет точно определять программу мониторинга на всех этапах и создает необходимые предпосылки для оперативной оценки состояния водного объекта и подводного перехода.

Оформление «Экологического паспорта перехода» в таком виде позволит использовать его при разработке «Декларации безопасности гидротехнических сооружений» практически без существенных изменений, необходимость которой возникает при строительстве любых гидротехнических сооружений, в том числе и подводных переходов нефтепроводов через водные объекты.

## 14.2. Цели и программы проведения гидроморфологического мониторинга на различных этапах проектирования и реализации проекта

**14.2.1.** Проведение гидроморфологического мониторинга имеет несколько этапов, соответствующих этапам реализации идеи строительства промышленного объекта и различающихся своими целями и программами:

- мониторинг на стадии разработки раздела «Охрана окружающей среды» ТЭО;
- мониторинг на предстроительном этапе;
- мониторинг на стадии строительства объекта;
- мониторинг при вводе объекта в эксплуатацию;
- мониторинг на стадии эксплуатации объекта.

**14.2.2.** Целью проведения гидроморфологического мониторинга на предстроительном этапе является:

- определение перед началом строительства перехода трубопровода через водный объект соответствия состояния окружающей среды на данном участке водного объекта проектной документации и материалам изысканий;
- накопление исходной фактической информации о предпроектном состоянии водных объектов, попадающих в зону влияния магистральных трубопроводов, в качестве базы для сравнения с материалами мониторинга на последующих этапах;
- определение перечня характеристик и параметров, которые в полной мере характеризуют состояние водного объекта, форму и степень влияния трубопровода на водные объекты как в процессе его строительства, так и в ходе его эксплуатации.

Программа гидроморфологического мониторинга на предстроительном этапе должна включать в себя:

- сбор и анализ материалов изысканий на водных объектах, выполненных на предшествующих стадиях проектирования;

- сбор и систематизация гидрологических материалов по водным объектам, пересекаемым трассой трубопроводов;
- выбор репрезентативных рек-аналогов и разработка характеристик гидрологического режима водных объектов, пересекаемых трассой трубопроводов;
- натурные гидролого-гидрографические и гидролого-морфологические изыскания на водных объектах на участках пересечения их трассой трубопроводов, включающие в себя производство или уточнение уже имеющихся русловых съемок на участках подводных переходов и поперечных сечений русла реки в створе подводного перехода;
- оборудование реперов и устройство водомерных постов на водных объектах на участках подводных переходов трубопроводов в качестве базовой реперной основы наблюдений на последующих этапах мониторинга;
- обработка и обобщение материалов изысканий, выполнение необходимых гидрологических расчетов;
- разработка структуры и заполнение экологических паспортов подводных переходов трубопроводов через водные объекты.

В результате проведения этих работ должны быть разработаны:

- геоморфологическая характеристика долины, пойм и русла водного объекта на участке подводного перехода;
- профиль геологического строения русла и поймы реки в техническом коридоре перехода;
- характеристика гидрологического режима каждого водного объекта, разработанная на основе архивных материалов и материалов режимных наблюдений Росгидромета;
- характеристика гидравлического режима водного объекта, разработанная на основе материалов изысканий;
- характеристика гранулометрического состава донных наносов и режима транспорта наносов в каждом водном объекте с оценкой темпов плановых и высотных деформаций русла и поймы на участке перехода;
- русловая съемка участка реки и поперечное сечение русла и поймы в створе перехода.

Вся совокупность выполненных на этом этапе работ и полученных результатов должна позволить уже на предстроительном этапе составить целостное представление о гидролого-морфологическом режиме водных объектов, пересекаемых трассой трубопроводов.

**14.2.3.** Целью экологического мониторинга на этапе строительства должен быть контроль качества выполнения строительных работ и соответствия технологии их выполнения проекту и требованиям нормативных документов в области экологии.

Согласно СП 108-34 и Пособия к РД 51-2 [11], на данном этапе программа мониторинга гидроморфологического состояния водных объектов должна включать в себя контроль:

- за определением и оборудованием границ и устройств для отвала грунта, складируемого при выполнении траншеи, наличием обвалования мест отвалов грунта для избежания его попадания в водные объекты в не предусмотренных для этого местах;

- за соблюдением порядка разработки подводных траншей на двухниточных переходах (сначала нижняя по течению траншея, а затем верхняя);
- за содержанием взвешенных наносов в створе на расстоянии 500 метров ниже по течению от места разработки траншеи и, для сравнительного контроля, выше по течению от места строительства. Дополнительная мутность потока на указанном расстоянии ниже по течению не должна превышать 0,25 мг/литр для ценных пород рыб и 0,75 мг/л для обычных рыб. Контроль проводится как во время разработки траншеи, так и при ее обратной засыпке. С целью — предотвращения заиления прудов и русла реки ниже по течению;
- за применением при разработке траншей на малых переходах природоохранных технологий, исключающих сброс грунта в воду;
- для исключения случаев изъятия грунта для обратной засыпки траншеи непосредственно из русла реки на участке перехода (а не из отвалов разработки), что чревато изменением руслового и гидравлического режима реки;
- за технологией землеройных работ на поймах рек и на надпойменных террасах;
- за методами и качеством рекультивационных работ (визуально);
- за соответствием проекту планового положения траншеи;
- за соответствием проекту глубины разработки траншеи и глубины заложения трубопровода.

**14.2.4.** Целью гидроморфологического мониторинга водных объектов при вводе нефтегазопроводов в эксплуатацию является оценка степени влияния процесса строительства перехода на гидроморфологическое состояние рек на участках их пересечения трассой трубопроводов и оценка качества рекультивационных работ на переходах.

Эти виды оценки осуществляются путем производства визуальных гидроморфологических обследований переходов после завершения всех строительных работ и сопоставлением проектной (предстроительной) и исполнительной (послестроительной) документации по переходам: поперечных сечений русел рек в створах их пересечения, профилей проектного и фактического заложения трубы, русловых съемок переходов.

**14.2.5.** Целью производственного экологического мониторинга при эксплуатации переходов магистральных нефтепроводов и газопроводов (МН и МГ) через водные объекты является:

- регулярный сбор информации о следующих явлениях и процессах:

а) стабилизации или активизации опасных гидрологических и геологических процессов в руслах, на берегах и поймах рек, пересекаемых трассой трубопровода;

б) результативности проведенной технической и биологической рекультивации на участках переходов МН и МГ через водные объекты;

в) переформировании русел реки и пойменных массивов на участках переходов;

г) возникновении и активизации процессов эрозии, оползней на береговых склонах и склонах долины;

д) надежности берегозащитных сооружений в районе перехода;

е) сооружении на водных объектах в районах переходов каких-либо новых гидротехнических сооружений или производстве дноуглубительных работ, добыче нерудных материалов и других антропогенных источниках воздействий на гидрологический и русловой режимы на участках переходов.

— прогноз развития опасных природных процессов, угрожающих надежности подводных переходов.

— выявление и предупреждение возможных аварийных и других чрезвычайных ситуаций на переходах МН и МГ через водные объекты.

В соответствии с действующими нормативными документами службы эксплуатации владельца магистрального трубопровода обязаны регулярно проводить обследование технического состояния подводных переходов через водные объекты, осуществлять внешнюю диагностику перехода с целью регулярного и периодического уточнения профиля предельного размыва русла реки и ее поймы в створе перехода и определения остаточного ресурса перехода по гидроморфологическим факторам. Таким образом, система внешней диагностики переходов МН и МГ через водные объекты, направленная на повышение их надежности, является одновременно и обязательным звеном для ведения водопользователями мониторинга инженерного сооружения в структуре Государственного мониторинга водных объектов.

Таким образом, для одновременного обеспечения высокого уровня надежности переходов трубопроводов через реки и высокого уровня защиты водных объектов от возможного негативного влияния данного типа инженерных сооружений и одновременного выполнения требований современного водного законодательства Российской Федерации владельцы трубопроводов должны проводить такой мониторинг переходов МН и МГ через водные объекты, который одновременно выполнял бы все функции внешней диагностики, все функции мониторинга инженерного сооружения и локального мониторинга состояния берегов, дна и водоохранных зон водного объекта.

Порядок ведения такого мониторинга, включая производство периодических наблюдений и обследований перехода и водного объекта, перечень наблюдаемых и измеряемых характеристик, периодичность наблюдений и обследований, форма и способы обработки материалов наблюдений и обследований, форма их хранения и первичного анализа для выявления тенденций и прогнозов, безусловно зависит от способа пересечения трубопроводом водного объекта, от вида водного объекта и от типа и интенсивности руслового процесса на участке перехода.

В настоящее время программа производственного экологического мониторинга состояния водных объектов на участках подводных переходов магистральных нефтепроводов устанавливается ведомственными нормативными документами РАО «ЕЭС России» и АК «Транснефть»: РД 39-30-1060, РД 51-2, Пособие к РД 51-2 [11], РД 51-3 и др. В соответствии с этими документами экологическая служба мониторинга совместно со службами технического обслуживания переходов предприятий, эксплуатирующих трубопроводы, осуществляет контроль за состоянием природной среды на участках подводных переходов. При этом должны выполнятся следующие виды работ:

— визуальные наблюдения за состоянием русла реки, рельефа ее берегов и пойм на участках подводных переходов;

- определение характеристик состояния гидрологического режима реки (скорости течения, уровня воды и ледовых условий);
- оценка состояния надводной части берегоукрепления и береговых склонов;
- водолазное обследование состояния подводной части берегоукрепления и береговых склонов;
- определение фактического планового и высотного положения отметок рельефа дна и склонов берегов гидроакустической съемкой в границах руслового участка перехода согласно рабочей и исполнительной документации;
- гидроакустическая (дна русла) и геодезическая (берегов) съемки в пределах зоны возможных деформаций и переформирований, в границах акватории не менее 3,5 ширины реки по среднемеженному уровню вверх и 1,5 ширины реки вниз по течению от створа перехода или с захватом по одной излучине вверх и вниз от крайних ниток коридора перехода.

Оценка и контроль гидрологических параметров водного объекта должны основываться на данных наблюдений региональной сети Росгидромета, а также публикуемых Росгидрометом официальных материалов.

Качественное выполнение гидрологических наблюдений и контроля должно быть обеспечено функционированием в течение всего периода эксплуатации перехода планово-высотной геодезической сети.

Определение гидрометрических характеристик (уровень и расход воды, скорость течения, ледовый и волновой режимы) должны осуществляться гидрологом службы экологического мониторинга или специалистом Росгидромета.

При выполнении гидрологических наблюдений за русловым режимом следует руководствоваться требованиями нормативных документов по учету русловых деформаций и определению расчетных гидрологических характеристик (СП 33-101).

Службы и организации по техническому обслуживанию подводных переходов после выполнения русловой гидроакустической съемки дна реки на участке перехода передают службе экологического мониторинга план и профиль с положением ниток перехода для анализа и оценки динамики деформации русла и берегов.

На основании материалов гидрологических наблюдений и русловых съемок дна на участке подводного перехода определяются данные высотных и плановых деформаций дна за период эксплуатации перехода и проводится оценка надежности и эффективности креплений береговых склонов.

Данные, полученные службой экологического мониторинга в результате гидроакустической съемки и водолазных обследований подводных участков крепления берегов, должны характеризовать состояние и надежность конструкции крепления и подводной части по устойчивости, плотности прилегания к основанию откоса, а также их надежности (в том числе и упорной призмы) к воздействиям течений, волн и ледовых условиий.

Экологический контроль на берегах водных объектов должен обеспечивать сбор информации о следующих явлениях и процессах:

- состоянии береговых откосов (подводных и надводных участков);
- состоянии и надежности крепления берегов;

— воздействии на береговые откосы гидрологических условий водного объекта (паводков, ледовых условий);
— возникновении опасных геологических процессов на берегах (оползневых, эрозионных, мерзлотных и др.).

В случаях установления фактов переформирования береговых откосов и разрушения берегоукреплений под воздействием гидрологических процессов служба экологического мониторинга определяет интенсивность разрушения (скорость перемещения) берегов путем сопоставления продольных профилей контрольных створов, полученных по разновременным съемкам с привязкой к планово-высотной магистрали.

Для установления ледовых воздействий на береговые участки служба экологического контроля ведет визуальные наблюдения за ледовыми явлениями на основе данных гидрометеорологических станций о местах образования и размерах заторов и зажоров на реке для определения характера и степени опасности разрушения берегов и берегоукреплений на участке перехода.

Экологический контроль за состоянием берегоукрепительных сооружений осуществляется как в надводной части — визуальным обследованием и с помощью геодезических съемок; так и в подводной части — гидроакустическим методом и водолазным обследованием.

Наблюдения за состоянием крепления берегов устанавливают:
— соответствие фактического профиля и конструкции крепления проектным;
— отсутствие (наличие) плановых и высотных смещений конструкции креплений при эксплуатации перехода;
— состояние обратных фильтров, оснований и одежды креплений, упорной призмы;
— отсутствие выноса грунтов основания и фильтра из-под крепления;
— отсутствие опасности размыва тела берегового откоса и образования оползня.

Периодичность обследований подводных трубопроводов в процессе их эксплуатации в штатном режиме определяется интенсивностью процессов переформирования русел и пойм рек на участках переходов в ходе предстроительного и строительного этапов мониторинга.

В случаях резких изменений гидрологического режима водного объекта на участках переходов после интенсивных паводков, ледовых и других опасных для эксплуатации переходов процессов и явлений его обследование осуществляется по полной программе с использованием гидроакустической аппаратуры, получением батиметрических карт (планов) всей акватории и профилей по створам ниток переходов и геодезической съемкой прибрежных участков.

Для оперативного выявления негативных последствий строительства трубопроводов и устранения этих последствий в первые несколько лет после завершения строительства наблюдения за состоянием водных объектов в зоне влияния трассы должны проводиться по учащенной программе с активным использованием аэрофотосъемочных методов (особенно для обследования болотных массивов с целью выявления районов подтопления торфяной толщи вдоль трассы нефтепровода).

Вся полученная в ходе проведения гидроморфологического мониторинга информация и материалы в обязательном порядке заносится в экологические

паспорта переходов, которые составляются для каждого перехода через крупные и средние реки.

Для обеспечения должного уровня защиты малых рек и ручьев от негативного воздействия объектов трубопроводной системы, которые в данном случае могут выполнять роль активных инженерных сооружений, рекомендуется составлять экологические паспорта переходов и для малых рек и ручьев (или для их морфологически и ландшафтно однородных групп), хотя это и не предусмотрено ведомственными нормативными документами РАО «ЕЭС России» и АК «Транснефть».

Проведение водопользователями гидроморфологического мониторинга водных объектов на участках подводных переходов трубопроводов через реки обеспечит полное выполнение задач локального мониторинга состояния дна, берегов и водоохранных зон водных объектов и задач производственного мониторинга состояния трубопроводов и иных инженерных сооружений трубопроводов на участках переходов через водные объекты и прилегающих к ним территориях для обеспечения надежной работы подводных переходов.

Научно-методическое обеспечение наблюдений и комплексных обследований и работ на участке подводных переходов, оперативное методическое руководство и метрологический надзор должны осуществлять специализированные организации по закрепленным за ними видам наблюдений и направлениям работ.

## 14.3. Рекомендации по выполнению отдельных видов наблюдений и работ в составе гидроморфологического мониторинга водных объектов

**14.3.1.** Сбор предпроектных и исполнительных материалов по переходу трубопровода осуществляется в случае отсутствия их в «Экологическом паспорте перехода» при принятии перехода в эксплуатацию.

Сбор и анализ исторических материалов по переходам проводятся для оценки современного и ретроспективного состояния рек, выявления тенденций в изменении их гидрологического, руслового и гидрохимического режимов, определения технического состояния переходов и ресурса трубопроводов, а также для разработки программы основных видов наблюдений и комплексных обследований на водных объектах в районе переходов, организация которых предусмотрена системой мониторинга перехода.

Рекомендуется осуществлять сбор и анализ следующих материалов:

- элементы гидрологического режима реки на участке перехода или ближайшем репрезентативном по наиболее полным рядам наблюдений гидропосту Росгидромета, включая характерные уровни и расходы воды, типовые гидрографы для малого, среднего и многоводных годов, сведения о водохозяйственных мероприятиях и вызываемых ими изменениях в речном стоке, сведения о ледовых явлениях на реке.
- характеристики гидравлического режима, включая планы поверхностных скоростей течения на участке перехода (в русле и на пойме) в период половодья и межени, распределение наибольших и средних на вертикали скоростей течения в створе перехода по ширине реки и поймы в период половодья и межени.

- показатели развития руслового процесса, включая сведения о геологических и гидроморфологических условиях в районе перехода, планы русла и поймы на участке перехода за разные годы, крупномасштабные картографические и аэрофотосъемочные материалы за разные годы съемки, поперечные профили русла и поймы в створе перехода в разные годы, сведения о режиме пойменных и русловых деформаций на участке перехода в многолетнем разрезе (темпы размыва берегов, развитие пойменных проток, перемещение излучин, прорыв петель, отторжение побочней), сведения о техногенном воздействии на режим русловых и пойменных деформаций в районе перехода.
- технические характеристики перехода и характеристики трубы на переходе.

**14.3.2.** Для оценки и прогноза состояния перехода, периодического уточнения прогнозируемого профиля предельного размыва русла и поймы в створе этого перехода за расчетный период его эксплуатации в условиях изменения гидрологического и руслового режимов водного объекта и растущего антропогенного воздействия на этот объект необходимо организовать режимные наблюдения и комплексные обследования как перехода трубопровода, так и водного объекта на участке перехода.

Программа этих наблюдений и комплексных обследований должна быть разработана с учетом состояния перехода, размеров реки, характера, интенсивности и возможного диапазона плановых и высотных русловых и пойменных деформаций за расчетный период эксплуатации перехода, а также с учетом степени техногенного воздействия на динамические явления на участке перехода и экологической обстановки на реке.

Переформирования речного русла и поймы осуществляются в ходе деформаций целостных морфологических образований в результате сползания побочней, развития излучин, смещения осередков или островов и т.п. Поэтому для получения представлений об общем ходе деформаций русла и поймы на участке перехода необходимо руководствоваться типичными схемами развития речного русла и поймы, т.е. представлениями о типах руслового процесса и поймы.

В настоящем стандарте принята типизация руслового процесса равнинных рек [3], разработанная ГГИ (см. раздел 5).

Программа режимных наблюдений и комплексных обследований водного объекта в районе перехода предусматривает следующие виды работ.

1. Рекогносцировочное обследование участка водного объекта в районе перехода, которое необходимо осуществлять ежегодно в меженный период. В задачи этого обследования входят:

- оценка состояния береговых участков в пределах подводного перехода;
- оценка состояния (устойчивости) берегозащитных сооружений;
- уточнение границ локального размыва русла и поймы в зоне крепления берегов;
- количественная оценка воздействия мостовых переходов, перекрывающих и не перекрывающих пойму, руслорегулирующих сооружений, дамб обвалования и других гидротехнических сооружений, в зоне влияния, на естественный процесс переформирования русла и поймы, интенсивность и абсолютные величины локальных (местных) деформаций в границах участка перехода.

- установление местоположения, геометрических размеров (длины, ширины, глубины разработки) гравийно-песчаных карьеров (в случае их разработки) в русле и на пойме в районе перехода; оценка интенсивности размыва русла и поймы в районе близлежащих к створу перехода карьерных выемок, обусловленного нарушением баланса стока наносов на исследуемом участке реки вследствие добычи на этом участке песчано-гравийных материалов;
- обследование линейного участка нефтепровода по всей ширине поймы;
- определение экологической обстановки на участке водного объекта в районе перехода, в том числе в пределах водоохранной зоны реки и в ее прибрежных защитных полосах. Установление причин загрязнения.

Участок для рекогносцировочного обследования реки в районе перехода должен охватывать 4–5 излучин речного русла или не менее 6 смежных побочней или осередков при побочневом или осередковом типах руслового процесса выше и ниже створа перехода. Участок обследуется по всей ширине пояса руслоформирования.

2. Построение геодезической сети на участке перехода и закрепление пунктов съемочного обоснования на местности долговременными знаками и реперами.

3. Производство топогеодезической съемки русла и поймы в районе перехода.

Участок съемки должен охватывать не менее двух смежных побочней или осередков при побочневом и осередковом типах руслового процесса или две излучины выше и ниже створа перехода. Масштаб топографической съемки должен обеспечить заданную точность измерения деформаций и может изменяться от 1:500 до 1:10000 в зависимости от ширины реки. В первые 10–15 лет эксплуатации перехода съемку на средних и крупных реках рекомендуется выполнять 1 раз в 5 лет, на малых реках — 1 раз в 2–3 года. В дальнейшем, после выполнения трех съемок при незначительных деформациях русла и поймы, интервал времени между съемками может быть увеличен.

4. Отбор проб донных отложений, который должен проводиться в характерных местах русловых морфологических образований в случае интенсивного переформирования русла реки на участке перехода.

5. Производство аэрофотосъемки участка водного объекта в районе перехода.

Для выявления тенденций плановых деформаций русла и поймы в районе перехода, аэрофотосъемки следует планировать 1 раз в 3–5 лет в зависимости от интенсивности высотно-плановых деформаций главного русла реки и основных пойменных проток. Длина участка съемки на крупных реках составляет 20–25 км, на средних реках — 5–10 км. Масштаб аэрофотосъемки при ширине реки до 300 м должен быть не менее 1:5000, при ширине реки 300–1000 м — 1:15000, свыше 1000 м — 1:25000–1:50000. Результаты аэрофотосъемки должны представляться в виде полноценного приведенного и трансформированного аэрофотоплана.

6. Выполнение приборных обследований береговых укреплений и комплекса инженерных сооружений.

В условиях активизации процесса размыва русла и поймы непосредственно в районе перехода, обусловленной усилением антропогенного воздействия (например, разработкой карьерных выемок вблизи створа перехода или развитием

ям местного размыва, сформировавшихся выше по течению), приборные обследования этих инженерных сооружений следует выполнять ежегодно. В этих условиях также необходимо ежегодно осуществлять контрольные съемки русла и поймы в пределах технического коридора перехода, чтобы своевременно выполнить защитные мероприятия по обеспечению надежности и экологической безопасности эксплуатации исследуемого перехода.

Периодическое экспедиционное обследование морфологических образований в русле и на пойме, (1 раз в 3–5 лет) в том числе ям местного размыва, в районе инженерных сооружений и карьерных разработок, в зоне влияния которых находится участок перехода, с целью определения степени воздействия этих сооружений и карьерных разработок на ход русловых и пойменных деформаций проводится непосредственно в районе перехода.

При этом необходимо учитывать, что все инженерные сооружения и мероприятия, проводимые на реках, разделяются на два класса: активные и пассивные (см. приложение А).

При оценке влияния активных и пассивных сооружений на характер и интенсивность русловых деформаций в створах переходов следует учитывать, что:

- зона влияния на русловой процесс активных сооружений I категории простирается по реке выше и ниже их местоположения, захватывая участки реки, состоящие из нескольких макроформ;
- зона влияния на русловой процесс активных сооружений II категории ограничивается одной макроформой или несколькими мезоформами;
- возведение в реке пассивных сооружений не приводит к изменению русловых макроформ и мезоформ, а касаются лишь перестройки русловых микроформ в непосредственной близости от сооружений или в его пределах.

Для своевременного предупреждения негативных явлений программа работ по комплексному обследованию участков переходов, находящихся в зоне влияния активных сооружений должна содержать, помимо стандартных режимных наблюдений, дополнительные виды наблюдений, определяемые специализированными организациями и территориальными органами Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Воздействие этих сооружений на русловой процесс и возникновение чрезвычайных ситуаций в случае аварий активных сооружений могут повлечь за собой ущерб окружающей природной среде, в том числе водным объектам, и нарушение условий жизнедеятельности людей.

7. Проведение наблюдений за загрязнением водного объекта осуществляемое в соответствии с программой, согласованной с территориальными природоохранными органами.

8. Проведение инспекции трубы на участке перехода трубопровода, выполняемое по специальным программам и инструкциям.

**14.3.3.** Комплексные обследования берегозащитных сооружений на участке перехода проводятся с целью определения надежности и эффективности работы этих сооружений по стабилизации русла и поймы в створе перехода в соответствии с проектом.

Анализ материалов режимных наблюдений и комплексных обследований берегозащитных сооружений, предусмотренных программой обследования перехода, позволяет:

- определить степень воздействия потока, русловых и пойменных деформаций на берегозащитные сооружения;
- дать оценку эффективности проектного решения по выбору конструкции берегозащитных сооружений в зависимости от интенсивности, направленности и амплитуды фактических деформаций русла и поймы;
- оценить соответствие принятой схемы компановки берегозащитных сооружений и длины участков укрепления берегов характеру русловых деформаций и их темпам;
- установить причины разрушения (деформаций) основных элементов конструкции берегозащитных сооружений;
- разработать рекомендации по стабилизации русла и поймы в зонах интенсивного местного размыва;
- разработать рекомендации по ремонту (капитальному и текущему) берегозащитных сооружений и их усовершенствованию с учетом тенденций в изменении гидрологического и руслового режимов водного объекта;
- оценить влияние берегозащитных сооружений на экологическую обстановку на реке и в пределах ее водоохранной зоны.

Методическое обеспечение комплексных обследований берегозащитных сооружений (каменные крепления, бетонные и железобетонные крепления, асфальтобетонные крепления, защитные отсыпки гравия и гальки, струенаправляющие дамбы, полузапруды и др.) должно осуществляться специализированными организациями, имеющими лицензию на проведение таких работ.

**14.3.4.** Надежность и экологическая безопасность эксплуатации, подводных переходов трубопроводов через реки, сооруженных традиционным способом и методом наклонного бурения, определяются тремя основными факторами: состоянием пересекаемого водного объекта, техническим состоянием перехода, самого трубопровода и инфраструктуры перехода (буровая скважина, защитные сооружения и др.); состоянием системы эксплуатации перехода.

