МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды (Росгидромет)

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТО ФГБУ «ГГИ»
52.08.31- 2012

Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров



Санкт-Петербург

2012

gost.e-ecolog.ru

УДК 556.537

Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров. - СПБ.: Изд-во «Глобус», 2012. - 140 с.

ISBN 978-5-4391-0023-7

Настоящий стандарт «Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров» разработан впервые с целью установления строительных норм при проектировании русловых карьеров. При подготовке настоящего документа использованы результаты НИР, выполненных в отделе русловых процессов ФГБУ «ГГИ» в период 1970-2010 гг. по разным аспектам учета руслового процесса при проектировании и эксплуатации русловых и пойменных карьеров по добыче НСМ. Кроме того использован опыт написания нормативного документа «Рекомендации по прогнозу деформаций речных русел на участках размещения карьеров в нижних бьефах гидроузлов». – Л.: Гидрометеоиздат, 1988, 128 с.

Стандарт предназначен для использования изыскательскими, научно-исследовательскими, проектными, строительными и природоохранными организациями и учреждениями различных форм собственности, занятыми проектированием и эксплуатацией карьеров по добыче ПГС, а также может быть полезен для органов государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

Стандарт организации «Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров» рассмотрен и одобрен Методической Комиссией ФГБУ «ГГИ» 01 ноября 2011 г. Протокол № 1.

© Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный гидрологический институт» (ФГБУ «ГГИ») 2012

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Государственный гидрологический институт» (ФГБУ «ГГИ») Росгидромета при участии Федерального государственного образовательного учреждения «Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций» (ФГОУ ВПО «СПГУВК»), Федерального государственного научного учреждения «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства» (ФГНУ «ГосНИОРХ»)

2 РАЗРАБОТЧИКИ З.Д. Копалиани, канд. техн. наук (руководитель темы); В.М. Католиков, канд. техн. наук (руководитель темы); Г.Г. Месерлянс, канд. техн. наук; Б.Г. Скакальский, доктор геогр. наук, проф.; А.А. Костюченко, ведущий инженер; Г.Л. Гладков, доктор техн. наук, профессор (ФГОУ ВПО «СПГУВК»); О.Н. Суслопарова, канд. биол. наук (ФГНУ («ГосНИОРХ»)

3 ОДОБРЕН на заседании Рабочей группы «Ресурсы вод и регулирование водохозяйственной деятельности» Федерального агентства водных ресурсов (протокол от 07.12.2010); на итоговой сессии Ученого Совета ФГБУ «ГГИ» (протокол от 16.03.2011 г.); на заседании Методической Комиссии ФГБУ «ГГИ» от 01.11.2011 г.

4 УТВЕРЖДЕН директором ФГБУ «ГГИ» В.Ю. Георгиевским 29.12.2011

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения, сокращения и обозначения 2
4 Общие положения 5
5 Обязательные стадии проектирования карьера НСМ и оценки воздействия на водную экосистему 7
6 Классификация речных карьеров и оценка характеристик их взаимодействия с потоком и руслом 12
7 Воздействие карьеров на водные экосистемы при разработке НСМ 24
7.1 Оценка качество воды и загрязненности донных отложений при добыче НСМ 24
7.2 Оценка изменения мутности воды при добыче НСМ 28
7.3 Оценка воздействия добычи НСМ на биоресурсы водных объектов 30
8 Критерии и параметры оценки воздействия на водные объекты карьеров при добыче НСМ 36
9 Состав исходных данных для организации добычи НСМ 41
10 Определение типа руслового процесса, оценка плановых деформаций и характеристик транспорта наносов на участках добычи НСМ 46
10.1 Типы руслового процесса и оценка плановых деформаций русел и пойм 46
10.2 Расчёты подвижности руслового аллювиального материала, характеристик русловых микроформ и расхода донных наносов 48
10.3 Расчёты скорости смещения верхней кромки карьера и времени его заполнения 58
10.4 Расчёты скорости перемещения мезоформ речного русла 60
10.5 Расчёты параметров зон распространения дополнительной мутности в водных объектах 61
10.5.1 Общие положения 61
10.5.2 Расчет распространения мутности в больших водотоках 61
10.5.3 Расчет распространения мутности в малых водотоках (метод ГГИ) 67
10.5.4 Расчет распространения мутности в водоемах 69
10.5.5 Оценка воздействия речных карьеров на уровенный режим водных объектов и русловые деформации с помощью математических моделей 71
11 Рекомендации по размещению карьеров НСМ на водных объектах 75
11.1 Особенности морфодинамических процессов и добычи НСМ из водохранилищ, зон переменного подпора от водохранилищ и нижних бьефов ГЭС 75

11.2 Добыча НСМ из устьев рек и их притоков 77
11.3 Особенности добычи НСМ из русел рек горно-предгорной зоны 78
11.4 Рекомендации по размещению карьеров НСМ на равнинных реках при разных типах руслового процесса 80
11.5 Рекомендации, обеспечивающие сохранение условий обитания и воспроизводства водных биоресурсов 82
12 Качественные и количественные методы оценки воздействия на водные объекты при разработке карьеров для добычи НСМ 84
13 Локальный мониторинг состояния дна и берегов водных объектов на участках добычи НСМ 92
Приложение А (справочное) Карта средней мутности воды рек Российской Федерации 98
Приложение Б (справочное) Карта содержания мелких фракций (<0,05 мм) во взвешенных наносах рек Российской Федерации 99
Приложение В (справочное) Типизация руслового процесса 100
Приложение Г (обязательное) Построение планов течений на участке реки с плавно изменяющимся движением воды по методу плоских сечений 106
Приложение Д (обязательное) Номограммы для расчета скорости смещения верхней кромки карьера и времени его заполнения 109
Приложение Е (рекомендуемое) Примеры расчета скорости смещения верхней кромки карьера и времени его заполнения на участках равнинных рек и рек горно-предгорной зоны 113
Приложение Ж (рекомендуемое) Пример определения концентраций взвесей при разработке карьера 119
Приложение И (рекомендуемое) Пример использования математического моделирования при проектировании карьеров НСМ в нижнем бъефе ГЭС 125
Библиография 129

Введение

Настоящий стандарт разработан для усовершенствования и внедрения в практику методов оценки допустимого воздействия на водные объекты и их экосистему при организации разведки и добычи нерудных строительных материалов (далее - НСМ) из русловых карьеров, а также содержит рекомендации по проектированию и размещению русловых карьеров для целей добычи НСМ.

Методы, предложенные в документе, ориентированы на учет морфологических особенностей, гидрологических и гидравлических характеристик водного объекта, а также характера его хозяйственного использования, что позволяет рассчитать изменения кривых свободной поверхности, уклонов и скоростной структуры потока, характеристик транспорта наносов и русловых деформаций на участке воздействия карьера на русло и русловой поток, размеры, темпы и время полного занесения карьера наносами.

Рекомендации по проектированию и размещению русловых карьеров для добычи НСМ разработаны применительно к участкам русел как равнинных рек, так и рек в горно-предгорной зоне, их устьев и притоков, в условиях водохранилищ, зон переменного подпора от водохранилищ и нижних бьефов ГЭС.

Внедрение предлагаемых методов и рекомендаций в практику позволит оптимизировать деятельность по разведке и добыче НСМ из русловых карьеров с точки зрения рационального природопользования.

При подготовке настоящего документа учтен многолетний опыт научной и производственной деятельности различных учреждений России, в том числе ФГБУ «ГГИ», ФГОУ ВПО «СПГУВК», МГУ им. М.В. Ломоносова, ЗАО «Проектно-изыскательский институт «Ленгипроречтранс» и др., а также использована обширная информация о современном состоянии добычи НСМ во многих регионах России (водные объекты, на которых производится добыча НСМ, объемы, места, темпы добычи, габариты карьеров), предоставленная пятнадцатью БВУ Федерального агентства РФ по водным ресурсам.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт содержит методы оценки допустимого воздействия на водные объекты и их экосистему при организации разведки и добычи НСМ из русловых карьеров водных объектов, а также рекомендации по проектированию и рациональному размещению русловых карьеров с учетом руслового процесса.

1.2 Предложенные методы учитывают специфику водного объекта, его гидрологические и гидравлические параметры, морфологические особенности и характер хозяйственного использования, что позволяет оптимизировать выбор места карьера и удовлетворить установленным нормативам допустимого воздействия на водные объекты для реализации технически приемлемого, экономически выгодного и экологически ответственного проектного решения при организации разведки и добычи НСМ.

1.3 Стандарт предназначен для использования изыскательскими, научно-исследовательскими, проектными, строительными, природоохранными организациями и учреждениями различных форм собственности, занятыми добычей НСМ. Настоящий стандарт также может быть полезен для органов исполнительной власти, осуществляющих государственный контроль и надзор за использованием и охраной водных объектов Российской Федерации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

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

ГОСТ Р ИСО 14001-2007 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению

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

ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения

ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения

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 52.24.609-99 Методические указания. Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях

СТО ГУ ГГИ 08.29-2009 Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки

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

3 Термины и определения, сокращения и обозначения

3.1 В настоящем стандарте использованы следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **аллохтонные отложения:** Донные отложения водного объекта, сформировавшиеся из материалов, поступивших с водосборной площади.

3.1.2 **бентос:** Совокупность организмов, обитающих в донных отложениях водных объектов.

3.1.3 **биопродуктивность водного объекта:** Свойство водного объекта поддерживать определенный уровень продукции водных биологических ресурсов при данном составе биоценозов и данных методах его эксплуатации.

3.1.4 **биоценоз:** Исторически сложившееся сообщество растительных и животных организмов, обеспечивающее круговорот веществ и способное к саморегуляции.

3.1.5 **водные биоресурсы:** Рыбы, водные беспозвоночные, водные млекопитающие, водоросли, другие водные животные и растения, находящиеся в состоянии естественной свободы.

3.1.6 **вторичное загрязнение:** Загрязнение вод в результате превращения внесенных ранее загрязняющих веществ, массового развития организмов или разложения мертвой биологической массы.

3.1.7 **гидравлически допустимые судоходные глубины:** Наибольшие судоходные глубины, обеспечение которых (на плесе) возможно без заметного снижения отметок свободной водной поверхности при проектном уровне путевых работ.

3.1.8 **зоопланктон:** Часть планктона, представленная животными.

3.1.9 **макроформы:** Крупные, речные морфологические образования (речные излучины, многорукавные русла), охватывающие русло и пойму, определяющие русловой процесс реки в целом, ее морфологический тип.

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

3.1.11 **микроформы:** Мелкие, малоинерционные, массовые песчаные образования (рифели, гряды) на дне рек соизмеримые с глубиной потока, определяющие шероховатость русла, отметки дна, выражающие расход донных наносов.

3.1.12 **мутность технологическая:** Дополнительная мутность, формирующаяся при разработке карьера НСМ.

3.1.13 **нанесы:** Твердые частицы, образованные в результате эрозии водосборов и русел, а также абразии берегов водоемов, переносимые водотоками, течениями в озерах, морях и водохранилищах, и формирующие их ложе (ГОСТ 19179).

3.1.14 **нерестилище:** Участок водного объекта с комплексом абиотических и биотических условий, благоприятных для размножения водных биологических ресурсов в определенный период года.

3.1.15 **планктон:** Сообщество организмов, состоящее из растений и животных, взвешенных в толще воды и дрейфующих с ее потоками.

3.1.16 **пойма:** Часть дна речной долины, затопляемая при подъемах уровня воды в реке сформированная в ходе плановых деформаций русла.

3.1.17 **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).

3.1.18 **реки малые:** Реки, имеющие площадь водосбора не более 2 тыс. км^2.

3.1.19 **реки средние:** Реки, имеющие площадь водосбора в пределах от 2 до 50 тыс. км^2.

3.1.20 **речной карьер:** Искусственная выемка в русле или на пойме реки, создаваемая землеройной техникой с целью добычи речного аллювия как строительного материала.

3.1.21 **русловой процесс:** Постоянно происходящие изменения морфологического строения русла водотока и поймы, обусловленные действием текущей воды (ГОСТ 19179).

3.1.22 **самоочищение воды:** Совокупность природных процессов, направленных на восстановление экологического благополучия водных объектов.

3.1.23 **тип руслового процесса:** Определенная схема деформации русла и поймы реки, возникающая в результате определенного сочетания особенностей водного режима, стока наносов, ограничивающих деформацию условий и отражающая форму транспорта наносов (ГОСТ 19179).

3.2 В стандарте применены следующие сокращения и их обозначения:

Росгидромет: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

БВУ: бассейновое водное управление

ГСН: Государственная служба наблюдений за состоянием окружающей среды.

НСМ: нерудные строительные материалы.

ДО: донные отложения.

ПДК: предельно допустимая концентрация (загрязняющего вещества в водном объекте).

НДВ: нормативы допустимого воздействия.

4 Общие положения

4.1 Добыча речного аллювия в качестве нерудного строительного материала (НСМ) из водных объектов для промышленных целей в больших объемах и в течение длительного времени является одним из наиболее значительных видов негативного антропогенного воздействия на водные объекты и экосистемы, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние.

4.2 Устройство карьеров на водных объектах приводит к изменениям гидрологического, руслового, гидравлического и гидрогеологического режимов на участке расположения карьера и на значительном расстоянии вверх и вниз от него, а также на устьевых участках притоков водного объекта. К возможным негативным процессам при устройстве карьеров на водных объектах относятся:

- понижение уровней воды;
- увеличение уклонов водной поверхности;
- рост скоростей течения потока, нарушение баланса наносов и снижение отметок дна;
- активизация русловых процессов;
- снижение положения депрессионных кривых в толще склоновых и пойменных террас;
- активизация оползневых явлений.

4.3 Следствием негативного влияния добычи НСМ из водных объектов для промышленных целей в больших объемах и в течение длительного времени является:

- разрушение или снижение устойчивости инженерных сооружений в русле, на пойме и склонах долин в зоне влияния карьера;
- ухудшение судоходных условий, (уменьшение судоходных глубин, увеличение объема дноуглубительных работ, обмеление акватории речных портов, затруднения при эксплуатации судопропускных и причальных сооружений);
- повышение мутности воды и загрязнение водной среды во время работы плавсредств и землечерпательной техники;
- обсыхание корневой системы на пойме;
- разрушение рыбных нерестилищ и ям зимования;
- понижение дебитов скважин колодцев и уровней воды в них.

4.4 Для принятия решения о добыче НСМ из водного объекта необходимо рассмотреть альтернативные варианты объемов и продолжительности добычи,

местоположения и габаритов карьера (карьеров), темпов и технологии добычи НСМ в соответствии с естественным гидрологическим, гидравлическим и русловым режимами реки, морфологическим строением русла и поймы и схемой русловых переформирований (типом руслового процесса), режимом стока наносов, с точки зрения влияния карьера (карьеров) на окружающую среду и экологические условия, инженерную инфраструктуру и условия судоходства (ГОСТ 17.1.3.13).

4.5 Оптимальным решением является возможное сочетание максимальных объемов добычи НСМ с реализацией следующих природоохранных мероприятий:

- сохранение общей устойчивости русловых процессов (сохранение типа руслового процесса, морфологического строения русла и поймы и схемы русловых переформирований, устойчивости береговых откосов);

- сохранение или восстановление баланса и режима стока наносов и обратимого характера русловых деформаций;

- сохранение судоходного фарватера с необходимыми глубинами для расчетных условий водности;

- недопущение просадки уровней воды ниже расчетной обеспеченности для действующих водозаборов, находящихся в зоне влияния карьера;

- недопущение русловых переформирований в зоне влияния карьера, опасных для эксплуатации мостовых переходов, подводных переходов трубопроводов, подводных линий связи;

- сохранение естественных экологических условий, режима миграции, мест нереста, нагула, зимовки рыб и других водных биологических ресурсов.

4.6 Разработка настоящего стандарта осуществлялась в соответствии с Водным кодексом Российской Федерации [1] и с учетом требований, изложенных в нормативных документах: «Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты» и «Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей», утвержденных приказами МПР России от 12.12.2007 № 328 [2] и от 17.12.2007 № 333 [3], соответственно.

5 Обязательные стадии проектирования карьера НСМ и оценки его воздействия на водную экосистему

5.1 В соответствии с СТО ГУ ГГИ 08.29-2009 малые карьеры на водных объектах относятся к пассивным гидротехническим сооружениям, и незначительно влияют на русловой процесс. Большие карьеры и большое число малых карьеров на отдельных участках водного объекта, общий объем которых значительно превосходит объем естественного годового стока наносов, являются активными гидротехническими сооружениями I и II категорий и оказывают существенное влияние на русловой процесс водного объекта.

5.2 Согласно действующим нормативным документам, регламентирующим добычу НСМ из водных объектов, разработке проекта карьеров добычи НСМ должны предшествовать геологоразведочные работы, которые выполняются в несколько стадий и завершаются утверждением запасов полезных ископаемых (запасов НСМ).

На судоходных водных объектах (водотоках и водоемах), геологоразведочные работы и добыча НСМ должны производиться за пределами судового хода, нерестилищ рыб и зимовальных ям, санитарных и охранных зон, участков расположения водозаборов, мостовых переходов, фундаментов ЛЭП, подводных переходов трубопроводов, подводных дюкеров и линий связи.

На первом этапе этих работ («Поисковые работы»), должны быть выполнены изыскания по выявлению запасов месторождений НСМ по фондовым материалам, предварительное бурение и отбор проб грунтов для определения их гранулометрического, минералогического и химического составов.

5.3 Материалы изысканий первого этапа работ служат исходной базой для начала следующего этапа геологоразведочных работ – этапа «Оценочные работы». Основной целью работ данного этапа является окончательное выявление запасов НСМ на месторождении, определение и утверждение контуров и границ месторождения, разработка ТЭО проекта освоения месторождения и утверждение их запасов в соответствующих инстанциях.

5.4 На этом этапе работ проводятся полномасштабные инженерно-геологические, топографические и инженерно-гидрометеорологические изыскания.

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 на русловой режим в соответствии с СНиП 33-01, СП 11-102 и СП 11-103.

Инженерно-геологические изыскания проводятся по специальным индивидуальным программам, состав которых определяется геологическим строением долин, пойм и русел водных объектов, классом и категорией грунтов и месторождений, масштабами водных объектов и особенностями их гидрологического режима.

Согласно требованиям СП 11-103, Инструкции [4] и Методическими рекомендациями [5] в ходе инженерно-гидрометеорологических изысканий гравийно-песчаных месторождений для русловых месторождений должен быть выполнен цикл гидрологических исследований, включающих в себя:

- съемку участка реки или водохранилища в изобатах или горизонталях от проектного уровня или нормального подпорного горизонта (НПГ) водохранилища по опорному водомерному посту в масштабе 1:2000 – 1:10 000;

- наблюдения за уровнями воды;

- наблюдения за уклонами водной поверхности;

- измерение расходов воды, определение зависимости между расходом и уровнем $Q=f(H)$;

- измерение скоростей и направлений течений;

- изучение руслового процесса;

- изучение ветрового и волнового режимов;

- изучение температурного режима;

- изучение ледового режима.

По материалам инженерно-гидрометеорологических изысканий составляется гидрологическая записка, характеризующая гидрологический и русловой режимы водных объектов, режим транспорта донных и взвешенных наносов, закономерности и особенности русловых процессов на участке предполагаемого размещения карьера.

Определение расчетных значений основных гидрологических характеристик режима рек следует выполнять согласно требованиям СП 33-101 и др. нормативных и/или методических документов.

На основе материалов, характеризующих использование природных ресурсов, должен быть составлен экологический паспорт природопользователя (ГОСТ Р 17.0.0.06).

5.5 В результате топографо-геодезических работ должен быть составлен план участка в масштабе 1:2000–1:5000 с изображением рельефа надводной и подводной части русла с нанесением местоположения скважин, шурфов и других выработок,

всех подводных и береговых сооружений, плавучей и береговой судоходной обстановки, бровок коренного берега и т.д.

В обязательном порядке должны проводиться промеры глубин по створам или поперечникам через 40–100 м в зависимости от ширины реки. Сечение рельефа дается через 1,0-0,5 м. Горизонты воды определяются по водомерному посту, который устанавливается на время производства работ, или берутся в организациях Росгидромета по ближайшему опорному гидрологическому посту с последующей интерполяцией высотных отметок. Топографические планы и карты песчано-гравийных месторождений составляются в масштабах 1:1000 и 1:2000.

5.6 На данном этапе проведения геологоразведочных работ разрабатывается технологическая схема освоения месторождения с учетом требований и ограничений, обеспечивающих минимальное воздействие разработки месторождения на гидролого-морфологическое и экологическое состояние водного объекта, и производится оценка этого воздействия, в том числе и с учетом требований и рекомендаций настоящего документа.

5.7 Следующим этапом проектирования карьера НСМ является разработка проекта освоения месторождения, полностью основанная на материалах и документах предыдущего этапа геологоразведочных работ.

В случае длительного срока между временем утверждения запасов НСМ и периодом разработки проекта освоения месторождения проводится доразведка, включающая в себя и уточнение русловой топографической съемки месторождения. Именно на данном этапе работ детально прорабатывается технология освоения месторождения, осуществляется выбор землеройной техники с учетом допустимого объема и способа извлечения НСМ со дна водного объекта.

5.8 Оценка допустимого воздействия на русловой режим при различных схемах добычи НСМ для каждого водного объекта производится индивидуально на основе топографических материалов и данных натурных исследований с помощью методов, рекомендуемых в настоящем стандарте для определения плановых и высотных деформаций речного русла, местоположения зон и параметров размыва дна, а также для расчета характеристик транспорта наносов и продолжительности занесения карьеров разных размеров наносами и для построения кривой свободной поверхности во всей зоне влияния карьера.

5.9 При проектировании карьеров на участках русел с различными типами руслового процесса, в водохранилищах, в зоне переменного подпора от водохранилищ, в нижних бьефах ГЭС и на участках рек горно-предгорной зоны

выбор местоположения карьеров и обоснование объема и технологии добычи НСМ в масштабах, не наносящих вреда окружающей среде, производится с учетом природной специфики этих участков в соответствии с разделами настоящего документа. В наиболее сложных случаях (нижние бьефы ГЭС, участки рек горно-предгорной зоны) для оценки возможного воздействия карьера на водные объекты необходимо предусматривать проведение лабораторных исследований и гидравлического моделирования.

5.10 При одновременном влиянии на водные объекты и окружающую среду разработки русловых карьеров и дноуглубительных работ на судоходных реках, подробные гидравлические расчеты и математическое моделирование различных схем освоения карьеров, включая методы проектирования природоохранных сооружений, их конструкций и габаритов, выполняются в соответствии с требованиями нормативно-технических документов, методик и рекомендаций [6, 7, 8, 9, 10, 11], разработанных и рекомендуемых в судоходной практике при проектировании речных карьеров.

5.11 Для минимизации негативного воздействия карьеров на биологическое состояние и рыбные ресурсы водного объекта на всех этапах разработки проекта освоения месторождения, начиная с разработки ТЭО проекта освоения месторождения и утверждения их запасов, производится согласование мест расположения карьерной разработки в водном объекте и его габаритов (длины, ширины и глубины), сезон, технические средства и технологии производства добычи НСМ на разведанном и утвержденном месторождении согласовываются с региональными рыбохозяйственными организациями при разработке заключительного этапа проекта освоения месторождения. На этом же этапе осуществляется расчет параметров зон распространения технологической мутности при разработке карьера по методам, приведенным в настоящем стандарте, и разрабатываются инженерные мероприятия по их минимизации.

5.12 Загрязнение донных отложений может служить существенным ограничением (вплоть до запрета) разработки месторождения НСМ в водных объектах. В связи с этим при разработке ТЭО проекта должны быть отобраны пробы донных отложений для анализа степени их загрязнения по всей площади месторождения и на предполагаемую глубину его разработки.

5.13 Морские пляжи представляют собой зону динамического равновесия, которая формируется в результате длительного взаимодействия режима выноса реками в море речного аллювия и режима их вдольберегового перемещения под действием энергии морских волн и течений. В результате осуществления добычи НСМ в реках с изменением

режима стока наносов динамическая устойчивость морфологического строения морских пляжей и естественный режим их переформирований нарушаются. Переформирования морфологического строения пляжей становятся неестественными и трудно предсказуемыми. Воздействие карьеров на устойчивость морских пляжей должно быть в обязательном порядке оценено и учтено уже на этапе выполнения оценочных геологоразведочных работ при определении мест расположения, объемов и контуров карьеров НСМ в водотоках, питающих морские пляжи наносами. Предпочтение должно отдаваться карьерам, не нарушающим естественный режим транзитного стока донных пляжеобразующих наносов на морское побережье.

5.14 Обязательным условием эксплуатации речных карьеров является ведение мониторинга состояния водных объектов, т. е. выполнение регулярных наблюдений за состоянием водных объектов (их морфометрических особенностей) и качеством воды с целью своевременного выявления и прогнозирования развития негативных процессов.

Согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 14001 мониторинг за изменениями ключевых характеристик осуществляемых операций, которые могут оказывать значимое воздействие на окружающую среду, должен быть основан на документировании процедуры регулярного слежения за состоянием окружающей среды, измерением необходимых характеристик и параметров.

Мониторинг проводится по специальной программе для каждого конкретного участка водного объекта, на котором эксплуатируется карьер.

6 Классификация речных карьеров и оценка характеристик их взаимодействия с потоком и руслом

6.1 Речной карьер представляет собой искусственную выемку в русле или на пойме реки, создаваемую землеройной техникой с целью добычи речного аллювия как строительного материала.

Речные карьеры, в зависимости от места их расположения в реке, подразделяются на русловые, прибрежные и пойменные.

По своим размерам и гидравлическим условиям взаимодействия с основным потоком русловые карьеры подразделяются на малые и большие.