Опыт исследований руслового режима рек на участках подводных переходов трубопроводов показал, что средний период эксплуатации переходов трубопроводов проложенных в траншее (25–30 лет), происходят значительные изменения руслового режима водного объекта по сравнению с режимом на момент строительства этих переходов. Эти изменения, с одной стороны, определены естественным развитием водного объекта, с другой — возрастающим техногенным воздействием на водный объект.

Одна из задач мониторинга подводного перехода трубопровода — установить характер и причины изменения руслового режима водного объекта за заданный промежуток времени и степень опасности данного изменения как для надежности эксплуатации перехода, так и для экологической обстановки на реке. Особое внимание при траншейном методе пересечения реки необходимо уделить деформациям дна и берегов реки, а на переходах, проложенных методом наклонного бурения — плановым деформациям русла и поверхности поймы непосредственно в районе перехода, обусловленным как природными, так и техногенными факторами.

Указанная информация необходима для уточнения прогнозируемого профиля предельного размыва русла и поймы в створе перехода за расчетный период эксплуатации этого перехода и определения его остаточного ресурса по гидроморфологическим условиям.

Уточнение проектного прогноза горизонтальных и вертикальных деформаций участка русла в районе перехода за расчетный срок его эксплуатации этого перехода выполняется в соответствии с рекомендациями разделов 9 и 10.

Оценка деформаций поймы на участке перехода на основе имеющихся картографических, аэрофотосъемочных, геологических и гидрологических материалов производится по следующим этапам:

- определяется тип поймы;
- выделяется пойменный массив на участке перехода, а также границы вышележащего и нижележащего массивов;
- намечаются и наносятся на картографическую основу линии, соединяющие наиболее пониженные отметки поверхности поймы, как пересекающие весь пойменный массив, так и идущие от периферии поймы к местным аккумулирующим емкостям. Границы последних наносятся по наиболее высоким отметкам по контуру емкости;
- для каждой крупной прорвы, пересекающей створ перехода, составляются ее поперечный и продольный профили;
- при пойменной многорукавности важно установить в районе перехода участки, на которых возможно возникновение поперечных течений на межрукавных участках поймы;
- на основе собранных и обработанных материалов устанавливаются участки поймы в районе перехода, наиболее подверженные деформациям (что может в будущем представить опасность для устойчивости перехода), и необходимость расчетов затопления поймы и течений на ней;
- составляется краткое описание участка поймы в районе перехода, в котором оценивается его тип, указываются особенности морфологического и геологического строения, возможный порядок затопления и опорожнения, места развития наиболее интенсивных течений и размывов, усложняющих условия эксплуатации перехода.

Основой для уточнения проектного прогнозируемого профиля предельного размыва русла и поймы в створе перехода наряду со съемками прежних лет должны служить русловые съемки участка перехода, выполненные в рамках мониторинга перехода. Построение на профиле перехода уточненной линии возможного размыва русла и поймы за расчетный период эксплуатации перехода следует выполнять с учетом типа руслового процесса.

Уточненный по результатам периодических наблюдений прогнозируемый профиль совмещается с проектным предельным профилем размыва русла реки и ее поймы и с фактическим планово-высотными положением трубы. При этом в створе перехода выделяются участки, где размывы русла и поймы реки могут пересечь проектную линию предельного размыва вследствие изменения режима водного объекта под воздействием природно-техногенных факторов.

На основе выполненного анализа и обобщения имеющихся материалов составляется заключение о состоянии перехода в условиях прогнозируемого изменения гидрологического и руслового режимов реки. Разрабатываются (в случае необходимости) предложения по проектированию и строительству защитных сооружений на участке перехода.

**14.3.5.** После завершения рекогносцировочных или оперативных обследований участка водного объекта, перехода и других инженерных сооружений еже-

годно составляется Записка о состоянии перехода трубопровода и его линейной части по всей ширине поймы и экологической обстановки на водном объекте, которую целесообразно составлять с участием специализированных организаций.

После выполнения каждой контрольной русловой съемки участка водного объекта в районе перехода в соответствии с программой мониторинга (съёмка выполняется 1 раз в 3–5 лет в зависимости от величины реки и интенсивности русловых и пойменных деформаций) результаты работ оформляются в виде отчёта, включающий следующие основные разделы:

- гидроморфологическая характеристика участка водного объекта в районе перехода и причины ее изменения.
- тенденции и скорости русловых и пойменных деформаций на участке перехода.
- влияние гидротехнических сооружений, в том числе берегозащитных сооружений и карьерных разработок, на развитие руслового процесса на участке перехода.
- характеристика экологической обстановки на исследуемом участке водного объекта.
- оценка состояния перехода и его линейной части в пределах поймы в условиях существующего режима водного объекта.
- разработка, с учетом новых данных, краткосрочного (оперативного) и долгосрочного (на период эксплуатации перехода) прогнозов деформаций русла и поймы на участке перехода.
- уточнение проектного прогнозируемого профиля предельного размыва русла и поймы в створе перехода за расчетный период его эксплуатации.
- разработка рекомендаций и предложений (в случае необходимости) по проектированию и строительству защитных сооружений, обеспечивающих стабилизацию русла и поймы в створе перехода.

Результаты мониторинга, а также уточненный профиль предельного размыва русла и поймы реки в створе перехода и другая собранная информация, должны своевременно и регулярно вносится в «Экологический паспорт перехода» (на бумажных и электронных носителях). Отчет должен передаваться водопользователем в региональные БВУ в рамках программы государственного мониторинга водных объектов.

# Приложение А
(справочное)

## Классификация инженерных сооружений и мероприятий по характеру их взаимодействия с русловым процессом

Естественный процесс и режим изменений морфологического строения русла и поймы под действием текущей воды может осложняться наличием в реке инженерного сооружения. Одновременно и само сооружение может испытывать воздействие как естественного, так и видоизмененного процесса переформирования русла. Всё многообразие сооружений и видов проявления руслового процесса создаёт большое число форм взаимодействия между ними. В каждом конкретном случае прогноз русловых деформаций может быть составлен лишь на основании научной систематизации или классификации указанных форм взаимодействия (рисунок А.1).

А.1 По характеру взаимодействия с руслом и поймой, возможностью и степенью влияния на определяющие факторы руслового процесса все речные инженерные сооружения и мероприятия разделяются на два класса: активные и пассивные. Возведение активных сооружений оказывает влияние на определяющие факторы руслового процесса: сток наносов и условия, ограничивающие свободное развитие русла.

А.2 Активные сооружения подразделяются на две категории. Строительство сооружений I категории приводит к однонаправленному необратимому изменению большинства характеристик определяющих факторов на большом ее протяжении или в масштабе всей реки. Эти изменения могут касаться любого числа определяющих факторов: одного, двух или трех. Поскольку закономерное сочетание определяющих факторов создает конкретный тип руслового процесса, их изменение может привести в первую очередь к смене типа макроформ, к возникновению новых значений характеристик потока и русла. Последнее, как известно, приводит к изменению русловых образований на других структурных уровнях, на уровнях мезоформ и микроформ. В силу капитальности этих сооружений указанные изменения русловых форм не оказывают на них заметного влияния.

В состав сооружений I категории включены:

- плотины гидроузлов, строительство которых приводит к изменению стока воды и наносов и ограничивающих факторов;
- мостовые переходы, предмостовые дамбы, которые перегораживают пойму, стесняют развитие русла и способствуют созданию нового режима движения воды и наносов;
- мероприятия по отъему больших объемов стока воды из рек и каналов межбассейнового перераспределения воды, вызывающие коренную перестройку режима стока наносов ниже отвода;
- мероприятия по обводнению рек при использовании их в качестве трактов переброски стока или при сбросе в них воды, подаваемой по каналу;
- массовые выемки аллювия из русел и пойм рек.

Зона влияния указанных сооружений и мероприятий может простираться как на всю длину реки, так и на ее часть, охватывая ряд макроформ или мор-

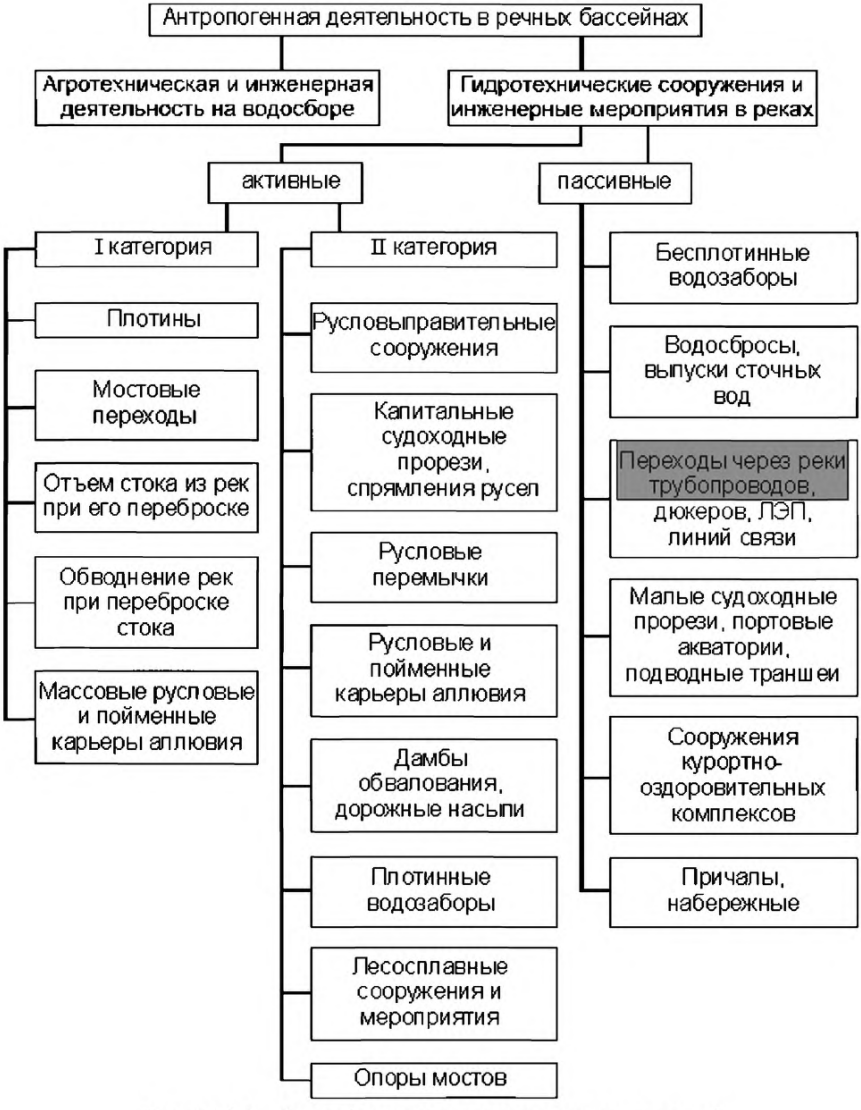



Рисунок А.1 — Классификация речных инженерных сооружений и мероприятий по характеру взаимодействия с русловым процессом

фологически однородных участков. Однако в том и другом случае возведение сооружений I категории практически всегда приводит к перестройке русловых форм на всех структурных уровнях.

Поскольку каждый случай рассматриваемого инженерного воздействия в разной степени затрагивает характеристики определяющих факторов, то происходящее при этом изменение русловых форм также будет проявляться поразному. По этой причине не может быть разработана единая схема воздействия сооружений этой категории на определяющие факторы и русловой процесс; такие схемы должны разрабатываться применительно к каждому случаю инженерного воздействия.

А.3 Возведение сооружений II категории приводит к локальному изменению некоторых характеристик определяющих факторов. Оно, как правило, не приводит к коренной перестройке типа русла, а влияет лишь на развитие русловых образований на уровне мезоформ и микроформ. Поэтому устойчивость таких сооружений всегда зависит от естественных изменений русел на уровне макроформ. Влияние на устойчивость сооружений II категории мезоформ и микроформ будет проявляться в той степени, в какой эти сооружения нарушили режим потока и русла, определяющие параметры указанных русловых образований.

Состав сооружений II категории приведен на рисунке А.1. Среди них можно выделить группу сооружений, возводимых с целью управления русловым или пойменным процессом. Это русловыправительные сооружения: запруды, полузапруды, шпоры, струенаправляющие дамбы, берегозащитные покрытия и т.п.; крупные судоходные прорези и прорези-каналы, спрямляющие излучины русел; дамбы обвалования. Их проектирование должно вестись с учетом следующего принципа инженерного воздействия: проектируемые сооружения должны так воздействовать на определенные морфологические элементы русловых форм, чтобы с их помощью можно было решить наиболее эффективно задачу по управлению русловым процессом на данном участке реки.

Расположенная ниже в классификации группа сооружений II категории по своему воздействию на русловой процесс близка к рассмотренным руслорегулирующим сооружениям. Так, дорожные насыпи, устраиваемые на пойме вдоль русла реки, оказывают на русло влияние, подобное эффекту одностороннего обвалования; воздействие одиночных подводных карьеров можно сравнить с мероприятиями по устройству дноуглубительных прорезей и спрямлению русла и т.д.

В некоторых случаях строительство таких сооружений, как дамбы обвалования, подводные карьеры и плотинные водозаборы, может приводить к заметному изменению определяющих факторов руслового процесса и русловых форм на всех структурных уровнях. Это наблюдается при обваловании нескольких морфологически однородных участков реки, при изъятии из карьеров больших объемов аллювия, значительно превосходящих объемы естественного твердого стока, при многолетней аккумуляции руслоформирующих наносов в водохранилищах плотинных водозаборов. В указанных случаях названные сооружения II категории могут быть отнесены к инженерным сооружениям I категории.

А.4 Строительство на реке пассивных сооружений не приводит к изменению определяющих факторов руслового процесса. Конструктивные особенности, размеры, местоположение и продолжительность эксплуатации сооружений та-

ковы, что они не могут изменить на сколько-нибудь заметном протяжении русла ни гидравлические параметры потока, ни режимы транспорта наносов, ни ограничивающие факторы руслового процесса. В некоторых случаях при массовом возведении на реке подобных сооружений их эффект воздействия на определяющие факторы может быть таким же, как у активных сооружений. Например, подобное явление встречается тогда, когда на реке имеется много небольших водозаборов.

В противоположность сооружениям I категории пассивные сооружения подвержены влиянию всех типов русловых форм. Как и в случае активных сооружений, необходимо рассматривать взаимодействие русловых форм и пассивных сооружений дифференцированно, раздельно по каждому виду сооружений.

Переформирование макро- и мезоформ может привести к нарушению устойчивости всех видов пассивных сооружений, указанных на рисунке А.1. Перемещение микроформ может не оказывать влияния на такие сооружения, как опоры линий электропередач, дюкеры, набережные, но оно станет определяющим в процессе занесения малых прорезей, подводных трубопроводов траншей, оголовков рассеивающих выпусков сточных вод и водозаборов, при размыве трубопроводов на подводных переходах.

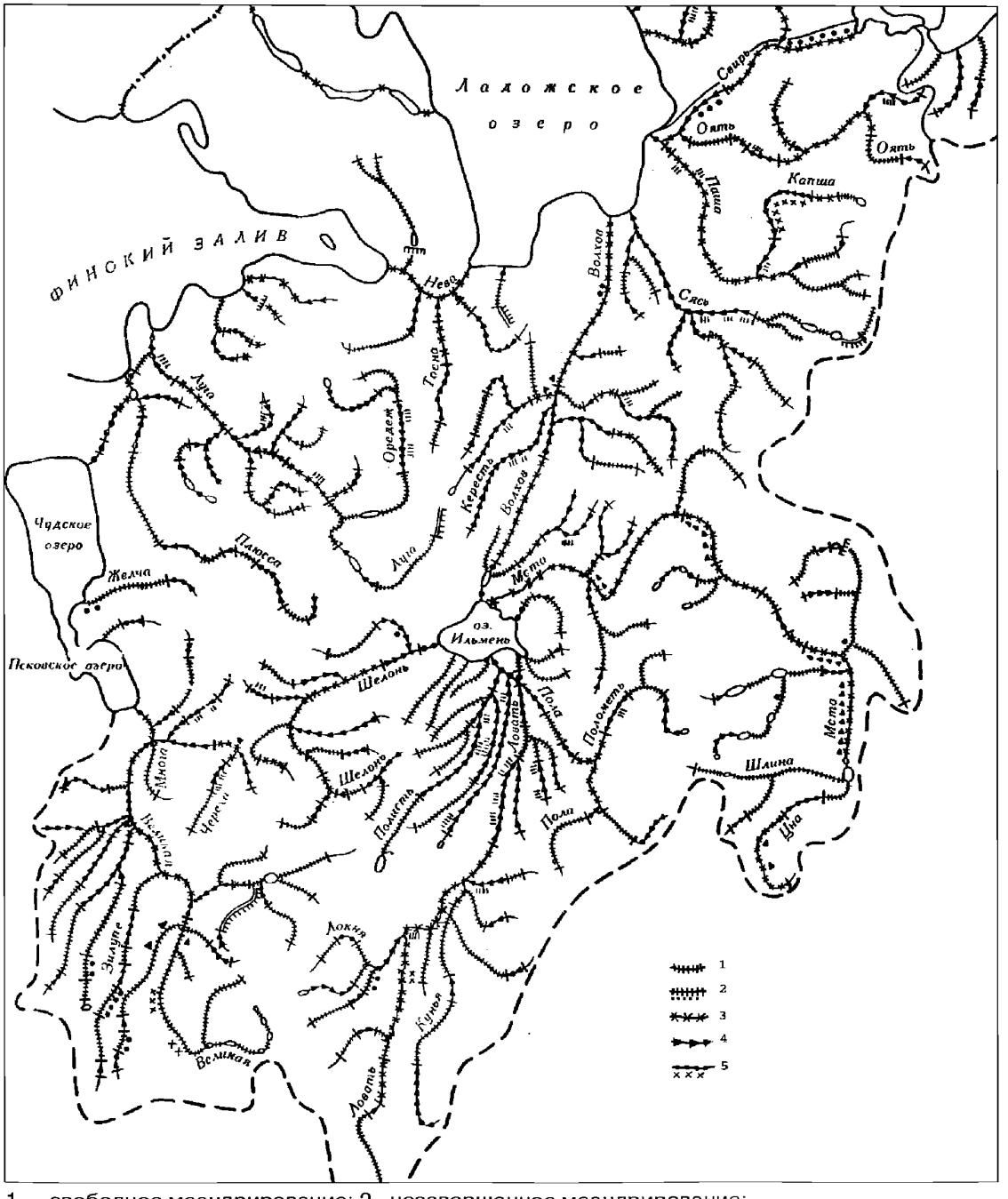
Следовательно, учет руслового процесса при проектировании пассивных сооружений состоит в определении тех русловых форм, под влияние которых попадает конкретное сооружение, и в оценке диапазона этих русловых деформаций. Если сооружение нельзя разместить за пределами найденных границ деформаций, при необходимости задача его размещения решается одним из следующих способов:

- путем стабилизации русла с помощью руслорегулирующих сооружений II категории;
- путем отыскания нового, приемлемого по развитию деформаций, участка местоположения сооружения;
- путем разработки принципиально новой конструкции сооружения, позволяющей избежать влияния русловых деформаций.

Учет изложенной классификации инженерных сооружений и мероприятий по характеру их взаимодействия с русловым процессом необходим не только при проектировании, эксплуатации и строительстве каждого из них, но также для оценки взаимного влияния этих сооружений и мероприятий в ходе их совместной эксплуатации.

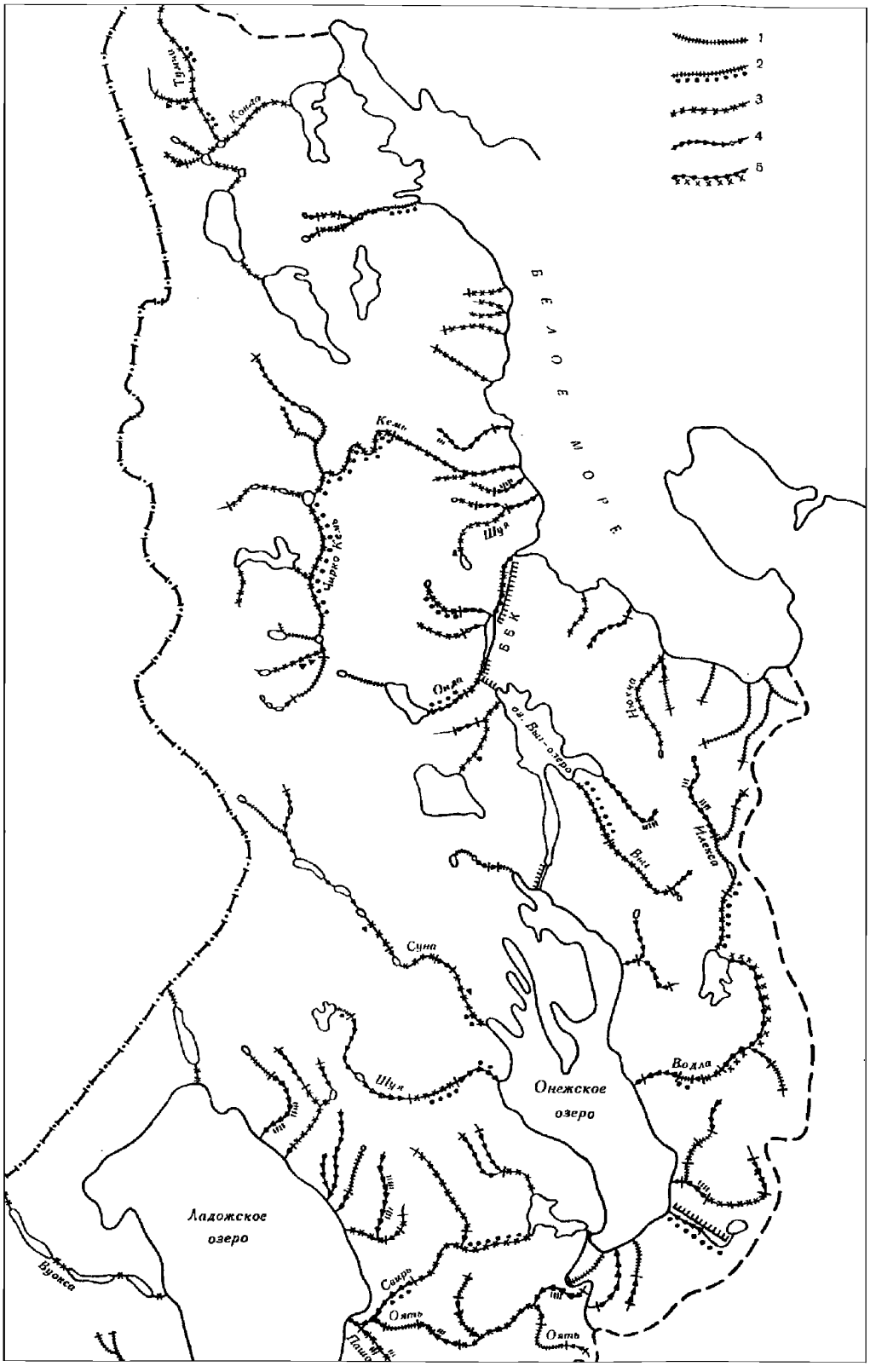
# Приложение Б
(рекомендуемое)

## Карты-схемы распределения типов руслового процесса на территории России и сопредельных государств



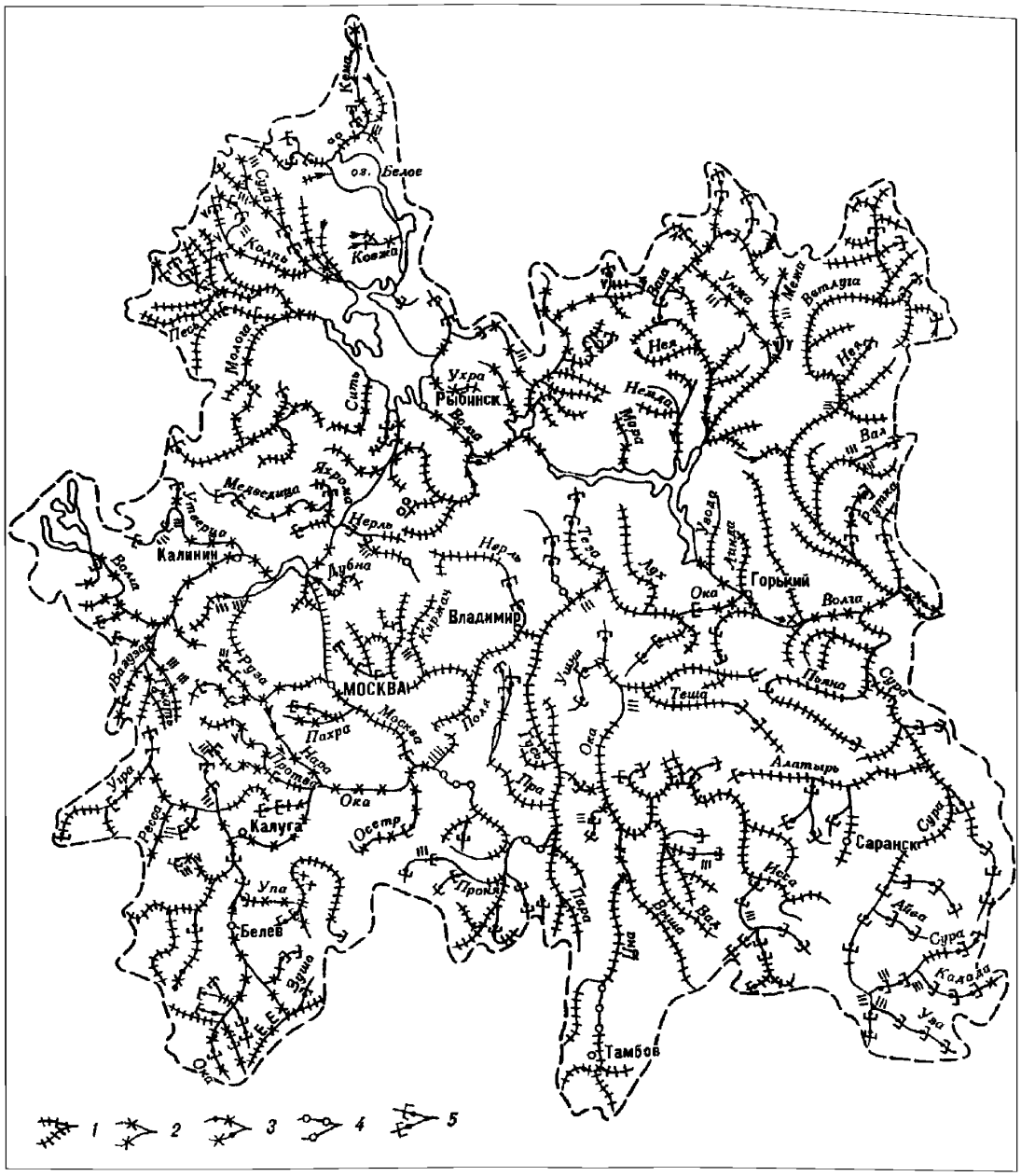

1 — свободное меандрирование; 2– незавершенное меандрирование;
3 — проявление ограничивающего фактора; 4 –ограниченное меандрирование;
5 — русловая многорукавность