В малых карьерах всю площадь продольного сечения карьерной выемки при ее взаимодействии с транзитным потоком занимает водоворот, возникающий за верхней кромкой карьера. В большом русловом карьере водоворотные области возникают за верховым откосом и перед низовым откосом карьерной выемки, а по дну карьера между водоворотами наблюдается транзитное течение (см. рисунок 6.1).

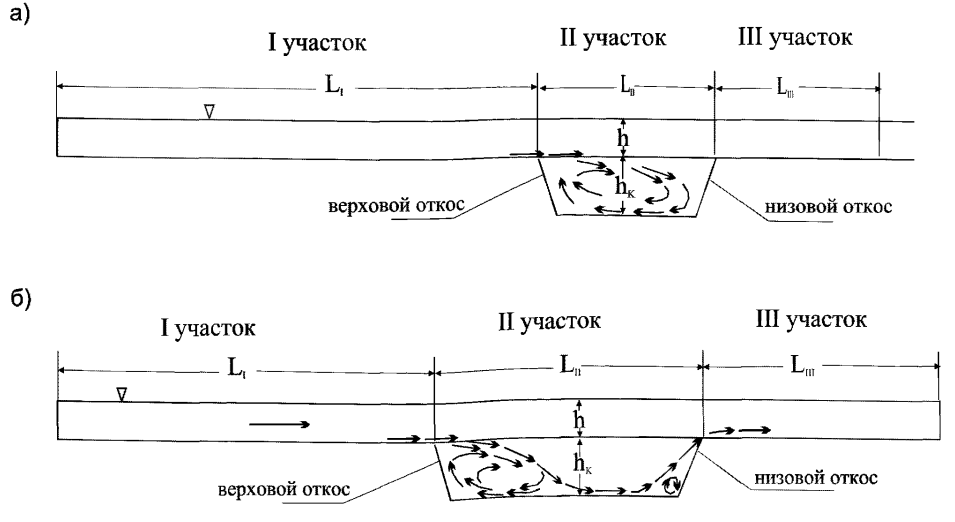


Рисунок 6.1 – Схемы малого (а) и большого (б) русловых карьеров

6.2 По характеру сопряжения основного потока с карьерной выемкой большие карьеры могут функционировать в затопленном или незатопленном режиме.

Критерием разделения больших карьеров на указанные группы может служить соотношение:

$$\Delta z = h\,, \qquad (6.1)$$

где $\Delta z = I \cdot L_K$ – максимально возможное снижение уровня воды в створе верхового откоса карьера, м, (I уклон водной поверхности, $L_к$ – длина карьера, м);

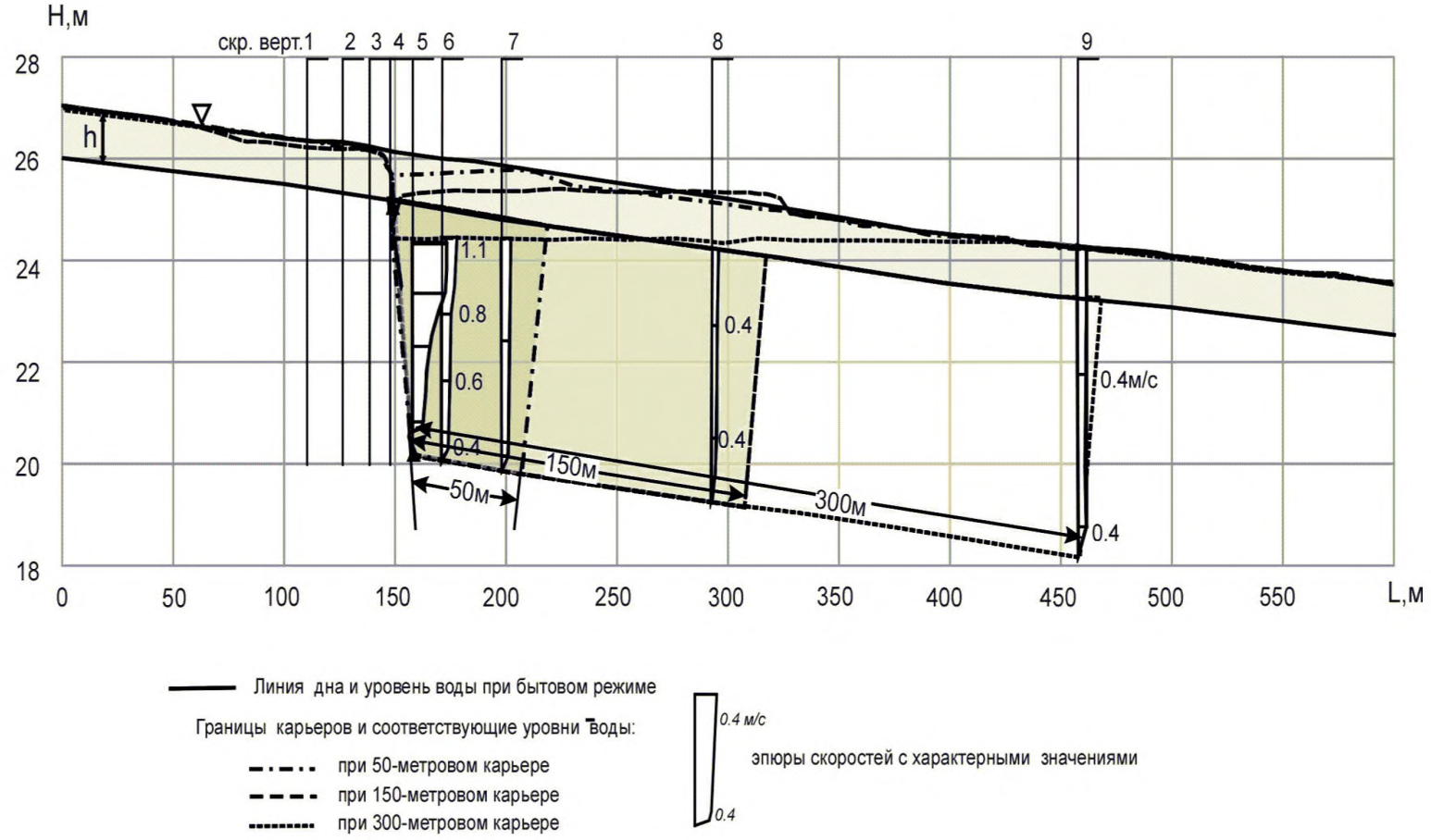
h – бытовая глубина потока выше карьера, м.

При $\Delta z \le h$ карьер будет функционировать в затопленном режиме, при $\Delta z \ge h$ - в незатопленном режиме.

Карьеры на равнинных реках, как правило, функционируют в затопленном режиме.

Характер сопряжения горного руслового потока в межень (глубиной 1,0 м и при значении числа Фруда $Fr = V/\sqrt{gH} = 0{,}60$) на подходе к карьеру (глубиной 5,0 м) при трех значениях длины карьера: 50; 150 и 300 м представлен на рисунке 6.2. На этом рисунке видно, что при длине карьера 50 м он функционирует в затопленном режиме, а при длине карьера 300 м – в незатопленном режиме. На рисунке 6.2 показаны также эпюры распределения скоростей течения и изменение уклонов в районе карьеров.

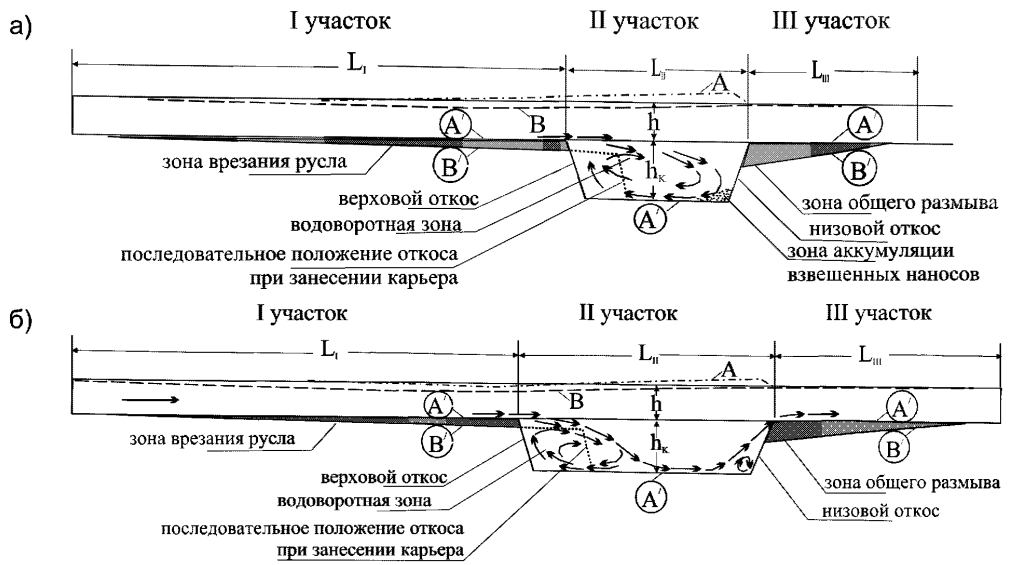
6.3 При устройстве в речном русле одиночного руслового карьера (малого или большого) взаимодействие потока и русла происходит по следующей схеме: в зоне карьера резкое увеличение глубины потока приводит к изменению гидравлических сопротивлений русла потоку, уровня и уклонов водной поверхности, скоростного поля потока, расхода донных и взвешенных наносов, форм транспорта наносов, крупности наносов, характера русловых деформаций выше и ниже карьера.



Гидравлические характеристики: Fr = 0,60; I = 0,0058; h = 1,0 м; h_k = 5,0 м; h/h_k = 0,20

Рисунок 6.2 – Пример продольного профиля водной поверхности и дна реки на участке карьерных разработок в русле горно-предгорной реки

Общая схема деформаций дна русла и изменения уровня воды в зоне влияния малого и большого карьеров представлена на рисунке 6.3.



Положение водной поверхности и дна русла:
A, A' – в момент устройства карьера; **B, B'** – при частичном занесении карьера наносами

Рисунок 6.3 – Общая схема деформаций дна русла и изменения уровня воды в зоне влияния малого (а) и большого (б) русловых карьеров

6.4 Зона влияния на поток и русло больших и малых карьеров подразделяется на три участка: I – выше карьера, II – в пределах карьера; III – ниже карьера.

В пределах каждого из участков параметры потока и русла изменяются по-разному. Длины I и III участков не равны друг другу и зависят от размеров карьера, его размещения на морфологическом участке, уклона реки, гранулометрического состава донных отложений. Длина верхнего участка превышает длину нижнего.

В начальный момент разработки малого карьера основные изменения в параметрах потока и русла связаны с повышением уровня свободной водной поверхности над карьером. Подъем уровня приводит к уменьшению продольного уклона водной поверхности на I участке, а также к снижению там скоростей и аккумуляции наносов перед карьером. Наоборот, в конце II и начале III участков уклоны и скорости потока резко увеличиваются, что приводит к размыву низового откоса и верхней части III участка.

По мере понижения дна на III участке (малый карьер) уровни водной поверхности на II и I участках снижаются, что вызывает на I участке интенсивный размыв дна вследствие увеличения здесь уклонов и скорости потока.

В начальный момент разработки большого карьера уровень воды непосредственно выше карьера (I участок) снижается на величину:

$$\Delta z = (I_б - I_к) L_к, \qquad (6.2)$$

где $I_б$ и $I_к$ - бытовой продольный и критический уклоны водной поверхности на участке карьера, соответственно; $L_к$ – длина карьера, м.

Существенное снижение уровня воды в рассматриваемом месте обусловлено значительной потерей энергии потока на участке резкого углубления русла и соответствующим ростом гидравлических сопротивлений.

В последующем, по мере понижения дна на III участке вследствие нарушения баланса наносов, уровни на I и II участках, как и при устройстве малого карьера, снижаются, что усиливает процесс размыва русла на верхнем участке. Характеристики транспорта наносов в большей степени меняются на II и III участках.

6.5 Процесс занесения малого и большого карьеров происходит следующим образом. Донные наносы, транспортируемые потоком, подходя к карьеру, сваливаются через его бровку на верховой откос. Наличие в карьере водоворота обеспечивает сохранение этого откоса в течение всего периода заполнения карьера наносами. По мере поступления сверху наносов верховой откос непрерывно смещается к низовому, что и обеспечивает заполнение карьера наносами.

Глубина карьера мало меняется в процессе его занесения, таким образом взвешенные наносы по длине карьера осаждаются в незначительном количестве. На рисунке 6.4 представлена конечная стадия занесения наносами большого карьера.



Рисунок 6.4 – Конечная стадия занесения наносами большого карьера

6.6 Расчет деформаций (размыва) русла ниже карьера рекомендуется выполнять следующим методом. В любом поперечном створе на III участке карьера

предельная глубина размыва русла $h_н$, м, определяется исходя из неразмывающей скорости потока без учета самоотмостки V_0, м/с:

$$V_0 = \frac{C}{\sqrt{g}} V_{*C}, \tag{6.3}$$

где C – коэффициент Шези, м^{0,5}/с^2;

V_{*C} – критическая динамическая скорость, м/с;

При условии $V_0 = q/h_н$ и с учетом (6.3) получаем

$$h_н = \frac{\sqrt{g}}{C} \frac{q}{V_{*C}}, \tag{6.4}$$

где q – элементарный расход воды, м^2/с.

Критическая динамическая скорость V_{*C} определяется исходя из графика начала движения наносов, представленного в работе [12] (рисунок 6.5)

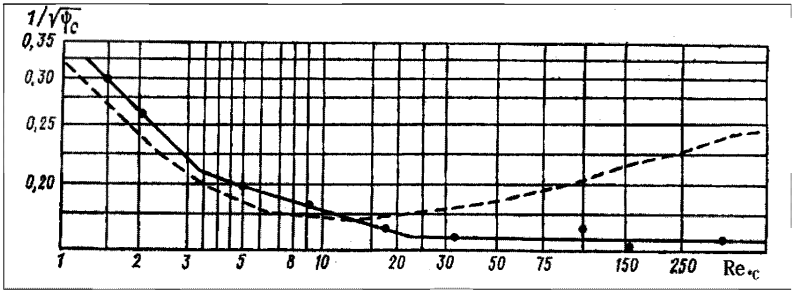


Рисунок 6.5 – График начала движения наносов

На графике (рисунок 6.5) представлена связь критического коэффициента устойчивости донных частиц $\Psi_C = (\rho_н \quad \rho)gd / \rho \cdot V_{*C}$ и критического числа Рейнольдса $Re_{*C} = V_{*C} \cdot d / \nu$. При квадратичном режиме сопротивления, если диаметр частиц d > 1,0 мм, $\Psi_C = 38,2$; при переходном режиме, когда 0,25 ≤ d ≤ 1,0 мм, $\Psi_C = 27,8$.

При образовании самоотмостки, в соответствии с работой [8], полная глубина размыва непосредственно ниже карьера определяется выражением

$$h_н = 1,2\sqrt{\frac{q}{0,65V_0'}}, \tag{6.5}$$

где V_0' - неразмывающая скорость материала, из которого образуется самоотмостка.

По данным работы [13] дно потока равномерно выстилается крупным материалом при его содержании в составе донных наносов более 20% по объему при соблюдении равенства

$$\overline{V}_в = (0{,}6 \div 0{,}7)V_0' \tag{6.6}$$

где $\overline{V}_0$ - средняя скорость потока на вертикали, м/с.

В случае, если V_0' неизвестна, то глубина размыва русла $h_н$ может определяться по формуле

$$h_н = \sqrt[1,2]{\frac{q}{2{,}0w}} \tag{6.7}$$

где w – гидравлическая крупность крупных частиц в составе влекомых наносов, м/с.

Длина участка размыва ниже карьера L , м, определяется с помощью выражения

$$W = \frac{1}{2}(h_н - h_0)L, \tag{6.8}$$

где $h_н$ и h_0 – глубины в начале и в конце зоны размыва, м, соответственно; W – объем смытого грунта ниже карьера, м^3, принимаемый равным объему грунта, вынутого из карьера, который определяется по формуле

$$W = \frac{1}{2}(l_1 + l_2)\cdot h_к, \tag{6.9}$$

где $h_к$ – толщина разрабатываемого грунта в карьере (глубина карьера), м; l_1 и l_2 – длины карьера по дну и по верху, м, соответственно.

Таким образом, исходя из выражений (6.8) и (6.9), длина зоны размыва дна ниже карьера L определяется по выражению

$$L = \frac{(l_1 + l_2)h_К}{h_н - h_0} \tag{6.10}$$

Выражение (6.10) не учитывает образование самоотмостки.

Снижение уровня воды Δz ниже карьера определяется по формуле

$$\Delta z = (I - I_н)\, L, \tag{6.11}$$

где I – уклон потока; а $I_н = V^3_0 /(C^2 \cdot q)$ – уклон потока, при котором скорость течения равна неразмывающей скорости.

6.7 На рисунках 6.6 и 6.7 представлены продольные профили водной поверхности, дна реки и эпюры скоростей потока на участках размещения карьеров различной длины для условий больших равнинных рек в периоды паводка (h = 6,8 м) и межени (h = 3,0 м), полученные экспериментальным путем при соблюдении

критериев динамического (число Фруда *Fr*) и геометрического (относительная глубина карьера $h/h_к$) подобия при взаимодействии руслового потока с речным карьером. На рисунках 6.6 и 6.7 показаны также эпюры распределения скоростей течения и изменение уклонов в районе карьеров.

Из рисунков видно, что как для условий паводка, так и для межени, водная поверхность в районе карьера при всех значениях его длины (50, 100, 250 и 392 м) меняется незначительно. Эпюры скоростей потока при этом испытывают значительную трансформацию. Однако, если принять условие согласно работам [14, 15], что вертикальная составляющая скорости потока в транзитной зоне над карьером составляет 0,08*V*, где *V* – значение продольной скорости потока, то для условий паводка вертикальная составляющая скорости составит 0,032, а для меженных условий - 0,024 м/с.

Сравнивая значения скоростей с гидравлической крупностью взвешенных частиц (таблица 10.1), получим, что все частицы мельче 0,3 мм (в паводок) и 0,25 мм (в межень) не будут осаждаться в карьере и не будут участвовать в его занесении.

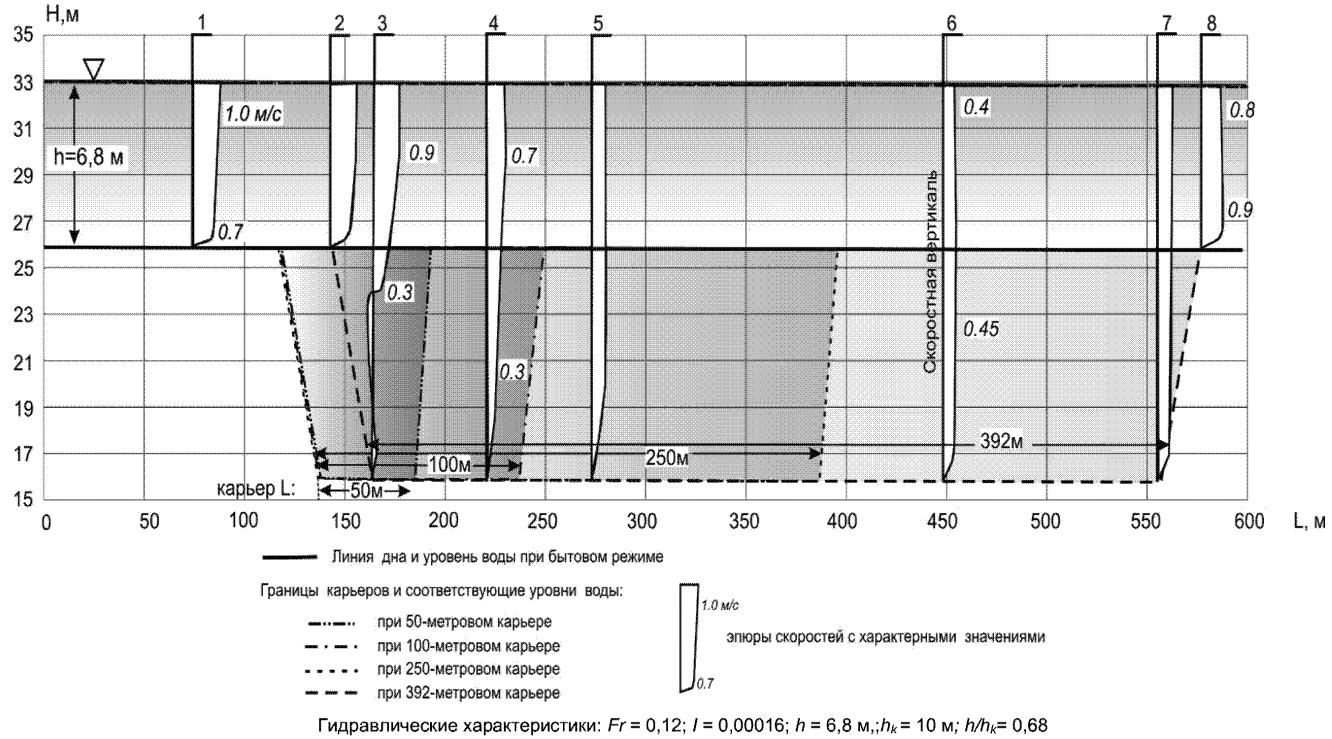
6.8 На рисунках 6.2 и 6.8 представлены продольные профили водной поверхности, дна реки и эпюры скоростей потока для условий рек горно-предгорной зоны при длинах карьера, 50, 150, 300 м, соответственно, полученные также экспериментальным путем при малом наполнении русла в межень (h = 1,0 м) и для условий паводка (h = 4,0 м) при глубине карьера 5,0 м.

Наиболее характерными для меженных и паводочных условий на реках горно-предгорной зоны являются значения чисел Фруда, равные 0,60 и 0,84, соответственно. На рисунках 6.2 и 6.8 видно, что уровни воды и эпюры скоростей потока на участках разной длины на реках горно-предгорной зоны испытывают существенные изменения. При этом, режим сопряжения транзитного потока с течением в карьере может реализовываться как в затопленном (рисунок 6.8), так и в незатопленном режиме (рисунок 6.2) в зависимости от длины карьера.

В условиях межени реки горно-предгорной зоны малоактивны с точки зрения руслоформирования и транспорта донных наносов, и в этот период они переносят незначительное количество взвешенных наносов.

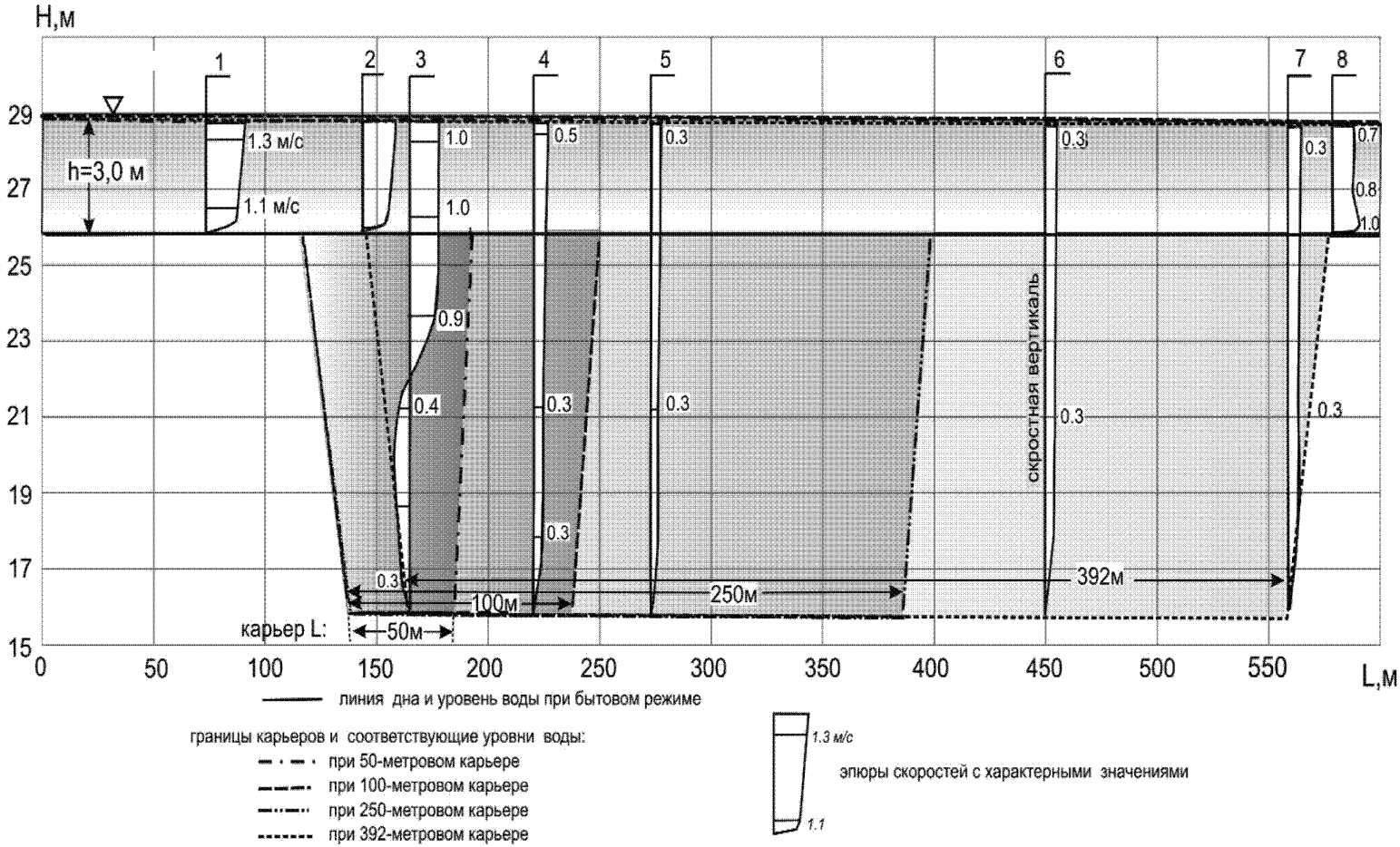
Согласно работе [15] в паводочных условиях, приняв отношение вертикальной составляющей скорости потока к продольной скорости в транзитной зоне над карьером, равным 0,1; из эпюр 8 и 9 (рисунок 6.8) получаем значения вертикальной составляющей, равными 0,25 и 0,26 м/с, соответственно. Сравнивая эти значения с гидравлической крупностью частиц (таблица 10.1) получаем, что в данном примере,

в паводочных условиях на реках горно-предгорной зоны взвешенные частицы крупностью менее 3,5 мм будут проноситься транзитом над карьером, не участвуя в его заполнении.