Рисунок Б.1 — Распространение типов руслового процесса на реках Северо-Запада России




1 — свободное меандрирование; 2– незавершенное меандрирование;
3 — проявление ограничивающего фактора; 4 –ограниченное меандрирование;
5 — русловая многорукавность

Рисунок Б.2 — Распространение типов руслового процесса на реках Республики Карелия




1 — свободное меандрирование; 2 — незавершенное меандрирование;
3 — пойменная многорукавность; 4 — побочневый тип;
5 — осередковый тип (русловая многорукавность)

Рисунок Б.3 — Распространение типов руслового процесса на реках бассейна Верхней Волги

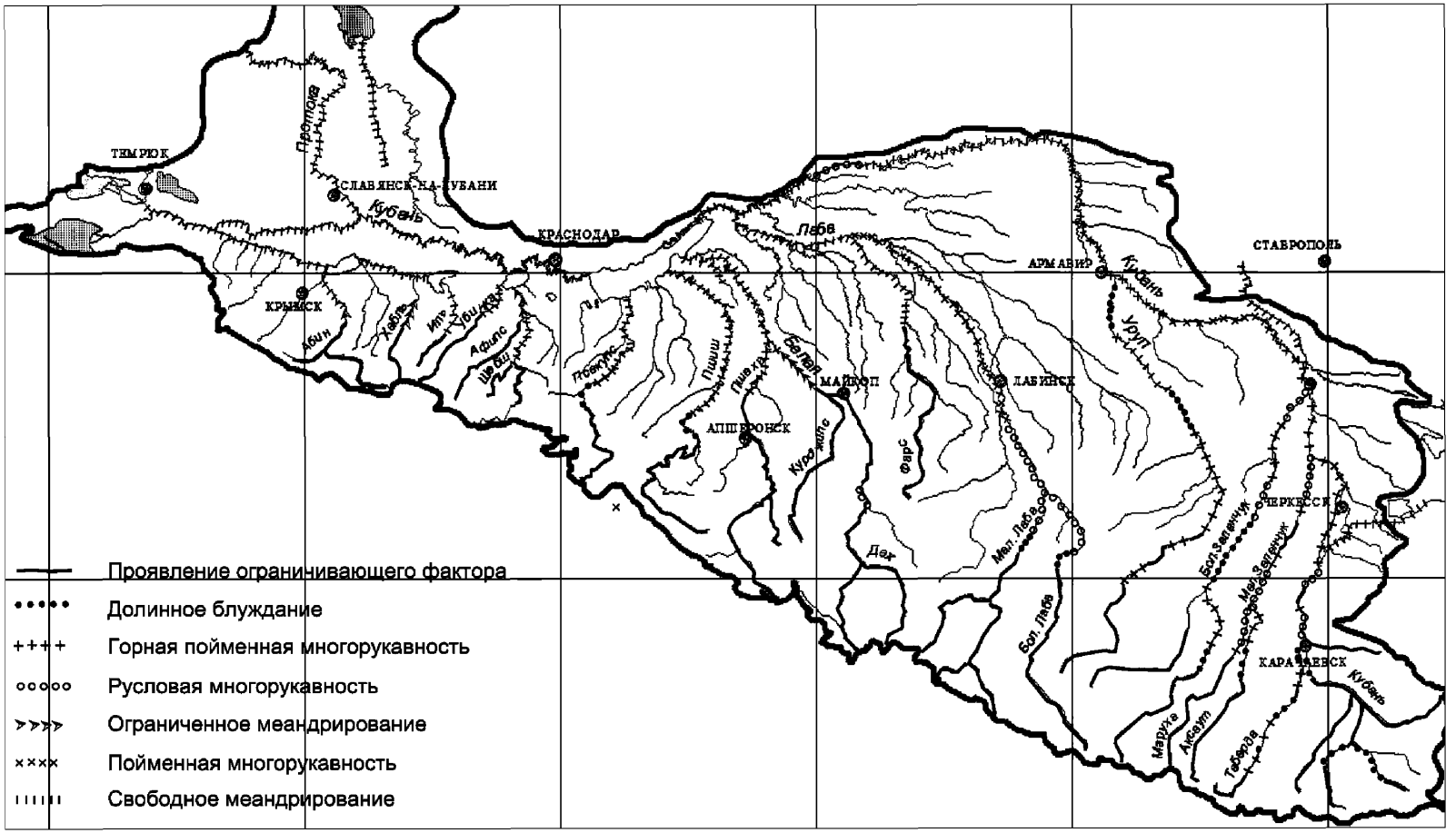
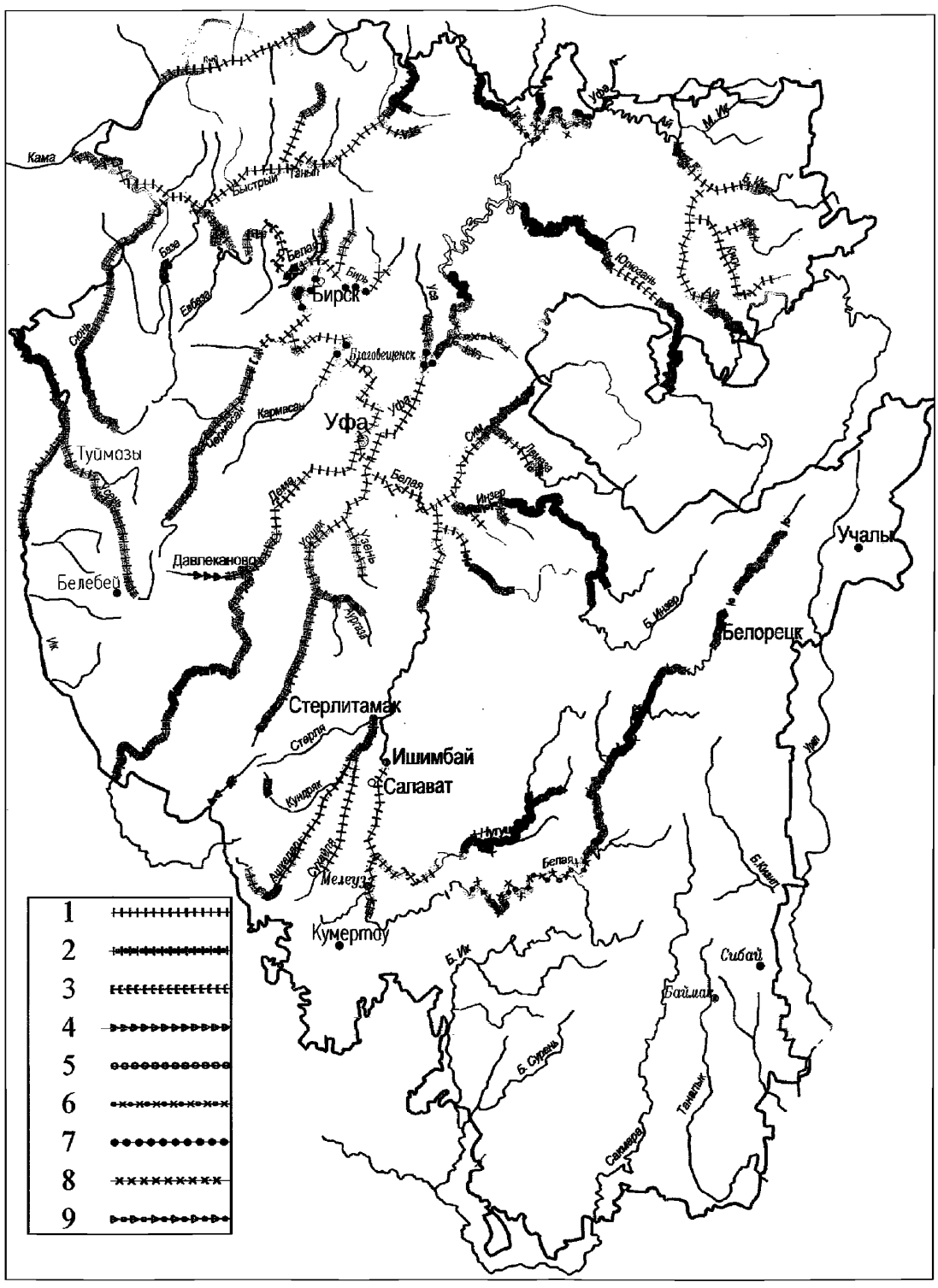
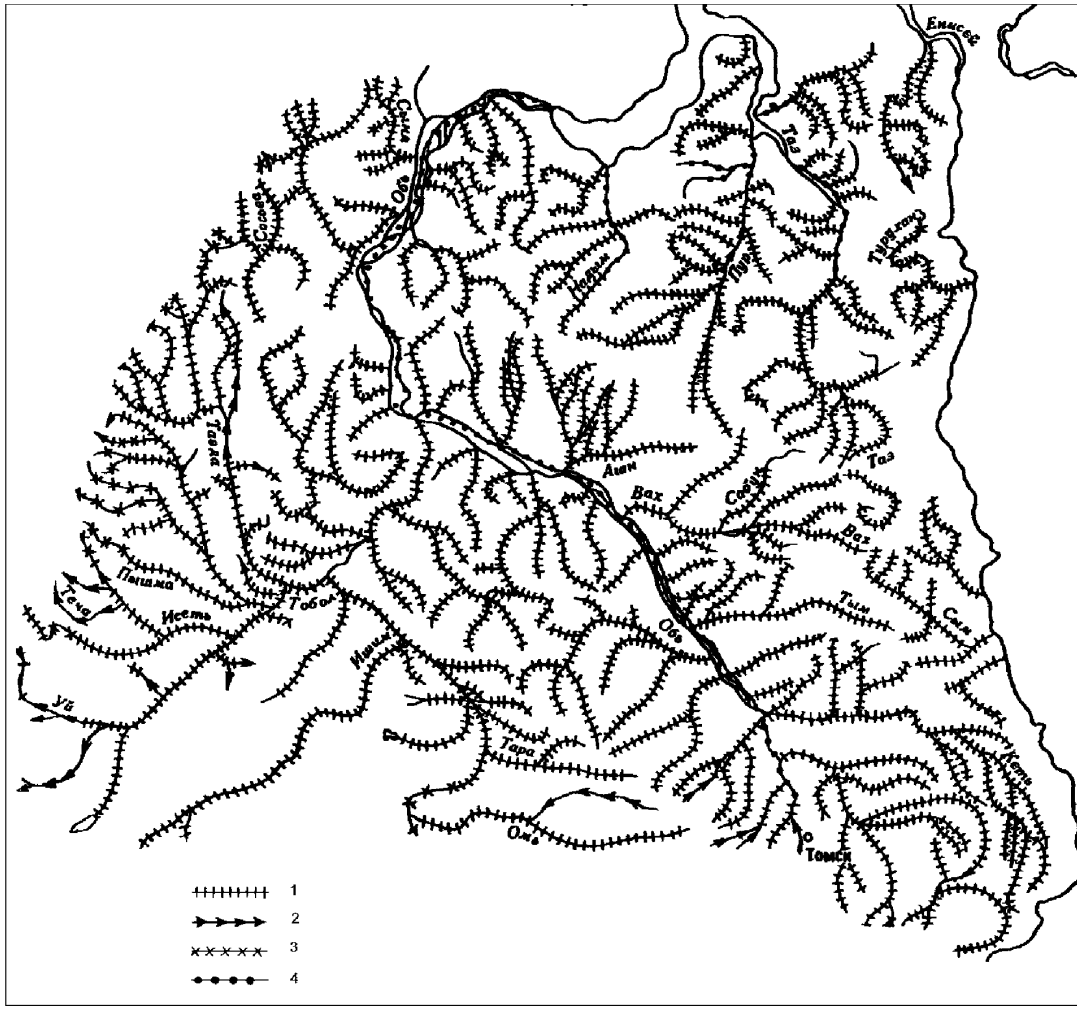



Рисунок Б.4 — Распространение типов руслового процесса на территории бассейна реки Кубань



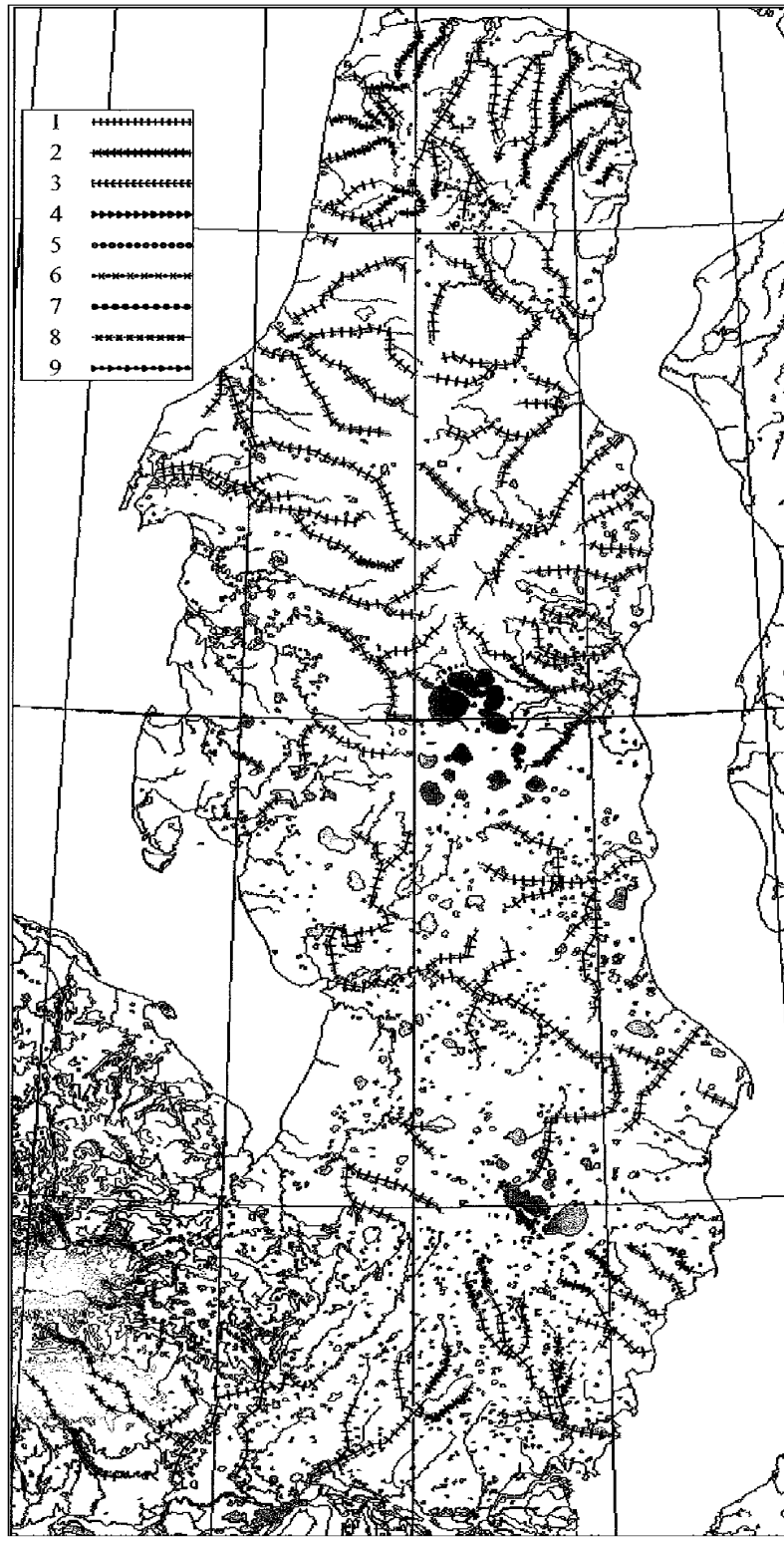

1 — свободное меандрирование; 2 — незавершенное меандрирование;
3 — ограниченное меандрирование; 4 — пойменная многорукавность; 5 — горная пойменная многорукавность; 6 — преимущественное проявление ограничивающего фактора

Рисунок Б.5 — Распространение типов руслового процесса на территории Республики Башкортостан



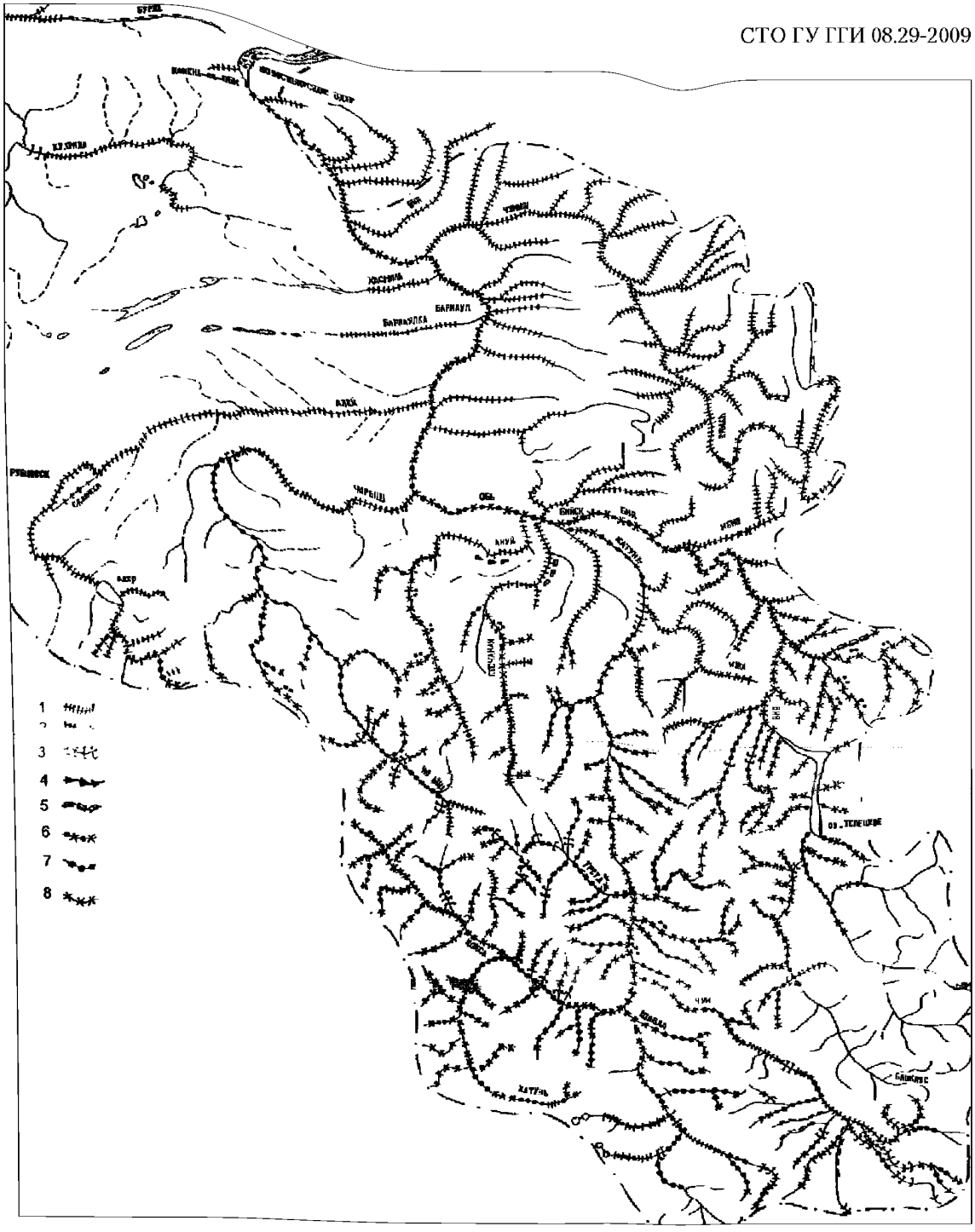

1 — свободное меандрирование; 2 — ограниченное меандрирование;
3 — преимущественное проявление ограничивающего фактора;
4 — пойменная многорукавность;

Рисунок Б.6 — Распространение типов руслового процесса на реках территории Западной Сибири




1 — свободное меандрирование; 2– ограниченное меандрирование;
3 — вынужденное меандрирование

Рисунок Б.7 — Распространение типов руслового процесса на реках территории полуострова Ямал

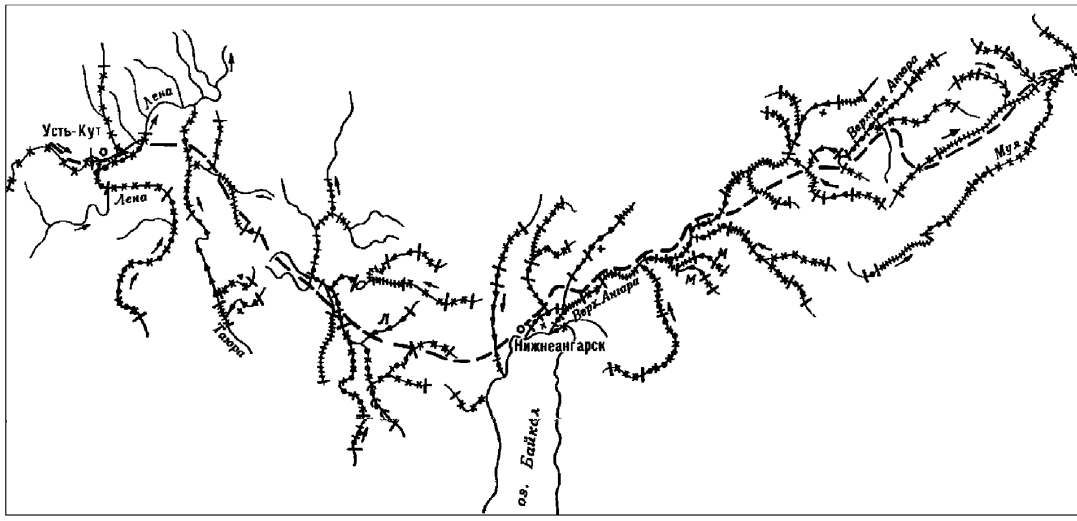



1 — свободное меандрирование; 2– незавершенное меандрирование;
3 — пойменная многорукавность; 4 — ограниченное меандрирование;;
5 — побочневый тип; 6 — русловая многорукавность; 7 — горная пойменная многорукавность; 8 — проявление ограничивающего фактора

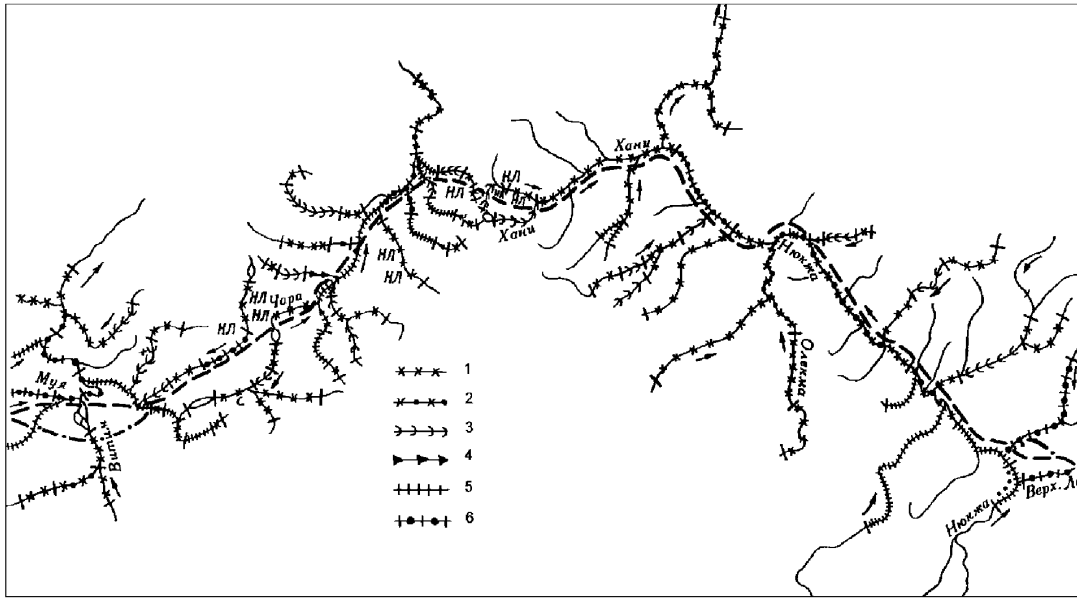
Рисунок Б.8 — Распространение типов руслового процесса на реках Алтая

1 — свободное меандрирование; 2 — ограниченное меандрирование; 3 — преимущественное проявление ограничивающего фактора; 4 — русловая многорукавность.