Гидравлические характеристики: Fr = 0,12; I = 0,00016; h = 6,8 м,; h_k = 10 м; h/h_k= 0,68

Рисунок 6.6 – Пример продольного профиля водной поверхности и дна реки на участке карьерных разработок для условий больших равнинных рек



Гидравлические характеристики: Fr = 0,21; I = 0,00026; h = 3,0 м,; h_k = 10 м; h/h_k= 0,30

Рисунок 6.7 – Пример продольного профиля водной поверхности и дна реки на участке карьерных разработок для условий больших равнинных рек

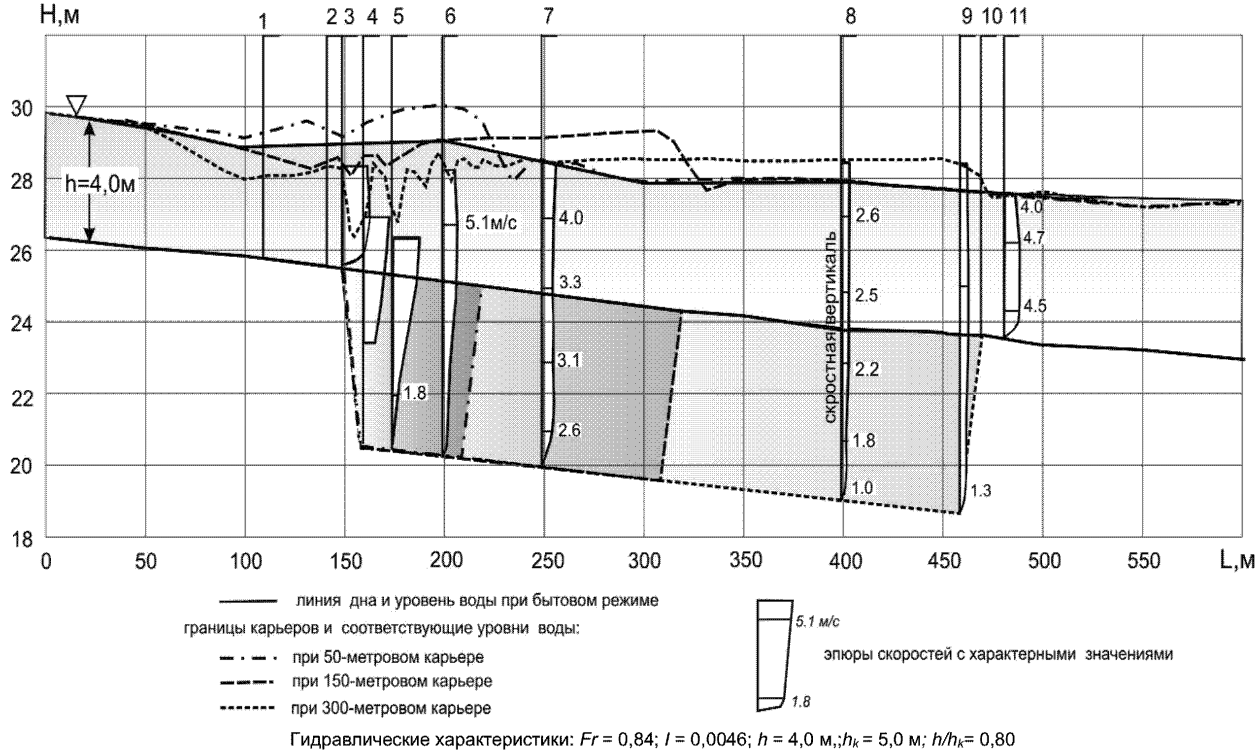


Рисунок 6.8 – Пример продольного профиля водной поверхности и дна реки на участке карьерных разработок для условий рек горно-предгорной зоны

7 Воздействие карьеров на водные экосистемы при разработке НСМ

7.1 Оценка качества воды и загрязненности донных отложений при добыче НСМ

7.1.1 Воздействие добычи НСМ на состав донных отложений (ДО) наиболее существенно проявляется на отложениях, состоящих из частиц мелких фракций (песок пылеватый, песок мелкозернистый, илы, глины), которые обладают высокой сорбционной способностью и могут накапливать весь спектр химических элементов, находящихся в водном объекте. Такие донные отложения могут рассматриваться как интегральная характеристика состояния водной системы.

7.1.2 Основные характеристики ДО водных объектов, их типы и классификация изложены в РД 52.24.609. ДО содержат минеральные и органические компоненты, являющиеся «сборщиками» тяжелых металлов и образующие с ними соединения, характеризующиеся высокой прочностью. Это оксиды железа и марганца и органические (в частности, гуминовые) вещества. Потенциальная сорбционная способность этих веществ настолько высока, что может обеспечить самоочищение водохранилищ от аллохтонных и автохтонных соединений тяжелых металлов до фонового содержания. Однако, в определённых условиях (изменение *pH, Eh*, наличие разнообразных комплексообразующих веществ) не исключены процессы десорбции металлов и их переход в растворённом состоянии в толщу воды, в результате ДО превращаются в источники вторичного загрязнения водных объектов. Таким образом, уровень загрязнения воды и уровень загрязнения ДО не всегда совпадают.

7.1.3 Результаты исследования загрязненности ДО позволяют оценивать тенденции техногенной нагрузки на водные объекты и определять наиболее неблагополучные в экологическом отношении участки рек, что является важным с точки зрения оптимизации программ режимных наблюдений.

Состав слоев толщи ДО характеризует экологическую ситуацию на момент их формирования и, таким образом, позволяет оценить развитие процессов загрязнения в ретроспективе. Поскольку тонкодисперсные ДО отражают общее состояние водного объекта в отношении содержания тяжелых металлов и основной группы органических загрязнений и биогенных компонентов, результаты их исследования могут использоваться также для оценки текущего уровня

загрязненности рек, озер или водохранилищ, а также ситуации на водосборных территориях в целом.

Однако в России в настоящее время система нормирования содержания загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов разработана слабо. Это связано, прежде всего, с недостаточным объемом данных о качественных характеристиках ДО природных водных объектов, полученных с использованием единых аналитических методик. Поэтому в природоохранной деятельности в качестве фоновых значений содержания тяжелых металлов наиболее часто используются данные, полученные в Институте минералогии, геохимии и кристаллографии редких элементов (ФГУП «ИМГРЭ»). Кроме того, для оценки фоновых значений содержания нефтепродуктов в ДО могут быть использованы голландские нормы, установленные после 2000 г. – 50 мг/кг.

7.1.4 При осуществлении добычи НСМ из водных объектов контроль за содержанием вредных (загрязняющих) веществ в водной среде и в ДО осуществляется в рамках государственного мониторинга состояния дна и берегов водных объектов и их водоохранных зон (ст. 30 Водного кодекса РФ [1]).

Перечень контролируемых показателей зависит от требований НДВ в отношении состава показателей загрязнения водной среды, а также неухудшения текущего состояния экосистемы на разрабатываемом участке в целом, и определяется органами государственного надзора в области использования и охраны водных объектов исходя из целевого назначения водного объекта [1, 2, 16-18].

7.1.5 Согласно РД 52.24.609 в перечень загрязняющих веществ для определения их содержания в ДО с учетом важности этой информации, включены пестициды, нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и тяжелые металлы, расположенные в местах интенсивного накопления ДО.

7.1.6 Практически все тяжелые металлы активно участвуют в биологических процессах. Токсичность тяжелых металлов в водной среде в значительной степени обусловлена их способностью к биоаккумуляции. Ионы тяжелых металлов, как правило, хорошо растворимы в воде и способны образовывать высокотоксичные металлоорганические соединения. Тяжелые металлы могут перемещаться по пищевым цепям, включаясь в метаболический цикл и вызывая различные физиологические и генетические нарушения в гидробионтах.

Учитывая высокую токсичность тяжелых металлов в водной среде для оценки состояния ДО необходим контроль содержания в водной среде следующих тяжелых

металлов: железо (Fe), кадмий (Cd), кобальт (Co), медь (Cu), марганец (Mn), мышьяк (As), никель (Ni), ртуть (Hg), свинец (Pb), хром (Cr), цинк (Zn).

В водохранилищах из-за значительного уменьшения интенсивности водообмена ДО сорбируют и накапливают токсические вещества до уровней, многократно превышающих их содержание в водной толще.

7.1.7 В качестве общей оценки химического загрязнения ДО используется критерий, основанный на уровне превышения общего содержания загрязняющего вещества в створе наблюдений по сравнению с фоновым.

Степень химического загрязнения ДО оценивается с помощью суммарного показателя загрязнения (*СПЗ*), который вычисляется по формуле

$$СПЗ=\sum K_c-(n-1), \quad (7.1)$$

где K_c. - коэффициент концентрации отдельных компонентов загрязнения;

n – число суммируемых веществ, коэффициент концентрации K_c которых выше 1,0.

Коэффициент концентрации K_c рассчитывается как частное от деления фактического содержания загрязняющих веществ (C_i) и его фонового значения ($C_ф$):

$$K_c = C_i / C_ф , \quad (7.2)$$

В таблице 7.1 представлена классификация загрязненности донных отложений тяжелыми металлами по суммарному показателю СПЗ, предложенная ФГУП «ИМГРЭ».

Таблица 7.1 – Классификация загрязненности донных отложений тяжелыми металлами

Суммарный показатель	Степень загрязнения донных отложений (ДО)	Класс качества
–	незагрязненные	1
СПЗ ≤ 8	слабо загрязненные	2
8 ≤ СПЗ ≤ 16	допустимая степень загрязнения	3
16 ≤ СПЗ ≤ 32	умеренно опасная	4
32 ≤ СПЗ ≤ 128	опасная	5
СПЗ ≥ 128	чрезвычайно опасная	6

Другой подход к оценке степени загрязненности донных отложений основан на использовании классификации на базе индексов геоаккумуляции I_{geo}, представленной в работе [19]. Расчет указанного индекса производится по формуле:

$$I_{geo} = log2\ (C_n/1{,}5B_n), \quad (7.3)$$

где C_n – измеренная концентрация элемента *n* во фракции донных отложений < 0,02 мм; B_n – геохимическая фоновая концентрация элемента *n* в природных глинистых отложениях; а *1,5* – коэффициент учета природной изменчивости.

Согласно этой классификации, каждое удвоение индекса I_{geo} определяет переход к новому классу качества донных отложений от нулевого (практически незагрязненные) до шестого класса (чрезвычайно загрязненные). Верхний предел качества донных отложений не устанавливается (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Значения концентраций тяжелых металлов в донных отложениях по классам геоаккумуляции

Элемент	Геохимические фоновые концентрации, мг/кг	Фоновые значения для фракции донных отложений <2-20 мкм, мг/кг	Классы геоаккумуляции (I_{geo} классы)						
			0	1	2	3	4	5	6
			незагрязненные	незагрязненные – умеренно загрязненные	умеренно загрязненные	умеренно загрязненные – сильно загрязненные	сильно загрязненные	сильно загрязненные – чрезвычайно загрязненные	чрезвычайно загрязненные
Fe	3,80	4,72	7,08	14,16	28,32	56,64	>56,64	-	-
Mn	1100,0	850,0	1275,0	2550,0	5100,0	10200,0	20400,0	40800,0	>40800,0
Cd	0,3	0,3	0,45	0,9	1,8	3,6	7,2	4,4	>14,4
Zn	20,0	95,0	142,5	285,0	570,0	1140,0	2280,0	4560,0	>4560,0
Pb	9,0	20,0	30,0	60,0	120,0	240,0	480,0	960,0	>960,0
Cu	4,0	45,0	67,5	135,0	270.0	540,0	1080,0	2160,0	>2160.0
Ni	20,0	68,0	102,0	204,0	408,0	816,0	1632,0	3264,0	>3264,0
Co	0,1	19,0	28,5	57,0	114,0	228,0	456,0	912,0	>912,0
Cr	11,0	90,0	135,0	270,0	540,0	1080,0	2160,0	4320,0	>4320,0
As		13,0	19,5	39,0	78,0	156,0	312,0	624,0	>624,0
Hg	0,04	0,4	0,6	1,2	2,4	4,8	9,6	19,2	>19,2

7.1.8 Оценка загрязненности ДО является неотъемлемой частью мониторинга состояния водных объектов в рамках ГСН. На сети Росгидромета организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях выполняется согласно РД 52.24.609.

7.2 Оценка изменения мутности воды при добыче НСМ

7.2.1 Изменение мутности воды под влиянием карьерных изъятий НСМ и других видов работ с ДО определяется многими факторами, из которых наиболее существенными являются гранулометрический состав ДО, гидравлическая крупность частиц, скорость течения, коэффициенты горизонтальной и вертикальной турбулентной диффузии, продолжительность работ по изъятию НСМ и объем извлекаемого материала. Возможность получения количественной оценки изменения мутности определяется наличием информационного обеспечения в отношении указанных параметров.

Допустимое содержание взвешенных частиц в водных объектах для разных типов водопользования приведено в «Правилах охраны поверхностных вод» (приложение 1) [16]. Так, например, для целей рыбного хозяйства за пределами расчетного створа (не более 500 м по требованию органов рыбоохраны) содержание взвешенных частиц по сравнению с природным не должно увеличиваться более, чем на 0,25 мг/дм^3 для водных объектов, используемых для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду, или на 0,75 мг/дм^3 для водных объектов, используемых для всех других рыбохозяйственных целей и хозяйственных нужд.

Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/дм^3 природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания их в воде водоемов в пределах 5 %. При этом взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются. Последнее вызвано опасением, что в месте сброса сточных вод могут образовываться донные наносы и вследствие этого изменится русловой режим реки.

Эти ограничения позволяют органам рыбоохраны обосновывать требования по степени очистки сточных вод от взвешенных веществ перед спуском в водоем, но могут быть применены и для оценки последствий взмучивания наносов в водном объекте при производстве карьерных разработок.

Нормативы качества воды для объектов рыбохозяйственного значения, в том числе и нормативы ПДК вредных веществ, утверждены приказом Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 [17]. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, утверждены приказом Росрыболовства от 04.08.2009 № 695 [18].

Для оценки токсичности и опасности веществ режим водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, используются нормативы ПДК химических веществ в воде, приведенные в ГН 2.1.5.1315.

7.2.2 При производстве дноуглубительных и других видов земляных работ, проводимых в акваториях, содержание взвешенных частиц в водоеме может резко увеличиваться и превышать ПДК, установленные нормативами.

Сброшенные в водоем частицы грунта будут не только осаждаться под действием силы тяжести, но и одновременно смешиваться с водой водоема, поэтому на некотором расстоянии от места сброса концентрация взвешенных частиц, будет снижаться.

7.2.3 Оценка мутности (по содержанию взвешенных частиц) на водных объектах производится в рамках мониторинга состояния водных объектов ГСН по данным режимных наблюдений на постах Росгидромета.

В случае отсутствия этих данных оценка мутности на водных объектах выполняется по тематической карте средней мутности (приложение А) и по карте содержания мелких фракций (<0,05 мм) рек Российской Федерации (приложение Б).

7.2.4 Основное воздействие технологическая мутность оказывает на водные биоресурсы, а также на условия работы водозаборных сооружений водного объекта.

7.3 Оценка воздействия добычи НСМ на биоресурсы водных объектов

7.3.1 Гидромеханизированные работы по добыче НСМ на подводных месторождениях оказывают многофакторное воздействие на водные экосистемы, влияют на видовой состав, структуру и количественные показатели обитающих в них гидробионтов.

Указанный вид работ может оказывать на водные биоресурсы либо прямое действие, вызывая гибель или травмирование ихтиофауны и растений, либо опосредованное – через ухудшение условий обитания и вследствие этого – изменение физиологического состояния водных организмов, снижающего их продуктивность.

При добыче НСМ (выемке грунта с части площади дна) основные факторы воздействия на водные биоресурсы следующие:

- изменение гидрологических параметров водотока, в том числе изменение уровня, скоростей потока и изоляция отдельных участков реки;

- механическое нарушение структуры дна;

- увеличение в воде концентрации взвешенных веществ, которые распространяются в реках на десятки и сотни километров, снижая биологическую продуктивность водных систем;

- оседание взвесей на дно ухудшает качество нерестилищ и приводит к изменению населения донного сообщества;

- изменение химических характеристик среды обитания (*pH*, содержание кислорода в воде, солевой состав воды и т.д.) при попадании и растворении в воде захороненных в грунте и освобожденных при его разработке химических веществ;

- акустическое (отпугивающее) воздействие работающей техники (фактор беспокойства).

Как правило, основной вред водным биологическим ресурсам при проведении работ по добыче НСМ имеет опосредованный характер – за счет уничтожения части площадей и субстратов нерестилищ, а также постоянной или временной потери кормовых угодий рыб.

7.3.2 Изменение уровня воды, скоростей потока и изоляции отдельных участков реки может привести к исчезновению на них рыб. Вместо мелководных, хорошо прогреваемых акваторий, используемых рыбой для нереста и нагула, могут появиться районы с глубинами более 10 м, в которых полностью утрачиваются

нерестилища, а условия нагула рыб, особенно молоди, становятся крайне неблагоприятными.

Изменение уровня и скорости течения на реках прерывает (полностью или частично) нерест рыб и снижает его эффективность, приводит к вымыванию икры из гнезд, обмелению мелководных участков нерестилищ, обсыханию икры, гибели молоди рыб в заводях, старицах и ямах.

Флуктуации уровня приводят к разрушению и деградации бентоценозов.

Механическое нарушение структуры дна вызывает разрушение сложившихся биотопов, приводит к утрате нерестилищ, гибели зарослей высшей водной растительности и бентоценозов на соответствующей площади.

7.3.3 Повышение мутности воды за счет перехода во взвесь частиц грунта и накопление осадков на дне оказывают влияние на все элементы речной экосистемы и приводят к ее изменениям. Сила воздействия фактора повышенной мутности воды на водные биологические ресурсы определяется концентрацией взвешенных частиц грунта и толщиной перекрывающего слоя и уменьшается при удалении от эпицентра воздействия.

Данный фактор неблагоприятен для жизни всех гидробионтов, как самих рыб, так и беспозвоночных (планктонных и донных), составляющих их кормовую базу.

Особенно опасно поступление взвесей в горные реки, поскольку населяющие их сообщества гидробионтов приспособлены к существованию при низкой естественной мутности (до 5-10 мг/л) и чистом незаиленном грунте. Для рыб пресноводного предгорного комплекса толерантность к минеральному взвешенному веществу в воде установлена в диапазоне 10-15 мг/л [20].

Повышенная мутность воды оказывает на водные биоресурсы как прямое действие, вызывая гибель организмов в результате механического повреждения жизненно важных органов, так и опосредованное – снижение прозрачности воды, нарушение физиологических функций организмов, что снижает их жизнестойкость и, в конечном итоге, приводит к их гибели.

Резкое повышение мутности воды приводит к гибели водных животных-фильтраторов и седиментаторов как планктонных, так и бентосных. Планктон погибает от потери плавучести и асфиксии. Часть организмов, как животных, так и растительных (наиболее мелкие размерные фракции), оседает на дно и гибнет при налипании на них частиц грунта. В составе ихтиоценоза наиболее чувствительны к повышенной мутности - икра и молодь рыб, которая не успевает быстро покинуть замутненные участки.

Все виды высших водных растений, относящихся к экотипу погруженных, очень чувствительны к долговременному воздействию повышенной мутности воды. Взвесь, оседающая на их листьях, препятствует осуществлению фотосинтеза, и корневая система растений уходит на зимовку без накопления питательных веществ, необходимых для начала вегетации в следующем сезоне [21].

Реакция фитопланктона на повышенную мутность воды на участках разработки проявляется достаточно четко и отмечается снижение общего числа видов примерно в 2-5 раз.

При резком и длительном снижении прозрачности воды численность и биомасса существенно снижаются. Происходит смена доминантов, в сообществе увеличивается доля бентосных, более крупноразмерных видов, как правило, из диатомовых, и криптофитовых - индикаторов органического загрязнения.

Существенно снижается фотосинтетическая активность продуцирования.

В зоопланктоне (кормовая база рыб-планктофагов) всегда происходит сокращение числа видов всех таксономических групп - до 45-60 % от исходного.

Наиболее чувствительными к повышенной мутности являются организмы-фильтраторы по типу питания (коловратки и кладоцеры). Наиболее устойчивыми к воздействию повышенной мутности оказываются циклопы.

На участках с максимальными концентрациями грунтовой взвеси обилие (численность, биомасса, продукция) зоопланктона в целом снижается не менее чем в 3-5 раз по сравнению с фоновыми показателями.

В опытах на дафнии (Daphna magna) достоверное влияние мелкой фракции глинистой взвеси отмечалось при концентрации 80 мг/л, где у некоторых самок происходила задержка полового созревания на 2-3 суток. Для более крупных кварцевых частиц подобная картина наблюдалась при 320 мг/л. Для Cladocera и Copepoda критические концентрации были 300-500 мг/л [20].

Повышение содержания взвешенных веществ во время дражных разработок до 1,5 г/л приводит к снижению численности зоопланктона, который восстанавливался только в 50-70 км от разработок [22].

В зообентосе в зоне повышенной мутности первыми погибают моллюски и вторичноводные животные, такие как хирономиды. Наиболее устойчива к данному фактору олигохеты. Численность зообентоса, как правило, незначительно отличается от фоновой в связи с тем, что погибают наиболее крупноразмерные, но малочисленные организмы зообентоса, при этом его биомасса снижается в 5-15 раз.

При увеличении концентрации минеральной взвеси свыше 40 мг/л изменяются поведение олигохет и личинок хирономид, характер их питания. Концентрация глинистых взвесей 40-60 мг/л приводит к гибели 90 % хирономид, 150 мг/л - является летальной для хирономид и вызывает гибель 70 % олигохет [20]

Взвешенные вещества, оседая на дно, снижают трофность субстрата (изолируют богатые пищей слои – перифитон, детрит), а также меняют структуру грунта, лишая донных беспозвоночных подходящих мест обитания. Мелкофракционные слои неблагоприятны для большинства зообентосных организмов, нуждающихся в твердых субстратах для прикрепления, движения и размножения.

В целом, ухудшение качества грунта, происходящее в результате заиления, вызывает обеднение исходного литореофильного сообщества, а на сильно измененных грунтах – его полное разрушение, в результате происходит закономерная смена литореофильного комплекса на менее продуктивный пелореофильный.

Толщина слоя в зависимости от гранулометрического состава осадка может колебаться от нескольких сантиметров до нескольких метров. Как показывают результаты исследований, многие донные организмы (мелкие ракообразные, мелкие моллюски) не способны преодолеть слой грунтовой массы толщиной всего 0,5-2,0 см [23]. Минимальное воздействие на пресноводные донные организмы, по имеющимся сведениям, проявляется при толщине перекрывающего слоя 0,5 см [24].

В районах проведения гидротехнических работ отмечается снижение численности рыб, изменение видового состава и размерной структуры популяций. Наиболее чувствительны к негативному воздействию икра и ранняя молодь рыб.

Известно, что рыбы сравнительно быстро покидают неблагоприятные участки акватории. Тем не менее, в период гидротехнических работ наблюдается обычно заметное сокращение численности и биомассы крупных хищников – судака и щуки, при относительно стабильном состоянии популяций бентофагов - густеры и леща. В районах разработки дна происходит значительное снижение ихтиомассы. Изменения обилия рыбного населения сопровождаются снижением средней индивидуальной массы особей.

Воздействие минеральной взвеси на рыб выражается в следующем:

- заиление нерестилищ с ухудшением проточности и кислородного режима;

- прямое травмирующее воздействие минеральных частиц на икру, эмбрионы, эпителий жабр и кожу молоди рыб с последующими кожными заболеваниями и

нарушением функции дыхания и водно-солевого регулирования в период смолтификации;

- уменьшение доступности кормовых организмов в результате снижения прозрачности воды;

- изменение территориально-поведенческих реакций молоди рыб в связи с изменением дистанции визуального контакта и взаимного антагонистического реагирования.

При воздействии взвеси на икру наблюдается обратная зависимость между крупностью частиц и отходом икры. Более крупные частицы покрывают икру толстым рыхлым слоем, которые, однако, при промывке чистой водой легко смываются, после чего икра развивается без особых отклонений от нормы. Мелкие частицы (менее 50 мкм) более прочно удерживаются оболочкой икры [25].

Экспериментально установлено, что отход икры форели составляет 50 % при выпадении на 1 $см^2$ 20 мг мелких фракций глины, или 60 мг крупных фракций глины, или 100-110 мг песчаной взвеси крупного кварца. Пороговые величины (близкие к контролю) для мелких и крупных фракций – 10-12 и 25-68 $мг/см^2$, соответственно [20].

Известно, что даже относительно низкие концентрации взвесей (от 1,2 до 10 мг/л) могут вызывать в течение 48 часов полную гибель личинок пеляди и форели, мальков плотвы, окуня и форели. При повышении содержания взвешенных веществ в воде свыше 2,5 мг/л происходит резкое снижение потребления кислорода, способное привести к их гибели [25].

Наиболее чувствительны к минеральным взвесям поднимающиеся «наплав» личинки с остатками желточного мешка, поскольку более крупные минеральные частицы легко повреждают, а глинистые частицы налипают на их тонкие кожные покровы и жабры.

Негативное воздействие техногенного заиления на рыб оказывается за счет:

- заиление дна вызывает сокращение мест, удобных для нереста;

- у лососевых рыб заиление нерестовых бугров лососевых рыб в период развития икры снижает в них проточность и ухудшает кислородный режим;

- накопление в течение зимней межени поверхностного слоя ила и мелкого песка на нерестилищах создает сравнительно мощный физический барьер, препятствующий выходу из нерестовых гнезд личинок лососей [26].

Соотношения между толщиной техногенных наносов, оседающих на дно, степенью заиления грунта и уровнем смертности икры лососевых рыб, рассчитанные в работе [26], приведены в таблица 7.3.

Таблица 7.3 - Соотношение между толщиной ДО (наилка) и содержанием фракций с размерами частиц менее 1 мм

Средняя выживаемость, %	Содержание частиц размером < 1 мм, %	Толщина поверхностного заиления, мм	Дополнительная смертность при техногенном заилении, %
> 80 (норма)	< 10	< 50	0
65	15	50	15
50	20	70	30
30	25	80	50
15	30	10	65
0	> 30	> 10	80

По расчетным данным, пороговый слой поверхностного заиления, при котором может наблюдаться повышение смертности икры и личинок лососей на 15 %, начинается с толщины 50 мм [26].

7.3.4 Акустическое воздействие (фактор беспокойства) на рыб, постоянно обитающих и нагуливающихся в районе разработок, кратковременно, т.к большинство видов рыб легко адаптируются к антропогенному шуму. В то же время фактор беспокойства может создавать помехи для миграций проходных и полупроходных рыб.

Более существенное значение фактор беспокойства имеет в период нереста рыб. Постоянное действие фактора беспокойства в этот период заметно снижает эффективность нереста.

По данным зарубежных авторов [27, 28] рыбы начинают проявлять реакции избегания района с повышенным уровнем звука при 130-142 дБ отн. 1мкПа.

В качестве максимального порогового значения для костистых рыб обычно принимается уровень звукового давления в 150 дБ отн. 1мкПа, ниже которого маловероятно проявление повреждений [29]. Кроме того, из-за фонового шума порог чувствительности рыб существенно уменьшается.

7.3.5 Требования к качеству воды по содержанию взвешенных веществ для пресноводных водоемов рыбохозяйственного значения регламентированы приказом Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 [17]. Этот документ содержит нормативы ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, основываясь на пригодности ее для обитания водных биологических ресурсов и обеспечивая безопасность продукции из них.

8 Критерии и параметры оценки воздействия на водные объекты карьеров по добыче НСМ

8.1 В соответствии с Методическими указаниями [2] при добыче общераспространенных полезных ископаемых (гравий, песок, глина, песчано-гравийные смеси и др.) из водных объектов для оценки влияния карьеров на водные объекты служат следующие критерии:

- недопущение просадки уровней воды ниже расчетной обеспеченности для действующих водозаборов и других инженерных сооружений, находящихся в зоне влияния карьеров;

- сохранение судоходного фарватера с необходимыми глубинами для расчетных условий водности;

- сохранение типа и интенсивности руслового процесса выше и ниже участка добычи НСМ;

- сохранение гидроморфологического режима рек и необходимого баланса русло- и пляже-образующих наносов в системе «река-море» для рек, впадающих в море, сохранение морских пляжей, получающих питание за счет твердого стока рек;

- неухудшение условий миграции, нереста и нагула рыб и других водных обитателей.

8.2 Представленный в предыдущих разделах анализ видов и форм воздействия карьеров НСМ на состояние водных объектов показывает, что карьерная разработка НСМ негативно воздействует на следующие характеристики:

- уровенный режим водотока, вызывая понижение уровней как в меженный, так и в паводочный периоды на значительных по длине участках;

- скоростной режим водотока в зоне влияния карьера;

- кинематическую структуру потока и перераспределение расходов воды по рукавам многорукавных русел на участках в зоне влияния карьера;

- режим и характеристики транспорта донных (руслоформирующих) наносов как на уровне микроформ речного русла (на уровне донных гряд), так и на уровне мезоформ-ленточных гряд, побочней и осередков.

- плановые и высотные деформации русла реки на участках, расположенных выше и ниже по течению от участка карьера, и типы руслового процесса;

- условия обитания (нереста, нагула и кормления) ихтиофауны и других представителей биологических ресурсов водных объектов;

- мутность потока в процессе производства работ по добыче НСМ;

- характеристики загрязнения воды в процессе производства работ по добыче НСМ.

Степень или уровень негативного воздействия на каждый из перечисленных параметров тесно связан как с гидрологическими, морфологическими и гидравлическими характеристиками водного объекта, так и с техническими параметрами каждой карьерной разработки НСМ: длиной, шириной, глубиной, формой и местоположением карьера в пределах водного объекта, технологией, используемой техникой, временем и продолжительностью его разработки.

Выполненный анализ видов и форм негативного воздействия позволяет выделить ключевые формы воздействия, определяющие все остальные. Такими ключевыми формами являются негативное воздействие на уровенный режим водного объекта («просадки» уровней воды) на участках, расположенных выше и ниже по течению от участка размещения карьера, и нарушение режима транзитного транспорта донных (руслоформирующих) наносов.

Минимизация этих видов воздействия при разработке проекта карьерной выемки НСМ обеспечит минимизацию и всех остальных видов воздействия.

8.3 Таким образом, в качестве основных природоохранных требований (критериев), обеспечивающих минимальное допустимое воздействие на водный объект следует признать следующие:

- минимальное (в пределах точности измерения глубин водных объектов) снижение, а в идеале – полное отсутствие понижения уровней воды на участках воздействия карьеров (расположенных выше и ниже по течению от участка размещения карьера);

- минимальное и кратковременное нарушение режима транспорта донных руслоформирующих наносов (во все фазы водного режим) при обеспечении транзитного стока донных наносов в створе размещения карьера для обеспечения поступления донных наносов на ниже расположенные участки речного русла.

Выполнение первого условия достигается подбором соответствующих геометрических параметров и места карьерной разработки, выбором соответствующих технологий и гидрологических сезонов для изъятия НСМ из водных объектов.

Выполнение второго условия достигается учетом типов руслового процесса и руслового режима на морфологически однородном участке реки, в пределах которого проектируется карьер, а также размещением карьеров преимущественно на

аккумулятивных формах речного русла или минимальное использование для размещения карьеров участков транзитного стока донных наносов.

8.4 Методические указания [2] предусматривают предварительную разработку нормативов допустимого воздействия (НДВ) на основе всесторонних материалов, характеризующих современное физическое и экологическое состояние водного объекта в целом при всех видах его использования.

Многообразие форм и видов негативного воздействия карьерной добычи НСМ из водных объектов, определяемых указанными характеристиками водного объекта и каждого конкретного карьера, не позволяют обеспечить экологическую безопасность добычи НСМ из русел рек только на основе фиксированного ограничения на данный вид деятельности на основе численно выраженного критерия, единого для всего водного объекта или водохозяйственного участка.

Даже при правильном выборе места расположения карьера относительно морфологических элементов речного русла НДВ на водный объект в виде соотношения величины объема планируемой добычи НСМ и годового стока донных наносов в данном водном объекте не может служить единственным и достаточным гарантом миниминизации воздействия, поскольку не определяет однозначно ключевые виды, формы и степень воздействия карьеров НСМ на состояние водных объектов различных категорий.

8.5 Полную экологическую безопасность осуществления добычи НСМ из русел рек можно обеспечить только в том случае, когда единый для всего водохозяйственного участка НДВ, установленный на стадии проектирования руслового карьера, будет дополнен ограничительными критериями, значения которых определяются выбранным местом размещения карьера, его объемом, планируемой технологией разработки и гидроморфологическими особенностями участка водотока.

Иными словами, при проектировании подводного карьера достижение требуемого «нулевого» или безопасного воздействия на ключевые режимные характеристики водного объекта может быть обеспечено подбором оптимальной комбинации параметров этого карьера, выбором места его расположения относительно морфологических элементов русла при различных типах руслового процесса, выбором экологически безопасной технологии, сезона и продолжительности разработки карьера.

Это означает, что решение о допустимости разработки подводного карьера должно приниматься не только на основе предварительно рассчитанного НДВ для

водного объекта в целом или для конкретного водохозяйственного участка, но и на основе проекта карьерной разработки, после проведения всего цикла геолого-разведочных работ по принятой в настоящее время технологии (включая полное гидрометеорологическое обоснование и все предварительные согласования с рыбоохранными органами). При этом обязательным условием разработки проекта является требование использования изложенных в настоящем документе рекомендаций по методам расчета и оценки характеристик уровенного и руслового режимов водотока, по методам расчета и оценки воздействия карьера на эти режимы, а также рекомендаций по выбору места расположения карьера.

Следует отметить, что оптимальная комбинация геометрических параметров подводного карьера, выбор места его расположения и экологически безопасной технологии, а также назначение сезона его разработки обеспечивает выполнение указанных выше двух основных критериев допустимого воздействия на водный объект, но не может полностью исключить негативного воздействия на водные биоресурсы даже при соблюдении всех требований рыбоохранных организаций, учтенных в проекте карьерной разработки.

Проект должен гарантировать отсутствие значимого негативного воздействия на водные биоресурсы на участках речного русла, прилегающих к участку размещения карьера, что вытекает из требования «нулевого» воздействия на ключевые режимные характеристики водного объекта. Тем не менее, некоторое негативное воздействие на водные биоресурсы, связанное с изменением морфологии речного русла непосредственно на участке размещения карьера, допустимо.

Это негативное воздействие должно быть определено в проекте карьерной разработки с учетом времени восстановления речного русла до естественного состояния (времени полного занесения карьера), рассчитанного по методике, изложенной в разделе 10.3, и подлежит денежной компенсации. Кроме того, ущерб рыбным запасам, возникающий при производстве землечерпательных работ в водных объектах в результате дополнительного технологического взмучивания донных наносов и соответствующего повышения мутности потока (содержания взвешенных веществ), также подлежит денежной компенсации.

Расчет параметров зон распространения технологической мутности в водной среде необходимо проводить по методам, рекомендованным в разделе 10.5.

8.6 Дополнительное химическое загрязнение водной среды в результате осуществления добычи НСМ из водных объектов недопустимо. В отдельных

исключительных случаях дополнительное химическое загрязнение воды должно быть обосновано в конкретном проекте разработки карьера и, тем не менее, должно соответствовать НДВ по привносу химических веществ, установленному для данного водного объекта [2].

8.7 Таким образом, при добыче общераспространенных полезных ископаемых (гравий, песок, глина, песчано-гравийные смеси и др.) из водных объектов в виде русловых карьеров следует выделить восемь основных показателей, которые должны быть учтены (рассчитаны) при проектировании карьера:

1. место изъятия НСМ из водного объекта;

2. изменения уровней воды и уклонов водной поверхности в зоне разработки карьера;

3. расстояния между карьерами или между карьерами и объектами инженерной инфраструктуры;

4. габариты и объем карьера, время его заполнения наносами (время восстановления естественного гидравлического и руслового режимов);

5. места размещения карьеров на акватории водных объектов, как фактор влияния на водные биоресурсы и среду их обитания;

6. продолжительность разработки карьеров на акватории водных объектов, как фактор влияния на водные биоресурсы и среду их обитания;

7. загрязненность ДО тяжелыми металлами и нефтепродуктами, как фактор влияния на водные биоресурсы и среду их обитания;

8. технологическая мутность при разработке карьера НСМ, как фактор влияния на водные биоресурсы и среду их обитания.

9 Состав исходных данных для организации добычи НСМ

9.1 В состав исходной информации и данных, используемых при разных схемах разведки и добычи НСМ для оценки допустимого воздействия на водный объект, включаются данные, характеризующие физико-географические условия бассейна водного объекта, и данные по гидрологическому, гидравлическому и русловому режимам водного объекта, а также информация о его хозяйственном использовании и экологическом состоянии.

Состав исходной информации для участков реки в бытовом состоянии, для водохранилищ, зон переменного подпора от водохранилищ и участков нижних бьефов ГЭС включает:

- физико-географическую характеристику бассейна реки;
- материалы изысканий прошлых лет;
- крупномасштабный картографический материал, материалы аэрокосмических съемок разных лет и повторных топографических съемок, лоцманские карты (на судоходных реках);
- сведения о геологическом строении участка реки;
- материалы комплексной геолого-гидрогеологической съемки дна участка долины реки в районе предполагаемой разработки карьеров НСМ с указанием границ этих карьеров;
- сведения о горно-геологических условиях и горнотехнических особенностях разработки месторождений НСМ;
- план современной русловой (гидрографической) съемки (масштаб 1:1000–1:10000, в зависимости от ширины русла) участка реки в районе предполагаемой разработки карьеров НСМ с освещением береговой полосы 100-150 м и указанием местоположения и границ проектируемых карьеров. Длина верхнего участка реки, расположенного выше по течению от предполагаемого места разработки верхнего карьера НСМ, должна включать съемку не менее 3-4 русловых макроформ. Длина нижнего участка реки, расположенного ниже по течению от места разработки карьера, должна включать не менее 2-3 русловых макроформ;
- сведения о режиме эксплуатации проектируемых и существующих гидротехнических сооружений и о возможном влиянии этих сооружений на ход русловых деформаций, в том числе и на участке реки в районе предполагаемой разработки карьеров НСМ;
- сведения о судоходстве, лесосплаве и др.;

- сведения о рыбохозяйственном значении реки;

- сведения о наличии заповедных и особо охраняемых зон;

- сведения о гидрохимическом, физико-химическом и санитарно-гигиеническом состоянии поверхностных вод;

- сведения о загрязнении грунтов;

- материалы по уровенному режиму реки в районе разработки карьеров НСМ (характеристика уровенного режима реки, максимальные годовые уровни воды 1, 2, 10, 25 и 50 % обеспеченности; максимальные уровни воды в период летне-осенней межени и в зимний период; минимальные уровни воды);

- сведения о воздействии техногенных факторов на годовой ход уровня воды;

- сведения об экстремальных значениях гидрометеорологических характеристик;

- сведения о наличии и характере проявления опасных гидрометеорологических процессов и явлений;

- сведения о взаимовлиянии гидрометеорологических условий и эксплуатируемых сооружений, в том числе и о характере взаимодействия этих сооружений и руслового процесса;

- совмещенные продольные профили водной поверхности на участке реки в районе предполагаемой разработки карьеров за разные годы;

- продольный профиль водной поверхности на участке реки по меткам горизонта высоких вод (ГВВ);

- материалы по режиму стока реки в районе разработки карьеров НСМ (характеристика условий формирования годового стока реки; сведения о распределении стока по сезонам и месяцам; максимальные расходы воды 1, 2, 10 и 50% обеспеченности; минимальные расходы воды летней и зимней межени);

- материалы по режиму стока взвешенных и донных наносов на участке реки (характеристика стока наносов на участке реки; гранулометрический состав взвешенных и влекомых наносов, донных отложений; сведения о внутригодовом распределении стока этих наносов и мутности воды; средние и максимальные наблюденные за многолетний период расходы взвешенных и влекомых наносов, мутности воды);

- материалы по гидравлическому режиму участка реки в разные фазы гидрологического режима (планы поверхностных и донных течений на участке реки; гидравлическая структура потока в узлах разветвления главного русла на рукава и в районах гидротехнических сооружений; сведения о распределение скоростей течения по вертикали в характерных гидростворах);

- материалы по режиму русловых и пойменных деформаций на участке реки в районе предполагаемой разработки карьеров НСМ (гидроморфологическая характеристика участка реки; сведения об интенсивности русловых и пойменных деформаций и их влиянии на условия хозяйственного использования реки; описание местных факторов, влияющих на характер морфологического облика русла и поймы и на особенности их деформаций, в том числе и о влиянии судоходных прорезей и уже разработанных карьеров НСМ);

- совмещенные продольные профили дна по линии наибольших глубин на участке реки за разные годы;

- совмещенные поперечные профили русла участка реки в характерных створах за разные годы.

9.2 Дополнительно к перечисленным материалам при разведке и добычи НСМ из водохранилищ необходимы:

- материалы по гидрометеорологическому режиму водохранилища и динамическим явлениям в этом водоеме;

- поперечные профили водоема с указанием грунтов и геологического строения берегов и дна водоема в районе месторождений НСМ;

- материалы по элементам режима уровня, ветра, волнения и течений, а также по расчетным значениям элементов режима разной повторяемости;

- сведения о течениях в зоне прибрежного мелководья и береговых отмелей;

- сведения о береговых переформированиях и высотных деформациях дна;

- сведения о вдольбереговом перемещении наносов (гранулометрический состав наносов; распределение мутности по вертикали и ширине береговой отмели; элементарные расходы взвешенных наносов; зависимость средней мутности от определяющих факторов; расходы донных наносов и их связь с взвешенными наносами; сезонная и годовая изменчивость вдольбереговых перемещений наносов);

- материалы по гидрометеорологическому режиму водохранилища и динамическим явлениям в этом водоеме в районе уже разработанных карьеров (при их наличии).

9.3 Состав дополнительной исходной информации при проектировании НДВ в зоне переменного подпора от водохранилища включает:

- материалы по гидрометеорологическому режиму, русловому процессу и другим динамическим явлениям в зоне переменного подпора от водохранилища, в районе месторождений НСМ;

- материалы по изменению морфологии русла в зоне выклинивания подпора и регрессивной аккумуляции;

- сведения об интенсивности переработки берегов;

- сведения о количественных характеристиках и закономерностях развития морфологических образований;

- сведения о русловых процессах на приустьевых участках притоков;

- сведения о подтоплении территорий;

- планы скоростей течений при разных ветровом и уровенном режимах водохранилища;

- совмещенные продольные профили водной поверхности за разные годы;

- совмещенные продольные профили дна по линии наибольших глубин за разные годы;

- совмещенные поперечные профили дна в характерных створах за разные годы;

- кривые гранулометрического состава взвешенных и влекомых наносов и донных отложений в различных частях зоны переменного подпора от водохранилища.

9.4 Состав исходной информации при проектировании карьеров на участок реки в нижнем бьефе ГЭС дополнительно включает:

- сведения о режиме эксплуатации проектируемых и существующих инженерных сооружений и о влиянии этих сооружений на ход русловых деформаций в нижнем бьефе ГЭС, в том числе и в районе предполагаемой разработки карьеров НСМ;

- характеристику изменения естественного руслового (типа руслового процесса) и гидрологического режимов реки в нижнем бьефе ГЭС;

- материалы по уровненному режиму участка реки ниже существующей плотины ГЭС в естественный период развития реки и в период регулирования стока;

- данные по уровням и расходам воды на значительном протяжении в зоне влияния нижнего бьефа на трансформацию русла при различных режимах работы гидроузла;

- совмещенные продольные профили дна и водной поверхности на участке реки в нижнем бьефе за разные годы;

- кривые связи расходов воды с уровнями в нижнем бьефе за многолетний период времени, включая условия эксплуатации водохранилища;

- материалы по общему размыву дна на приплотинном участке нижнего бьефа ГЭС;

- материалы по развитию русловых и пойменных деформаций на значительном по протяженности участке реки в зависимости от величины реки, вида регулирования и режима работы ГЭС;

- сведения о характере деформаций плесовых лощин и перекатов в нижнем бьефе;

- сведения о влиянии волн попусков на характер русловых переформирований;

- сведения о влиянии дноуглубительных работ при выполнении судоходных прорезей в нижнем бьефе на ход русловых деформаций и рекреационные условия на рассматриваемом участке реки;

- сведения о развитии русловых деформаций в районе уже разработанных карьеров НСМ (при их наличии);

- сведения о русловых переформированиях приустьевых участков притоков;

- материалы по режиму стока взвешенных и донных наносов;

- материалы наблюдений за процессом восстановления на участке реки общего баланса наносов;

- сведения о геометрических и динамических характеристиках эрозионно-аккумулятивных образований в нижнем бьефе (в русле и на пойме).

10 Определение типа руслового процесса, оценка плановых деформаций и характеристик транспорта наносов на участках добычи НСМ

10.1 Типы руслового процесса и оценка плановых деформаций русел и пойм

10.1.1 При разработке проекта добычи НСМ из русел и пойм рек и выборе местоположения и габаритов речных карьеров необходимо учитывать схемы русловых переформирований, свойственные участкам рек с разным морфологическим строением их русел и пойм.

Все разнообразие типов руслового процесса (морфологического строения речных русел и схем их переформирования) согласно существующим классификациям сводятся к трем основным разновидностям русел: одноруканым прямолинейным, извилистым (меандрирующим) и многорукавным. Типизация ГГИ детализирует указанные разновидности, выделяя в составе прямолинейных однорукавных русел два типа (ленточно-грядовый и побочневый), в составе меандрирующих русел – три (ограниченное, свободное и незавершенное меандрирование) и в составе многорукавных русел – два типа (русловую многорукавность или осередковый тип и пойменную многорукавность). Описание перечисленных типов руслового процесса представлено в приложении В.

Указанные типы руслового процесса встречаются также на реках предгорной зоны. При этом, в расширениях горных долин и при выходе рек из горной области в предгорную дополнительно выделяются еще два типа руслового процесса – долинное блуждание и горная пойменная многорукавность. Описание этих типов также представлено в приложении В.

10.1.2 Прогноз плановых деформаций русел и пойм рек на заданный срок составляется на основании совмещения планов речного русла, выполненных в разные годы, и экстраполяции на этот срок значения смещения берегов и контуров морфологических элементов русла, зафиксированного за промежуток времени между съемками. Достоверность прогноза существенно возрастает при наличии трех разновременных съемок, в том числе одной, выполненной на момент проектирования карьера НСМ.

Совмещение планов выполняется по координатной сетке или по неизменяющим своего положения деталям местности при одинаковых (низких) уровнях воды (срезках).

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 участка русла к коренному склону долины или останцу, образование спрямляющих протоков между смежными излучинами и др.

10.2 Расчёты подвижности руслового аллювиального материала, характеристик русловых микроформ и расхода донных наносов *

10.2.1 Для оценки видов транспорта наносов в реках (влечение, сальтация, взвешивание) на участках разработки речных карьеров и их учёта при расчетах заносимости русловых карьеров НСМ на реках следует пользоваться формулами характерных значений вертикальной компоненты пульсационной скорости потока

$$V_{ср.в.} = 0{,}41 \cdot V_*, \qquad (10.2)$$

где $V_{ср.в.}$ - осреднённое во времени и по глубине потока H, м, значение вертикальной компоненты скорости потока, м/с,

$$V_{мах.ср.в.} = 1{,}28 \cdot V_*, \qquad (10.2)$$

где $V_{мах.ср.в.}$ - осреднённое по глубине максимальное значение вертикальной компоненты, м/с,

$$V_{макс} = 1{,}75 \ V, \qquad (10.3)$$

где V_{max} – наибольшее возможное при данном гидравлическом режиме значение вертикальной компоненты, м/с, в зоне $(0{,}15 \div 0{,}40)H$ от дна потока

$$V_* = \sqrt{gHI}, \qquad (10.4)$$

где V_* – динамическая скорость, м/с, I – уклон водной поверхности потока.

10.2.2 Вид движения наносов устанавливается путём сопоставления характерных значений вертикальной компоненты скорости потока, определяемых с помощью зависимостей (10.1) – (10.4) с гидравлической крупностью частиц w, м/с, определяемой по таблице 10.1а и 10.1б.

Транспорт наносов осуществляется в следующих видах при условии:

$w > V_{max}$ - наносы перемещаются в форме влечения по дну;

$V_{max} \geq w \geq V_{мах.ср.в.}$ - наносы перемещаются в форме сальтации вблизи дна;

$V_{max} \leq w \leq V_{мах.ср.в.}$ - сальтирующие частицы достигают середины глубины потока;

$w > V_{ср.в.}$ - наносы переходят во взвешенное состояние и распространяются на всю глубину потока.

---

* Представленные в этом подразделе методы расчетов опираются на положения, подробно изложенные в нормативном документе СТО ГУ ГГИ 08.29-2009

Таблица 10.1а – Гидравлическая крупность частиц наносов *w*, м/с, диаметром *d*, мм, 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	0,00109	0,00141	0,00176
0,050	0,000125	0,00168	0,00219	0,00271
0,075	0,00276	0,00371	0,00469	0,00569
0,100	0,00476	0,00625	0,00774	0,00912
0,125	0,00713	0,00914	0,0110	0,01275
0,150	0,00971	0,01217	0,0143	0,0165
0,175	0,01241	0,0152	0,0178	0,0202
0,20	0,01518	0,0184	0,0213	0,0241
0,30	0,0266	0,0315	0,0360	0,0400
0,40	0,0385	0,0452	0,0507	0,0555
0,5	0,0508	0,0584	0,0646	0,0694
0,7	0,0745	0,0822	0,0890	0,0943
0,9	0,0953	0,1038	0,1102	0,1143
1,0	0,1045	0,1129	0,1196	0,1237
1,4	0,139	0,146	0,151	0,154
1,8	0,167	0,173	0,178	0,180
2,0	0,180	0,185	0,189	0,190
2,5	0,210	0,212	0,212	0,212

Таблица 10.1б – Гидравлическая крупность w, м/с, частиц наносов диаметром *d*, мм, при турбулентном режиме осаждения

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

Количественно, отмеченные условия разграничения видов транспорта наносов в реках можно выразить следующим образом:

$V_* / w < 0,2$- донные отложения не движутся;

$0,2 \le V_* / w < 0,57$ - влечение частиц по дну;

$0,57 \le V_* / w < 0,78$ - сальтация частиц вблизи дна;

$0,78 \le V_* / w < 2,43$ - сальтация до середины глубины потока;

$V_* / w > 2,43$ - взвешивание наносов на всю глубину потока

10.2.3 Условия нарушения устойчивости и начала движения частиц на дне водных потоков определяются также критическими значениями скорости потока, так называемыми «неразмывающими» скоростями, и проявляются специфически на равнинных реках и реках горно-предгорной зоны, сложенных, соответственно, из песчаного и гравийно-галечного материала.