Рисунок Б.9 — Распространение типов руслового процесса на территории Республики Казахстан



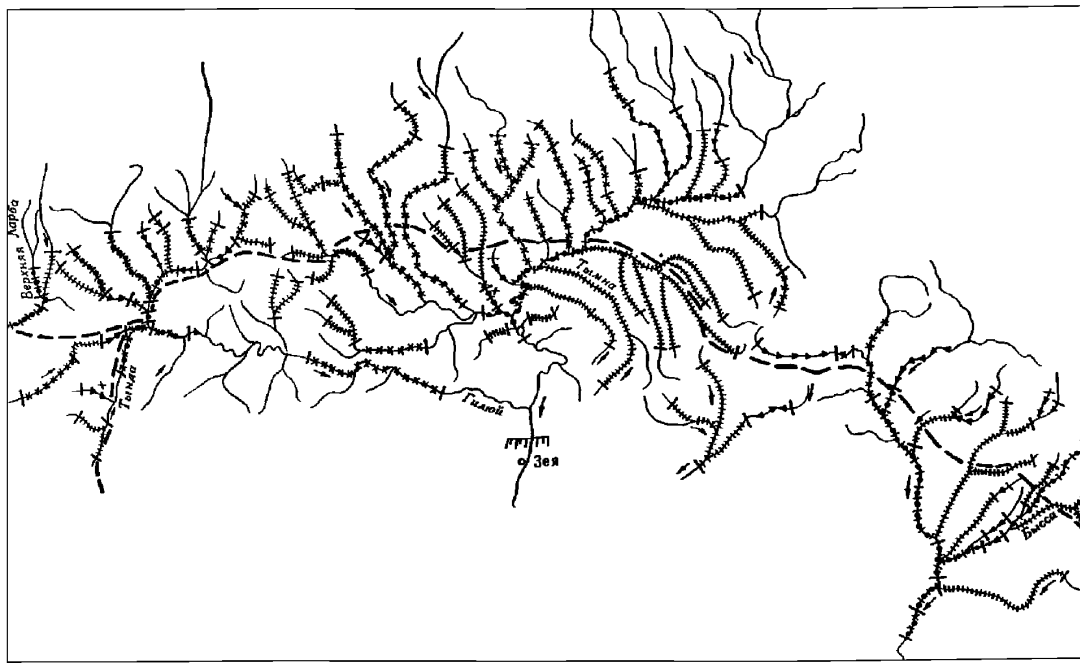

Участок р. Лена — р. Муя



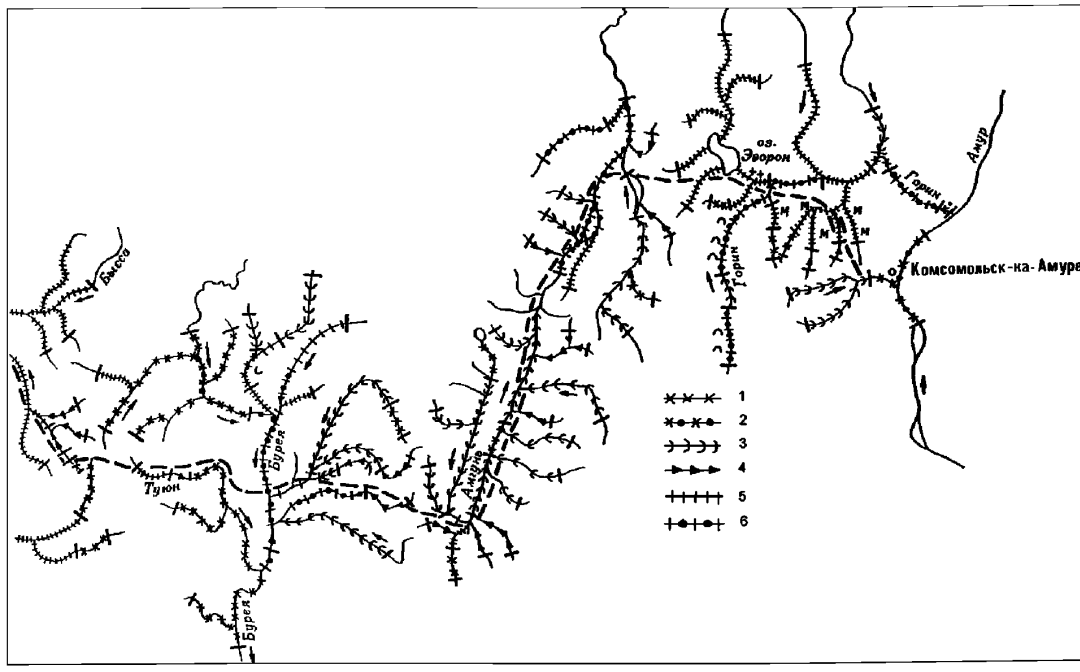

Участок р. Муя — р. Ларба

1 — преимущественное проявление ограничивающего фактора;
2– русловая многорукавность; 3 — пойменная многорукавность;
4 — ограниченное меандрирование; 5 — свободное меандрирование;
6 — незавершенное меандрирование

Рисунок Б.10.1 — Распространение типов руслового процесса на территории, прилегающей к трассе БАМ




Участок р. Ларба — р. Бысса




Участок р. Бысса — р. Амур

1 — преимущественное проявление ограничивающего фактора;
2 — русловая многорукавность; 3 — пойменная многорукавность;
4 — ограниченное меандрирование; 5 — свободное меандрирование;
6 — незавершенное меандрирование

Рисунок Б.10.2 — Распространение типов руслового процесса на территории, прилегающей к трассе БАМ

# Приложение В
(рекомендуемое)

## Учет деформаций речных русел на подводных переходах трубопроводов в специфических условиях многолетней мерзлоты и зимнего периода

В.1 Прогнозирование русловых деформаций на реках России, протекающих на участках распространения вечномерзлых и многолетнемерзлых грунтов, следует выполнять на основе общей типизации русловых процессов с учетом границ распространения и глубин залегания мерзлых грунтов как в русле, так и на пойме, а также типов мерзлотных процессов и ледовых условий на участке перехода. Расчеты характеристик русловых деформаций для участков рек с сезонным промерзанием и оттаиванием грунтов, а также расчеты заносимости подводных траншей следует выполнять в соответствии с требованиями раздела 13.

В.2 Створ перехода трубопроводов следует располагать на участках рек, берега и поймы которых сложены крупнообломочными, гравийно-галечными или песчаными грунтами с глубоким залеганием грунтовых вод, на участках с отсутствием или слабым развитием мерзлотных процессов.

Следует по возможности избегать участков с интенсивным проявлением мерзлотных физико-геологических процессов: термокарстовых и солифлюкционных явлений, участков пучения грунтов, образования наледей и ледяных бугров, берегов, сложенных сыпучемерзлыми песчаными грунтами и подверженных морозному выветриванию.

Особое внимание следует уделять выявлению в берегах и на пойме линз подземного льда, а также наличию многолетнемерзлых грунтов на пересекаемых трассой трубопровода островах и побочнях как участков, исключительно неблагоприятных для строительства переходов.

При выборе створов перехода выше мест образования заторов следует учитывать возможность выхода льда на пойму и ее размыв. При расположении переходов ниже мест образования заторов следует учитывать возможность увеличения темпов развития плановых и глубинных деформаций после прорыва заторов.

В.3 Инженерные изыскания следует выполнять по расширенному заданию, в котором должны быть отражены следующие проблемы:

- распространение и залегание мерзлых грунтов на береговых участках и поймах;
- толщина оттаивающих и промерзающих грунтов;
- мерзлотные процессы: пучение, наледи, термокарст, солифлюкция, трещинообразование;
- ледовый режим.

Основные объемы дополнительных работ выполняют при геологических изысканиях.

В.4 Для определения границ залегания мерзлых грунтов следует выполнять рекогноцировочное обследование поймы в полосе перехода шириной 0,5-4,0 км. На основании рекогносцировочного обследования должен быть уточнен участок перехода и проведено детальное его обследование в полосе шириной 300-500 м. На этом

участке необходимо выполнить схематическое мерзлотное картирование глубины залегания мерзлых грунтов с помощью ручного бурения либо шурфования.

В.5 Для оценки плановых деформаций русла, зависящих от характера и состояния грунтов, вдоль уреза воды или вдоль бровки руслового берега следует составлять продольные мерзлотно-геологические профили. Длина профиля принимается равной длине участка, для которого выполняется русловая съемка. Линии скважин и шурфов следует располагать у бровок пойм (на обоих берегах), на островах и побочнях. Одновременно шурфованием или бурением следует определить положение грунтовых вод. Бурение и шурфование следует вести в осенний период.

В.6 При оценке деформаций берегов, сложенных глинистыми грунтами, следует выявить участки крутых склонов, подверженные оползневым явлениям (солифлюкций), а также места пучения.

Физико-механические свойства грунтов как в мерзлом, так и в оттаявшем состоянии следует определять общеизвестными методами [5]. Образцы из шурфов и скважин необходимо брать ненарушенной структуры.

В.7 Для количественной оценки деформаций пойм следует выполнить обследование участка перехода в осенний период перед ледоходом и в весенний период вскоре после освобождения пойм от затопления. В промежутке между указанными периодами необходимо вести наблюдения за глубиной сезонного промерзания.

Для оценки развития пойменных протоков необходимо получить сведения за период ледохода, включая данные о глубине и продолжительности затопления поймы.

В.8 Для учета влияния ледовых условий на деформации берегов и русла необходимо выполнить специальные изыскания на участке перехода протяженностью не менее 20 ширин русла. При этих изысканиях на плановую основу, используемую для гидроморфологического обследования участка перехода, должны быть нанесены наиболее вероятные места образования заторов льда, сужения русла, резкие повороты, перекаты, приверхи островов. Необходимо также в предледоставный период и перед вскрытием реки провести визуальное обследование побочней, осередков, поверхности приурезовой полосы пойменной террасы (шириной не менее половины ширины меженного русла), фиксируя места образования морозобойных трещин, характер почвогрунтов, следы и характер разрушения берегов и поймы ледоходом.

В.9 В зимний период, предшествующий вскрытию реки, необходимо выполнить маршрутное обследование участка с фотографированием и фиксацией на схеме всех ледовых образований (заторов, навалов льда, наледей, торосов).

В.10 Прогноз русловых деформаций составляют с учетом анализа всех факторов, перечисленных в 9.3 на основании совмещения русловых съемок или картографических и аэрофотосъемочных материалов за ряд лет наблюдений.

Задача проектирования, строительства эксплуатации, капитального ремонта, реконструкции и ликвидации (демонтажа) выведенных из эксплуатации переходов трубопроводов через реки, протекающие в зоне распространения вечномерзлых и многолетне мерзлых грунтов требует специального рассмотрения дополнительных факторов, что усложнит выполнение изысканий, выбора способа, участков и створов переходов трубопроводов, выполнение оценки и расчетов характеристик руслового процесса и построения профиля предельного размыва русла и проймы реки, а также организации мониторинга участков подводных переходов, для обеспечения безаварийной эксплуатации трубопроводов в условиях вечной мерзлоты и зимнего периода.

# Приложение Г
(справочное)

## Темпы плановых деформаций берегов на реках при разных типах руслового процесса

Таблица Г.1 — Максимальная скорость размыва вогнутых берегов излучин меандрирующих рек

| Река | Участок | Максимальная скорость размыва берега, $C_{макс.}$, м/год | Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс.}$ $м^3/с$ | Средний многолетний расход воды, $Q_{ср.}$, $м^3/с$ | Уклон водной поверхности, $I$, ‰ | Тип руслового процесса |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ока | у г. Коломна | 4,7 | – | 400,00 | 0,050 | Свободное меандрирование с побочневым типом |
| | 94–126 км от устья | 8,0 | 20000 | 1230,00 | – | |
| Керженец | | 3,0 | 632 | 19,90 | 0,180 | Свободное меандрирование |
| Мокша | 24,5 км | 5,0 | 6620 | 107,00 | – | Свободное меандрирование |
| Свияга | устье | 0,5 | 1560 | 20,80 | – | Свободное мендрирование |
| Самара | | 13,0 | 3460 | 74,60 | 0,150 | Свободное меандрирование |
| Белая | 1775–1799 км | 11,0 | 18400 | 846,00 | 0,010 | Свободное меандрирование (в зоне подпора) |
| Иртыш | д. Медведчиково | 7,6 | 12100 | 3500,00 | 0,029 | Свободное меандрирование |
| | 4 км ниже г. Тобольска | 13,0 присутствует сползание излучин | | | | |
| Дон | п. Колузаево 3150–3156 км | 1,0 | 14200 | 375,00 | – | Свободное меандрирование |

| Река | Участок | Максимальная скорость размыва берега, $C_{макс.}$, м/год | Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс.}$ м$^3$/с | Средний многолетний расход воды, $Q_{ср.}$, м$^3$/с | Уклон водной поверхности, $I$, ‰ | Тип руслового процесса |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ст. Мугулинская 941– 948 км | 2,0 | 8320 | 319,00 | 0,063 | Свободное меандрирование |
| Хопер | ст. Аржановская | 4,2 | 2850 | 127,00 | 0,340 | Свободное меандрирование |
| Медведица | 187 км от устья п. Красный Яр | 0,9 | | 48,80 | 1,330 | Свободное меандрирование |
| Сок | 297 км от устья ст. Вечканово | 6,9 | 475 (ПП) | 16,90<br>6,28 (ПП) | 0,510 | Свободное меандрирование |
| Сургут | 35 км от устья д. Вишнёвка | 1,0 | | 3,31 | 0,210 | Свободное меандрирование |
| Самара | 41 км от устья с. Алексеевка | 2,9<br>8,0 — скорость сползания излучин | 9320 | 116,00 | 0,030 | Свободное меандрирование (в средней стадии сползания излучин) |
| Кия | 255 км от устья | 6,0 | 3450 | 148,00 | 0,500 | Свободное меандрирование с признаками незавершённого меандрирования |
| Вах | 75 км от устья д. Большетархово | 2,5 | 3440 | 528,00 | 0,030 | Свободное меандрирование с признаками незавершённого меандрирования |
| | 316 км от устья— с. Охтеурье | 3,0<br>2,0 — скорость сползания излучин | | | | |

| Река | Участок | Максимальная скорость размыва берега, $C_{макс.}$, м/год | Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс.}$ $м^3/с$ | Средний многолетний расход воды, $Q_{ср.}$, $м^3/с$ | Уклон водной поверхности, $I$, ‰ | Тип руслового процесса |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Аган | 290-260 км от устья: п. Аган — п. Варьеган | 5,0 | 814 | 135,00 | 0,090 | Свободное меандрирование с признаками незавершённого меандрирования |
| Иртыш | 12–35 км от устья | | | | | Свободное меандрирование с признаками незавершённого меандрирования |
| Зея | Малая Сазанка — Даниловка | 7,0 | 10900 | 325,00 | 4,000 | Свободное меандрирование |
| Кеть | 500–515 км от устья | 8,2 | 1520 | 244,00 | 0,080 | Свободное меандрирование |
| Медведица | в районе г. Михайловки | 8,6 | 800 | 17,60 | 0,640 | Свободное меандрирование |

| Река | Участок | Максимальная скорость размыва берега, $C_{макс.}$, м/год | Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс.}$ $м^3/с$ | Средний многолетний расход воды, $Q_{ср.}$, $м^3/с$ | Уклон водной поверхности, *I*, ‰ | Тип руслового процесса |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ока | 167,0-178,1 км от устья | 6,0 | | | | Свободное меандрирование |
| | 181,7-250,5 км от устья | 4,3 | | | | Свободное меандрирование |
| | 253,5-257,0 км от устья | 2,7 | | | | Свободное меандрирование |
| | 349,7-389,0 км от устья | 7,5 | 15800 | 655,00 | 0,044 | Свободное меандрирование |
| | 448,0-452,0 км от устья | 10,9 | | | | Свободное меандрирование |
| | 453,0-454,5 км от устья | 5,4 | | | | Свободное меандрирование |
| Полуй | 0-95 км | 1,1 | | | | Свободное меандрирование |
| | 95-162 км от устья | 1,2 | - | 11,80 | 0,140 | Свободное меандрирование |
| | 162-168 км от устья | 1,6 | | | | Свободное меандрирование |
| Полометь | от с. Зелёный Бор и выше на 3,5 км | 2,5 | 120 | 7,75 | 0,400 | Свободное меандрирование |
| Абакан | в районе с. Кайбалы | 14,0 | 5800 | 395,00 | 3,900 | Незавершенное меандрирование |
| Старый Абакан | 11 км от устья | 13,4 | 3100 | - | - | Незавершенное меандрирование |

| Река | Участок | Максимальная скорость размыва берега, $C_{макс.}$, м/год | Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс.}$ $м^3/с$ | Средний многолетний расход воды, $Q_{ср.}$, $м^3/с$ | Уклон водной поверхности, $I$, ‰ | Тип руслового процесса |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вычегда | у д. Емышева | 12,0 | | | | Незавершенное меандрирование |
| | у д. Гагарье | 20,0 | 11100 | 6100,00 | 0,080 | Незавершенное меандрирование |
| | у д. Зазовия | 13,1 | | | | Незавершенное меандрирование |
| Обь | Начало участка в 60 км выше г. Барнаула. Общая длина участка 300 км вниз по течению | 36,0 | 12700 | 5350,00 | 0,080 | Незавершенное меандрирование |
| | Юганская Обь (протока Оби). | | | | | |
| | 77-85 км от устья протоки Надым | | | | | |
| | 0-55 км от устья | 3,4 | 6820 | 446,00 | 0,210 | Незавершенное меандрирование на фоне пойменной многорукавности |
| | 61-104 км от устья | 3,6 | | | | |
| | у с. Локосово 1585 км от устья | 6,0 | 40000 | 6000,00 | 0,030-0,080 | |
| Терешка — приток Волги: | с. Вязовый Гай — с. Поповка | 7,1 | | | | Незавершенное меандрирование на фоне пойменной многорукавности |

| Река | Участок | Максимальная скорость размыва берега, $C_{макс.}$, м/год | Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс.}$ $м^3/с$ | Средний многолетний расход воды, $Q_{ср.}$, $м^3/с$ | Уклон водной поверхности, *I*, ‰ | Тип руслового процесса |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Обь | с. Поповка — с. Привалы | 7,0 | 724 | 443,00 | 0,800 | Незавершенное меандрирование на фоне пойменной многорукавности |
| | с. Привалы –с. Осиновка | 8,6 | | | | Незавершенное меандрирование на фоне пойменной многорукавности |
| | с. Куриловка –с. Садовка | 16,0 | 1500 | 17,40 | 1,000 | Незавершенное меандрирование на фоне пойменной многорукавности |
| Томь | 60-82 км от устья | 2,3 | 17300 | 1080,00 | 0,200 | Незавершенное меандрирование на фоне пойменной многорукавности |
| | 82-104 км от устья | 3,3 | | | | |
| Дон | у пгт. Нововоронежский | 5,9 | 15900 | 551,00 | 0,037 | Ограниченное меандрирование |
| | у п. Песковатка | 27,8 | | | | |

Таблица Г.2 — Максимальная и средняя скорость плановых деформаций вогнутых берегов свободномеандрирующих рек Десна, Днепр, Иртыш, Ока, Сож

| Участок, км от устья | Максимальная скорость размыва берега $C$, м/год | Средняя из максимальных скорость размыва берега $C$, м/год | Средняя скорость размыва берега, $C$, м/год | Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс}$, м$^3$/с | Средний многолетний расход воды, $Q_{ср}$, м$^3$/с | Уклон водной поверхности, $I$, ‰ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| р. Десна | | | | | | |
| 48–69 | 9,8 | 6,3 | 4,0 | | | |
| 131–151 | 8,1 | 5,6 | 3,7 | | | |
| 205–218 | 6,1 | 4,4 | 2,8 | 8090 | 326 | — |
| 229–254 | 5,5 | 3,7 | 2,6 | | | |
| 262–271 | 7,8 | 4,9 | 3,3 | | | |
| 280–299 | 7,8 | 4,5 | 3,5 | | | |
| 318–333 | 6,2 | 4,4 | 2,9 | | | |
| 336–374 | 6,6 | 3,9 | 2,6 | | | |
| 382–426 | 8,5 | 3,9 | 2,5 | | | |
| 483–518 | 1,6 | 1,1 | 0,7 | 2300 | 158 | 0,200 |
| р. Днепр | | | | | | |
| 1089–1109 | 5,5 | 5,1 | 3,5 | | | |
| 1128–1137 | 3,6 | 2,7 | 1,9 | | | |
| 1146–1149 | 3,8 | 2,7 | 1,6 | | | |
| 1150–1158 | 4,7 | 4,7 | 3,1 | 4970 | 369 | 0,130 |
| 1222–1236 | 2,4 | 2,0 | 1,4 | | | |
| 1271–1280 | 2,7 | 2,0 | 1,3 | | | |
| 1238–1287 | 2,1 | 1,8 | 1,2 | 2820 | 189 | 0,140 |
| 1314–1321 | 1,8 | 1,1 | 0,8 | | | |
| 1321–1325 | 3,1 | 2,8 | 1,8 | | | |
| 1349–1353 | 3,0 | 2,8 | 1,9 | | | |
| 1353–1367 | 1,6 | 1,5 | 1,0 | | | |
| 1367–1374 | 2,4 | 1,7 | 1,0 | | | |
| 1378–1388 | 3,5 | 3,2 | 2,1 | | | |
| 1400–1405 | 1,9 | 1,4 | 1,0 | | | |
| 1422–1436 | 3,2 | 2,1 | 1,4 | | | |
| 1441–1448 | 1,3 | 1,1 | 0,8 | | | |
| 1648–1660 | 1,4 | 0,8 | 0,5 | 2000 | 125 | 0,170 |

| Участок, км от устья | Максимальная скорость размыва берега $C$, м/год | Средняя из максимальных скорость размыва берега $C$, м/год | Средняя скорость размыва берега, $C$, м/год | Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс}$, м$^3$/с | Средний многолетний расход воды, $Q_{ср}$, м$^3$/с | Уклон водной поверхности, $I$, ‰ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| р. Иртыш | | | | | | |
| 88–184 | 17,5 | 7,9 | 4,1 | | | |
| 184–395 | 7,9 | 4,6 | 2,9 | | | |
| 406–529 | 10,8 | 5,3 | 3,4 | 12100 | 2150 | 0,032 |
| 534–803 | 6,2 | 3,8 | 2,4 | | | |
| 802–892 | 7,5 | 3,6 | 2,3 | | | |
| 892–965 | 8,3 | 3,8 | 2,4 | | | |
| 965–1079 | 6,7 | 3,2 | 2,1 | | | |
| 1084–1182 | 7,9 | 3,4 | 2,1 | | | |
| 1185–1290 | 10,0 | 3,9 | 2,1 | | | |
| 1291–1374 | 8,7 | 4,1 | 2,6 | | | |
| 1374–1467 | 6,2 | 3,5 | 2,5 | | | |
| 1505–1541 | 4,2 | 3,1 | 1,8 | | | |
| 1553–1593 | 3,7 | 3,2 | 2,0 | | | |
| 1594–1602 | 12,1 | 7,6 | 4,3 | | | |
| 1602–1610 | 3,7 | 3,7 | 2,1 | | | |
| 1610–1624 | 6,2 | 5,2 | 3,5 | | | |
| 1624–1635 | 2,9 | 2,4 | 1,7 | | | |
| р. Ока | | | | | | |
| 310–345 | 6,3 | 5,6 | 3,8 | 15800 | 655 | 0,044 |
| 699–807 | 4,9 | 2,3 | 1,6 | | | |
| р. Сож | | | | | | |
| 12,8–18,7 | 6,8 | 5,7 | 3,7 | | | |
| 18,7–28,8 | 8,8 | 7,4 | 4,8 | | | |
| 49,1–75,7 | 4,4 | 2,7 | 1,7 | 6600 | 202 | 0,210 |

Т а б л и ц а Г.3 — Темпы плановых деформаций меандрирующего участка р. Кубань от плотины Краснодарского водохранилища до Тиховского гидроузла и в дельтовых рукавах Кубань и Протока

| **Участок русла по лоцманской карте, км** | **Период совмещения, годы** | **Величина размыва вогнутого берега русла за период совмещения, м** | **Среденегодовые темпы размыва берегов, м/год** |
|---|---|---|---|
| Участок русла между гидроузлами | | | |
| 247,9 | 1992–2007 | 100 | 6,60 |
| 246,2 | 1992–2007 | 45 | 3,00 |
| 236,6 | 1983–2007 | 22 | 0,90 |
| 231,7 | 1978–2007 | 10 | 0,70 |
| 223,7 | 1992–2007 | 30 | 2,00 |
| 220,0-216,0 | 1985–2000 | 50 | 2,00 |
| 208,5 | 1983–2007 | 20 | 0,80 |
| 193,6 | 1980–2007 | 38 | 1,40 |
| 190,2 | 1980–2007 | 40 | 1,50 |
| 185,6 | 1980–2007 | 70 | 2,60 |
| 179,1 | 1980–2007 | 34 | 1,20 |
| 130,0 | 1980–2007 | 10 | 0,37 |
| 118,7 | 1980–2003 | 10 | 0,43 |
| Рукав Кубань | | | |
| 113-114 | 1911–1980 | 300 | 4,30 |
| 100-101 | 1911–1980 | 250 | 3,60 |
| 96 | 1911–1980 | 60 | 0,90 |
| 88 | 1911–1980 | 75 | 0,40 |
| 58 | 1911–1980 | 50 | 0,70 |
| 51 | 1911–1980 | 80 | 1,10 |
| 23-48 | 1911–1980 | 50 | 0,70 |
| 0-50 | 1911–1980 | 50 | 0,70 |
| Рукав Протока | | | |
| 132 | 1911–1980 | 100 | 1,40 |
| 127 | 1911–1980 | 50 | 0,70 |
| 92 | 1911–1980 | 50 | 0,70 |
| 55-82 | 1911–1980 | 25 | 0,35 |