Мелкие и крупные песчаные частицы 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.

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%.

10.2.4 Для расчета неразмывающих скоростей потока V_0, м/с, для песчаного материала рекомендуется зависимость:

$$V_0 = 3,0H^{0,2}(d + 0,0014)^{0,3}. \qquad (10.5)$$

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

$$V_0 = 2\frac{m-1,5}{m+1}\left(\frac{H}{d}\right)^{\frac{1}{m}}\sqrt{\frac{\gamma_H - \gamma}{\gamma} gd}, \qquad (10.6)$$

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

$$m = 2.24 lg \frac{H}{d_{95}} - 0.21 \left(lg \frac{H}{d_{95}} \right)^2 + 2.1 \cdot \quad (10.7)$$

Значения неразмывающих скоростей потока по формулам (10.5) и (10.6) представлены в таблицах 10.2 и 10.3.

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

10.2.5 Для определения 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. Грядовое движение руслового материала в реках – основная форма транспорта донных наносов.

Длина гряд $l_Г$, м, при установившемся режиме движения воды определяется по зависимости:

$$l_Г = H \sqrt[3]{C^2 / g}, \quad (10.8)$$

где C – коэффициент Шези на расчетной вертикали при среднем значении уклона потока по ширине реки, $м^{0,5}/с^2$;

H – глубина потока на вертикали, м;

$g = 9,81$ $м/с^2$ – ускорение свободного падения.

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

$$l_Г = 6,5H. \quad (10.9)$$

Таблица 10.2 – Значения наразмывающей скорости потока V_0, м/с, в зависимости от глубин потока H, м, для песчаных материалов - формула (10.5)

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

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
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 10.3 – Значения неразмывающей скорости потока V_0, м/с, для крупных наносов – формула (10.6)

Глубина потока Н, 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

Расчет высоты микроформ-гряд, $h_Г$, м, определяющих наряду с амплитудой знакопеременных колебаний дна расход донных наносов при установившемся режиме их перемещения, рекомендуется выполнять по формулам:

для малых и средних рек, сложенных из песчаного материала:

$$h_Г = 0,13H, \qquad (10.10)$$

для крупных равнинных рек:

$$h_Г = 0{,}11H. \qquad (10.11)$$

Для малых и средних рек, сложенных из крупного песка и гравийно-галечного материала, в диапазоне значений относительной гладкости потока (30< *H/d* ≤150), по зависимости

$$h_Г = \left(0{,}07\frac{V}{V_0} + 0{,}02\right)H. \qquad (10.12)$$

Скорость смещения гряд установившегося профиля $C_Г$, м/с, определяется по формуле:

$$C_Г = 0{,}019\,V\,Fr^3 \qquad (10.13)$$

или в м/сут по номограммам (см. рисунок 10.1).

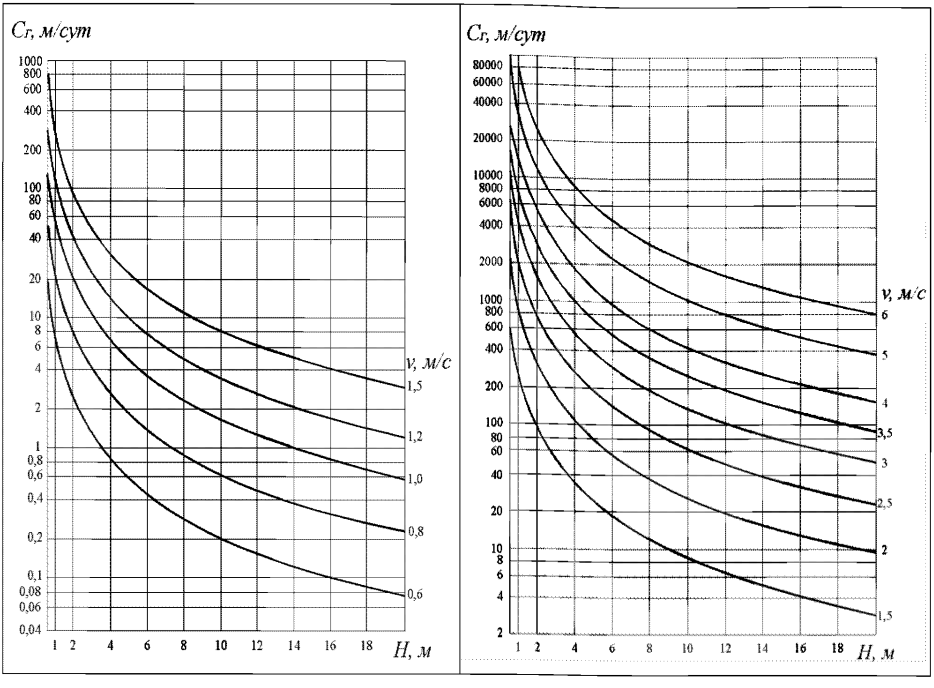


Рисунок 10.1 – Номограммы для определения скорости движения русловых микроформ $C_Г$

10.2.6 К выбору метода и формулы для расчета расхода донных (влекомых) наносов следует подходить дифференцированно. Следует различать большие, средние и малые равнинные реки и участки рек горно-предгорной зоны, сложенные,

соответственно, из песчаного и гравийно-галечного материала, 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.

10.2.7 При безгрядовом движении донных наносов в руслах равнинных рек и рек горно-предгорной зоны, имеющем место при неоднородном составе грунта и неполном вовлечении в движение всех фракций донных отложений ($I< V/V_0 <1,2$), удельный расход донных наносов q_T, кг/(с·м), в весовом выражении рекомендуется определять согласно [30]:

$$q_T = 0{,}95d^{0,5}\left(\frac{V}{V_0}\right)^3 (V - V_0)\left(\frac{d}{H}\right)^{0,75}, \qquad (10.14)$$

где неразмывающая скорость потока V_0, м/с, вычисляется по формуле:

$$V_0 = 3{,}83d^{1/3}H^{1/6}. \qquad (10.15)$$

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

$$q_T = 0{,}01h_r VFr^3 \qquad (10.16)$$

или в м^3/(сут·м)

$$q_T = 31\left(\frac{V^4}{H^{1/2}}\right)\frac{h_r}{H}. \qquad (10.17)$$

Высота гряд в формулах (10.16) и (10.17) определяется

- для малых рек и средних, сложенных из песчаного материала – по (10.10);
- для крупных равнинных рек – по (10.11);
- для малых и средних рек, сложенных из крупного аллювия, – по (10.12);

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 менее 1,5 м/с рекомендуется выполнять по формуле:

$$q_T = 16\frac{V^5}{H}. \qquad (10.18)$$

Для определения q_T по (10.18) можно пользоваться номограммой $q_T = f(V,H)$ (рисунок 10.2).

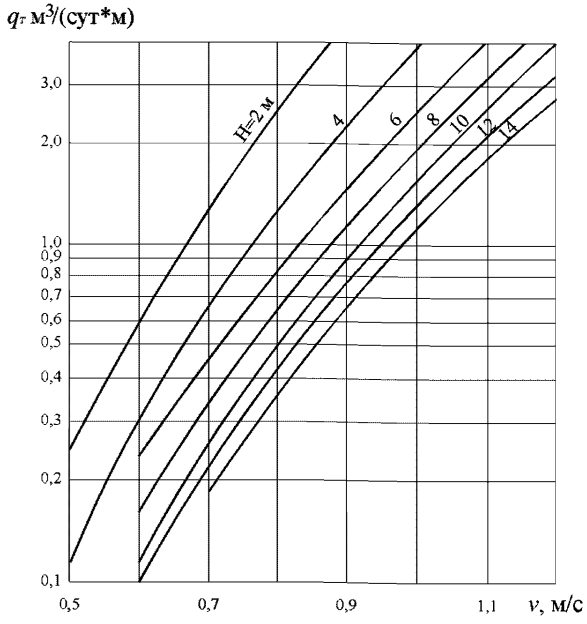


Рисунок 10.2 – Номограмма для расчета q_T по формуле (10.18)

Для расчета удельного расхода донных (влекомых) наносов в реках могут быть использованы также зависимости, полученные для безгрядового транспорта донных наносов или без учета их движения в грядовой форме.

В соответствии с работой [31] удельный расход донных наносов q_T, м³/(с м), определяется с помощью формулы:

$$q_T = \frac{40 V_{*d}^6 d_{50}}{\left[(\rho_T / \rho - 1) g d_{50}\right]^{5/2}}, \qquad (10.19)$$

где V_{*d} – динамическая скорость, отвечающая сопротивлению зернистой шероховатости:

$$V_d = \frac{\sqrt{g}}{c_d} V \quad . \qquad (10.20)$$

Здесь

$$c_d / \sqrt{g} = 5{,}66 \lg(H/\Delta) + 6{,}0 . \qquad (10.21)$$

Высота выступов шероховатости дна в зависимости (10.21) принимается

- для песка $\Delta = 1{,}6 d_{50}$;
- для мелкого гравия и крупного гравия $\Delta = 1{,}3 d_{50}$ и $\Delta = d_{50}$, соответственно.

Согласно работе [12] удельный расход донных наносов q_T, м^3/(с·м), определяется:

$$q_T = 0{,}005HV\left(\frac{V - V_0}{\sqrt{(\rho_T / \rho - 1)gH}}\right)^{2,4}. \qquad (10.22)$$

где - для песка крупностью $0{,}5 \le d_{50} < 2{,}0$ мм $V_0 = 8{,}5d_{50}^{0,6}(12H/3d_{90})$;

- для мелкого песка крупностью $0{,}1 < d_{50} < 0{,}50$ мм $V_0 = 0{,}19d_{50}^{0,1}\lg(12H/d_{90})$.

Согласно работе [32] удельный расход донных наносов q_T, м^3/(с·м), определяется:

$$q_T = 8\frac{\rho}{\rho_T - \rho}g^{1/2}\left(\frac{V_*^2}{g} - 0{,}047d\right)^{3/2}. \qquad (10.23)$$

Динамическая скорость $V_*=V_{*d}$ здесь определяется по формулам (10.20) и (10.21).

Согласно работе [33] удельный расход донных наносов q_T, м^3/(с·м), определяется:

$$q_T = 7{,}6 \quad 10^{-4}\left(\frac{V}{\sqrt{gd}}\right)^3 d(V - V_0)\left(\frac{d}{H}\right)^{0,25}. \qquad (10.24)$$

Применение формулы (10.24) рекомендуется при условии: $d > 0{,}5$-$1{,}0$ мм и $H/d < 5000$.

Неразмывающая скорость потока в формуле (10.24) может определяться по таблицам 10.2 и 10.3.

10.2.7 Для расчета удельного, полного расхода руслового материала (донных и взвешенных наносов) в песчаных руслах q_T в м^3/(с·м) при безгрядовом дне используется зависимость [34]:

$$q_T = \frac{\rho}{\rho_T - \rho}\frac{V^3}{C_d^2}\left(\frac{e'}{tg\varphi_0} + \frac{V_{*d}}{w}\frac{C_d}{\sqrt{g}}\right), \qquad (10.25)$$

где V_{*d} и C_d определяется по формулам (10.20) и (10.21);

φ – угол внутреннего трения грунта ложа реки и равен 24°;

w – гидравлическая крупность частиц, соответствующая их медианному диаметру;

e' - эмпирический параметр, который в зависимости от крупности частиц d, мм, определяется эмпирически:

d, мм	0,1	0,2	0,4	0,6	1,0
e'	0,140	0,134	0,128	0,124	0,120

Первый член в скобках формулы (10.25) определяет расход влекомых наносов, а второй – расход взвешенных наносов.

Для этих же целей может быть использована формула (согласно [35]):

$$q_T = 10.4 \frac{V_*^5}{[g(\rho_T/\rho \quad 1)]^2 d_{50}}. \qquad (10.26)$$

Динамическая скорость V_* в формуле (10.26), соответствующая полной величине сопротивления русла (сумма сопротивлений зернистой и грядовой шероховатости), рекомендуется определять по формуле, предложенной в работе [12]:

$$C/\sqrt{g} = 5.25\left(V/\sqrt[3]{g\nu}\right)^{\frac{1}{2}} (H/B)^{\frac{1}{6}}, \qquad (10.27)$$

где $V = 1{,}15 \cdot 10^{-6}$, м/с.

Выражение (10.27) действительно для рек с грядовым рельефом дна.

10.2.8 При бесструктурном транспорте донных наносов в реках горно-предгорной зоны, когда $10 \le H/d_{95} \le 30$, удельный расход донных наносов q_T, кг/(с·м), определяется по формуле, предложенной в работе [36]:

$$q_T = KV\left(\frac{V}{V_0}\right)^3 \left(1 - \frac{V_0}{V}\right)\left(\frac{d_{50}}{H}\right)^{\frac{1}{4}}, \qquad (10.28)$$

где

$$V_0 = 3.83 d_{50}^{\frac{1}{3}} H^{\frac{1}{6}}. \qquad (10.29)$$

K – коэффициент, равный

при $d_{95}/d_{50} = 1$

$$K = 0.95\sqrt{d_{50}}, \qquad (10.30)$$

при $d_{95}/d_{50} = 1 \div 2$

$$K = 1.5\sqrt[3]{(1.5 d_{50})^2}, \qquad (10.31)$$

при $d_{95}/d_{50} > 2$

$$K = 2.5\sqrt[3]{(2 d_{50})^2}. \qquad (10.32)$$

10.3 Расчёты скорости смещения верхней кромки карьера и времени его заполнения

10.3.1 Для расчетов скорости смещения верхней кромки карьера и времени его заполнения донными наносами необходимо наличие следующих материалов:

- данных о суточных расходах и уровнях воды на участке разработки карьера или приведенных к этому участку за все годы наблюдений;

- топографической карты или плана русловой съемки, охватывающих участок русла длиной 8 – 10 ширин русла;

- графика связи средних скоростей и глубин потока $V=f(H)$ для характерных вертикалей в поперечном сечении русла выше карьера, полученных непосредственными измерениями или расчетным путем;

- данных о крупности и составе руслового материала.

10.3.2 Скорость смещения верхней кромки карьера рассчитывается по формуле

$$C_K = 950 V_Г \left(\frac{h_Г}{h_K}\right) Fr^3, \qquad (10.33)$$

где C_k – скорость перемещения верхней кромки карьера на расчетной вертикали или в пределах расчетной струи плана течений, м/сут; $V_Г$ – средняя скорость потока над гребнем микроформы выше карьера, м/с; $h_Г/h_K$ – отношение высоты микроформы $h_Г$ к глубине карьера h_K.

Высота микроформы $h_Г$ определяется по формулам (10.11), (10.10) для больших, малых и средних рек, соответственно; F_R – число Фруда над гребнем микроформы выше карьера.

В общем случае при расчетах может быть принято несколько расчетных вертикалей по ширине русла и соответственно получено неравномерное смещение верхней кромки карьера по фронту ее смещения. При необходимости строится план течений по данным измерений или по методу плоских сечений в соответствии с приложением Г.

Номограммы для определения скорости смещения верхней кромки карьера в зависимости от числа Фруда, скорости потока выше карьера и отношения высоты гряд к глубине карьера представлены в приложении Д.

10.3.3 Перемещение верхней кромки карьера $L_{Дк}$, м, вдоль расчетного продольника за прогнозируемый период времени $T_{пр}$, сут, следует вычислять по зависимости:

$$L_{\Delta k} = \sum_{i=1}^{n} C_{Ki}\,\delta T_i, \qquad (10.34)$$

где ∂T_i – частные интервалы времени, отвечающие различным характерным диапазонам наполнения русла, сут.; C_{Ki} – скорость смещения верхней кромки карьера, определяемая по формуле (10.33) или по номограммам (приложение Д).

Расчет $L_{\Delta K}$ производится в следующем порядке:

- для заданной крупности руслового материала с использованием таблицы 10.2, эмпирических или расчетных графиков $Q=f(H)$ и $V=f(H)$, а также русловой съемки определяется критическая глубина $h_{кр}$ и соответствующее ей значение уровня воды $H_{кр}$, м, при котором $V \geq V_0$, (начало движения руслового материала);

- на основании данных наблюдений за все предыдущие годы составляется таблица, либо строится эмпирическая кривая обеспеченности суточных уровней воды для значений $H > H_{кр}$. Эти данные группируются в частные интервалы с равными или неравными градациями, для которых определяется частота повторяемости уровня:

$$P_i^* = m_i / N, \qquad (10.35)$$

где m_i – количество суток повторяемости уровня воды в данном интервале; $N=365 \cdot n$ – общее количество суток за n –ный период наблюдений, лет;

- частные интервалы времени ∂T_i, отвечающие тем же стадиям наполнения русла за прогнозируемый период, определяются по зависимости

$$\delta T_i = N_{ПР} P_i \ , \qquad (10.36)$$

где $N_{ПР}$ – общее количество суток прогнозируемого периода;

- время занесения карьера T_K заданной длины L_K определяется по формуле

$$T_k = L_k / C_k \, . \qquad (10.37)$$

- время полного восстановления отметок дна в зоне однонаправленного размыва русла ниже карьера, в случае отсутствия образования самоотмостки в ходе размыва, составляет $T_{ПОЛ} = T_K$ или $T_{ПОЛ} = (0,2 - 0,8) T_K$ в зависимости от степени влияния самоотмостки дна на процесс общего размыва русла ниже карьера в результате перехвата карьером руслового материала.

Примеры расчета скорости смещения кромки карьера и времени его заполнения на равнинных и горно-предгорных участках рек приведены в приложении Е.*

---

* Методика, изложенная в 10.3, примеры расчета скорости смещения верхней кромки карьера, может также использоваться для расчета скорости перемещения затопляемых в паводок мезоформ (побочней, осередков, кос) и их фрагментов при условии $h_Г / \Delta = h_Г / h_К$.

10.4 Расчёты скорости перемещения мезоформ речного русла

10.4.1 При взаимодействии русловых карьеров с затопляемыми мезоформами речного русла, когда карьер разрабатывается выше, ниже или непосредственно на мезоформах (побочнях, осередках, косах), или из русла выбирается вся мезоформа, необходимо оценить динамические характеристики мезоформ - скорость смещения и время восстановления.

10.4.2 Для расчета скорости перемещения затопляемых мезоформ или их фрагментов используется зависимость:

$$C_{\Delta} = 950 V_{\Gamma} (h_{\Gamma}/\Delta) Fr^{3} \qquad (10.38)$$

где C_{Δ} - скорость перемещения мезоформы на расчетной вертикали, м/сут;

V_{Γ} – средняя скорость потока над гребнями микроформ (гряд), перемещающихся по поверхности мезоформы, м/с;

h_{Γ}/Δ - относительная высота микроформы;

h_{Γ} - высота микроформ (гряд), м, определяемая по формулам (10.10) и (10.11);

Δ - высота мезоформы, м, определяемая по топографической карте или русловой съемке как разность между отметками гребня и подвалья мезоформы;

Fr - число Фруда над гребнем микроформы.

В общем случае при расчетах может быть принято несколько расчетных вертикалей по ширине русла и, соответственно, получено неравномерное смещение мезоформы по фронту ее движения. План течений может быть построен по данным измерений или в соответствии с приложением Г.

10.4.3 Расстояние, пройденное мезоформой вдоль расчетного продольника за прогнозируемый период времени, следует вычислять по зависимости:

$$L_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n} C_{\Delta i} \delta T_{i}\,, \qquad (10.39)$$

где $\partial \dot{O}_{i}$ – частные интервалы времени, сут, отвечающие различным диапазонам наполнения русла или стадиям затопления мезоформ; $C_{Дi}$ – скорость перемещения мезоформы в этих интервалах, определяемая по формуле (10.38).

Расчеты перемещения мезоформ речного русла выполняются аналогично расчетам в 10.3 и d приложении Е (при условии $h_{\Gamma}/\Delta = h_{\Gamma}/h_{K}$).

10.4.4 Период движения мезоформы (время, за которое мезоформа проходит расстояние, равное своей длине, или период восстановления мезоформы на участке ее расчистки) можно определить по формуле: $T=L_{мез}/C_{Д.}$.

10.5 Расчёты параметров зон распространения технологической мутности в водных объектах

10.5.1 Общие положения

Оценку воздействия добычи НСМ на концентрацию наносов (мутность) следует выполнять с учетом типа водного объекта и технологии работ.

Тип водного объекта определяет ведущие факторы распространения и трансформации поля мутности от источника загрязнения, а технология работ определяет время воздействия и интенсивность источника загрязнения.

Для целей оценки воздействия добычи НСМ на водные объекты их следует разделять на большие и малые водотоки и водоемы.

В больших водотоках при расчетах распространения технологической мутности источник загрязнения рассматривается как локальный или точечный в поперечном сечении потока. Ведущими факторами трансформации поля мутности является глубина на вертикали, локальная скорость стокового течения, процессы оседания частиц и турбулентное перемешивание чистых и загрязненных вод.

В малых водотоках при расчетах распространения мутности источник загрязнения рассматривается осредненным по всему поперечному сечению потока в начальном створе. Ведущими факторами трансформации поля мутности являются средняя глубина водотока, средняя скорость стокового течения и процесс оседания частиц.

В водоемах при расчетах распространения мутности необходимо учитывать наличие течений той или иной природы (стоковое, дрейфовое, волновое и др.), а также механизм и условия перемешивания чистых и загрязненных вод. Ведущими факторами трансформации поля мутности является глубина на вертикали, локальная скорость течения, процессы оседания частиц и перемешивание чистых и загрязненных вод.

10.5.2 Расчет распространения мутности в больших водотоках

Для расчета распространения мутности в больших реках рекомендуется метод, изложенный во Временных указаниях, разработанных Новосибирской государственной академией водного транспорта [37].

Приемлемые результаты расчета по этому методу можно получить только при существенных скоростях течения.

В методике расчета [~~37~~] 32используются эмпирические зависимости изменения концентрации взвешенных веществ в зависимости от длины и глубины участка, средней скорости течения и гидравлической крупности частиц, образующих взвесь. При выполнении расчета река ниже створа земляных работ разбивается на участки, в пределах которых скорость течения и глубину принимают приближенно постоянными. Расчет ведется последовательно по участкам.

В ходе расчета для каждого участка по эмпирическим графикам определяются K_ω – коэффициент гидравлической крупности, K_V – коэффициент скорости, K_m – коэффициент глубины и коэффициент уноса.

Затем определяется концентрация примесей в створе выброса по зависимости

$$S_0 = \frac{K_y Q_t}{3600} \cdot \frac{K_1 \rho}{B \cdot T \cdot V}, \qquad (10.40)$$

где K_y – коэффициент уноса грунта, определяемый по номограмме (рисунок 10.5);

Q_t – техническая производительность землесоса, м^3/час;

K_1 – процентное содержание частиц грунта меньше контролирующего диаметра (за фактор, определяющий границы зоны повышенной мутности, принимается d_5, при этом коэффициент K_1 = 0,05);

ρ – плотность грунта, кг/м^3;

$B = 3B_{сбр}$ – ширина взмученного потока в створе рефулирования, равная утроенной ширине сбросного устройства $B_{сбр}$, м;

T, V – глубина, м, и скорость течения, м/с, в месте выброса грунта.

По величине концентраций примесей в створе выброса по двум эмпирическим графикам находится значение массовой концентрации твердых примесей на оси грунта в конечном створе i-ого участка.

Расчеты выполняют вплоть до n-ого створа, где массовая концентрация твердых примесей на оси струи будет равна ПДК. Длина последнего расчетного участка, нижний створ которого должен совпадать с дальней границей зоны с мутностью, большей ПДК, находится подбором.

При необходимости данный метод позволяет также по эмпирическим графикам рассчитать и ширину облака распространения мутности.

К достоинствам метода, изложенного во Временных указаниях [37], следует отнести относительную простоту его применения, а к недостаткам - трудоемкость вычислений и упрощенность модели, в которую входят осредненные по оси выброса глубины и скорости течения. Кроме того, при разработке этого метода было принято, что фактором, определяющим границы зоны повышенной мутности, является диаметр

частиц d_5, мельче которого будет только 5% частиц от общей массы грунта. Таким образом, метод предусматривает рассмотрение процесса оседания частиц большой крупности и не учитывает мелкие частицы, которые, как показывает практика, распространяются на значительные расстояния от зоны рефулирования, приводя к негативному для гидробионтов повышению мутности воды.

Кроме того, способ расчета, изложенный в работе [37], применим только при наличии течения. В зонах подпора уровней, а также в озерах и водохранилищах, где течение несущественно или меняет свое направление, использовать данную методику не представляется возможным.

Недостатки методики, изложенной в работе [37], вызвали необходимость в разработке номографического метода определения относительного изменения концентрации взвесей.

Метод, предложенный в работе [38], являющийся развитием метода, изложенного в [37], позволяет определить относительное изменение концентрации взвеси на участке S_i / S_{i-1}, а следовательно, и величину технологической мутности, вызванной работой земснаряда в каждом расчетном створе по длине участка ΔL, средней скорости V и глубине T, а также гидравлической крупности грунта w. Обобщающая номограмма получена путем аппроксимации эмпирических зависимостей согласно математическим формулам, представленным в работе [37].

В результате математических преобразований получено следующее выражение:

$$\frac{S_i}{S_{i-1}} = e^{-0,0023\,\Delta L_i \ln\left(\frac{1,7}{\upsilon_i}\right)^{1,7} \ln\left(\frac{12,5}{T_i}\right)^{0,5} \ln\left(\frac{\omega}{0,00018}\right)} \qquad (10.41)$$

или

$$\frac{S_i}{S_{i-1}} = \left(\frac{\omega}{0,00018}\right)^{-0,0019\,\Delta L_i \ln\left(\frac{1,7}{\upsilon_i}\right) \ln\left(\frac{12,5}{T_i}\right)}, \qquad (10.42)$$

где S – концентрация примесей в различных створах,

i – номер створа;

ΔL_i – расстояние между расчетными створами, м;

V_i и T_i – скорость, м/с, и глубина, м, в i-ом створе на оси струи;

w – гидравлическая крупность грунта, м/с.

На основании уравнения (10.41) построена номограмма, позволяющая облегчить расчетную часть задачи (рисунок 10.3).

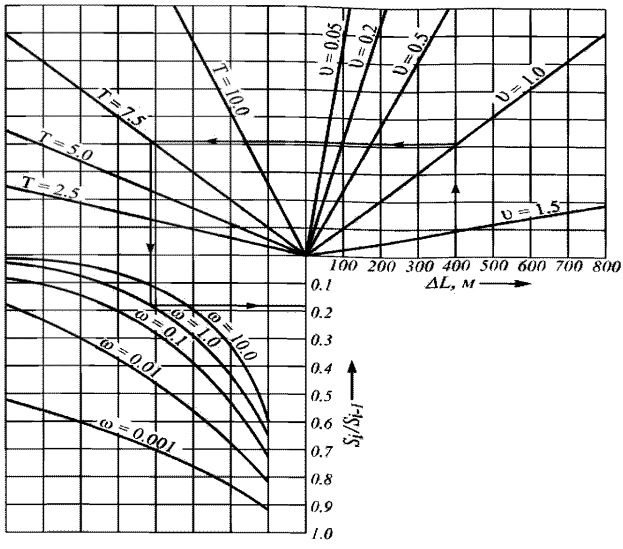


Рисунок 10.3 Номограмма для определения относительного изменения концентрации взвешенных наносов S_i / S_{i-1} при отвале извлеченного грунта в воду.

Определение относительной концентрации взвешенных наносов номографическим методом осуществляется в следующем порядке:

1 Район реки, на котором производится отвал грунта, разбивается сечениями длиной Δl_i, начиная со створа 0–0 (Рисунок 10.4), проведенного через начальную точку сброса грунта. По плану участка определяется расстояние между соответствующими сечениями ΔL_i, средняя глубина T_i вдоль оси выброса. Из натуральных данных или расчетным путем устанавливается средняя по каждому участку скорость течения V_i.

2 По известному диаметру грунта d_5, соответствующему 5% содержанию рефулируемого грунта по объему, находится гидравлическая крупность грунта w, см/с, по таблице 10.4.

3 определяется значение коэффициента уноса грунта K_y согласно рисунку 10.5.

4 По зависимости (10.41) вычисляется концентрация примесей в створе выброса.

5 По номограмме (рисунок 10.3) устанавливается величина относительного изменения концентрации взвешенных наносов на рассматриваемых участках.

6 По значениям S_i / S_{i-1} , снятым с номограммы, и величине концентрации взвеси в створе выброса (рисунок 10.3)определяются значения концентрации в каждом расчетном створе.

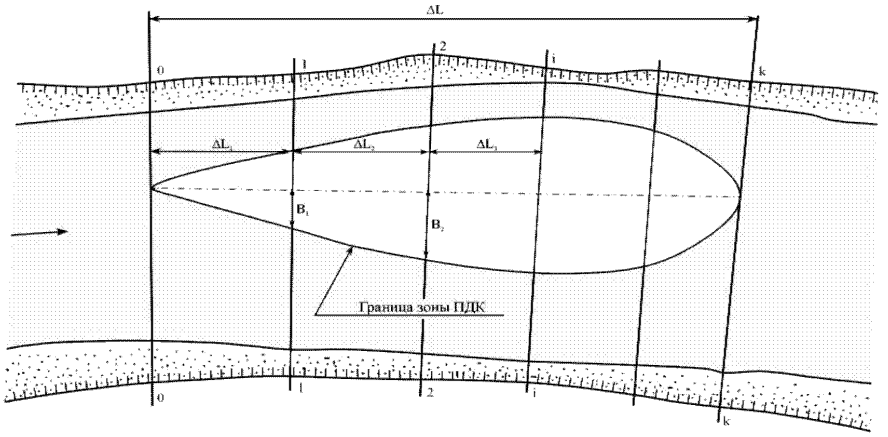


Рисунок 10.4 Схема расчета пятна распространения мутности при дноуглублении

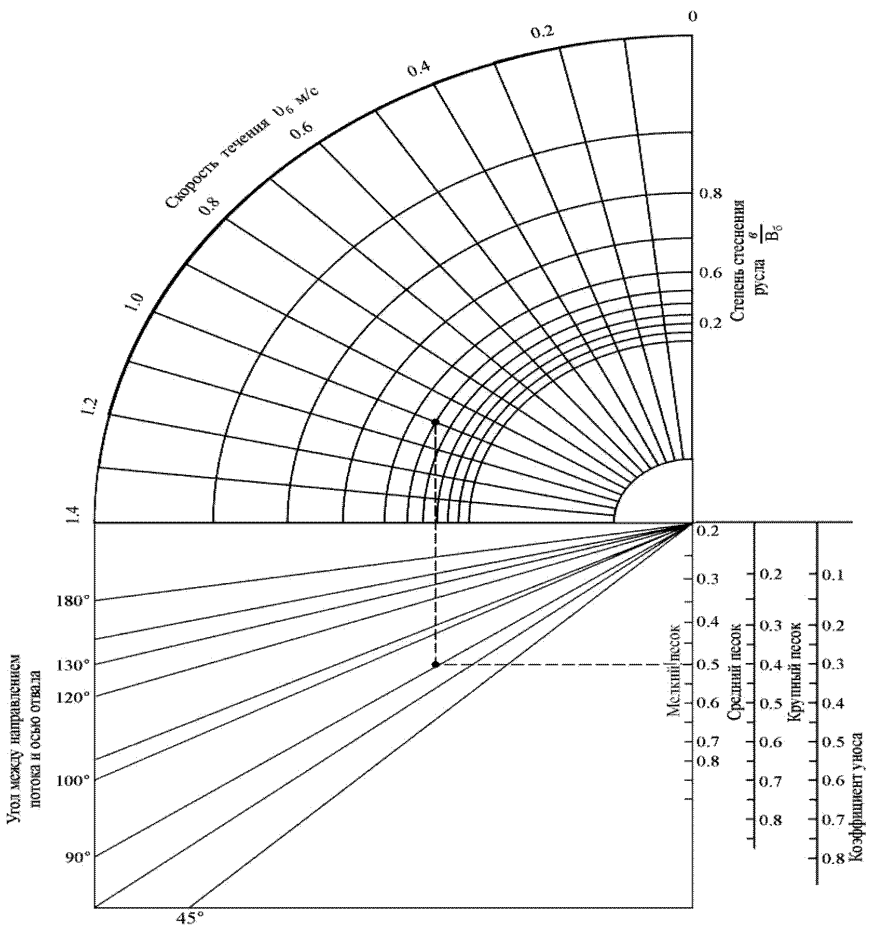


Рисунок 10.5. Номограмма для определения коэффициента уноса

Таблица 10.4 - Гидравлическая крупность речных наносов *w*, см/с, диаметром *d*, мм

Диаметр *d*, мм	Гидравлическая крупность *w*, см/с	Диаметр *d*, мм	Гидравлическая крупность *w*, см/с	Диаметр *d*, мм	Гидравлическая крупность *w*, см/с	Диаметр *d*, мм	Гидравлическая крупность *w*, см/с
0,001	0,00070	0,25	2,70	0,80	8,07	2,75	18,50
0,005	0,00125	0,30	3,24	0,85	8,40	3,0	19,25
0,010	0,00490	0,35	3,78	0,90	8,75	3,25	20,10
0,030	0,06200	0,40	4,32	0,95	9,06	3,50	20,85
0,050	0,17300	0,45	4,86	1,00	9,44	3,75	21,95
0,080	0,44300	0,50	5,40	1,25	11,50	4,00	22,25
0,100	0,69200	0,55	5,94	1,50	12,50	4,25	22,95
0,130	0,76000	0,60	6,48	1,75	13,92	4,50	26,65
0,180	1,74000	0,65	7,32	2,25	16,62	5,00	24,90
0,200	2,16000	0,70	7,70	2,50	17,65		

Пример определения концентрации взвеси в районе отвала грунта в воду при разработке землечерпательной прорези землесосом номографическим методом приведен в приложении Ж.

Вышеописанная методика предусматривает рассмотрение процесса оседания частиц большой крупности. При необходимости рассмотрения процесса распространения и трансформации поля мутности, сформированной частицами диаметром менее 0,05 мм, предпочтительнее использовать метод расчета переноса взвешенных веществ, основанный на использовании уравнения турбулентной диффузии, который учитывает как процессы разбавления начальной концентрации взвеси, так и массообмен взвесенесущего потока с донными отложениями. Методы расчета на основе использования уравнения турбулентной диффузии изложены в [35, 39].

Методы расчета распространения мутности в судоходных реках с учетом процессов разбавления и осаждения частиц также изложены в работе [8].

В качестве исходных данных используются

- гидрометеорологические данные, включая расчетные расход и уровень воды, морфометрические характеристики русла, скорость течения и фоновые значения мутности;

- геологические данные (осредненный гранулометрический состав разрабатываемых грунтов и донных отложений (вскрыши);

- данные о технологическом оборудовании, в том числе тип добычного и транспортного судов, параметры группы рефулирования.

В зависимости от параметров оборудования и характеристики течения определяется начальная мутность в створе производства работ.

Максимальная технологическая мутность в расчетном контрольном створе рассчитывается по методу Таллинского политехнического института отдельно для случаев размещения источника загрязнения у берега и в середине реки.

10.5.3 Расчет распространения мутности в малых водотоках (метод ГГИ)

Метод расчета распространения поля мутности в малых реках разработан в Государственном гидрологическом институте (далее – ГГИ). В малых водотоках работа землеройной техники приводит к равномерному распределению технологической мутности в исходном створе, и трансформация поля мутности происходит по длине реки в основном результате осаждения частиц. Расчет ведется для величины превышения мутности над фоновыми значениями в предположении, что фоновая мутность соответствует гидравлическим характеристикам потока и не приводит к заилению русла.

Расчет распространения мутности в малом водотоке ведется последовательно по этапам:

- расчет стартовой мутности в створе производства земляных работ и расчет времени воздействия пятна мутности на участок реки в пределах его распространения;

- расчет зон распространения частиц грунта разной крупности вниз по течению от створа производства земляных работ;

- расчет массы грунта, оседающего по участкам реки ниже створа производства земляных работ, и расчет изменения мутности вниз по реке;

- расчет толщины слоя наилка, образовавшегося в результате производства земляных работ, и массы грунта, отложившегося на единицу площади дна водотока (плотности заиления).

На этапе 1 исходными данными для расчета служат:

- объем перемещаемого (извлекаемого) грунта;

- производительность землеройной техники;

- характеристика механического состава грунта;

- процент уноса грунта;

- морфометрические характеристики реки (ширина и глубина);

- скорость течения.

Расход воды в реке q (м^3/с) рассчитывается по формуле:

$$q = b \cdot h \cdot v, \qquad (10.43)$$

где b – ширина реки, м, h – средняя глубина реки, м, v – средняя скорость течения, м/с.

Средняя технологическая мутность в створе перехода определяется по формуле

$$\Delta P = \frac{g \cdot \rho \cdot z \cdot 10^4}{q}, \qquad (10.44)$$

где ΔP – средняя дополнительная мутность в створе работ, г/м^3; g – производительность землеройной техники, м^3/с; z – процент уноса грунта; ρ и q – объемная масса грунта (т/м^3) и расход воды (м^3/с), соответственно.

Объемная масса грунта в русле в естественном состоянии ρ_1 определяется по данным инженерно-геологических изысканий или в соответствии с имеющейся характеристикой механического состава грунта по таблицам, представленным в работе [40].

Время воздействия дополнительной мутности на водоток определяется по формуле

$$\tau = \frac{W}{g}, \qquad (10.45)$$

где W –объем перемещаемого грунта, м^3; g – производительность землеройной техники, м^3/с..

Пример расчета стартовой мутности в створе производства земляных работ и расчет времени воздействия пятна мутности на участке малой реки Бол. Вени (о-в Сахалин) приведен в приложении Ж (таблица Ж.1).

Для 2-го этапа расчета исходными данными служат:

- гранулометрический состав грунта (по фракциям, в % массы);
- стандартная гидравлическая крупность частиц расчетного диаметра;
- температура воды;
- температурный поправочный коэффициент к значению гидравлической крупности;
- морфометрические характеристики реки (ширина и глубина);
- скорость течения.

Границами расчетных зон распространения мутности принимаются створы, до которых происходит полное оседание на дно выделенных фракций грунта.

Гидравлическая крупность частиц в расчетных условиях w рассчитывается по формуле

$$w = w_0 \cdot k_T , \quad (10.46)$$

где w_0 - гидравлическая крупность частиц в стандартных условиях, м/с; k_T– поправочный температурный коэффициент.

Нижние по течению границы расчетных зон определяются по формуле

$$L = h \cdot v / w \quad (10.47)$$

где L – расстояние от створа работ, м; h – глубина, м; w – гидравлическая крупность для нижней границы фракции грунта в расчетных условиях, м/с.

Пример расчета зон распространения частиц грунта разной крупности вниз по течению от створа производства земляных работ на участке реки Бол. Вени приведен в приложении Ж (таблица Ж.2).

Для 3-го этапа расчета исходными данными служат результаты расчета первых 2-х этапов.

Поступающая в поток при разработке карьера масса грунта G рассчитывается по формуле

$$G=W\rho_1 z/100, \quad (10.48)$$

где W –объем перемещаемого грунта, м^3; ρ_1- объемная масса грунта в русле в естественном состоянии (т/м^3) и z – процент уноса грунта.

Для каждой зоны l рассчитывается масса грунта в каждой фракции G_{il}', осевшая в l -той зоне

$$G_{il}'=G_i(L_l/L)- \Sigma G_{i(l-n)}' \quad (10.49)$$

где G_i – масса грунта, поступившая в поток i-той фракции, т; $\Sigma G_{i(l-n)}'$ – масса грунта данной фракции, осевшая в предыдущих расчетных зонах выше по течению, т; L_i – длина расчетной зоны, м; L – расстояние от створа работ до створа полного оседания расчетной фракции, м.

Суммированием $\Sigma G_{il}'$ получаем массу грунта, осевшую в каждой зоне.

Далее рассчитывается интегральная сумма массы осевшего грунта в русле от створа перехода до расчетного створа.

Разность между всей массой грунта, поступившей в поток, и массой грунта, осевшей к расчетному створу, дает массу транзитного грунта в створе $G_{L(\text{транзит})}$.

Полная дополнительная мутность по расчетным створам при разработке карьера рассчитывается по формуле

$$\mu'=\tau(10^2 G_{L(\text{транзит})}/3,6)/q , \quad (10.50)$$

где $т$ – время разработки карьера, q – расход воды, 10^2 и $3,6$ – множители для согласования размерности времени в значениях производительности техники, продолжительности работ и расхода воды, и для перехода к размерности г/м^3 (мг/л).

Пример расчета массы грунта, оседающей по участкам реки ниже створа производства земляных работ, и расчета изменения мутности вниз по реке Бол. Вени приведен в приложении Ж (таблица Ж.3).

Для последнего 4-го этапа расчета исходными данными служат рассчитанные значения массы отложившегося грунта по зонам при разработке грунта.

С учетом гранулометрического состава отложившихся фракций определяется по таблице объемная масса отложений (для естественного уплотненного состояния).

Принимая во внимание то, что отложения являются свежими, вносится поправка $k_{разрыхл}$ на неуплотненность отложений

$$\rho_2=\rho / k_{разрыхл}. \quad (10.51)$$

Далее определяется объем отложений (W, м^3) в расчетной зоне

$$W=G/\rho_2. \quad (10.52)$$

Площадь дна реки в пределах расчетной зоны определяется по формуле

$$F=L\cdot b, \quad (10.53)$$

где F– площадь, м^2; L – длина зоны, м; b – ширина реки, м..

Средний слой наилка δ (мм) в зоне определяем по формуле

$$\delta=W/F\cdot 1000 \quad (10.54)$$

где 1000 – множитель для перехода к размерности в мм.

Удельная плотность заиления дна в зоне (ζ, мг/см^2) определяется по формуле

$$\zeta= G / F. \quad (10.55)$$

Значения толщины слоя наилка и удельной плотности заиления рассчитаны как средние в зоне, поэтому эти значения необходимо относить к створу реки в середине зоны.

В предположении, что оседание частиц происходит равномерно по длине реки, график зависимости изменения величин толщины наилка и плотности заиления с расстоянием от створа работ позволяет получить эти значения в любом створе в пределах участка воздействия.

Пример расчет толщины слоя наилка, образовавшегося в результате производства земляных работ, и массы грунта, отложившегося на единицу площади дна водотока (плотности заиления) для реки Бол. Вени приведен в приложении Ж (таблица Ж.4, рисунки Ж.1 и Ж.2).

10.5.4 Расчет распространения мутности в водоемах

Методика расчета распространения взвешенных наносов при производстве земляных работ в водоемах изложена в [7].

В основу расчета положено уравнение турбулентной диффузии и распределения концентрации по длине струи. Для расчета распространения взвешенных наносов в водоемах необходимы сведения о начальной концентрации взвеси, глубинах в районе источника загрязнения, гранулометрическом составе донных отложений и характере течений в водоеме. При наличии в районе источника устойчивого во времени и пространстве загрязнения течения процесс переноса и разбавления взвешенных веществ протекает так же, как в реках. Существенным отличием является только то, что загрязняемая часть потока ограничена берегом только с одной стороны. Когда скорости течения в водоеме малы и неустойчивы по направлению, происходит накопление загрязненных вод в районе работ, сопровождаемое турбулентной диффузией. В рассматриваемых условиях расчет выполняется по уравнению, записанному в цилиндрических координатах.

10.5.5 Оценка воздействия речных карьеров на уровенный режим водных объектов и русловые деформации с помощью математических моделей

10.5.5.1 Специфика составления прогнозов русловых переформирований в расчетной практике заключается в том, что к настоящему времени многие судоходные реки оказались подверженными существенному влиянию антропогенных факторов в результате проведения на них в прежние годы инженерных воднотранспортных мероприятий. Поэтому использование для таких водных объектов традиционных подходов, основанных на применении гидроморфологических методов исследования и гидроморфологических зависимостей, в некоторых случаях не позволяет получить надежные результаты прогнозирования. В таких случаях в проектных проработках, наряду с гидравлическим моделированием, используются математические модели и современные численные методы вычислений.

На практике задача математического моделирования заключается в выполнении гидравлических расчетов характеристик течения воды и параметров транспорта наносов (деформаций дна) для участков рек с учетом инженерного вмешательства в русловой процесс. Расчеты сводятся к решению системы уравнений движения воды, уравнений неразрывности и деформаций. При этом в основном применяются одномерные и плановые математические модели речной гидравлики.

Достоверность выполняемых расчетов зависит, в первую очередь, от адекватности учета в математической модели характеристик гидравлических сопротивлений движению потока в реках и механизма и характера перемещения донных руслоформирующих наносов, а именно достоверности используемых формул расчета расхода донных наносов.

В связи с этим, при существующем многообразии математических и гидродинамических моделей, используемых при оценке воздействия карьерных разработок на гидравлический и русловой режимы водотоков, учет характеристик гидравлических сопротивлений и параметров транспорта донных наносов должен базироваться на положениях гидроморфологической теории руслового процесса. Соответствующие рекомендации по оценке возможных форм транспорта наносов, условий начала их трогания и использованию различных формул для расчета расхода донных наносов изложены в разделе 10 настоящего документа.

При оценке характеристик гидравлических сопротивлений основным требованием является корректный учет зернистой шероховатости речного русла и сопротивлений, вызываемых структурными внутрирусловыми микро- и мезоформами. Соответствующе рекомендации по данной проблеме представлены в разделе 10 настоящего документа.

Достоверность учета характеристик гидравлических сопротивлений должна подтверждаться детальной тарировкой модели либо по данным натурных изысканий на каждом участке расположения карьера, либо по материалам физического гидравлического моделирования.

Для выполнения таких расчетов на исследуемом участке реки должен быть выполнен комплекс русловых изысканий. Натурные исследования на участке должны производиться в 3÷4 цикла во всем диапазоне колебания уровней воды. В каждом цикле должно быть предусмотрено измерение расходов воды и уклонов свободной поверхности. Это позволит построить для каждого расчетного участка графики зависимости коэффициента шероховатости от уровня воды (наполнения русла), которые можно использовать в гидравлических расчетах, выполняемых при проектировании инженерных мероприятий в русле реки и оценке их воздействия на гидрологический и русловой режимы.

10.5.5.2 С использованием численного моделирования в одномерной постановке с определенной степенью приближения могут быть решены некоторые задачи речной гидравлики, в том числе расчет отметок свободной поверхности и

прогноз русловых переформирований на участке реки большого протяжения, расчет распределения расхода воды по рукавам, расчет прохождения волны паводка и др.

В одномерной модели характеристики потока и русла осредняются по ширине реки, а по результатам выполненных вычислений анализируется их изменение по длине реки и во времени. Это позволяет дать оценку влияния проектируемых в русле реки инженерных воднотранспортных мероприятий на положение уровней воды и составить прогноз переформирований русла на интересующий период времени.

Исходная система уравнений движения, неразрывности и деформаций дна в одномерной постановке записывается в следующем виде:

$$I = -\frac{\partial Z}{\partial l} = \frac{U^2}{C^2 H} + \frac{(1+\zeta)}{2g}\frac{\partial U^2}{\partial l} + \frac{1}{g}\frac{\partial U}{\partial t} \qquad (10.56)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial l} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = 0 \qquad (10.57)$$

$$\frac{\partial Q_s}{\partial l} + (1-\varepsilon)\frac{\partial \omega}{\partial t} = 0 \qquad (10.58)$$

где Z – отметка свободной поверхности; l – продольная координата; U – средняя скорость течения; H – средняя глубина; g – ускорение силы тяжести; Q – расход воды; Q_s - расход наносов; ω - площадь поперечного сечения; ς - коэффициент местных сопротивлений; ε - пористость грунта.

Система уравнений 10.56 - 10.58 замыкается заданием двух функций, одна из которых предназначена для вычисления коэффициента Шези $C = f(l,t)$, а вторая – для расчета расхода русловых наносов в реке $Q_s = f(l,t)$.

Начальными условиями служат распределения величин B и ω по длине потока на начальный момент времени $t = 0$ в виде $B = B_{(l,0)}$ и $\omega = \omega_{(l,0)}$.

Граничными условиями на верхнем конце рассматриваемого участка реки служат функции: $Q = Q_{(0,t)}$, $Q_s = Q_{s(0,t)}$ и $\omega = \omega_{(0,t)}$, выражающие ход изменения во времени расхода воды, расхода наносов и площади поперечного сечения, соответственно. Кроме этого, для вычисления отметок свободной поверхности по длине реки, на нижнем конце рассматриваемого участка задаются графики хода уровней и расходов воды на прогнозируемый период времени.

Исходная система дифференциальных уравнений решается методом конечных разностей. Искомые функции определяются расчетом для каждого поперечного сечения с шагом по времени, равным Δt.

При дискретизации исходных уравнений график хода уровней (расходов) воды заменяется ступенчатым аналогом. При этом, внутри каждого интервала времени расход и уровень воды считаются постоянными.

Вычисления отметок свободной поверхности выполняются последовательно, начиная с нижнего сечения с известной отметкой уровня воды.

При наличии данных натурных наблюдений за положением уровня воды по длине рассматриваемого участка реки при вычислении осуществляется верификация математической модели с целью установления достоверности оценки потерь энергии по длине.

Если на рассматриваемом участке реки намечено выполнение инженерных мероприятий, связанных с извлечением речного аллювия или проведением дноуглубительных работ, то в ходе выполнения вычислений производится корректировка характеристик поперечных сечений в зоне производства работ. Таким образом, по результатам вычислений будет составлен прогноз русловых переформирований на участке реки и получена оценка влияния намеченных к реализации мероприятий в русле реки на гидрологический и русловой режимы на интересующий момент времени.

Вместе с тем, следует иметь в виду, что описание процессов, происходящих в естественных руслах в рамках одномерной модели, является достаточно приближенным, и полученные на основе такой модели данные могут служить лишь в качестве экспертной оценки. Повышение качества русловых прогнозов может быть достигнуто в результате решения системы уравнений движения воды и деформаций в плановой постановке или путем физического моделирования наиболее сложных участков речных русел.

Пример использования математического моделирования при проектировании карьеров НСМ приведен в приложении И.

11 Рекомендации по размещению карьеров НСМ на водных объектах

Исходя из условия минимального влияния добычи НСМ на естественный гидравлический и русловой режимы рек – изменение уклона водной поверхности, структуры потока, характеристик транспорта наносов, высотных и плановых деформации русла и поймы, типа руслового процесса, – наиболее обоснованной представляется добыча аллювия на следующих участках:

- устьевых участках рек,
- водохранилищах и зонах выклинивания подпора от водохранилищ,
- протоках многорукавных русел,
- пойменных участках дельт, пойменных и надпойменных террас,
- на участках осыпей, обвалов, оползней, конусов выносов горных рек и конусов выносов селевых потоков.

Разработка НСМ должна производиться в разумных пределах, которые определяются для каждого конкретного случая.

Предпочтение следует отдавать нерегулярным, единичным выемкам аллювия, рассредоточенным на большой площади в указанных выше фрагментах русла и поймы.

11.1 Особенности морфодинамических процессов и добычи НСМ из водохранилищ, зон переменного подпора от водохранилищ и нижних бьефов ГЭС

11.1.1 Водохранилища и зоны переменного подпора от водохранилищ являются накопителями твердого стока реки и содержат аллювиальный материал различной кондиции в большом количестве, уже сепарированный в различных своих частях. Однако решение о добыче НСМ из акватории водохранилища принимается с учетом рыбохозяйственного значения водоема и его использования для питьевого водоснабжения, морфологического строения водохранилища и динамических процессов, происходящих в нем, режима твердого стока и вдольберегового перемещения наносов, характера и темпов размыва берегов.