Таблица Г.4 — Скорость плановых деформаций вогнутых берегов свободно меандрирующих рек полуострова Ямал

| **Река** | **Участок, км от устья** | **Скорость размыва берега, *С*, м/год** | | **Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс}$, 1%** | **Уклон водной поверхности, *I*, ‰** |
|---|---|---|---|---|---|
| | | максимальная | среднемноголетняя | | |
| р. Харасовая | | 3,6–4,1 | 1,5–2,8 | – | – |
| р. Хальмарьяха | | 1,4 | 0,7–0,8 | – | – |
| р. Сил-Яха | | 2,4 | 0,6–1,4 | – | – |
| р. Надуй-Яха | | 1,8–2,1 | 0,6–1,3 | – | – |
| р. Сеяха | | 1,8–2,1 | 0,7–1,6 | – | – |
| р. Тесю-Се | | 0,9–1,0 | 0,5–0,8 | – | – |
| р. Ензорьяха | ПП газопровода | 2,0 | 0,6–1,0 | – | – |
| | 193 км | 3,6 | | 1078 | – |
| р. Хэяха | 297 км | 1,6 | | 220 | – |
| | 268 км — мост | 0,9 | | 1100 | – |
| р. Яяха | 2,5 | 2,5 | 1,0 | 445 | 0,10 |
| р. Еркатаяха | 304 км | 4,6 | | 1410 | 0,70 |
| | мостовой переход | 1,3 | | 2522 | |
| р. Ясавей-Яха | 131,6 км | 4,0 | | 294 | 0,17 |
| | ПП газопровода | 2,0 | 1,0 | 1358 | |
| р. Юрибей | ПП газопровода | 3,9 | 1,2–1,4 | 2620 | 0,19 |
| | мостовой переход | 1,4 | 0,7–1,7 | 3250 | |
| р. Щучья | ПП газопровода | 1,6 | 0,6–1,1 | 799 | 0,05 |
| | мостовой переход | 6,8 | 0,3–1,5 | 1358 | |

Таблица Г.5 — Максимальная скорость размыва вогнутых берегов излучин при различных типах руслового процесса

| Река | Участок, км от устья | Максимальная скорость размыва берега, $C_{макс}$, м/год | Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс}$, 1% | Средний многолетний расход воды, $Q_{ср}$, м$^3$/с | Уклон водной поверхности, $I$, ‰ | Тип руслового процесса |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Тулва | устье | 5,0; 8,3 — сползание излучин | 556 | 27,8 | | |
| Вах | 24,5 км от устья | 2,0-3,0 | | | | Карьеры в русле |
| Волга | 2959 км пос. Волжский | 40,0 | | | | |
| | 2935–2953 км п. Речное | 15,0 | 27900 | 7730,0 | | |
| Обь | 1882 км от устья | 6,0 | 40000 | 6000,0 | 0,030 | |
| Пур | 400–384 км п. Тарко-Сале | 7,0 | | | 0,140 | Незавершённое меандрирование с русловой многорукавностью (мерзлота) |
| Дон | Нововоронежская АЭС | 5,8; 20,0 — после спрямления излучин | | | 0,100 | Незавершённое меандрирование с побочневым типом |
| Обь | 1386–1485 км | 10,0 | | | 0,130 | Русловая многорукавность на фоне пойменной многорукавности Пойменная многорукавность с незавершённым меандрированием |
| | 1430 км у п. Пилюгино | 15,0 | | | | |
| | 1294–1260 км | 15,0 — сползание излучин | | | | |
| | с. Селиярово | 15,0 | | | 0,025 | |
| | р. Балинская | 2,0 | | | 0,033 | |
| | пр. Лабытвор | 1,0 | | | | |
| | пр. Малая Васькина | 1,0 | | | | |
| | пр. Сандыкова | 2,0 | | | | |
| | пр. Большая Салымская | 4,7 | | | | |

| Река | Участок, км от устья | Максимальная скорость размыва берега, $C_{макс}$, м/год | Максимальный наблюденный расход воды, $Q_{макс}$, 1% | Средний многолетний расход воды, $Q_{ср}$, м$^3$/с | Уклон водной поверхности, $I$, ‰ | Тип руслового процесса |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | пр. Малый Салым | 3,8 | | | | |
| | пр. Бол. Берёзовая | 2,7 | | | | |
| | прот. Неулева | 4,0 | | | | |
| | прот. Гусиная | 2,7 | | | | |
| Ик | д. Байрякатюба | 1,2 | 1370 | 31,7 | 0,290 | Пойменная многорукавность |
| Амур | у г. Комсомольска 664–578 км от устья | 9,1 | 37900 | 9740,0 | 0,030 | Пойменная многорукавность с русловой многорукавностью |
| | 664–637 км | 10,0 (лб)-17,0 (пб) | | | | |
| | 637–625 км | 11,0 | | | | |
| | 625–595км | 20,0-29,0 | | | | Русловая многорукавность |
| | 595–578 км | 12,0-17,0 | | | | |
| Степной Зай | г. Альметьевск — с. Тихоновка | 0,5 | 252 | 6,3 | 0,710 | Ограниченное меандрирование |
| Уда | г. Нижнеудинск | 3,0 | 5060 | 177,0 | 1,350 | Пойменная многорукавность |
| Конда | 9-11 км от устья | 15,0 | | | | Свободное меандрирование |
| Иртыш | 12-35 км у г. Ханты-Мансийска | 32 | | | 0,020 | Свободное меандрирование |
| Ита | 9,2 км от устья пос. Зура | 3,0 — скорость сползания излучин | | | 0,100 | Свободное меандрирование |
| Очёр | 31 км от устья — п. Пономари | 0,7 | 191 | 7,5 | 0,070 | Свободное меандрирование |
| Шильна | | 2,0 — скорость сползания излучин | | | 1,000 | Свободное меандрирование |

Т а б л и ц а Г.6 — Скорости плановых деформаций меандрирующих русел рек центральной зоны Байкало-Амурской магистрали

| Река | Максимальная скорость плановых деформаций вогнутых берегов, м/год | Тип руслового процесса на участке |
|---|---|---|
| Бассейн р. Олекмы | | |
| Нюкжа | 1,0 | Свободное меандрирование |
| | 3,0–6,0 | Незавершенное меандрирование |
| | 1,0–2,0 | Ограниченное меандрирование |
| Верхняя Ларба | 2,0–4,0 | Незавершенное меандрирование |
| Средняя Ларба | 4,0–6,0 | Незавершенное меандрирование |
| Нижняя Ларба | 1,0 | Незавершенное меандрирование |
| Лопча | 1,0–2,0 | Свободное меандрирование |
| Верхняя Сувельга | 1,0 | Незавершенное меандрирование |
| Нижняя Сувельга | 4,0 | Незавершенное меандрирование |
| Талума | 1,0–3,0 | Незавершенное меандрирование |
| Унгуркхей | 0,8 | Незавершенное меандрирование |
| Чильчи | 0,5 | Незавершенное меандрирование |
| Чарская котловина | | |
| Чара | 1,5–2,0 | Свободное меандрирование |
| | 7,0–9,0 | Незавершенное меандрирование |
| Лурбун | 5,0–6,0 | Незавершенное меандрирование |
| Ингамакит | 2,5–4,5 | Незавершенное меандрирование |
| Верхний Сакукан | 0,5–1,5 | Незавершенное меандрирование |
| Средний Сакукан | 0,5–1,5 | Незавершенное меандрирование |
| Кемен | 2,5–3,5 | Незавершенное меандрирование |
| | 1,0–1,5 | Незавершенное меандрирование |
| Муя | 2,0–2,5 | Свободное меандрирование |
| Муякан | 0,5–1,5 | Свободное меандрирование |
| Куанда | 1,0–2,0 | Свободное меандрирование |
| Бассейн р. Гилюй | | |
| Гилюй выше устья р. Малый Гилюй | 1,5–2,0 | Незавершенное меандрирование |
| Гилюй у устья р. Малый Гилюй | 3,0–6,0 | Незавершенное меандрирование |
| Гилюй у устья р. Могот | 3,0–6,0 | Незавершенное меандрирование |
| Гилюй у устья р. Джелтулак | 2,5–3,0 | Незавершенное меандрирование |
| Могот | 2,5–4,5 | Незавершенное меандрирование |
| Геткан | 1,0 | Свободное меандрирование |
| Бассейн р. Селемджи | | |
| Бысса | 0,5 | Свободное меандрирование |
| Япсай | 0,5 | Свободное меандрирование |
| Бурунда | 1,0 | Свободное меандрирование |
| Меун | 0,5 | Свободное меандрирование |
| Большая Эльга | 0,5 | Свободное меандрирование |

# Приложение Д
(рекомендуемое)

## Каталог заторных участков и уровенных характеристик затопления пойм средних и крупных рек России при заторах льда

Таблица Д.1

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Реки бассейнов Баренцева и Белого морей | | | | | | | | |
| Реки Кольского полуострова | | | | | | | | |
| 1 | Воронья | стан. Голицино | 9570 | 20 | 8,39 | 2,99 | 80 | 6,16 |
| 2 | Поной | с. Каневка | 10200 | 114 | 129,47 | 4,20 | 21 | 1,72 |
| 3 | | с. Поной | 15300 | 13 | 11,28 | 8,05 | 15 | 2,17 |
| 4 | Стрельна | с. Стрельна | 2770 | 1 | 4,34 | 3,01 | 12 | 0,80 |
| 5 | Онега | с. Турчасово | 42800 | 143 | 16,15 | 3,95 | 37 | 5,57 |
| Реки бассейна Северной Двины | | | | | | | | |
| 6 | Северная Двина | д. Медведки | 86900 | 718 | 51,51 | 5,09 | 38 | 2,98 |
| 7 | | г. Котлас | 88300 | 675 | 45,96 | 4,70 | 34 | 1,61 |
| 8 | | д. Усть-Курье | 209000 | 668 | 43,95 | 3,25 | 54 | 2,79 |
| 9 | | с. Нижняя Тойма | 227000 | 462 | 28,99 | 7,21 | 13 | 1,72 |
| 10 | | д. Сидоровская | 236000 | 389 | 21,35 | 5,43 | 14 | 2,68 |
| 11 | | д. Березник | 278000 | 352 | 19,47 | 7,53 | 16 | 4,50 |
| 12 | | д. Звоз | 285000 | 276 | 12,86 | 5,51 | 88 | 5,81 |
| 13 | Сухона | г. Великий Устюг | 50300 | 3 | 58,74 | 8,66 | 1 | 0,30 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Юг | с. Кичменгский Городок | 8890 | 244 | 97,79 | 5,61 | 5 | 0,88 |
| 15 | | с. Подосиновец | 15200 | 119 | 76,31 | 3,93 | 14 | 1,87 |
| 16 | | д. Гаврино | 34800 | 35 | 59,29 | 4,07 | 40 | 2,57 |
| 17 | Кичменьга | д. Захарово | 2010 | 20 | 105,25 | 3,27 | 3 | 0,48 |
| 18 | Вымь | с. Весляна | 19100 | 151 | 89,23 | 6,63 | 1 | 3,10 |
| 19 | Весляна | п.г.т. Вожаель | 3940 | 62 | 98,60 | 3,83 | 7 | 1,25 |
| 20 | Яренга | с. Тохта | 4930 | 23 | 71,37 | 2,65 | 3 | 0,81 |
| 21 | Вага | с. Филяевская | 13200 | 349 | 65,70 | 4,33 | 22 | 1,88 |
| 22 | | г. Шенкурск | 38400 | 158 | 34,61 | 3,91 | 54 | 2,66 |
| 23 | Ваеньга | д. Филимоновская | 2470 | 42 | 20,37 | 1,65 | 66 | 2,78 |
| 24 | Пинега | д. Засурье | 17100 | 394 | 55,88 | 2,25 | 40 | 2,86 |
| 25 | | д. Усть-Пакшеньга | 31300 | 267 | 34,78 | 3,99 | 7 | 1,60 |
| 26 | | с. Кузомень | 39300 | 59 | 10,81 | 5,76 | 13 | 2,64 |
| Реки бассейнов Белого и Баренцева морей к востоку от р. Северной Двины | | | | | | | | |
| 27 | Мезень | д. Разгорт | 12700 | 582 | 95,75 | 3,93 | 1 | 0,06 |
| 28 | | с. Большая Пысса | 16100 | 455 | 77,46 | 3,47 | 5 | 0,77 |
| 29 | | с. Койнас | 26400 | 327 | 50,50 | 2,27 | 25 | 1,74 |
| 30 | | д. Малонисогорская | 56400 | 186 | 25,17 | 4,98 | 8 | 1,02 |
| 31 | | д. Дорогорское | 74100 | 80 | 8,36 | 3,78 | 74 | 2,49 |
| 32 | Мезенская Пижма | с. Ларкино | 2930 | 61 | 91,18 | 2,06 | 54 | 1,52 |
| 33 | Вашка | д. Вендинга | 6980 | 272 | 75,38 | 1,28 | 56 | 2,11 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 34 | Вашка | с. Вашгорт | 13000 | 170 | 56,80 | 3,14 | 7 | 0,79 |
| 35 | | д. Решельская | 19000 | 58 | 35,28 | 3,36 | 24 | 1,38 |
| 36 | Пеза | д. Сафоново | 4520 | 300 | 55,25 | 5,42 | 2 | 0,19 |
| 37 | | д. Игумново | 12000 | 66 | 15,14 | 1,73 | 90 | 4,07 |
| 38 | Печора | с. Усть-Унья | 4430 | 1643 | 147,07 | 2,55 | 12 | 1,43 |
| 39 | | с. Троицко-Печерск | 35600 | 1359 | 101,00 | 6,34 | 1 | 0,00 |
| 40 | | с. Усть-Щугор | 67500 | 1036 | 66,04 | 7,11 | 20 | 7,70 |
| 41 | | с. Усть-Кожва | 74600 | 872 | 46,76 | 4,40 | 71 | 3,94 |
| 42 | | с. Усть-Уса | 188000 | 754 | 34,02 | 3,12 | 87 | 5,19 |
| 43 | | с. Усть-Цильма | 248000 | 425 | 16,54 | 3,94 | 48 | 3,57 |
| 44 | | с. Ермицы | 295000 | 236 | 7,67 | 5,07 | 71 | 4,13 |
| 45 | Унья | д. Усть-Бердыш | 2370 | 39 | 161,48 | 2,76 | 1 | 0,27 |
| 46 | Когель | пос. Охотбаза | 2150 | 45 | 121,56 | 3,81 | 11 | 1,50 |
| 47 | Щугор | д. Мичабичевник | 9220 | 30 | 79,61 | 4,46 | 9 | 1,22 |
| 48 | Уса | с. Петрунь | 27500 | 259 | 49,14 | 1,38 | 97 | 7,10 |
| 49 | | д. Макариха | 66900 | 94 | 43,87 | 6,98 | 6 | 2,20 |
| 50 | Ухта | г. Ухта | 4290 | 13 | 77,92 | 3,74 | 1 | 0,20 |
| 51 | Пижма | д. Левкинская | 2250 | 252 | 128,88 | 2,80 | 1 | 0,43 |
| 52 | Пижма | д. Боровая | 4390 | 53 | 28,73 | 5,88 | 9 | 1,38 |
| 53 | Цильма | д. Номбур | 9420 | 115 | 33,95 | 4,99 | 29 | 3,58 |
| 54 | Сула | д. Коткина | 8500 | 101 | 13,54 | 4,70 | 38 | 2,25 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Реки бассейна Балтийского моря | | | | | | | | |
| Бассейн р. Невы | | | | | | | | |
| 55 | Оять | д. Шахтиполье | 4220 | 89 | 17,61 | 3.,83 | 1 | 0,02 |
| 56 | | д. Шангиничи | 4930 | 39 | 11,76 | 4,38 | 2 | 0,25 |
| 57 | Паша | с. Часовенское | 5710 | 51 | 11,02 | 5,68 | 7 | 0,84 |
| 58 | Пола | д. Налючи | 6740 | 68 | 25,94 | 5,89 | 32 | 1,59 |
| 59 | Ловать | г. Великие Луки | 3270 | 355 | 95,00 | 3,18 | 17 | 1,32 |
| 60 | Кунья | д. Уварово | 2480 | 70 | 77,83 | 4,58 | 12 | 1,65 |
| Реки южного побережья Финского залива | | | | | | | | |
| 61 | Луга | г. Кингисепп | 12200 | 60 | 6,84 | 6,52 | 6 | 0,74 |
| 62 | Великая | д. Пятоново | 20000 | 39 | 42,94 | 2,53 | 4 | 0,28 |
| 63 | Утроя | д. Большая Губа | 2970 | 11 | 55,37 | 5,24 | 3 | 0,44 |
| 64 | Череха | д. Сорокино | 2330 | 14 | 37,97 | 4,82 | 2 | 0,20 |
| Реки бассейна Азовского моря | | | | | | | | |
| 65 | Дон | г. Задонск | 31100 | 1568 | 103,54 | 4,63 | 51 | 6,36 |
| 66 | | х. Беляевский | 204000 | 774 | 50,20 | 4,90 | 22 | 2,74 |
| 67 | | ст-ца Раздорская | 378 | 151 | 4,91 | 3,27 | 21 | 1,97 |
| 68 | Красивая Меча | с. Сергеевское 1-е | 5790 | 22 | 123,64 | 4,61 | 10 | 1,32 |
| 69 | Сосна(Быстр. Сосна) | сл. Беломестная | 7650 | 136 | 132,20 | 4,33 | 10 | 1,96 |
| 70 | Воронеж | г. Воронеж | 21100 | 25 | 90,11 | 2,19 | 34 | 3,19 |
| 71 | Матыра | с. Сеченовка | 4400 | 39 | 108,69 | 3,18 | 22 | 2,55 |
| 72 | Хопер | г. Новохоперск | 34800 | 323 | 81,11 | 4,02 | 7 | 1,60 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 73 | Бузулук | п.г.т. Киквидзе | 3460 | 171 | 91,63 | 4,02 | 53 | 1,56 |
| 74 | Медведица | х. Красный | 26800 | 200 | 90,87 | 3,68 | 4 | 1,10 |
| 75 | | ст-ца Арчединская | 33700 | 66 | 66,01 | 2,73 | 11 | 2,57 |
| 76 | Есауловский Аксай | х. Водянский | 2110 | 36 | 42,76 | 3,20 | 3 | 0,60 |
| 77 | Северский Донец | г. Белая Калитва | 80900 | 119 | 19,36 | 3,56 | 5 | 0,48 |
| 78 | Айдар | пос. Белолуцк | 2250 | 183 | 65,85 | 3,42 | 17 | 2,23 |
| 79 | | с. Новоселовка | 6370 | 107 | 52,11 | 2,06 | 43 | 2,81 |
| 80 | Калитва | с. Ольховый Рог | 3240 | 175 | 62,50 | 3,40 | 26 | 1,77 |
| 81 | | с. Раздолье | 8060 | 83 | 37,96 | 4,83 | 1 | 0,19 |
| 82 | | х. Погорелов | 10500 | 20 | 21,68 | 2,30 | 54 | 3,37 |
| 83 | Быстрая | сл. Скасырская | 2950 | 128 | 50,22 | 3,90 | 7 | 1,30 |
| 84 | Кубань | х. Тиховский | 18800 | 111 | -0,80 | 3,90 | 1 | 1,20 |
| Реки бассейна Каспийского моря | | | | | | | | |
| Бассейн Волги | | | | | | | | |
| 85 | Молога | г. Устюжна | 19100 | 83 | 110,30 | 6,22 | 1 | 0,90 |
| 86 | | с. Леонтьево | 29000 | 58 | 106,39 | 4,72 | 22 | 1,87 |
| 87 | Кобожа | д. Мощеник | 2350 | 28 | 115,08 | 2,75 | 15 | 1,83 |
| 88 | Чагодоща | с. Мегрино | 7330 | 112 | 125,79 | 2,61 | 14 | 1,13 |
| 89 | | д. Слудно | 8740 | 58 | 115,05 | 1,68 | 44 | 1,23 |
| 90 | Унжа | г. Макарьев | 18500 | 50 | 89,00 | 2,98 | 9 | 1,42 |
| 91 | Межа | д. Загатино | 2120 | 39 | 111,47 | 4,16 | 1 | 0,32 |
| 92 | Ока | г. Орел | 4890 | 1389 | 153,81 | 3,70 | 44 | 1,62 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 93 | Ока | г. Белев | 17500 | 1242 | 137,35 | 9,99 | 5 | 2,70 |
| 94 | | г. Калуга | 54900 | 1109 | 122,72 | 7,13 | 9 | 3,70 |
| 95 | | г. Серпухов | 66000 | 978 | 114,04 | 7,43 | 11 | 3,68 |
| 96 | | г. Кашира | 68700 | 927 | 110,32 | 5,11 | 28 | 3,89 |
| 97 | Угра | д. Мухино | 5790 | 203 | 153,89 | 2,82 | 70 | 3,46 |
| 98 | Осетр | д. Маркино | 3020 | 42 | 115,80 | 7,02 | 17 | 2,48 |
| 99 | Москва | г. Звенигород | 5000 | 281 | 139,39 | 5,64 | 2 | 1,05 |
| 100 | Атмисс | с. Атмисс | 2310 | 20 | 142,15 | 2,28 | 11 | 5,93 |
| 101 | Сура | р.п. Чаадаевка | 6480 | 721 | 164,05 | 2,90 | 7 | 1,80 |
| 102 | | с. Кадышево | 27900 | 361 | 96,30 | 5,22 | 8 | 0,56 |
| 103 | | р.п. Сурское | 28700 | 340 | 93097 | 6,38 | 5 | 0,70 |
| 104 | Кадада | с. Веденяпино | 3280 | 18 | 170,86 | 3,00 | 12 | 0,61 |
| 105 | Пьяна | с. Гагино | 2880 | 335 | 112,28 | 3,69 | 66 | 4,72 |
| 106 | Вохма | д. Гробовщино | 5200 | 35 | 124,31 | 3,92 | 2 | 0,57 |
| 107 | Цавиль | д. Тувси | 4040 | 51 | 62,50 | 5,72 | 2 | 0,71 |
| 108 | Свияга | с. Вырыпаевка | 3600 | 251 | 98,24 | 2,28 | 32 | 1,64 |
| 109 | | с. Ивашевка | 8300 | 128 | 70,32 | 5,52 | 16 | 2,24 |
| 110 | Кама | клх. Ширяевский | 5030 | 1582 | 180,62 | 3,33 | 10 | 0,54 |
| 111 | | г. Сарапул | 190000 | 279 | 67,20 | 3,26 | 6 | 1,36 |
| 112 | Иньва | г. Кудымкар | 2050 | 154 | 131,43 | 4,30 | 7 | 0,56 |
| 113 | Косьва | д. Верхняя Косьва | 2210 | 212 | 309,02 | 1,77 | 5 | 0,28 |
| 114 | Обва | с. Карагай | 4310 | 81 | 120,25 | 2,27 | 36 | 2,97 |
| 115 | Чусовая | пгт. Кын | 10400 | 160 | 174,16 | 4,40 | 1 | 0,00 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 116 | Чусовая | пгт. Лямино | 21500 | 27 | 119,10 | 5,05 | 2 | 0,35 |
| 117 | Сылва | пгт. Шамары | 3130 | 288 | 211,97 | 3,81 | 2 | 0,20 |
| 118 | | с. Подкаменное | 19700 | 14 | 115,11 | 6,36 | 14 | 2,60 |
| 119 | Белая | Арский камень, д. отд | 2300 | 1297 | 475,86 | 2,25 | 5 | 0,54 |
| 120 | | с. Старосубхангулово | 7590 | 1090 | 308,92 | 4,51 | 2 | 0,95 |
| 121 | | д. Сыртланово | 10100 | 946 | 213,67 | 4,34 | 2 | 0,32 |
| 122 | | д. Михайловка | 25800 | 644 | 102,66 | 4,03 | 11 | 1,31 |
| 123 | Ашкадар | х. Веселый | 2250 | 36 | 142,26 | 3,46 | 4 | 0,50 |
| 124 | Сим | пос. Глуховский | 5760 | 44 | 101,19 | 4,08 | 18 | 2,32 |
| 125 | Инзер | д. Азово | 4260 | 58 | 138,79 | 2,56 | 11 | 1,88 |
| 126 | Уршак | с. Ляхово | 3130 | 41 | 102,74 | 5,57 | 28 | 2,60 |
| 127 | Уфа | г. Нязепетровск | 3560 | 788 | 289,11 | 3,14 | 11 | 1,63 |
| 128 | | г. Михайловск | 5650 | 650 | 247,08 | 3,58 | 1 | 0,10 |
| 129 | | г. Красноуфимск | 14200 | 501 | 197,93 | 3,95 | 8 | 1,28 |
| 130 | Юрюзань | д. Трапезниково | 6880 | 41 | 174,59 | 3,53 | 28 | 1,97 |
| 131 | Чермасан | д. Новоюмраново | 3570 | 25 | 85,06 | 4,90 | 53 | 2,37 |
| 132 | Сюнь | с. Миньярово | 4140 | 39 | 75,73 | 5,48 | 7 | 1,69 |
| 133 | Иж | пос. Лебединое озеро | 7770 | 39 | 64,79 | 6,17 | 2 | 0,40 |
| 134 | Ик | с. Нагайбаково | 12300 | 254 | 79,78 | 2,03 | 9 | 1,09 |
| 135 | Вятка | д. Усатьевская | 16500 | 910 | 130,47 | 4,22 | 3 | 0,48 |
| 136 | | пгт. Аркуль | 96900 | 278 | 73,39 | 4,75 | 24 | 2,77 |
| 137 | | г. Вятские Поляны | 124000 | 100 | 61,33 | 5,79 | 2 | 0,80 |
| 138 | Быстрица | д. Шипицино | 3540 | 37 | 108,69 | 2,86 | 23 | 2,51 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 139 | Молома | д. Щетиненки | 10500 | 72 | 102,78 | 3,65 | 11 | 1,11 |
| 140 | Лобань | с. Рыбная Ватага | 2300 | 56 | 41,78 | 3,42 | 6 | 1,71 |
| 141 | Самара | пгт. Алексеевка | 45500 | 13 | 31,03 | 5,97 | 3 | 1,20 |
| 142 | Ток | с. Красноярка | 2600 | 175 | 104,22 | 3,68 | 26 | 1,12 |
| 143 | | с. Ероховка | 5440 | 38 | 75,30 | 4,12 | 15 | 1,57 |
| 144 | Бузулук | с. Перевезниково | 4280 | 19 | 67,21 | 4,10 | 30 | 5,92 |
| 145 | | с. Репьевка | 4380 | 30 | 50,20 | 0,72 | 76 | 1,59 |
| 146 | Терешки | с. Куриловка | 7180 | 46 | 31,30 | 2,20 | 5 | 1,44 |
| 147 | Урал | г. Верхне-Уральск | 2650 | 2274 | 399,93 | 2,02 | 14 | 0,59 |
| 148 | | пос. Березовский | 22600 | 1930 | 258,00 | 6,68 | 3 | 0,60 |
| Реки бассейнов Оби и водотоков, впадающих в Карское море между устьями рек Оби и Енисея | | | | | | | | |
| 149 | Обь | с. Фоминское | 98200 | 3638 | 162,75 | 2,33 | 19 | 1,20 |
| 150 | | г. Барнаул | 169000 | 3430 | 132,89 | 3,95 | 20 | 2,19 |
| 151 | | с. Шелаболиха | 207000 | 3290 | 124,93 | 3,50 | 14 | 1,68 |
| 152 | | г. Камень-на-Оби | 216000 | 3168 | 115,57 | 2,22 | 99 | 1,82 |
| 153 | | с. Молчаново | 343000 | 2557 | 66,08 | 7,03 | 17 | 2,16 |
| 154 | | пос. Могочин | 482000 | 2518 | 65,60 | 6,61 | 10 | 1,20 |
| 155 | | с. Колпашево | 486000 | 2422 | 60,87 | 5,50 | 44 | 3,18 |
| 156 | | д. Прохоркино | 738000 | 2025 | 48,27 | 7,24 | 2 | 0,36 |
| 157 | | с. Белогорье | 2690000 | 1152 | 24,07 | 6,44 | 1 | 0,24 |
| 158 | | р.п. Октябрьское | 2720000 | 907 | 17,88 | 4,93 | 46 | 1,80 |
| 159 | | г. Салехард | 2950000 | 312 | 4,24 | 2,34 | 98 | 1,61 |
| 160 | Бия | с. Турочак | 25300 | 220 | 312,04 | 2,40 | 26 | 1,75 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 161 | Бия | с. Енисейское | 35600 | 45 | 172,13 | 4,03 | 3 | 0,20 |
| 162 | | г. Бийск | 36900 | 21 | 166,48 | 2,30 | 42 | 2,60 |
| 163 | Ануй | с. Солонешное | 2540 | 244 | 394,96 | 0,58 | 46 | 0,87 |
| 164 | Чарыш | с. Белоглазово | 17600 | 181 | 162,62 | 3,18 | 74 | 2,23 |
| 165 | | свх. Чарышский | 20700 | 82 | 149,84 | 4,34 | 36 | 2,24 |
| 166 | Чумыш | р.п. Тальменка | 20600 | 74 | 141,69 | 4,15 | 9 | 0,55 |
| 167 | Бердь | р.п. Маслянино | 2480 | 201 | 177,14 | 1,97 | 60 | 1,42 |
| 168 | | д. Старый Искитим | 6270 | 62 | 119,50 | 2,14 | 56 | 1,10 |
| 169 | Иня | д. Кайлы | 15700 | 119 | 125,17 | 4,80 | 16 | 1,80 |
| 170 | | с. Березовка | 17300 | 35 | 104,11 | 2,50 | 52 | 0,96 |
| 171 | Томь | пгт. Крапивино | 42600 | 370 | 135,40 | 5,81 | 8 | 1,50 |
| 172 | | с. Поломашное | 51400 | 175 | 98,88 | 7,92 | 4 | 1,12 |
| 173 | Мрас-Су | г. Мыски | 8790 | 6 | 226,81 | 3,34 | 18 | 2,48 |
| 174 | Кондома | с. Кондомское | 2510 | 212 | 318,01 | 2,87 | 40 | 3,07 |
| 175 | Чулым | пгт. Балахта | 14700 | 1604 | 297,38 | 2,25 | 3 | 1,05 |
| 176 | | с. Красный Завод | 33800 | 1152 | 202,16 | 2,12 | 65 | 2,47 |
| 177 | | г. Ачинск | 34200 | 1140 | 193,85 | 2,52 | 20 | 1,59 |
| 178 | | с. Бирюлиссы | 39300 | 957 | 167,12 | 2,72 | 55 | 1,93 |
| 179 | | с. Тегульдет | 55300 | 598 | 128,68 | 4,36 | 2 | 0,14 |
| 180 | | пос. Коммунарка | 131000 | 131 | 78,62 | 4,52 | 15 | 1,00 |
| 181 | Черный Июс | пос. Сарала | 3100 | 52 | 453,94 | 1,70 | 14 | 0,50 |
| 182 | Урюп | с. Изындаева | 5000 | 66 | 235,88 | 1,83 | 1 | 0,01 |
| 183 | Большой Улуй | с. Большой Улуй | 2130 | 3 | 185,75 | 3,46 | 20 | 1,28 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 184 | Кия | г. Мариинск | 9820 | 252 | 125,33 | 4,61 | 5 | 0,90 |
| 185 | Яя | р.п. Яя | 3460 | 200 | 138,43 | 4,78 | 1 | 0,10 |
| 186 | | с. Покрово-Иртышское | 599000 | 1916 | 77,25 | 2,27 | 45 | 2,01 |
| 187 | | г. Омск | 769000 | 1824 | 73,54 | 4,27 | 15 | 2,56 |
| 188 | | с. Красноярка | 786000 | 1760 | 70,00 | 4,35 | 4 | 0,86 |
| 189 | | с. Карташево | 804000 | 1600 | 66,08 | 5,58 | 12 | 1,40 |
| 190 | | г. Тара | 828000 | 1420 | 61,98 | 6,56 | 2 | 0,63 |
| 191 | | г. Тобольск | 1490000 | 637 | 41,12 | 5,24 | 3 | 0,81 |
| 192 | | с. Уват | 1520000 | 416 | 32,65 | 2,78 | 98 | 6,22 |
| 193 | | с. Демьянское | 1560000 | 312 | 30,69 | 3,18 | 70 | 5,50 |
| 194 | | г. Ханты-Мансийск | 1640000 | 20 | 23,72 | 4,93 | 12 | 1,74 |
| 195 | Тобол | с. Гришенка | 13400 | 1399 | 213,79 | 2,79 | 19 | 2,58 |
| 196 | | с. Блинниково | 425000 | 35 | 43,11 | 6,07 | 1 | 0,31 |
| 197 | Исеть | с. Колюткино | 3500 | 516 | 179,83 | 1,51 | 35 | 1,41 |
| 198 | | г. Катайск | 12800 | 386 | 89,05 | 1,06 | 80 | 2,51 |
| 199 | Синара | с. Верхне-Ключевское | 5000 | 10 | 103,02 | 3,66 | 2 | 0,21 |
| 200 | Тура | г. Верхотурье | 5290 | 817 | 97,62 | 4,20 | 13 | 0,86 |
| 201 | Тагил | д. Малыгина | 3900 | 151 | 116,31 | 3,78 | 1 | 0,10 |
| 202 | Северная Сосьва | с. Няксимваль | 9850 | 652 | 38,04 | 4,45 | 13 | 2,18 |
| 203 | Ляпин | с. Саранпуль | 18500 | 149 | 22,72 | 4,75 | 20 | 2,52 |
| 204 | Щучья | пос. Щучье | 10600 | 141 | 2,82 | 5,48 | 2 | 0,40 |
| 205 | Пур | пос. Уренгой | 80400 | 245 | 13,86 | 3,89 | 50 | 2,12 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 206 | Пур | пос. Самбург | 95100 | 86 | 5,06 | 3,61 | 80 | 2,01 |
| 207 | Пяку-Пур | пос. Тарко-Сале | 31400 | 2.9 | 24,79 | 2,68 | 64 | 1,62 |
| 208 | Таз | пос. Таз | 89100 | 357 | 14,30 | 5,28 | 39 | 0,92 |
| 209 | | пос. Сидоровск | 100000 | 259 | 10,24 | 4,30 | 96 | 2,11 |
| Река Енисей и реки восточной части побережья Карского моря | | | | | | | | |
| 210 | Енисей | г. Кызыл | 115000 | 3486 | 621,50 | 4,03 | 3 | 0,95 |
| 211 | | д. Подкаменная Тунгуска | 1760000 | 1568 | 38,84 | 12,61 | 1 | 0,07 |
| 212 | | с. Верхне-Имбатское | 1810000 | 1323 | 30,31 | 14,22 | 20 | 4,36 |
| 213 | | с. Верещагино | 1850000 | 1171 | 21,11 | 10,35 | 93 | 9,76 |
| 214 | | д. Сухая Тунгуска | 1870000 | 1058 | 19,55 | 12,70 | 73 | 5,40 |
| 215 | | с. Селиваниха | 2340000 | 974 | 21,38 | 16,47 | 4 | 1,26 |
| 216 | | с. Курейка | 2380000 | 864 | 19,84 | 18,30 | 15 | 2,60 |
| 217 | | г. Игарка | 2440000 | 697 | 18,03 | 17,27 | 14 | 4,18 |
| 218 | Большой Енисей | с. Тора-Хем | 15600 | 284 | 896,26 | 1,70 | 10 | 0,91 |
| 219 | Малый Енисей | с. Сарыг-Сеп | 53300 | 100 | 705,27 | 2,13 | 4 | 0,95 |
| 220 | Абакан | пос. Абаза | 14400 | 201 | 449,47 | 3,29 | 2 | 0,22 |
| 221 | Джебаш | з. Джебаш | 2350 | 3 | 442,29 | 1,38 | 2 | 0,13 |
| 222 | Туба | с. Бугуртак | 31800 | 117 | 293,00 | 2,95 | 1 | 0,02 |
| 223 | Кизир | с. Имисское | 9080 | 9 | 314,64 | 2,15 | 2 | 0,18 |
| 224 | Сисим | пос. Березовая | 2810 | 59 | 293,76 | 1,79 | 7 | 2,48 |
| 225 | Кан | с. Улье | 3950 | 493 | 404,07 | 2,45 | 7 | 0,86 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 226 | Кан | с. Ирбейское | 8710 | 55 | 250,82 | 2,64 | 10 | 1,20 |
| 227 | | г. Канск | 23000 | 230 | 202,18 | 2,91 | 3 | 0,36 |
| 228 | Агул | д. Петропавловка | 11500 | 10 | 244,40 | 1,85 | 22 | 1,15 |
| 229 | Кунгус | д. Ильинка | 3600 | 32 | 269,25 | 1,25 | 72 | 1,65 |
| 230 | Рыбная | Кордон №1 | 3730 | 46 | 293,52 | 2,02 | 54 | 1,92 |
| 231 | Зун-Мурин | Улус Зун-Мурин | 4060 | 8 | 709,74 | 3,66 | 2 | 0,24 |
| 232 | Илим | д. Сотниково | 29300 | 52 | 238,05 | 7,04 | 11 | 2,00 |
| 233 | Уда (Чуна) | д. Неванка | 34800 | 414 | 225,96 | 2,94 | 9 | 0,95 |
| 234 | | с. Чуноярр | 51600 | 168 | 156,28 | 4,32 | 9 | 1,54 |
| 235 | | д. Хая | 52100 | 150 | 154,24 | 6,10 | 10 | 2,00 |
| 236 | Бирюса | пос. Соляная | 10200 | 665 | 314,46 | 3,23 | 2 | 1,12 |
| 237 | | г. Бирюсинск | 24700 | 568 | 253,48 | 2,34 | 3 | 0,70 |
| 238 | | д. Федино | 51000 | 150 | 154,54 | 3,57 | 6 | 1,02 |
| 239 | Усолка | с. Троицкое | 9070 | 69 | 121,97 | 6,14 | 5 | 0,89 |
| 240 | Селенга | с. Усть-Кяхта | 283000 | 372 | 579,09 | 1,50 | 39 | 1,30 |
| 241 | | с. Ново-Селенгинск | 360000 | 273 | 535,42 | 2,78 | 5 | 0,45 |
| 242 | | рзд. Мостовой | 440000 | 127 | 491,57 | 5,06 | 6 | 0,62 |
| 243 | | с. Мурзино | 446000 | 25 | 464,84 | 1,78 | 4 | 1,19 |
| 244 | Чикой | с. Усть-Урлук | 36600 | 248 | 658,77 | 3,62 | 3 | 0,76 |
| 245 | | Чикойский Кожзавод | 41400 | 130 | 590,91 | 1,69 | 6 | 1,00 |
| 246 | | с. Поворот | 44700 | 22 | 543,75 | 1,20 | 18 | 1,25 |
| 247 | Аса | с. Аца | 2010 | 17 | 841,09 | 1,13 | 52 | 0,82 |
| 248 | Хилок | г. Хилок | 15400 | 522 | 797,73 | 1,62 | 10 | 0,82 |
| 249 | | с. Малета | 25700 | 250 | 666,38 | 1,78 | 11 | 0,90 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 250 | Хилок | с. Малый Куналей | 29600 | 173 | 623,53 | 1,43 | 2 | 0,33 |
| 251 | | з. Хайластуй | 38300 | 22 | 533,79 | 1,40 | 40 | 1,31 |
| 252 | Унго | с. Усть-Унго | 2290 | 8.2 | 683,65 | 1,37 | 50 | 1,22 |
| 253 | Уда (Чуна) | с. Первомаевка | 28300 | 78 | 549,81 | 1,17 | 15 | 0,68 |
| 254 | Она | с. Онинское | 3580 | 20 | 682,05 | 0,59 | 3 | 0,50 |
| 255 | Кудун | с. Михайловка | 3300 | 104 | 720,46 | 0,63 | 8 | 2,30 |
| 256 | Курба | с. Тэгда | 3620 | 77 | 642,62 | 1,13 | 20 | 0,41 |
| 257 | Кемь | с. Михайловка | 2860 | 141 | 132,44 | 2,79 | 10 | 1,09 |
| 258 | Подкаменная Тунгуска | с. Ванавара | 39700 | 1195 | 252,67 | 9,38 | 3 | 1,05 |
| 259 | | факт. Усть-Камо | 68400 | 757 | 175,64 | 12,50 | 1 | 0,35 |
| 260 | | с. Байкит | 159000 | 571 | 155,45 | 14,80 | 3 | 1,35 |
| 261 | | факт. Кузьмовка | 218000 | 209 | 59,60 | 15,00 | 1 | 0,05 |
| 262 | Чуня | факт. Чунская Стрелка | 13300 | 727 | 342,63 | 3,05 | 97 | 3,60 |
| 263 | Вельмо | 7 км ниже устья р. Теи | 22900 | 187 | 110,83 | 4,20 | 20 | 1,03 |
| 264 | Елагуй | факт. Келлог | 16300 | 168 | 47,41 | 4,97 | 6 | 1,10 |
| 265 | Нижняя Тунгуска | с. Подволошино | 8270 | 2670 | 334,42 | 3,96 | 46 | 3,27 |
| 266 | | с. Преображенка | 41000 | 2340 | 391,81 | 6,56 | 24 | 3,00 |
| 267 | | с. Ербогачен | 77400 | 2092 | 256,08 | 10,18 | 16 | 2,05 |
| 268 | | с. Наканно | 99100 | 1612 | 231,16 | 8,03 | 1 | 0,28 |
| 269 | Непа | с. Токма | 4119 | 533 | 434,08 | 4,66 | 1 | 0,02 |
| 270 | Ерачимо | факт. Большой Порог | 9100 | 7 | 47,31 | 2,36 | 30 | 2,78 |
| 271 | Норилка | пос. Валек | 19800 | 19 | 31,00 | 2,35 | 9 | 1,28 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Реки побережья моря Лаптевых | | | | | | | | |
| 272 | Малая Куонапка | с. Джалинда | 20300 | 103 | 38,94 | 6,30 | 20 | 3,27 |
| 273 | Оленок | с. Оленок | 89200 | 1505 | 113,52 | 10,65 | 1 | -0,44 |
| 274 | Лена | р.п. Качуг | 17400 | 3968 | 508,55 | 1,98 | 5 | 0,51 |
| 275 | | р.п. Жигалово | 30400 | 3803 | 412,10 | 2,82 | 18 | 1,07 |
| 276 | | с. Орлинга | 51100 | 3619 | 334,06 | 3,17 | 54 | 3,75 |
| 277 | | г. Усть-Кут | 71400 | 3464 | 287,55 | 4,46 | 22 | 2,77 |
| 278 | | с. Подымахино | 74900 | 3417 | 278,47 | 4,75 | 48 | 3,01 |
| 279 | | с. Марково | 82500 | 3319 | 259,20 | 9,55 | 3 | 0,80 |
| 280 | | г. Киренск | 92200 | 3155 | 253,68 | 3,67 | 40 | 3,62 |
| 281 | | д. Ичера | 165000 | 2977 | 225,42 | 7,00 | 6 | 1,10 |
| 282 | | д. Паршина | 179000 | 2789 | 194,83 | 6,34 | 19 | 1,90 |
| 283 | | с. Витим | 199000 | 2719 | 183,91 | 6,96 | 9 | 1,93 |
| 284 | | с. Пеледуй | 425000 | 2693 | 178,30 | 4,53 | 55 | 6,75 |
| 285 | | г. Ленск | 450000 | 2508 | 165,94 | 11,95 | 11 | май.90 |
| 286 | | с. Нюя | 453000 | 2424 | 157,71 | 9,00 | 34 | 4,71 |
| 287 | | с. Мача | 538000 | 2313 | 151,80 | 11,41 | 1 | 0,10 |
| 288 | | с. Кочегарово | 542000 | 2215 | 139,97 | 8,80 | 65 | 4,00 |
| 289 | | г. Олекминск | 560000 | 2103 | 134,06 | 9,37 | 5 | 1,04 |
| 290 | | с. Солянка | 770000 | 2078 | 133,87 | 11,51 | 3 | 0,69 |
| 291 | | с. Хатынг-Тумул | 798000 | 1951 | 123,87 | 9,77 | 19 | 2,76 |
| 292 | | с. Саныяхт | 812000 | 1885 | 118,36 | 9,40 | 24 | 2,66 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 293 | Лена | д. Чуран | 833000 | 1825 | 109,00 | 4,44 | 100 | 8,24 |
| 294 | | с. Покровск | 892000 | 1574 | 98,16 | 6,96 | 27 | 5,50 |
| 295 | | с. Табага | 897000 | 1527 | 92,58 | 4,69 | 80 | 3,78 |
| 296 | | г. Якутск | 904000 | 1491 | 90,16 | 5,20 | 90 | 4,20 |
| 297 | | пос. Кангаласцы | 912000 | 1457 | 88,50 | 5,95 | 72 | 4,70 |
| 298 | | с. Намцы | 919000 | 1403 | 84,95 | 6,32 | 21 | 0,88 |
| 299 | | с. Джарджан | 2370000 | 512 | 31,05 | 14,50 | 40 | 2,83 |
| 300 | | с. Сиктээх | 2410000 | 368 | 24,61 | 13,11 | 98 | 6,72 |
| 301 | | пос. Тит-Ары | 2450000 | 49 | 19,24 | 15,12 | 51 | 2,05 |
| 302 | Куленга | с. Белоусово | 2480 | 12 | 513,81 | 1,33 | 7 | 0,55 |
| 303 | Тутура | д. Грехова | 7100 | 24 | 434,82 | 2,17 | 30 | 1,75 |
| 304 | Илга | з. Половинное | 7960 | 24 | 419,96 | 3,29 | 12 | 2,07 |
| 305 | Киренга | с. Казачинское | 28800 | 228 | 353,46 | 1,46 | 62 | 1,61 |
| 306 | | д. Шорохово | 46500 | 18 | 258,74 | 2,83 | 40 | 3,31 |
| 307 | Нюя | с. Курум | 32600 | 132 | 178,00 | 4,25 | 13 | 1,51 |
| 308 | Олекма | с. Средняя Олекма | 37300 | 904 | 504,16 | 3,61 | 35 | 1,90 |
| 309 | | с. Усть-Нюкжа | 46900 | 633 | 406,98 | 4,90 | 11 | 1,48 |
| 310 | | местн. Джекемдэ | 109000 | 262 | 172,34 | 10,39 | 4 | 2,60 |
| 311 | | с. Куду-Кель | 115000 | 152 | 148,30 | 10,68 | 28 | 6,15 |
| 312 | Нюкжа | с. Усть-Нюкжа | 32100 | 4.6 | 408,24 | 4,89 | 5 | 0,45 |
| 313 | Жуя | пр-к Светлый | 4790 | 252 | 405,80 | 3,13 | 3 | 0,31 |
| 314 | Намана | с. Мээкимуэ | 16600 | 35 | 142,78 | 2,11 | 30 | 0,89 |
| 315 | Алдан | с. Усть-Миль | 269000 | 966 | 165,75 | 10,72 | 2 | 0,46 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 316 | Алдан | пос. Эльдикан | 484000 | 745 | 153,62 | 11,11 | 1 | 0,10 |
| 317 | | с. Охотский Перевоз | 514000 | 562 | 134,30 | 6,81 | 7 | 1,30 |
| 318 | Мая | с. Аим | 108000 | 272 | 214,58 | 2,60 | 53 | 3,10 |
| 319 | | с. Чабда | 165000 | 88 | 175,14 | 5,98 | 3 | 0,50 |
| 320 | Юдома | с. Югаренок | 30800 | 222 | 340,18 | 3,99 | 1 | -0,20 |
| 321 | Амга | с. Буяга | 23900 | 932 | 274,24 | 3,68 | 68 | 2,75 |
| 322 | | с. Амга | 56800 | 436 | 143,35 | 8,58 | 17 | 1,85 |
| 323 | Яна | пос. Янский | 161000 | 581 | 101,00 | 5,61 | 5 | 1,06 |
| 324 | Буралах | с. Томтор | 7570 | 90 | 179,03 | 2,36 | 9 | 0,98 |
| 325 | Бытантай | местн. Асар | 40000 | 20 | 88,24 | 4,82 | 8 | 0,77 |
| 326 | Индигирка | местн. Воронцово | 305000 | 350 | 15,61 | 6,25 | 4 | 0,83 |
| 327 | Колыма | клх. Искра | 129000 | 1556 | 201,08 | 4,58 | 7 | 1,29 |
| 328 | | пос. Зырянка | 287000 | 969 | 38,57 | 3,90 | 15 | 1,36 |
| 329 | | г. Средне-Колымск | 361000 | 641 | 19,57 | 8,20 | 26 | 2,80 |
| 330 | Кулу | пос. Кулу | 10300 | 83 | 621,75 | 2,00 | 4 | 0,53 |
| 331 | Малый Анюй | пос. Илирней | 9220 | 546 | 354,32 | 2,76 | 5 | 0,70 |
| 332 | Амгуэма | пос. Амгуэма | 11700 | 224 | 136,01 | 2,64 | 12 | 0,40 |
| Реки побережья Берингова и Охотского морей | | | | | | | | |
| 333 | Уда | с. Удское | 37500 | 83 | 58,29 | 2,66 | 27 | 2,55 |
| 334 | Амур | с. Покровка | 370000 | 2820 | 309,89 | 7,63 | 8 | 2,70 |
| 335 | | с. Джалинда | 406000 | 2618 | 261,94 | 10,86 | 2 | 2,56 |
| 336 | | с. Черняево | 440000 | 2388 | 205,53 | 6,58 | 5 | 2,43 |
| 337 | | с. Сергеевка | 448000 | 2015 | 141,67 | 8,69 | 3 | 1,30 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 338 | Амур | с. Константиновка | 734000 | 1831 | 114,37 | 7,10 | 1 | 0,30 |
| 339 | | с. Казакевичево | 1630000 | 1004 | 36,38 | 4,99 | 4 | 0,63 |
| 340 | | г. Хабаровск | 1630000 | 966 | 34,15 | 5,57 | 6 | 1,00 |
| 341 | | с. Нижне-Тамбовское | 1750000 | 514 | 13,18 | 8,11 | 83 | 4,54 |
| 342 | | с. Сухановка | 1760000 | 417 | 10,22 | 6,72 | 52 | 4,49 |
| 343 | Аргунь | с. Ново-Цурухайтуй | 96000 | 603 | 506,76 | 2,20 | 11 | 1,40 |
| 344 | | с. Олоча | 106000 | 425 | 463,88 | 4,04 | 4 | 0,95 |
| 345 | Уров | с. Усть-Уров | 4200 | 3 | 411,64 | 1,86 | 3 | 1,30 |
| 346 | Онон | с. Чирон | 95900 | 12 | 507,40 | 2,40 | 6 | 0,70 |
| 347 | Иногда | с. Дешулан | 6130 | 468 | 812,30 | 2,06 | 3 | 0,12 |
| 348 | | с. Улеты | 12500 | 386 | 739,02 | 2,20 | 19 | 2,42 |
| 349 | | г. Чита | 17700 | 233 | 640,57 | 1,67 | 3 | 0,59 |
| 350 | | с. Атамановка | 22000 | 219 | 635,10 | 3,80 | 1 | 0,11 |
| 351 | | с. Красноярово | 37000 | 20 | 516,06 | 4,23 | 2 | 0,53 |
| 352 | Джила | "0,8 км от устья" | 2780 | 0.8 | 797,61 | 1,81 | 7 | 2,17 |
| 353 | Амазар | ст. Амазар | 8000 | 149 | 435,34 | 2,68 | 3 | 1,07 |
| 354 | Зея | с. Дамбуки | 56300 | 773 | 262,04 | 5,07 | 2 | 0,41 |
| 355 | Тында | 14 км | 4060 | 14 | 488,13 | 3,82 | 2 | 0,50 |
| 356 | Уркан (Правый Уркан | с. Заречное | 15700 | 34 | 214,41 | 1,77 | 34 | 2,42 |
| 357 | Деп | з. Рычково | 8440 | 126 | 239,66 | 2,65 | 13 | 1,88 |
| 358 | Бурея | с. Каменка | 67400 | 80 | 115,06 | 6,94 | 5 | 1,80 |
| 359 | Бира (Б. Бира) | ст. Биракан | 2910 | 260 | 214,71 | 1,38 | 5 | 0,83 |

| № п/п | Река | Пункт | Площадь водосбора, км$^2$ | Расстояние от устья, км | Уровень выхода воды на пойму, м БС | Высота поймы над средним меженным уровнем, м | Вероятность затопления поймы при заторе, % | Превышение наивысшего заторного уровня 1% обеспеченности над поймой, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 360 | Бира (Б. Бира) | ст. Бира | 5890 | 181 | 128,33 | 1,14 | 18 | 1,46 |
| 361 | Уссури | пос. Кировский | 24400 | 545 | 83,34 | 2,43 | 23 | 1,22 |
| 362 | | г. Лесозаводск | 26200 | 479 | 63,89 | 1,68 | 42 | 2,32 |
| 363 | | с. Козловское | 132000 | 193 | 47,75 | 3,08 | 5 | 1,06 |
| 364 | | с. Венюково | 157000 | 111 | 42,04 | 3,46 | 27 | 2,57 |
| 365 | | с. Ново-Советское | 186000 | 56 | 37,82 | 3,52 | 18 | 2,50 |
| 366 | Арсеньевка | с. Яковлевка | 5180 | 94 | 118,51 | 2,19 | 35 | 1,50 |
| 367 | Илистая | с. Халкидон | 4030 | 66 | 74,06 | 3,00 | 4 | 0,48 |
| 368 | Большая Уссурка | с. Вострецово | 18500 | 141 | 146,34 | 2,01 | 13 | 0,87 |
| 369 | Малиновка | с. Введенка | 6200 | 23 | 61,38 | 1,28 | 42 | 1,70 |
| 370 | Бикин | мет. ст. Родниковая | 9710 | 308 | 237,31 | 1,16 | 24 | 0,50 |
| 371 | | ст. Звеньевая | 21400 | 46 | 57,75 | 3,68 | 2 | 0,30 |
| Реки побережья Татарского пролива и Японского моря | | | | | | | | |
| 372 | Раздольная | г. Уссурийск | 13400 | 94 | 11,58 | 2,88 | 1 | 0,20 |
| Реки о. Сахалин | | | | | | | | |
| 373 | Тымь | свх. Ныш | 4930 | 80 | 9,61 | 3,78 | 75 | 1,93 |
| 374 | Поронай | с. Абрамовка | 2670 | 220 | 90,25 | 2,00 | 8 | 0,29 |
| 375 | | ст. Победино | 4380 | 159 | 51,06 | 3,19 | 19 | 0,61 |
| 376 | | пос. Красный Октябрь | 6080 | 103 | 18,24 | 2,55 | 28 | 0,76 |

# Приложение Е
(рекомендуемое)

## Аварийные разливы нефти на участках подводных переходов трубопроводов через реки

### Е.1 Причины аварийных разливов нефти

Причины аварийных разливов нефти на подводных переходах трубопроводов в реках связаны со следующими обстоятельствами.