Добыча НСМ из водохранилищ может производиться на участках накопления наносов в аккумулятивных морфологических формах (затопленные осередки, острова, побочни, пойма).

11.1.2 Не рекомендуется разработка карьеров на участках прибрежных зон водохранилищ, где процессы размыва преобладают над аккумулятивными процессами, а также из береговой зоны и отмелей.

11.1.3 К зоне выклинивания подпора или к зоне переменного подпора относится верхняя часть водохранилища, где на бытовые условия реки в определенные периоды года накладывается подпор, вызванный повышением уровня воды в водохранилище. В зависимости от уровня воды в водохранилище положение створа выклинивания подпора непрерывно меняется. На крупных и средних равнинных реках длина зоны переменного подпора составляет 100-200 км.

Вдоль зоны выклинивания подпора по течению увеличиваются глубины, уменьшаются уклоны водной поверхности и скорости течения, снижаются значения расходов донных и взвешенных наносов, уменьшается крупность донных отложений, увеличивается продолжительность и глубина затопления поймы.

В зоне переменного подпора процесс аккумуляции наносов преобладает над процессом размыва. В этой части крупных равнинных водохранилищ аккумулируется 30-80% твердого стока реки. В средней части зоны переменного подпора слой отложившихся наносов достигает максимума, уменьшаясь в направлении верхнего и нижнего граничных створов зоны переменного подпора.

Преобладание аккумуляции наносов в зоне переменного подпора приводит к уменьшению темпов плановых деформаций на меандрирующих реках, отмиранию второстепенных рукавов и укрупнению осередков и островов в многорукавных руслах, заилению плесовых лощин.

Наиболее благоприятные с морфологической точки зрения места для разработки карьеров – затопленные осередки, острова, побочни, косы, участки поймы и надпойменных террас, – в зонах выклинивания подпора водохранилищ относятся к средней и нижней частям этих зон.

11.1.4 Возведение ГЭС на реке приводит к коренным преобразованиям факторов, определяющих русловой процесс, включая характеристики стока воды и наносов. Участок русла, находящийся в естественных условиях в состоянии динамического равновесия с обратимыми русловыми деформациями, беспрепятственно пропускающий наносы вниз по течению, после строительства ГЭС переходит в иное состояние и меняет свои функции в отношении транспорта наносов. Верхний бьеф реки превращается в зону необратимой аккумуляции наносов, а нижний бьеф – в зону необратимой эрозии, питающий наносами участок реки ниже ГЭС.

Многолетнее, сезонное, недельное и суточное регулирование речного стока уменьшает объем и интенсивность паводочного стока ниже водохранилища и увеличивает меженный сток реки. В нижнем бьефе ГЭС резко сокращается сток взвешенных наносов и полностью прекращается поступление донных наносов. Это приводит к изменению характеристик руслового процесса и режима русловых деформаций. На фоне общего размыва русла происходят обратимые деформации дна в результате движения мезо и микроформ речного русла. Происходит посадка уровня воды, затрудняющая на большом протяжении от створа ГЭС условия судоходства, работу водозаборов, причальных и транспортных сооружений, переходов различных коммуникаций через реки (мостовых переходов, подводных трубопроводов и т.д.), берегоукрепительных и руслорегулирующих сооружений.

Изменение гидрологического режима в нижнем бьефе (понижение уровней воды) приводит к перераспределению расходов воды между рукавами в многорукавных руслах, отмиранию второстепенных рукавов, изменению режима затопления пойм, преимущественному развитию главного рукава русла при незавершенном меандрировании и смене типа русла - переходу от незавершенного к свободному меандрированию.

Размещать карьеры на участках нижних бьефов гидроузлов в зоне, охваченной общей эрозией русла, нецелесообразно.

11.1.5 В исключительных случаях допускается проектирование карьеров (с ограждением участков добычи НСМ защитными дамбами) на бывших пойменных участках и во второстепенных рукавах русел с незавершенным меандрированием и пойменной многорукавностью.

11.2 Добыча НСМ из устьев рек и их притоков

11.2.1 В устьях рек при всех генетических типах устьевых участков происходит процесс однонаправленного отложения (необратимой аккумуляции) наносов.

В многорукавных дельтах добыча НСМ может осуществляться во второстепенных протоках в объемах, не оказывающих влияния на гидрологический и гидравлический режимы и на естественную интенсивность и направленность русловых деформаций. При соблюдении этих же требований карьеры могут быть размещены на мезоформах и островах в дельтах островного типа и в верхних частях речных эстуариев.

Морфодинамика устьевых участков притоков рек и особенности их гидрологического, гидравлического и руслового режимов зависят от характера воздействия на приток главной реки: соотношения расходов главной реки и притока и сроков прохождения половодья, соотношения амплитуд колебания уровней воды, мутности воды и гранулометрического состава наносов сливающихся потоков. Поэтому, следует различать устьевые бесподпорные и подпорные участки и режимы сопряжения притока с главной рекой.

11.2.2 Устьевые участки подпорного типа наблюдаются чаще, поскольку высота и продолжительность половодья на главной реке, как правило, больше, чем на притоке. На таких участках аккумулятивные процессы преобладают над процессами размыва, что приводит к образованию в период половодья устойчивых перекатов и русловых аккумулятивных форм. Переменный подпор притока в половодье способствует также развитию широких пойм на устьевых участках притоков. Поэтому разработку карьеров на устьевых участках подпорного типа рекомендуется осуществлять в зонах постоянного накопления наносов: на перекатах, русловых аккумулятивных формах и на пойменных участках.

11.2.3 Разработка карьеров НСМ на устьевых участках бесподпорного типа не рекомендуется, или ее следует выполнять с большой осторожностью в ограниченных объемах, так как это может привести к значительной посадке уровней воды, увеличению уклонов водной поверхности и скоростей течения, размыву дна и берегов русла, результатом чего может оказаться нарушение устойчивости инженерных сооружений и ухудшение состояния окружающей среды и экологических условий.

11.3 Особенности добычи НСМ из русел рек горно-предгорной зоны

11.3.1 Реки горно-предгорной зоны для судоходства не используются. Поэтому проблемы, возникающие при добыче НСМ на судоходных реках в связи с судоходством (уменьшение судоходных глубин, увеличение объема дноуглубительных работ, ухудшение условий эксплуатации портов, судопропускных и причальных сооружений и др.), на реках горно-предгорной зоны не существуют.

11.3.2 Часто на реках горно-предгорной зоны добычу НСМ совмещают с решением задачи борьбы с паводками. Из-за больших естественных уклонов дна и водной поверхности, при разработке карьеров НСМ на таких реках сравнительно легко достигается эффект существенного снижения уровней воды и режим

функционирования карьеров по схеме незатопленного сопряжения с транзитным потоком, когда падение уровня на участке выше карьера, $\Delta z \geq h$, где h – бытовая глубина потока выше карьера (см. рисунок 6.2).

Вследствие больших глубин и объемов больших карьеров относительно глубины и размеров русел рек горно-предгорной зоны, вместе с понижением уровня воды происходит существенное понижение естественных отметок дна (размыв) на большом расстоянии выше и ниже карьера. Это создает угрозу для надежной эксплуатации инженерных сооружений в зоне размыва дна, вызванного устройством карьера (мостовых опор, водозаборов, подводных переходов трубопроводов, кабелей связи и высоковольтных линий электропередач, руслорегулирующих и берегозащитных сооружений и др.). При больших объемах добычи НСМ на реках горно-предгорной зоны существенно ухудшаются состояние окружающей среды и экологические условия. Понижение депрессионных кривых грунтовых вод приводит к обсыханию корневой системы и деградации растительности на пойме, активизации оползневых процессов и сокращению нерестилищ рыб.

11.3.3 Например, разработка большого карьера (длиной 1900 м, шириной 80-300 м, глубиной 4,0 м, общим объемом 1,4 млн. м^3), функционирующего в незатопленном режиме на типичной предгорной реке Лаба у пос. Мостовского, в течение 2,5 лет привела к снижению уровня воды над карьером на участке непосредственной выемки речного аллювия на 2,0-2,5 м. Выше карьера, на расстоянии 1100 м понижение уровня воды в реке составило 1,0-1,5 м [41].

Расчеты показывают, что восстановление естественного руслового и гидравлического режимов реки на этом участке при условии полного прекращения карьерных разработок может произойти через 10-15 лет.

По данным модельных исследований, разработка длинного (1-2 км), широкого (соизмеримого с шириной паводочного русла) и глубокого (4 м) карьера, на отмеченном участке р. Лабы функционирующего в незатопленном режиме, вызывает врезание русла на глубину 2-3 м на расстоянии > 1км выше карьера и на глубину 2-2,5 м на расстоянии 1-2 км ниже карьера. В зоне необратимых однонаправленных деформаций непосредственно ниже карьера происходит самоотмостка дна крупными наносами, препятствующая дальнейшему размыву русла в глубину. Уровни воды выше карьера снижаются на 1,5-2,5 м, а ниже карьера – на 0,5-1 м [41].

Таким образом, разработка длинного руслового карьера на р. Лабе вызывает значительное снижение отметок дна и водной поверхности. С одной стороны, это благоприятно сказывается на условиях пропуска половодий и паводков на участке и

уменьшает вероятность неконтролируемого блуждания реки и связанного с этим размыва берегов с существующими там постройками. А с другой стороны, в связи с падением уровня грунтовых вод на прилегающих территориях, снижение отметок дна и водной поверхности может негативно повлиять на водоснабжение и продуктивность сельскохозяйственных угодий.

Разработка длинного карьера не приводит к усилению планового блуждания русла или смене типа руслового процесса.

11.3.4 Наиболее обоснованным и допустимым, с точки зрения наименьшего воздействия на русловой и гидравлический режимы предгорных участков рек с уклонами 0,0045-0,0050 ‰, представляется ежегодное изъятие грунта в объеме не более среднегодового стока влекомых наносов из коротких (длиной < 200 м) и нешироких (значительно уже ширины паводочного русла) карьеров, функционирующих в затопленном режиме и поэтому не вызывающих значительных посадок уровней воды. Карьеры следует располагать в шахматном порядке (с целью предотвращения размыва перемычек между ними) и на возможно большем расстоянии один от другого (не менее 400 м). При этом необходимо вести постоянные специальные наблюдения за разработкой и процессом заполнения карьеров наносами с целью приведения в соответствие годового объема добычи руслового аллювия с объемом занесения выемок, зависящих от водности реки.

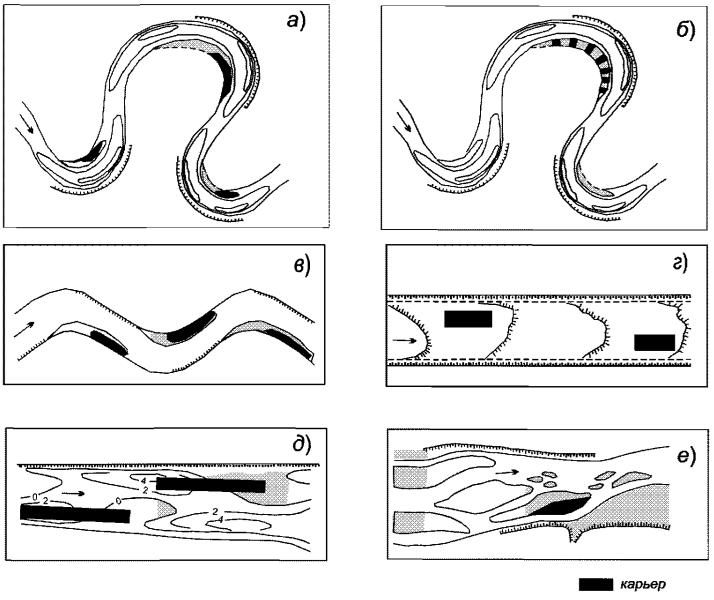
11.4 Рекомендации по размещению карьеров НСМ на равнинных реках при разных типах руслового процесса

На транзитных участках равнинных рек с обратимыми русловыми деформациями при разных типах руслового процесса карьеры НСМ целесообразно размещать, исходя из схемы, представленной на рисунке 11.1.

11.4.1 Оптимальным местом размещения карьера на излучине свободного меандрирования представляется низовая часть пляжа – схема а) на рисунке 11.1.

Пляж рекомендуется разрабатывать не на всю ширину, а оставлять нетронутой узкую косу. При такой схеме карьер оказывает минимальное воздействие на кинематическую структуру потока и естественный ход развития русловых деформаций.

Добыча материала допустима и на других участках пляжа в виде поперечных прорезей, не нарушающих общей морфологии русла – схема б) на рисунке 11.1.



Типы русловых процессов:
а), б) – свободное меандрирование, в)-ограниченное меандрирование,
г) ленточногрядовой тип, д)- побочневый тип, е) русловая и пойменная многорукавность

Рисунок 11.1 – Рекомендуемые места размещения карьеров в руслах рек при разных типах русловых процессов

Не рекомендуется размещать карьеры на верховом и низовом перекатах излучин, т.к. их размещение на указанных элементах макроформы приводит к значительному перехвату карьером влекомых наносов и посадке уровней, что оказывает влияние на развитие смежных излучин.

В излучинах, находящихся в завершающей стадии развития, карьер рекомендуется размещать в старом, отмирающем русле, перекрыв вход в него и таким образом сосредоточив сток воды и наносов в спрямлении.

11.4.2 Подобным же образом следует поступать в случае незавершенного меандрирования.

Размещением карьера на участке деления потока можно регулировать распределение стока воды и наносов по рукавам.

11.4.3 Рекомендации по разработке карьеров на излучине ограниченного меандрирования аналогичны 11.4.1. Карьер следует располагать на низовой части пляжа, сохраняя ее боковой склон (в зоне аккумуляции наносов), - см. схему в) на рисунке 11.1.

11.4.4 При ленточногрядовом типе руслового процесса карьеры следует ограничивать в ширине и рассредоточить по площади русла в шахматном порядке - см. схему г) на рисунке 11.1.

11.4.5 При побочневом типе карьеры оказывают наименьшее влияние, если они охватывают половину длины плеса и половину напорного склона побочня - см. схему д) на рисунке 11.1.

11.4.6 При русловой и пойменной многорукавности карьеры следует размещать во второстепенных рукавах и на частях осередков или островов. При пойменной многорукавности следует учитывать также тип русла в главном и второстепенных рукавах - см. схему е) на рисунке 11.1.

При размещении карьеров на поймах следует определять происхождение пойм, связь с русловым процессом и схему течений. Следует карьеры размещать в аккумулирующих емкостях, иногда отделять пойму от русла дамбами.

11.5. Рекомендации, обеспечивающие сохранение условий обитания и воспроизводства водных биоресурсов

11.5.1 В соответствии с созданной в последнее десятилетие системой природоохранного законодательства для водных объектов [1, 42, 43, 44, 45] при строительстве объектов и проведении любых гидротехнических работ на акватории, в пойме и прибрежной полосе рыбохозяйственных водоемов и водотоков должны предусматриваться (на этапе планирования) мероприятия, максимально предотвращающие неблагоприятное воздействие на водные биоресурсы и среду их обитания. Они должны обеспечить нормальные условия обитания и воспроизводства водных биоресурсов, их кормовой базы.

11.5.2 Если эти мероприятия не позволяют избежать негативного воздействия на водные объекты и не обеспечивают нормальное воспроизводство в них водных биоресурсов, производится оценка наносимого ущерба и разработка компенсационных мероприятий. Оценка ущерба выполняется в соответствии с Временной методикой (1989 г.) [46]

11.5.3 Для предупреждения и снижения (минимизации) негативного воздействия на водные биологические ресурсы и среду их обитания при разработке НСМ на водном объекте должны быть реализованы следующие основные мероприятия:

1 До начала разработки месторождения НСМ в районе его расположения должны быть выполнены ихтиологические исследования с целью оценки рыбохозяйственной значимости данного участка реки (состав ихтиофауны, картирование нерестилищ, пути и сроки миграций полупроходных и проходных рыб).

2 В случае расположения на участке месторождения нерестилищ особо ценных и ценных видов рыб разработка НСМ должна быть запрещена согласно приказу Росрыболовства от 16.03.2009 № 191 [47].

3 Все работы и сроки их выполнения должны быть в обязательном порядке согласованы с Росрыболовством.

4 Сроки выполнения работ по добыче НСМ должны исключать периоды нерестовых миграций и нереста рыб.

5 На период разработки месторождения должен быть предусмотрен экологический мониторинг.

12 Качественные и количественные методы оценки воздействия на водные объекты при разработке карьеров для добычи НСМ

При оценке воздействия на водные объекты при разработке карьеров в части, касающейся допустимых габаритов, объемов карьеров и времени их заполнения (времени восстановления естественного гидравлического и руслового режимов) в транзитной зоне активного транспорта (переотложения) наносов в реках следует руководствоваться следующими соображениями.

12.1 Большие и малые равнинные реки, а также реки горно-предгорной зоны, радикально отличаются друг от друга объемом (запасом) содержащегося в их руслах и поймах аллювиального материала и соответственно обладают разным потенциалом для добычи из них НСМ в объемах, безопасных для естественного состояния водного объекта, качества окружающей среды и экологических условий. Эти реки отличаются размерами их русел и пойм и интенсивностью протекающих в них русловых процессов (транспорта наносов и русловых деформаций).

Интенсивность транспорта наносов (расход и сток донных наносов) в реках пропорциональна третьей степени числа Фруда *Fr*, которое для больших и средних равнинных рек составляет от 0.08 до 0.30; для малых равнинных рек находится в пределах от 0.30 до 0.50, а для участков русел горно-предгорных зон составляет от 0.50 до 1.20.

Деформации, определяющие степень устойчивости (стабильности) речного русла, в том числе:

– плановые деформации берегов при меандрировании;

– смещение вниз по течению русловых мезоформ (побочней и осередков) при побочневом и осередковом типах руслового процесса;

– перераспределение расходов воды между рукавами и преимущественное развитие одного из рукавов при пойменной и русловой многорукавности;

при идентичных схемах развития на больших и средних равнинных реках происходят значительно медленнее, чем на малых равнинных и реках горно-предгорных зон.

Например, смещение берега на малой меандрирующей реке со скоростью 2 м/год за 10 лет приведет к смещению русла в сторону вогнутого берега на величину всей ширины русла. На большой равнинной меандрирующей реке за те же 10 лет при темпах размыва вогнутого берега со скоростью 4 м/год русло сместится в плане на 40 м, что при ширине русла 600 м, в относительных величинах составит всего 0,07 ширины русла. Аналогично и русловые мезоформы (побочни, осередки) на

реках горно-предгорной зоны и на малых равнинных реках смещаются на величину своей длины в течение нескольких лет, а на больших равнинных реках – в течение десятков лет.

12.2 Исходя из характера и темпов русловых деформаций при разных типах руслового процесса на равнинных и горных реках разных размеров, при разработке одиночных карьеров предельно допустимые габариты, объемы и время заполнения карьеров (время восстановления естественного гидравлического и руслового режимов) определяются дифференцировано по разным категориям речных русел.

Время эксплуатации одиночных карьеров должно соответствовать времени восстановления естественного гидравлического и руслового режимов (предельному времени полного занесения карьера), гарантирующего в течение этого периода стабильность типа руслового процесса (морфологического строения русла и поймы), а также схемы русловых деформаций. Целесообразно ограничить время эксплуатации одиночных карьеров (допустимое время восстановления объема изымаемого материала) в руслах и поймах больших равнинных рек 20 годами, средних и малых равнинных рек – 15 и 10 годами, соответственно, а рек горно-предгорной зоны – 7 годами (при условии, что за этот период на горной реке хотя бы в один год будут наблюдаться расходы воды, при которых возможен массовый транспорт всех фракций донных отложений).

С приведенными характеристиками однозначно связаны габариты и объемы карьеров. Из установленных нормативов времени эксплуатации одиночных карьеров вытекают нормативы предельных значений объемов карьеров (W_K) в сравнении с годовым стоком донных наносов (W_T) на ширину русла, равную ширине карьера. Таким образом:

– для больших равнинных рек $W_K / W_T \leq 20$;

– для средних равнинных рек $W_K / W_T \leq 15$;

– для малых равнинных рек $W_K / W_T \leq 10$;

– рек горно-предгорной зоны $W_K / W_T \leq 7$.

В сводной таблице 12.1 приведены наиболее значимые показатели допустимого воздействия на водные объекты при разработке НСМ, которые представляют основу для увязки воедино и оптимизации организационных, научно-методических, проектных, экономических, природоохранных и разрешительно-контрольных аспектов деятельности при разработке карьеров и добыче НСМ из

водных объектов, как с точки зрения рационального природопользования, так и с коммерческой точки зрения.

Таблица 12.1 – Сводная таблица показателей допустимого воздействия на водные объекты при разработке карьеров для добычи НСМ

Водный объект (участки)	Допустимое воздействие	Недопустимое воздействие	Рекомендуемый метод оценки и расчета (номера разделов, подразделов, формул, таблиц и приложений)
1 Места изъятия НСМ из водного объекта			
Водо-хранилища	аккумулятивные участки и формы накопления наносов (затопленные осередки, острова, побочни, пойма)	прибрежные зоны с преобладанием процессов размыва, береговая зона, отмели	11.1
Зоны выклинивания подпора от водо-хранилищ и зоны переменного подпора	средняя и нижняя части зоны переменного подпора, затопленные осередки, острова, побочни, косы, участки поймы и надпойменных террас		
Нижние бьефы ГЭС	в исключительных случаях (с ограждением участков добычи НСМ защитными дамбами) на бывших пойменных участках и во второстепенных (несудоходных) рукавах русел с незавершенным меандрированием и пойменной многорукавностью	размещение карьеров на участках нижних бьефов ГЭС в зоне общего размыва русла	
Устья рек и их притоков	– устьевые участки притоков подпорного типа: зоны постоянного накопления наносов на перекатах, русловых аккумулятивных формах и пойменных участках; – второстепенные рукава дельт, на мезоформах и островах дельт островного типа и в верхних частях эстуариев	– устьевые участки притоков бесподпорного типа; – устьевые участки рек горно-предгорной зоны, питающих наносами морские пляжи рекреационного значения	11.2

Продолжение таблицы 12.1

Водный объект (участки)	Допустимое воздействие	Недопустимое воздействие	Рекомендуемый метод оценки и расчета (номера разделов, подразделов, формул, таблиц и приложений)
Транзитные участки больших и средних равнинных рек с разными типами руслового процесса	– низовые части пляжей на излучинах свободного, незавершенного и ограниченного меандрирования; – в отмирающем рукаве реки (с перекрытием входа в рукав дамбой) в излучинах свободного меандрирования, находящихся в завершающей стадии развития; – аккумулирующие емкости поймы (с отделением поймы дамбой); – при ленточно-грядовом и побочневом типах руслового процесса в шахматном порядке у берегов, шириной 0,25-0,30 ширины русла и длиной 0,5 длины плеса и 0,5 напорного склона побочня; – при русловой и пойменной многорукавности во второстепенных несудоходных рукавах русла и на частях осередков или островов	верховые и низовые перекаты излучин при меандрировании	11.4, Рисунок 11.1
Малые равнинные реки	$B_К \leq 0,8B_П$,		
Реки горно-предгорной зоны	$B_К \leq 0,8B_П$, при ограничении длины карьера $L_К \leq \frac{h_{меж}}{I}$ допустима разработка карьеров в шахматном порядке поочередно вдоль берегов русла на расстоянии > 400м между карьерами вдоль берега		11.3

Продолжение таблицы 12.1

Водный объект (участки)	Допустимое воздействие	Недопустимое воздействие	Рекомендуемый метод оценки и расчета (номера разделов, подразделов, формул, таблиц и приложений)
2 Изменения уровня (Δz) и уклонов водной поверхности (I) в зоне разработки карьера			
Равнинные реки	условие затопленного режима $h_{меж} \geq IL_K = \Delta z$; карьеры функционируют в затопленном режиме при любой длине карьера, параметры оцениваются по формуле $\Delta z = IL_K$	$h_{меж} < IL_K$	Разделы 5, 6
Реки горно-предгорной зоны (I от 0,001 до 0,01)	при $h_{меж}$=1,0 м ($L_K > IL_K/h_{меж}$) затопленный режим функционирования карьера обеспечивается при L_K< 100÷1000 м		
3 Минимальное удаление карьера от следующего вниз по течению карьера или от объектов инженерной инфраструктуры			
Все типы водотоков	$L > \frac{(L_1 + L_2)h_K}{h_н - h}$; $h_н = \left(\frac{Vh}{2w}\right)^{0.83}$	$L > \frac{(L_1 + L_2)h_K}{h_н - h}$	Раздел 6, формула (6.10), таблица 10.1
4 Габариты и объем карьера, время заполнения его наносами (восстановления естественного гидравлического и руслового режимов)			
Большие равнинные реки	ПРИ ВСЕХ ТИПАХ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА		11.4, рисунок 11.1; 10.3, приложение Е (пример 2)
	$B_к \leq (0{,}25 - 0{,}30)\, B_п$	$B_к > (0{,}25 - 0{,}30)\, B_п$	
	$L_к \leq B_п$	$L_к > B_п$	
	$T_к \leq 20$	$T_к > 20$	
	$W_К / W_Т \leq 20$	$W_К / W_Т > 20$	
	$h_К \leq \frac{W_К}{B_К \cdot L_К}$	$h_К > \frac{W_К}{B_К \cdot L_К}$	