Прежде всего это несовершенство первоначальных проектов прокладки трубопроводов, недостаточно или совсем не учитывающих характер и возможные размеры деформаций речного русла, приводящие к разрыву труб речным потоком на участках размытого речного дна.

Во-вторых, практически исчерпанный к концу прошлого века ресурс большинства магистральных нефтепроводов и участившиеся случаи разгерметизации труб не только на участках переходов их через реки, но и в пределах линейной части на суше, в частности, на участках береговых склонов русел и склонов речных долин.

В-третьих, разгерметизация из-за дефектов, образовавшихся при изготовлении труб, не обнаруженных в ходе дефектоскопии и испытаний трубопровода и проявившихся в рабочем режиме трубопровода. Это преимущественно свищевые и шовные нарушения целостности трубы.

В зависимости от морфологии речного русла и поймы, сезона года и фазы водного режима, конкретных гидрометеорологических условий, объема вылившейся нефти, места и характера разгерметизации трубопровода распространение нефти в реке происходит в разной форме, с разной скоростью и разными путями, что наносит различный вред окружающей среде и предопределяет многовариантность организации рубежей перехвата, способов и технических средств локализации нефтяного разлива и состава оборудования для устранения нефти с водной поверхности.

Среди множества нормативных документов, определяющих порядок и правила борьбы с аварийными разливами нефти, следует выделить следующие: постановления Правительства Российской Федерации от 21.08.2000 № 613 [13] и от 15.04.2002 № 240 [14], приказ МЧС России от 28.12.2004 № 621 [15] и др.

### Е.2 Основные черты и особенности распространения аварийных разливов нефти в реках

Оказавшаяся в речной среде нефть, перемещается русловым потоком в разных состояниях: некоторые составляющие в полностью растворенном в воде виде (эта фракция относительно невелика по объему), остальная и подавляющая по объему часть нефтяного разлива — в виде очень мелких частиц, образующихся всегда в некотором количестве, но в превалирующих объемах — при свищевых и шовных нарушениях трубы, способствующих благодаря большому давлению в трубе и отсутствию реакции контролирующей аппаратуры длительному выбросу мелкораспыленного факела нефти, и в виде крупнокапельного, лоскутного

и сплошным шлейфом излияния в случаях разлома или большого поперечного или шовного раскрытия трубы.

Растворенные фракции и мелкораспыленные частицы нефти переносятся внутри речного потока на большие расстояния, полностью подчиняясь (в связи с очень малой величиной собственной гидравлической крупности) воздействию поля пульсационных и осредненных скоростей. Поэтому эти компоненты аварийного разлива нефти не могут быть каким-либо способом устраненными из речной среды — они переходят в разряд фонового загрязнения, подлежащего удалению специально разработанными для этого технологическими приемами и техническими средствами.

Основная часть аварийного разлива нефти, вызванного большим раскрытием трубопровода, в виде крупных капель, лоскутьев и ковров выходит на поверхность речного потока в условиях открытого русла или к нижней поверхности льда в условиях ледостава.

На поверхности открытого потока небольшая часть первоначального объема нефти силами поверхностного взаимодействия превращается в мономолекулярную пленку, относительно быстро покрывая всю поверхность воды в пределах берегов и оказывая «сдерживающее» влияние на последующие порции выходящей на поверхность потока нефти. Благодаря этому нефть проявляется уже не как поверхностно активное, а как консервативное вещество, распространение которого вниз по течению реки совершается воздействием поля поверхностных осредненных и пульсационных скоростей потока. В условиях штилевой погоды нефтяной разлив оказывается в зоне наибольших переносных скоростей речного потока.

Если аварийный разлив нефти произошел в условиях ледостава на реке, то, поднимаясь от дна к поверхности, нефть входит в контакт с нижней поверхностью льда и перемещается вниз по течению реки в зоне малых переносных скоростей речного потока, испытывая воздействие пульсационных компонент осредненной скорости. В зимних условиях исключается ветровой фактор воздействия на распространение нефтяного разлива, но появляется фактор, связанный с состоянием ледяного покрова. Под гладким ровным льдом нефть перемещается относительно быстрее и с меньшим рассеянием по ширине, чем, например, при торосистом. Торосистый лед может аккумулировать в своих купольных нишах значительные объемы нефти и удерживать ее длительное время, вплоть до весеннего ледохода. Если на льду нет снежного покрова, то такие скопления нефти даже при отрицательных температурах воздуха могут под действием солнечной радиации пронизывать ледяную толщу и изливаться на поверхность льда. В дальнейшем такая нефть уходит вниз по течению реки с ледоходом.

### Е.3 Технология ликвидации аварийных разливов нефти в реках

Аварийные разливы нефти в реках наносят большой ущерб окружающей природной среде и поэтому устранение их должно осуществляться быстро и, по-возможности, на небольших расстояниях от створа перехода нефтепровода. В связи с этим мероприятия по ликвидации аварийных разливов нефти в реках должны планироваться заранее.

Планы ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН) включают:

— образование специальных аварийных бригад;

- приобретение специальных плавсредств и наземного транспорта;
- приобретение бонов разной конструкции и другого оборудования для установки на реке рубежей перехвата нефтяного разлива и его локализации;
- приобретение нефтесборного оборудования;
- проведение теоретических и практических занятий с членами аварийных бригад по овладению ими приемами работы с локализационным и нефтесборным оборудованием;
- проведение Учений на конкретных, наиболее ответственных участках рек, пересекаемых магистральными нефтепроводами.

Учения — это планируемые и проводимые в региональных структурах АК «Транснефть» учения, направленные на отработку персоналом аварийных бригад приемов перехвата, локализации и сбора с поверхности воды аварийных разливов нефти.

В ходе Учений в качестве имитатора нефти используется обычно некондиционное растительное масло, окрашенное пищевым красителем для придания ему контраста на фоне речной воды. В реку выливается от нескольких кубометров до десяти и более кубометров имитатора над «разгерметизированным» нефтепроводом, и далее по сигналу об аварии аварийные бригады выдвигаются на участок реки, предварительно частично обустроенный для перехвата «нефтяного разлива», и действуют в соответствии со сложившейся на данный момент гидрометеорологической обстановкой.

Учения являются завершающим этапом в плане ЛАРН. В ходе Учений устанавливается степень подготовленности персонала аварийных бригад, эффективность работы локализационного и нефтесборного оборудования, фиксируются и обсуждаются ошибки и промахи. Но в каждом конкретном Учении реализуется лишь одна конкретная гидрометеорологическая ситуация. Например, Учения на на р. Иртыше у г. Омска прошли в условиях штиля, на р. Белой у д. Массады — при южном ветре, на р. Оби у с. Локосова — при сильном северо-восточном ветре.

Повторение таких мероприятий позволяет расширить диапазон гидрологических и погодных условий, однако некоторые ситуации из-за редкой их повторяемости остаются неотработанными.

Вместе с тем, распространение по реке нефтяного разлива существенно зависит от типа руслового процесса участка реки, расположенного ниже по течению перехода нефтепровода. Одинаковые погодные условия, например, поперечный к направлению течения в реке ветер, формируют значительно более сложную траекторию нефтяного разлива в многорукавном русле, чем в однорукавном русле. Эти обстоятельства предопределяют необходимость предварительных проработок возможных путей распространения нефтяных разливов для обоснования планов обустройства участков рек с целью наиболее эффективного их перехвата, локализации и устранения.

## Е.4 Методы определения путей и скорости распространения аварийных разливов в реках

В условиях открытого русла кинематическая структура потока определяется морфологией русла, объемом вылившейся нефти, фазой гидрологического режима (расходом и уровнем воды) и полем ветра. Эти же факторы определяют и

характер распространения нефтяного разлива в реке, поэтому именно они должны оцениваться в предварительных проработках возможных гидрометеорологических ситуаций.

Такие проработки осуществляются, в основном, тремя методами: расчетным методом, выполнением натурных наблюдений и экспериментов и методом лабораторного гидравлического моделирования участков рек в зоне пересечения их магистральными нефтепроводами.

Расчетный метод предусматривает построение плана течений при разных расходах и соответствующих им уровнях воды. На основе совместного анализа плана течений с полем ветра определяются возможные варианты пути и скорости распространения аварийного разлива нефти для разных начальных точек разгерметизации трубы: в левобережной, центральной и правобережной зонах реки, а также в приурезовых зонах при стекании нефти с суши в русло реки.

Метод натурных наблюдений и экспериментов предусматривает измерение поля скоростей течения в реке (и, в частности, поверхностных скоростей течения) при разных расходах и уровнях воды с фиксацией структуры вторичных течений (зон отрыва потока, водоворотных и застойных зон, сбойных течений, зон бифуркации). Каждая такая серия наблюдений и измерений сопровождается выпуском какого-либо имитатора нефтяного разлива из разных точек по ширине реки над переходом нефтепровода. В ходе отслеживания траектории имитатора нефти выполняются измерения скорости и направления ветра. Натурный метод оказывается значительно более надежным по сравнению с расчетным, но ограничен, по сравнению с ним, диапазоном возможных изменений гидрологических и ветровых характеристик.

В условиях ледостава измеряется поле скоростей в живом сечении реки в районе перехода нефтепровода и поле скоростей в приледном слое потока на нижележащем участке реки. Фиксируется состояние нижней поверхности ледяного покрова и отслеживаются траектории имитатора нефти по специальной методике.

Метод лабораторного гидравлического моделирования аварийных разливов нефти в реках применяется как расчетно-имитационный метод, то есть рельеф русла и русловой поток воспроизводятся на модели с соблюдением критериев геометрического, кинематического и динамического подобия, а собственно нефть заменяется имитатором, в качестве которого для открытого потока применяются, например, аллюминиевая пудра или очень мелкие бумажные поплавки, а в зимних условиях — водный раствор этилового спирта, окрашенный нигрозином в черный цвет. Ледяной покров имитируется полихлорвиниловой пленкой. Воздушный поток над моделью воспроизводится системой вентиляторов, а величина скорости ветра задается на основании подобного смещения имитатора на модели и в натурных условиях. Сравнение модельных траекторий и скоростей распространения «нефтяных» разливов с соответственными траекториями и скоростями их в натурных условиях при одинаковых значениях определяющих факторов дало удовлетворительные результаты на разных реках, что дает основание считать расчетно-имитационный метод моделирования аварийных разливов нефти наиболее эффективным инструментом решения рассматриваемых задач.

## Е.5 Примеры лабораторного моделирования аварийных разливов нефти в реках

Пример 1 — Моделирование однорукавного слабоизвилистого русла реки Невы на участке от 1321 км до 1340 км судового хода.

На 1321 км, в 400 м выше по течению Ладожского автодорожного моста расположен переход магистрального нефтепровода «Балтнефтепровод». Масштаб модели 1:400. На рисунке 1 представлен фрагмент модели от 1321 км до 1333 км, где приведены три ситуации с распространением нефтяного разлива: в условиях штиля и при западном и восточном ветрах, оказывающихся поперечными по отношению к этому участку реки. На модели воспроизводился ветер скоростью 5–8 м/с в пересчете на натуру. На рисунке Е.1 видно, что в штилевую погоду нефть (имитируется алюминиевой пудрой), поданная на поверхность потока над центральной частью перехода МН, распространяется в срединной зоне русла, характеризуемой максимальными значениями поверхностной скорости течения. Нефтяные шлейфы, образовавшиеся подачей нефти из левобережной и правобережной зон речного потока, следуют на примерно постоянном расстоянии от берегов, то есть распространяются как бы параллельно им.

Вместе с тем нефтяной разлив, поданный из центральной зоны потока над переходом МН, несмотря на экранирующее влияние довольно высоких (6–8 м) берегов, быстро отклоняется западным ветром к восточному берегу и восточным ветром — к западному. При этом скорость распространения нефтяного разлива несколько изменяется и в меньшую и в большую от штилевой ситуации сторону.

Организация рубежей перехвата и локализации нефтяного разлива в условиях однорукавного русла относительно проста — боновые заграждения выставляются либо у левого, либо у правого берега с перекрытием центральной зоны потока (рисунок Е.1).

Пример 2 — Моделирование русла реки Оби у с. Локосова. Тип руслового процесса — сочетание незавершенного меандрирования и пойменной многорукавности. Гидравлическая модель масштаба 1:500 включала участок реки протяженностью около 30 км ниже по течению шестиниточного перехода магистральных нефтепроводов. На рисунке Е.2 приведен фрагмент модели в пределах верхних 13 км, на котором зафиксированы 3 шлейфа распространения нефтяного разлива в условиях штиля, юго-восточного и северо-восточного ветров.

На рисунке видно, насколько существенно отличается плановое расположение нефтяных шлейфов и скорость их распространения при выпуске их из одной и той же центральной зоны нефтепровода в протоке Локосовской. Если бы ветер такой же скорости (5–8 м/с) имел южное направление, нефтяной разлив при выходе из протоки Локосовской перешел бы в протоку Тармугут. Таким образом, при данном морфологическом типе русла вариантность организации рубежей перехвата нефтяного разлива увеличивается (рисунок Е.2, Е.3).

Пример 3 — Моделирование русла реки Белой на устьевом участке.

Морфологический тип русла — свободное меандрирование с элементами искусственных спрямлений в целях улучшения условий судоходства. Моделировался участок реки длиной около 35 км в масштабе 1:500.

На рисунке Е.3 приведен фрагмент верхней части модели, включающий участок реки протяженностью около 20 км. Переход нефтепровода «Пермь-

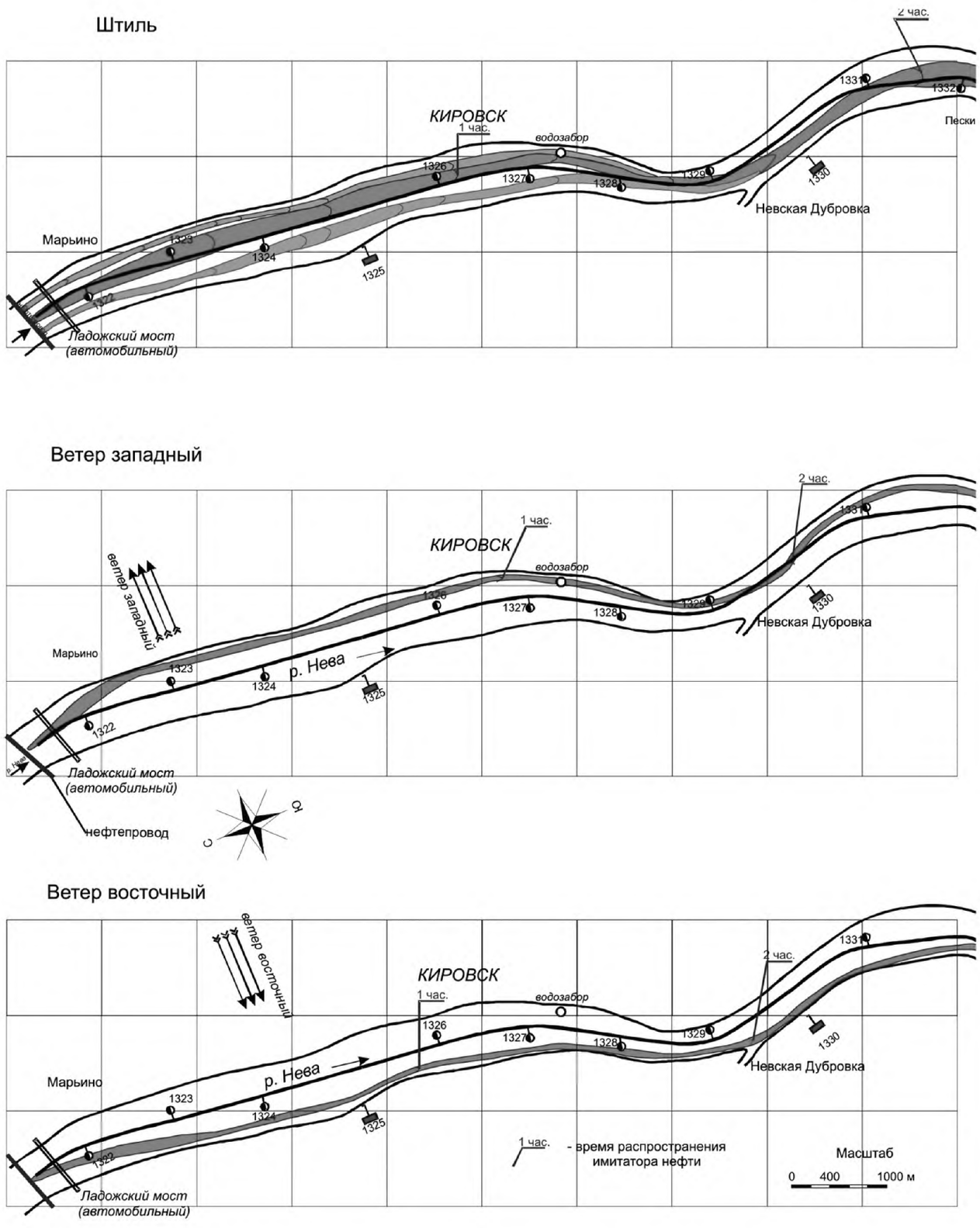



Рисунок Е.1 — Схема распространения имитатора нефти на модели р. Невы в разных погодных условиях

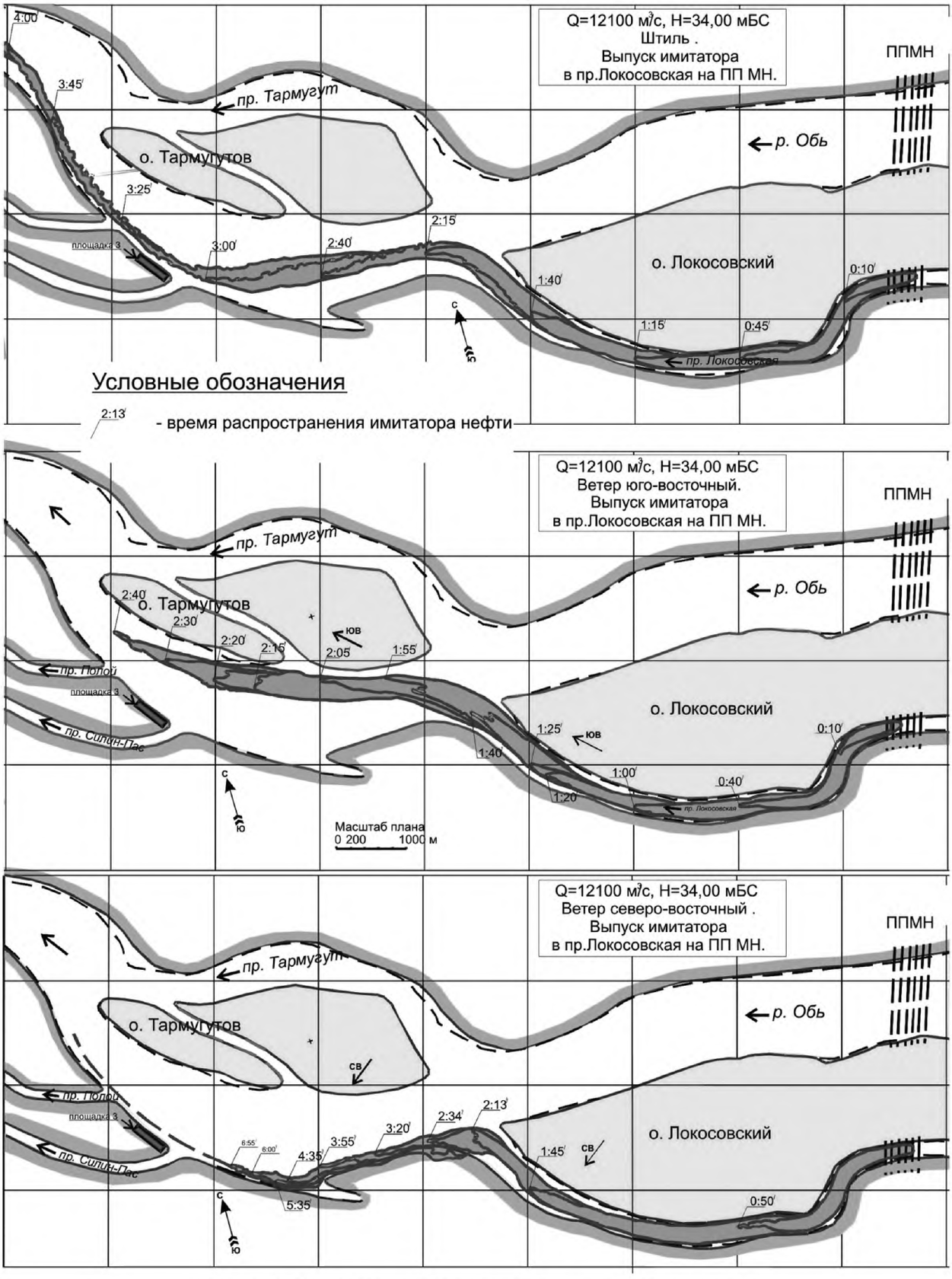



Рисунок Е.2 — Схема распространения имитатора нефти
на модели р. Оби в разных погодных условиях

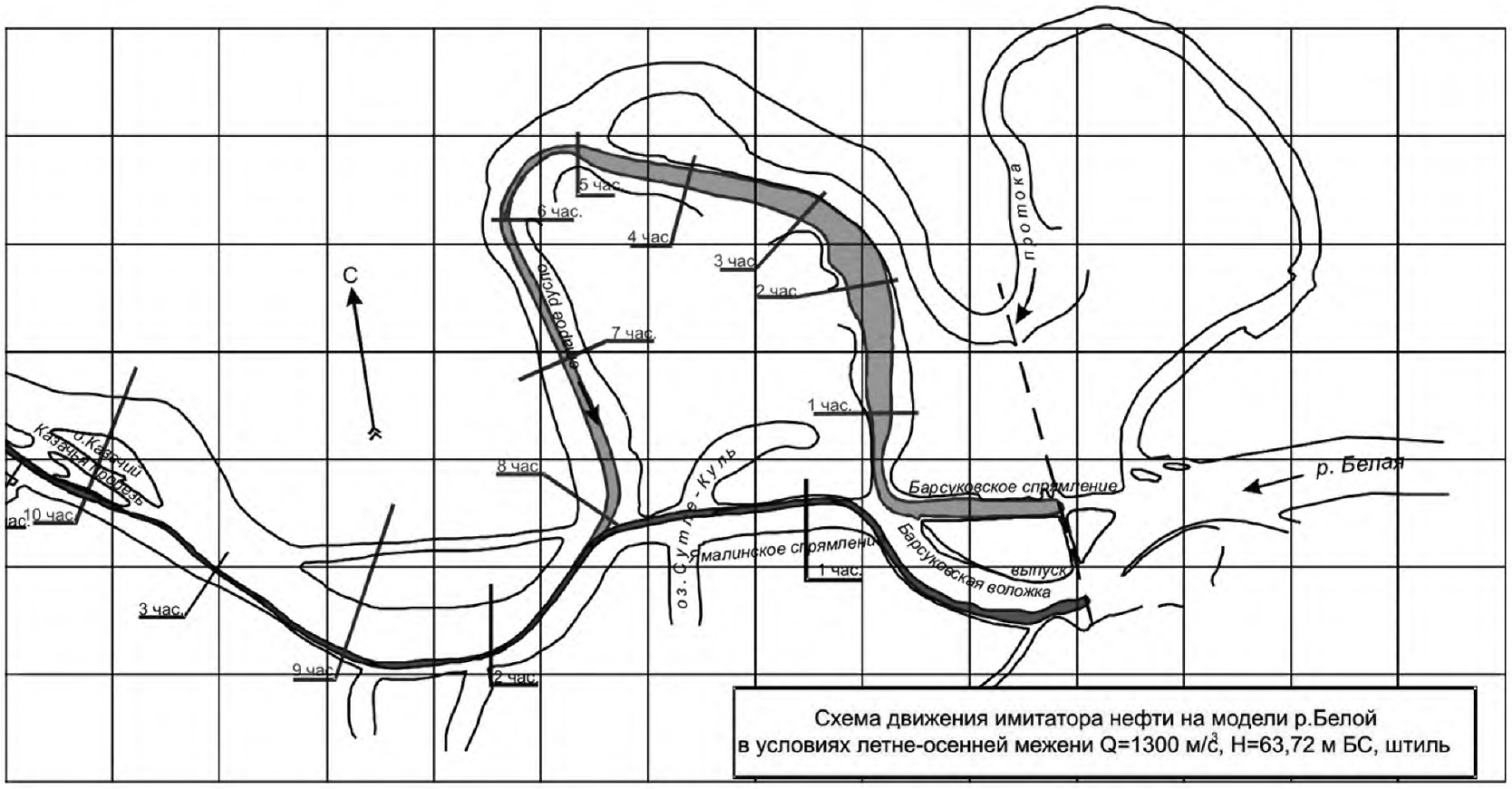



Схема движения имитатора нефти на модели р.Белой в условиях летне-осенней межени Q=1300 м/с, Н=63,72 м БС, штиль

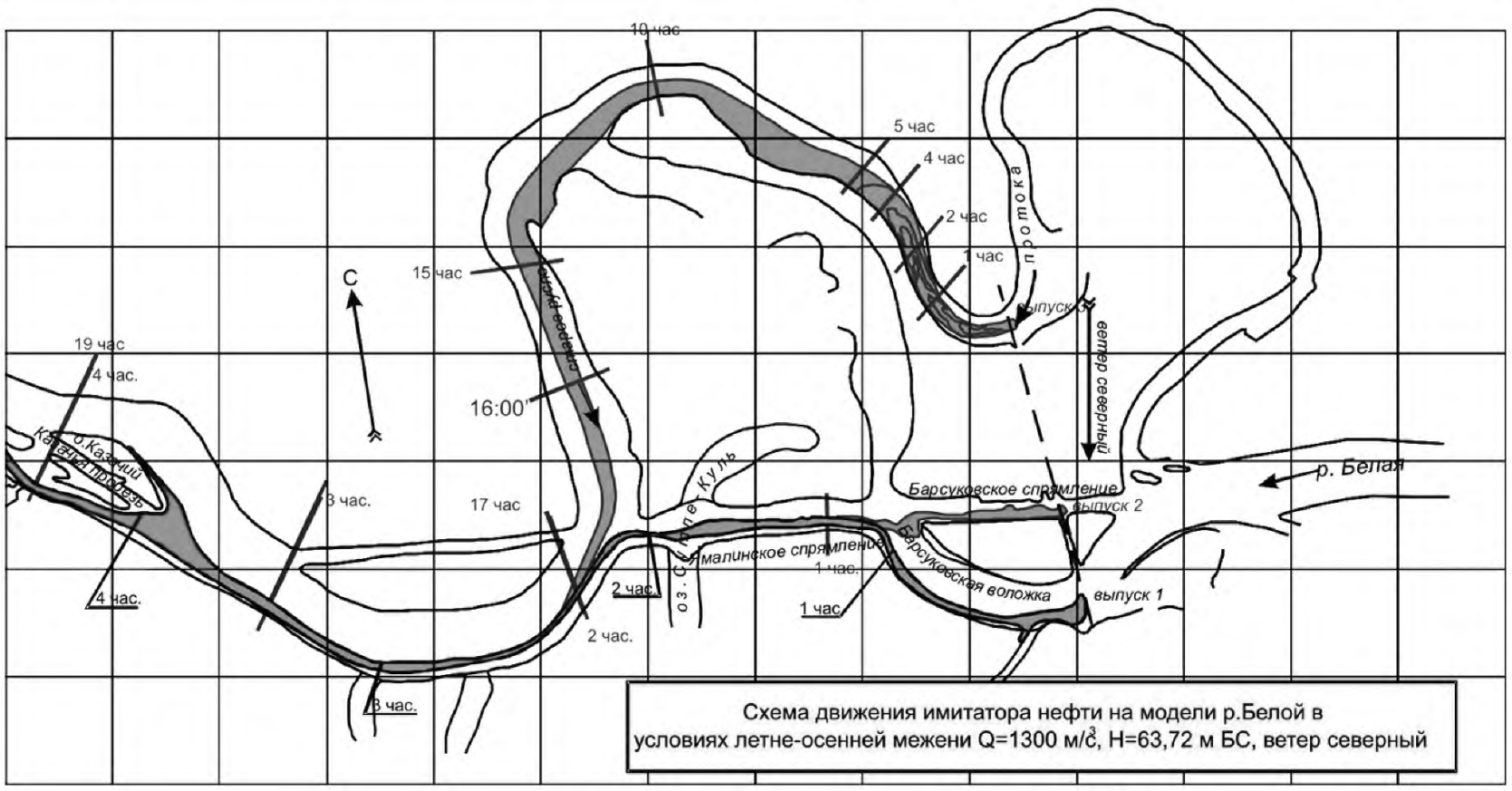



Схема движения имитатора нефти на модели р.Белой в условиях летне-осенней межени Q=1300 м/с, Н=63,72 м БС, ветер северный

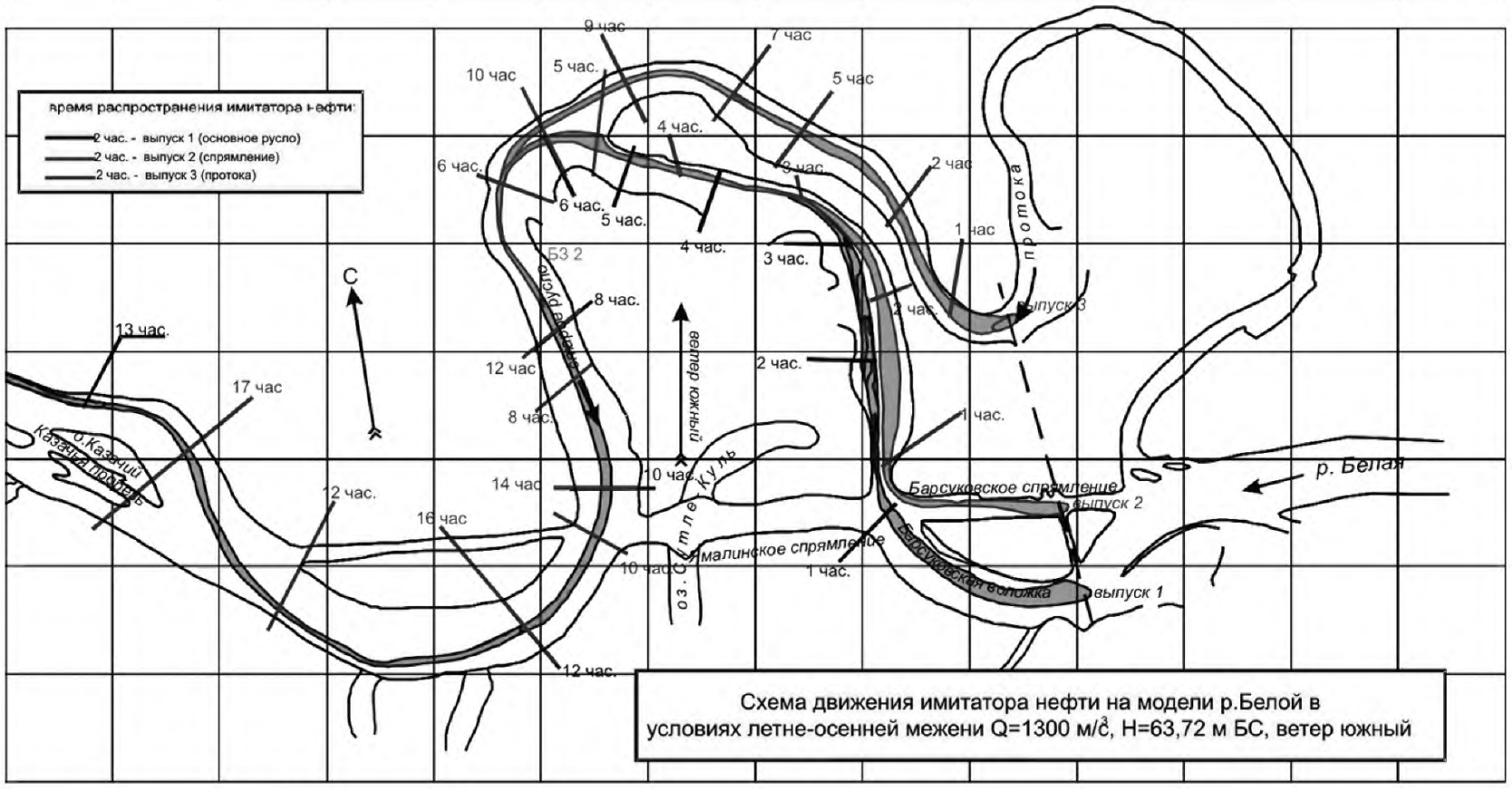



Схема движения имитатора нефти на модели р.Белой в условиях летне-осенней межени Q=1300 м/с, Н=63,72 м БС, ветер южный

Рисунок Е.3 — Схема распространения имитатора нефти на модели р. Белой в разных погодных условиях

Альметьевск» пересекает реку трижды: в основном русле, в спрямлении и в протоке, бывшей некогда основным руслом реки. На рисунке Е.3 приведены нефтяные шлейфы в условиях штиля и ветров северного и южного направлений при возможной разгерметизации трубопровода в любом из трех пересечений. На рисунке видно, что в условиях сложного морфологического типа русла существенно возрастает вариантность возможного распространения аварийного разлива нефти, а, следовательно, и вариантность рубежей его перехвата, что значительно усложняет (и в исполнении и в затратах) схему обустройства участка реки.

Приведенные примеры моделирования аварийных разливов нефти в реках показывают высокую эффективность этого метода предварительной оценки возможных вариантов их распространения. Гидравлическая модель позволяет быстро и детально в широком диапазоне изменения и сочетания определяющих факторов исследовать распространение аварийных разливов нефти и на этой основе разрабатывать технологические схемы обустройства участков рек ниже переходов магистральных нефтепроводов, обеспечивающие надежный перехват, локализацию и устранение нефти с акватории реки.

# Приложение Ж
(обязательное)

## Экспертиза проектов перехода трубопровода через реки (русловой аспект)

Государственная экспертиза проектной документации объектов капитального строительства и результатов инженерных изысканий осуществляется в настоящее время на основании Положения «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 05.03.2007 № 145 [16].

Государственная экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий проводится по объектом федерального уровня, перечень которых определен Градостроительным кодексом Российской Федерации [17] и Положением [16]. Полномочия по проведению экспертизы осуществляются Федеральным агентством по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Росстроем России) или подведомственным ему государственным (бюджетным или автономным) учреждением. По иным объектам полномочия по проведению экспертизы осуществляются органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации или подведомственными им государственными учреждениями.

В системе проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий предусмотрена организация процедуры аттестации государственных экспертов, допускаемых к проведению государственной экспертизы. Регламентация этой аттестации осуществляется приказом Росстроя России [18], который устанавливает квалификационные требования к государственным экспертам в соответствии со сферами их деятельности, порядок и формы проверки квалификации претендента на получение статуса государственного эксперта (устный экзамен, тестирование, собеседование).

Для обеспечения проведения аттестации в Приказе Росстроя России [18] предусматривается осуществление комплекса научно-методических, организационных, технических мероприятий, который включает в себя, кроме всего прочего, разработку и актуализацию перечней вопросов для устных экзаменов, перечней вопросов и вариантов ответов для тестирования, а также программ профессиональной переподготовки и повышения квалификации государственных экспертов с организацией обучения по этим программам.

Таким образом, организованная система проведения государственной экспертизы должна обеспечить высоко квалифицированную государственную экспертизу проектов и материалов инженерных изысканий, проводимых для их разработки, в том числе и материалов инженерно-гидрометеорологических изысканий с учетом требований МДС 11-5.99.

В соответствии с СП 11-102 и СП 11-103 в состав инженерных гидрометеорологических изысканий включены как расчеты основных гидрологических характеристик на основании СП 33-101, так и изучение и прогнозы русловых и пойменных деформаций рек.

Из всего отмеченного выше следует, что экспертиза прогнозов и расчетов русловых и пойменных деформаций в створах подводных переходов трубопроводов через реки должна проводиться в ходе экспертизы материалов инженерно-гидрометеорологических изысканий, проводимых при проектировании трубопроводных систем или отдельных подводных переходов, что требует наличия определенной квалификации и опыта как у государственных учреждений, проводящих государственную экспертизу, так и у отдельных государственных экспертов.

Учитывая, что прогнозы русловых и пойменных деформаций на участках переходов трубопроводов через реки, в виде профилей предельного размыва русел и пойм в створах переходов, являются одним из ключевых параметров, обеспечивающих надежность подводных переходов на весь срок их эксплуатации и требуемый уровень охраны водных объектов от негативного воздействия технологических элементов трубопроводной системы. Значимость высококвалифицированной экспертизы этих прогнозов и расчетов существенно возрастает и становится определяющей при экспертизе материалов инженерно-гидрометеорологических изысканий, выполняемых для проектирования подводных переходов трубопроводов через реки.

Именно это обстоятельство и определяет необходимость включения настоящего документа в программу подготовки и аттестации государственных экспертов как федерального, так и регионального уровней, допускаемых к государственной экспертизе проектов подводных переходов трубопроводов через реки.

В ходе проведения государственной экспертизы проектов трубопроводных систем и с учетом анализа наболее часто совершаемых в настоящее время системных ошибок при использовании ВСН 163 следует обращать внимание на следующие важные обстоятельства:

— соответствие положения створов переходов через реки требованиям и рекомендация настоящего документа, т.к. створы переходов через средние и малые реки часто назначаются без учета морфологических особенностей и типа руслового процесса исходя из технологических, порою даже случайных, обстоятельств, одним из которых является прямолинейность трассы трубопровода.

— метод определения типа руслового процесса реки на участке перехода. Очень часто при определении типа руслового процесса на участке перехода специалисты проектных и изыскательских организаций не учитывают того, что изложенная в ВСН 163-83 и в настоящем документе типизация руслового процесса разработана для рек, находящихся в состоянии динамического равновесия, русловые процессы на которых развиваются в толще собственного речного аллювия без какого-либо существенного влияния ограничивающих (геологических или антропогенных) факторов. Данная типизация и предложенные типовые схемы деформаций речных русел и пойм охватывают только обратимые циклические деформации. Необратимые деформации (врезание речных русел, однонаправленная аккумуляция наносов на участках впадения притоков или в устьях рек и др.) накладывают свой определенный отпечаток на процессы руслоформирования и не позволяют использовать указанную типизацию при определении типа руслового процесса. В этих случаях, а также при анализе орографических и иных рек, находящихся под активным воздействием ограничивающих факторов, должна применяться изложенная в настоящем документе классификация струк-

турных форм транспорта донных наносов на уровне мезоформ при устойчивых в плане макроформах.

Ошибочное применение типизации руслового процесса на случаи и типы речных русел, ею не описываемых, приводит к неверному определению доминирующих форм транспорта руслоформирующих наносов , русловых деформаций и к неверному выбору и применению методов расчета и прогноза деформаций речных русел в створах переходов.

Еще одной часто встречающейся ошибкой является определение типа руслового процесса по внешнему облику меженного русла реки без учета понятий о руслоформирующих расходах воды и о паводочном русле реки. В таких случаях, как правило, извилистый характер меженного русла при побочневом и осередковых типах руслового процесса оказывается основанием для присвоения процессу руслоформирования названия «ограниченное», или просто «меандрирование» с соответствующим ошибочным выбором схемы русловых переформирований и методов схемы русловых переформирований и расчета и прогноз русловых деформаций. При этом делается ссылка на схемы русловых переформирований и то, что определение типа руслового процесса и расчеты выполнены в соответствии с рекомендациями ВСН 163.

— метод определения максимальных глубин в створах перехода. Для установления максимальной глубины в створе перехода при всех типах меандрирования специалисты проектных и изыскательских организаций часто прибегают к методу переноса минимальных отметок в плесах вдоль единственного измеренного в ходе проведения изысканий продольного профиля речного дна по тальвегу (со ссылкой на ВСН 163). При этом перенос этих отметок осуществляется как вниз, так и вверх по течению. В основе этого «метода» лежит предложенный как в ВСН 163, так и в настоящем документе, метод расчета профиля предельного размыва русел рек при побочневом, осередковом и ленточногрядовом типах руслового процесса, действительно предусматривающий совмещение поперечных сечений русла реки, в том числе и перенос минимальных отметок в створах, но на участке, расположенном вверх по течению от расчетного створа. При этом длина этого участка определяется скоростью смещения мезоформ и расчетным временем прогнозирования. Физической основой этого «метода» является типовая схема деформаций при данных типах, суть которой заключается в сползании всей системы мезоформ вниз по течению.

Однако при всех типах меандрирования сползания плесов вниз по течению не наблюдается, а максимальные глубины в плесах и их местоположение определяются степенью и стадией развития каждой конкретной излучины, что не позволяет механически переносить минимальные отметки в плесах от излучины к излучине без учета степени развитости каждой излучины.

—наличие прогноза плановых русловых деформаций на малых реках. В соответствии с ведомственными нормативными документами АК «Транснефть» переходы трубопроводов через реки шириной менее 30 метров в межень считаются переходами через малые реки, при проектировании которых достаточно определить максимальную глубину размыва речного русла на проектируемый срок эксплуатации трубопровода. При этом прогнозирования плановых деформаций и определения планового положения точки максимального размыва данные документы не требуют. В результате, как правило, профиль прокладки тру-

бопроводов через малые реки, предусматриваемый проектом, не учитывает типа руслового процесса и возможные плановые деформации их русел (рисунок Ж.1). Оголения трубопроводов, которые могут произойти в пределах переходов через малые реки в процессе их эксплуатации, не всегда приводят к разрыву трубопроводов в случаях незначительных длин оголенных участков. Однако защитные мероприятия на оголенных участках (отсыпки гравийно-галечной смесью, защита оголенных участков мешками с цементо-песчаной смесью и иные способы прикрытия трубопроводов) могут перевести подводный переход трубопроводов через данную малую реку из пассивного инженерного сооружения в активное инженерное сооружение II категории с соответствующими негативными последствиями для гидроморфологического и экологического состояния малой реки.

— полноту исходной гидрологической и топографической информации и материалов, использованных при определении типа руслового процесса и прогноза русловых деформаций на участках переходов, а именно: топографических карт крупных масштабов и аэрофотоснимков за прежние годы, современных данных по геологическому строению долин и пойм пересекаемых рек, режимных гидрологических данных за последние 20 лет, современных русловых съемок участков переходов и полноценных данных о гранулометрическом составе толщи руслоформирующих наносов в речном русле в соответствии с требованиям ВСН 163 и настоящего документа.

— предусмотренные проектом методы крепления берегов рек в створах переходов. Как правило, проекты подводных переходов трубопроводов через реки любого масштаба предусматривают обязательное крепление берегов рек в пределах технического коридора трассы без учета типа руслового процесса на участке и причин, определяющих возможные деформации берегов рек в створах переходов. В тех случаях, когда деформации берегов обусловлены гидравлическим взаимодействием грунтовых вод в разрыхленной траншее трубопровода и поверхностных вод в речном русле, такой метод крепления разрыхленных в пределах технического коридора берегов себя оправдывает. А в тех случаях, когда деформации берегов обуславливаются русловыми процессами, крепление берегов



Рисунок Ж.1 — Результаты строительства подводного перехода трубопровода через малую реку без учета ее плановых деформаций



Рисунок Ж.2 — Строительство бревенчатого перехода временной технологической дороги через малую реку



Рисунок Ж.3 — Строительство перехода временной технологической дороги с использованием обрезков труб

должно обязательно учитывать тип руслового процесса и выполняться с учетом рекомендаций, изложенных в настоящем документе. В противном случае, берегоукрепительные мероприятия могут инициировать локальные деформации речного русла непосредственно в створе перехода, превышающие по своим масштабам деформации, обусловленные естественными процессами руслоформирования.

— наличие проекта строительства временной технологической дороги и ее переходов через малые реки с расчетом пропускной способности водопропускных пролетов под дорожной насыпью. Решение о способе перехода технологиче-

ской дороги через малые реки , как правило, принимают сами строители ввиду отсутсвия в проекте необходимых расчетов и рекомендаций. В результате переходы временной технологической дороги часто сооружаются наспех из подручных средств и материалов, котороми оказываются либо остатки срубленных деревьев, либо обрезки прокладываемой трубы (рисунки Ж.2, Ж.3).

При этом водопропускная способность подобных переходов оказывается недостаточной даже для пропуска даже меженных вод, вызывая подтопление территории, локальные размывы русла и поймы, с заиление русел рек на нижерасположенных участках, не только в паводочный период, но и в меженный. В этих случаях подводный переход трубопровода через малую реку в комбинации с насыпью технологической дороги из пассивного инженерного сооружения, превращается в активное сооружение II категории с соответствующими негативными последствиями для гидро-морфологического состояния реки.

# Библиография

[1] Водный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 03.06.2006 № 73-ФЗ.

[2] Постановление Правительства РФ от 10.04.2007 № 219 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов».

[3] Кондртьев Н.Е., Попов И.В., Снищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. — Л.: Гидрометеоиздат, 1982.

[4] Методические указания по расчету устойчивых аллювиальных русел горных рек при проектировании гидротехнических сооружений — М., «Колос», 1972. — 63 с.

[5] Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2. Гидрометеорологические наблюдения на постах. — Л.: Гидрометеоиздат, 1975.

[6] Строительство подводных переходов газопроводов способом направленного бурения. Ведомственные нормы РАО Газпром. М., 1998.

[7] Гончаров В.Н. Движение наносов. — М. — Л.: ОНТИ, 1938. — 312 с.

[8] Шамов Г.И. Речные наносы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1959. — 378 с.

[9] Ромашин В.В. Морфодинамика речных русел Сочинского района Черноморского побережья Кавказа — М., Труды ЦНИИС, 2002, вып. 211. — 167 с.

[10] Абальянц С.Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. — 239 с.

[11] Методы и порядок производства экологического контроля за строительством и экологических наблюдений на участках действующих подводных переходов магистральных газопроводов. Пособие к РД 51-2-95.

[12] Регламент технической эксплуатации подводных переходов магистральных нефтепроводов. АК Транснефть, 2001.

[13] Постановление Правительства Российской Федерации от 21.08.2000 № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» (в ред. Постановления Правительства РФ от 15.04.2002 №240).

[14] Постановления Правительства Российской Федерации от 15.04.2002 № 240 «О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации».

[15] Приказ МЧС России от 28.12.2004 №621 «Об утверждении правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации».

[16] Постановление Правительства РФ от 05.03.2007 №145 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий».

[17] Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 №191-ФЗ.

[18] Приказ Федерального агенства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству от 22.10.2007 № 323 «Об аттестации государственных экспертов».

**Ключевые слова:** водный объект, речная долина, русловой процесс, пойма, наносы, деформация русел, излучина русла, межень, паводок, транспорт наносов, речная долина, шероховатость, меандрирование, подводный переход, заносимость траншей, инженерные сооружения, экспертиза, мониторинг, экологический паспорт, природопользователь, аварийные разливы нефти, трубопровод.

# Лист регистрации изменений

| Номер изменения | Номер страницы | | | | Номер документа (ОРН) | Подпись | Дата | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | измененной | замененной | новой | аннулированной | | | внесения изменений | введения изменений |
| | | | | | | | | |

Стандарт организации

**Учет руслового процесса**
**на участках подводных переходов трубопроводов через реки**

Компьютерная верстка *Л.А. Философова*

Подписано в печать13.10.2009. Формат 70x100 1/16
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл.-печ. л. 11,5. Тираж 500. Заказ №

Издательство «Нестор-История»
197110, СПб., Петрозаводская ул., д. 7
тел.: (812)235-15-86
e-mail: nestor_gost.e-ecolog.ru

Отпечатано в типографии «Нестор-История»
198095, СПб., ул. Розенштейна, д. 21
тел.: (812)622-01-23

gost.e-ecolog.ru