Продолжение таблицы 12.1

Водный объект (участки)	Допустимое воздействие	Недопустимое воздействие	Рекомендуемый метод оценки и расчета (номера разделов, подразделов, формул, таблиц и приложений)
Средние равнинные реки	ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ МЕАНДРИРОВАНИЯ		10.3, приложением Е (пример 2)
	$B_к \le 0,3B_п$ $L_к \le 2B_п$	$B_к > 0,3B_п$ $L_к > 2B_п$	
	ПРИ ЛЕНТОЧНО-ГРЯДОВОМ, ПОБОЧНЕВОМ И ОСЕРЕДКОВОМ ТИПАХ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА		
	$B_к \le$ 0,4-0,6 $L_к \le$ (4-6)	$B_к >$ 0,4-0,6 $L_к >$ (4-6)	
	ПРИ ВСЕХ ТИПАХ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА		
	$T_к \le 15$	$T_к > 15$	
	$W_К / W_Т \le 15$	$W_К / W_Т > 15$	
Малые равнинные реки	ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ МЕАНДРИРОВАНИЯ		10.3, приложением Е (пример 1)
	$B_к \le 0,3B_п$ $L_к \le 4B_п$	$B_к > 0,8B_п$ $L_к > 4B_п$	
	ПРИ ЛЕНТОЧНО-ГРЯДОВОМ, ПОБОЧНЕВОМ И ОСЕРЕДКОВОМ ТИПАХ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА		
	$B_к \le 0,8B_п$ $L_к \le$ (8-10)$B_п$	$L_к >$ (8-10) $B_п$	
	$T_к \le 10$	$T_к > 10$	
	$W_К / W_Т \le 10$ $h_К \le \frac{W_К}{B_К \cdot L_К}$	$W_К / W_Т > 10$ $h_К > \frac{W_К}{B_К \cdot L_К}$	
Реки горно-предгорной зоны	ПРИ ВСЕХ ТИПАХ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА		
	$B_к \le 0,8B_п$ $L_К \le \frac{h_{меж}}{I}$	$B_к > 0,8B_п$ $L_К > \frac{h_{меж}}{I}$	
	$T_к \le 7$	$T_к > 7$	
	$W_К / W_Т \le 7$ $h_К \le \frac{W_К}{B_К \cdot L_К}$	$W_К / W_Т > 7$ $h_К > \frac{W_К}{B_К \cdot L_К}$	
Водохранилища, зоны выклинивания подпора и зоны переменного подпора; устья рек и их притоков	Габариты и объемы карьеров ограничиваются размерами аккумулятивных форм, из которых производится добыча НСМ	Габариты и объемы карьеров превышают размеры аккумулятивных форм, из которых производится добыча НСМ	

Продолжение таблицы 12.1

Водный объект (участки)	Допустимое воздействие	Недопустимое воздействие	Рекомендуемый метод оценки и расчета (номера разделов, подразделов, формул, таблиц и приложений)
5 Загрязненность донных отложений тяжелыми металлами (*Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Hg, Pb, Cr, Zn*) и нефтепродуктами			
Акватории водных объектов	Изъятие слабо загрязненных донных наносов, для которых суммарный показатель загрязнения (СПЗ) по классификации ИМГРЭ ≤ 8, но с учетом НДВ по привносу химических веществ, установленному для данного водного объекта	Изъятие загрязненных донных наносов, для которых суммарный показатель загрязнения СПЗ > 8	
6 Влияние мест размещения карьеров на водные биоресурсы и среду их обитания			
Акватории рыбо-хозяйственных водных объектов	При сохранении необходимых для ведения рыбного хозяйства мелководий (глубины до 2,5 м) и активизации процессов самоочищения: для малых водохранилищ от 10 до 15%, для крупных водохранилищ – от 5 до 10% при соблюдении требований раздела 12.1	Размещение карьеров на нерестовых участках и на участках размещения зимовальных ям	
7 Влияние времени разработки карьеров на водные биоресурсы и среду их обитания			
Акватории рыбохозяйственных водных объектов	Нерегулярные, кратковременные выемки аллювия в межнерестовые периоды	Производство земляных работ в периоды нереста и миграции ценных и особо ценных пород рыб	

Окончание таблицы 12.1

Водный объект (участки)	Допустимое воздействие	Недопустимое воздействие	Рекомендуемый метод оценки и расчета (номера разделов, подразделов, формул, таблиц и приложений)
8 Влияние технологической мутности при разработке карьера НСМ на водные биоресурсы и среду их обитания			
Рыбохозяйственные водные объекты высшей и первой категорий водопользования	В контрольном створе, удаленном на 500 метров вниз по течению, превышение фоновых значений мутности допустимо не более чем на 0,25 мг/л		Расчет параметров зон распространения доп. мутности следует проводить согласно 10.5.4 (согласно приказам Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 [17] и от 04.08.2009 № 695 [18])
Рыбохозяйственные водные объекты второй категории	В контрольном створе, удаленном на 500 метров вниз по течению, превышение фоновых значений мутности допустимо не более чем на 0,75 мг/л		
Водоемы, содержащие в межень более 30 мг/л природных взвешенных веществ	Допускается увеличение содержания взвешенных веществ в воде в пределах 5 %		

Примечания - Принятые условные обозначения: $B_К$ – ширина карьера; $B_П$ – паводочная ширина русла; $L_К$ – длина карьера, I – бытовой уклон; L_1 и L_2 – длина карьера по дну и по верху, соответственно; $h_К$ – глубина карьера, $h_Н$ – глубина размыва русла над нижней кромкой карьера; $T_К$ – время заполнения (эксплуатации) карьера; $W_К$ – объем карьера; $W_Т$ – объем годового стока донных наносов; w – гидравлическая крупность частиц донных отложений.

13 Локальный мониторинг состояния дна и берегов водных объектов на участках добычи НСМ

13.1 Согласно ст. 30 Водного кодекса Российской Федерации, введенный в действие 01.01.2007 [1], государственный мониторинг водных объектов, являющийся частью государственного мониторинга окружающей среды, состоит из четырех компонент:

- мониторинга поверхностных водных объектов с учетом данных мониторинга, осуществляемого при проведении работ в области гидрометеорологии и смежных с ней областях;
- мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, а также состояния водоохранных зон;
- мониторинга подземных вод с учетом данных государственного мониторинга состояния недр;
- наблюдений за водохозяйственными системами, в том числе за гидротехническими сооружениями, а также за объемом вод при водопотреблении и водоотведении.

Организация и осуществление государственного мониторинга водных объектов проводятся уполномоченными Правительством Российской Федерации федеральными органами исполнительной власти с участием уполномоченных органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации (ст. 30 Водного кодекса РФ [1]). Порядок осуществления государственного мониторинга водных объектов определен Положением, утвержденным постановлением Правительства РФ от 10.04.2007 № 219 [48].

В соответствии с ст. 14 Положения [48] мониторинг состояния дна и берегов, а также состояния водоохранных зон водных объектов или их частей, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территории субъекта РФ, должен быть организован органами исполнительной власти субъектов РФ.

Собственники водных объектов и водопользователи должны проводить регулярные наблюдения за водными объектами (их морфологическими особенностями) и их водохранными зонами, предоставляя полученные сведения и материалы наблюдений в территориальные органы Федерального агентства водных ресурсов (ст. 16 Положения [48]).

13.2 Согласно ст. 16 Положения [48] организации, осуществляющие разработку карьеров и добычу НСМ из водных объектов и являющиеся водопользователями

(п.п.6, 7 ст.11 Водного кодекса РФ [1]), обязаны проводить локальный мониторинг состояния дна и берегов водных объектов и их водоохранных зон.

Кроме того, мониторинг за изменениями ключевых характеристик осуществляемых операций, которые могут оказывать значимое воздействие на окружающую среду, должен быть основан на документировании процедуры регулярного слежения за состоянием окружающей среды, измерением необходимых характеристик и параметров (ГОСТ Р ИСО 14001).

Программа таких мониторинговых наблюдений должна учитывать специфические особенности данного вида водопользования (разведка и добыча НСМ и дноуглубительные работы, связанные с изменением дна и берегов водных объектов) и специфические формы и виды воздействия данного вида деятельности на состояние водных объектов.

При осуществлении карьерной добычи НСМ из водных объектов воздействие карьеров на морфологическое состояние водных объектов осуществляется через изменение гидравлических характеристик потока (скоростного поля), изменение уровенного режима реки (продольного профиля свободной поверхности в различные фазы гидрологического режима) и изменение режима и форм транспорта донных руслоформирующих наносов. При этом это воздействие осуществляется в течение всего периода существования карьерной разработки от момента начала разработки карьера до полного восстановления морфологического строения русла и отметок дна.

Таким образом, локальный мониторинг состояния дна и берегов водных объектов должен проводиться в течение всего периода существования карьерной разработки от момента начала разработки до полного ее восстановления на участках, охватывающих зоны воздействия как вверх, так и вниз по течению от участка карьера.

13.3 В общем случае, программы этих наблюдений должны включать в себя:

- наблюдения за продольными профилями свободной поверхности воды в различные фазы водного режима, организованные на основе временных уровенных постов на всем протяжении зоны воздействия карьера;

- наблюдения за скоростями течений в различные фазы водного режима в двух контрольных гидрометрических створах, расположенных выше и ниже участка размещения карьера;

- наблюдения (русловые съемки) за рельефом речного дна на участках, прилегающих к карьерной разработке;

- наблюдения за расходом наносов, геометрическими и динамическими характеристиками русловых микро- и мезоформ, гранулометрическим составов донных руслоформирующих наносов на этих же участках;

- наблюдения за стадиями заполнения карьера наносами;

- наблюдения за положением береговой линии речного русла в пределах всей зоны воздействия карьера.

13.4 Для озер и водохранилищ программа мониторинговых наблюдений дополнительно должна включать в себя:

- наблюдения за рельефом береговых отмелей на участках, прилегающих к карьерной разработке;

- наблюдения за плановым положением береговой линии водоема в пределах всей зоны воздействия карьера;

- наблюдения за режимом вдольберегового транспорта донных наносов.

13.5 Детальные программы локального мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, который должен проводиться водопользователем самостоятельно, должны разрабатываться и включаться в состав проекта карьерной разработки с учетом установленных в проекте форм, видов и степени проектируемого воздействия. При этом, исходной информацией для разработки должны стать материалы инженерно-геологических и инженерно-гидрометерологических изысканий, выполненные в ходе разработки проекта на всех его стадиях.

Особенно актуальным проведение локального мониторинга морфологического состояния водных объектов становится при крупномасштабных изъятиях НСМ из русел рек. Один из примеров крупномасштабных изъятий НСМ (на реке Белая в бассейне Кубани) представлен на рисунке 13.1, а дополнительное инженерное обустройство мест добычи НСМ с помощью различных защитных дамб и технологических дорог в русле реке – на рисунке 13.2.



Рисунок 13.1 - Крупномасштабные карьерные разработки НСМ на р. Белой (бассейн Кубани)



Рисунок 13.2 - Инженерное обустройство участка карьерной разработки

13.6 В связи с тем, что производство карьерной выемки НСМ из водных объектов осуществляется с использованием большого количества землеройной, судоходной и автомобильной техники, в процессе производства работ может происходить существенное загрязнение донных отложений, что требует включения в программу локального мониторинга дна и берегов водных объектов наблюдений за их загрязнением.

Как показано в 7.1 необходимость систематического контроля состояния донных отложений (ДО) водных объектов определяется тем, что они являются важным информационным звеном, в интегральной форме отражающим антропогенное воздействие на водный объект в целом. Основными задачами мониторинга ДО являются:

- оценка запасов и скорости накопления в ДО экологически опасных веществ;

- оценка опасности уровня загрязнения ДО для биотических компонентов экосистемы;

- выявление потенциальных очагов вторичного загрязнения (через контроль диффузионных потоков веществ от дна в водную толщу);

- обнаружение экологически опасных изменений геохимического состояния отложений по лимитирующим физико-химическим параметрам.

Исследования, выполненные ГГИ на водной системе Невы, показали необходимость учитывать при организации мониторинга ДО принципиальные различия между задачами по оценке геоаккумуляции и формирования запасов загрязняющих веществ и задачами по оценке влияния загрязненности ДО на качество воды и состояние биоты. С этой целью необходимо выделять для постоянного контроля самый верхний (активный) слой ДО (обычно в пределах 2 см) и предусмотреть в программе химико-аналитических работы для определения подвижных биодоступных форм загрязняющих веществ.

Расположение наблюдательных пунктов должно производиться в местах антропогенного или естественного поступления в водоем аллохтонных взвешенных веществ (дельтовые области, устьевые участки притоков, понижения рельефа дна морских заливов), в местах со значительным превышением регионального уровня концентрации загрязняющих веществ в ДО, в местах, где геохимические условия, благоприятствуют процессам сорбции-десорбции на границе «вода-дно».

Частота отбора проб на водных объектах должна соответствовать различным фазам гидрологического режима питающих их водотоков, сезонам года и динамике

водных масс в водоеме. Наиболее информативны съемки ДО, соответствующие концу навигационного периода.

13.7 Перечень контролируемых показателей определяется требованиями НДВ в отношении состава показателей загрязнения водной среды и неухудшения текущего состояния экосистемы на разрабатываемом участке в целом [2].

В соответствии с [2] нормативы качества воды ($C_н$), используемые при расчете НДВ, определяются для каждого водохозяйственного участка исходя из его фактического состояния и наиболее жестких отраслевых нормативов ПДК для рыбохозяйственного и хозяйственно-бытового водопользования.

13.8 Для контроля состояния ДО рекомендуются ежегодные наблюдения в конце навигации (октябрь) и в условиях наибольшего благоприятствования реализации диффузионных потоков из донных отложений в воду (июль). На первом этапе можно ограничиться отбором проб грунта из активного слоя 0-2 см, ответственного за массообмен в системе «вода-дно».

Рекомендуется следующий перечень показателей:

- гранулометрический состав ДО;
- общее содержание органических веществ;
- валовое содержание биогенных элементов (N и P);
- тяжелые металлы (Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn, Mn, Hg);
- хлорорганические пестициды ХОП;
- бенз(а)пирен;
- нефтепродукты.

Приложение А
(справочное)

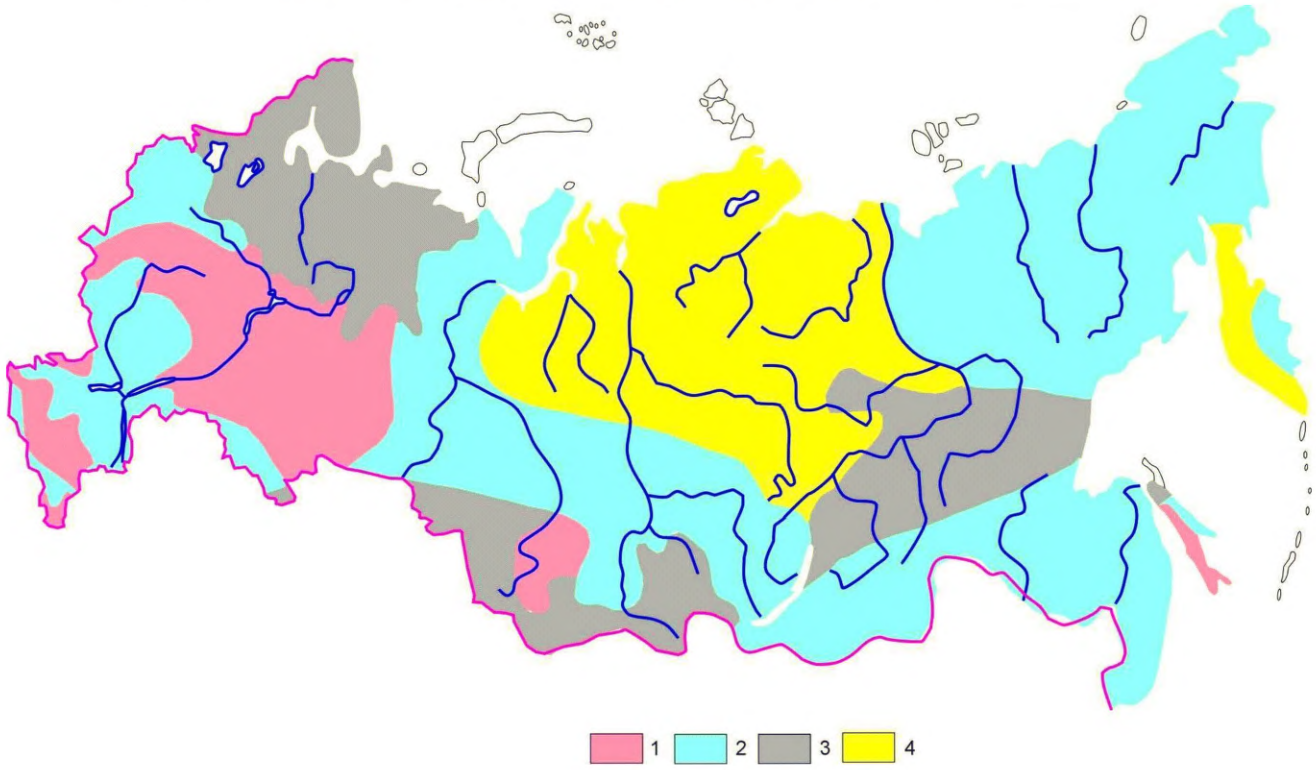
Карта средней мутности воды рек Российской Федерации



1 - менее 10, 2 - 10-25, 3 - менее 25, 4 - 25-50, 5 - менее 50, 6 - 50-100, 7 - 100-250, 8 - 250-500, 9 - 500-1000, 10 - 1000-2500, 11 - 2500-5000 г/м^3

Приложение Б
(справочное)

Карта содержания мелких фракций (<0,05 мм) **во взвешенных наносах рек Российской Федерации**



1 - >75 %, 2 - 75-50 %, 3 - <50 % мелких фракций, 4 - данных недостаточно

Приложение В
(справочное)

Типизация руслового процесса

Все возможные схемы деформаций русла равнинных рек, включающие начальную, промежуточную и конечную стадии развития, в соответствии с гидролого-морфологической теорией руслового процесса ГГИ следует подразделять на семь типов, представленных на рисунке В.1.

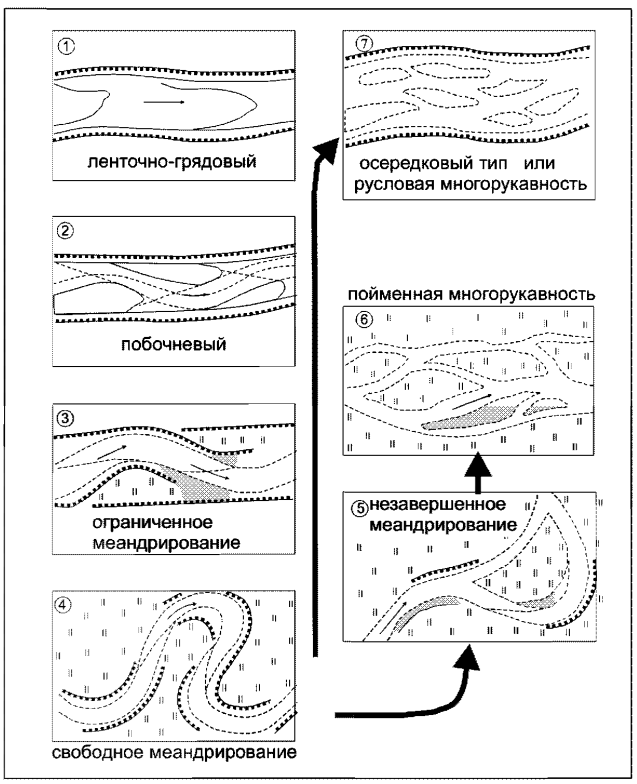


Рисунок В.1 - Типизация руслового процесса ГГИ

Направление стрелки на этом рисунке показывает направление предполагаемого увеличения транспортирующей способности потока.

1 – Ленточногрядовый 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 и средних равнинных рек. Как самостоятельный тип руслового процесса на равнинных реках встречается редко.

Ленточногрядовый 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%-ной обеспеченности.

Основные деформации русла при ленточногрядовом типе руслового процесса выражаются в сползании ленточных гряд по реке, вызывающем местные периодические колебания отметок дна в фиксированном створе при прохождении гребней и понижение отметок при прохождении подвалий ленточных гряд.

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

Ленточногрядовый тип руслового процесса характеризуется отсутствием поймы. Плановые деформации берегов русла невелики и носят нерегулярный локальный характер.

2 – 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 отмелей, расположенных в русле в шахматном порядке, занимающих в меженный период большую часть ширины русла, частично обсыхающих в межень. В период паводков побочни покрываются водой и русло приобретает прямолинейный вид. Обсохшие побочни в межень придают руслу извилистость в плане. Пониженные затопленные части русла между побочнями образуют перекаты. Плесы 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 порядка $0{,}3H_{пл}$, где $H_{пл}$ – глубина в плесе, соответствующая уровню бровок русла, а длина побочней составляет $(4\div8)B$, где B – средняя ширина русла между бровками.

Побочневый тип руслового процесса характеризуется отсутствием поймы. Плановые деформации берегов несущественны и не имеют закономерного характера.

3 – Ограниченное меандрирование - тип руслового процесса, распространенный чаще на равнинных реках, характеризуется извилистым руслом с углом разворота до 120˚, сохраняющем извилистость и во время паводка. Свободное развитие плановых деформаций русла при этом типе руслового процесса ограничено наличием неразмываемых склонов долины. Осевая линия русла имеет форму, близкую к синусоиде. По обоим берегам реки за границами русла между неразмываемыми склонами долины располагаются чередующиеся обособленные пойменные массивы. Подмыв этих массивов с верховой стороны и наращивание с низовой сопровождается к сползанием излучин без существенного изменения их плановых очертаний.

Внутрирусловые деформации такие же, как при побочневом типе руслового процесса. В межень перекаты размываются, а в половодье намываются. В плесах размыв приурочен к половодью, а намыв – к межени. На пойме следы меандрирования отсутствуют. Деформации поймы выражаются в постоянном нарастании пойменного массива в высоту в результате отложения наилка, образуемого преимущественно взвешенными наносами. Наиболее мощный наилок образуется в верховой части пойменного массива, в результате чего она повышена.

4 – Свободное меандрирование – самый распространенный тип руслового процесса на равнинных реках. Этот тип руслового процесса обычно развивается в широких речных долинах, склоны которых не ограничивают свободное развитие плановых деформаций излучин. Характеризуется наличием одного действующего русла, механизм переформирования которого значительно сложнее и разнообразнее, чем при ограниченном меандрировании, сохраняющем при сползании свои размеры и плановые очертания.

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 излучины замедляется, но меняется ее форма (излучины вытягиваются). При углах разворота, близких к 140˚, происходит разделение плесовой ложбины и нарушение плановой симметрии в результате преимущественного развития одного из плесов. Дальнейшее 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. 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.

5 – Незавершенное меандрирование является разновидностью свободного меандрирования, когда задолго до завершения полного цикла развития излучины на пойме возникает и развивается спрямляющая протока, со временем превращающаяся в главное русло. По мере развития спрямляющей протоки деформации главного русла ослабевают.

Спрямляющая протока разрабатывается постепенно (на малых реках быстрее, на больших медленнее). По ней происходит интенсивное движение скоплений наносов в виде ленточных гряд, осередков, 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.

6 – 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 схеме любого типа руслового процесса. Выделить основное русло среди многочисленных протоков часто невозможно. Острова, образованные протоками, представляют собой участки поймы, обладающие значительной плановой устойчивостью.

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.

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

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

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. Характеризуются распластанным руслом, по которому в паводочный период перемещаются мезоформы: осередки, побочни и ленточные гряды, в разной степени обсыхающие в период межени и создающие многрукавный облик русла.

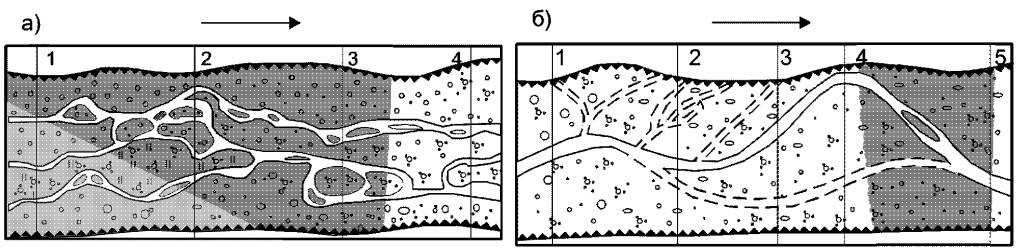
В периоды межени и низких половодий на участках русел, сложенных из мелких наносов, происходят внутрирусловые плановые деформации контуров мезоформ. На горно-предгорных реках и равнинных реках с крупным и средним составом аллювия мезоформы сохраняют свою форму, управляя меженным потоком. При такой разновидности осередкового типа и редко повторяющихся больших паводках поверхность мезоформ может

закрепляться растительностью и осередки иногда превращаются в осередки-острова. Если поток характеризуется большим содержанием взвешенных наносов, в результате их осаждения на спаде половодий и паводков и интенсивного отложения наилка осередки становятся менее подвижными. Однако при высоких паводках редкой повторяемости, особенно на горных реках, эти образования приходят в движение.

На участках русел рек горно-предгорной зоны кроме ленточногрядового, побочневого и осередкового типов руслового процесса распространены типы, свойственные только горным рекам (рисунок В.2):

8 – Горная пойменная многорукавность (пойменное блуждание);

9 – Долинное блуждание.



а) горная пойменная многорукавность
б) долинное блуждание

Рисунок В.2 -Типы руслового процесса рек горно-предгорной зоны

На дне горной речной долины выделяются два характерных элемента рельефа: пойма и паводочное русло. Характерным признаком поймы является наличие растительности, стабильность которой зависит от стабильности субстрата (грунта) на поверхности поймы и определяется режимом стока воды и гидравликой паводочного русла. В отличие от рельефа равнинных пойм, формирующихся в результате постоянного перемещения русла в плане, пойменный рельеф горных рек является результатом прерывисто происходящих во времени процессов стабилизации, зарастания и временной консервации подвижных русловых образований.

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

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 и разветвленность русла в плане.

При установившемся режиме течения и полной подвижности донных отложений русловой процесс на горных реках при значениях относительной гладкости потока $H/d \geq 30$ 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.

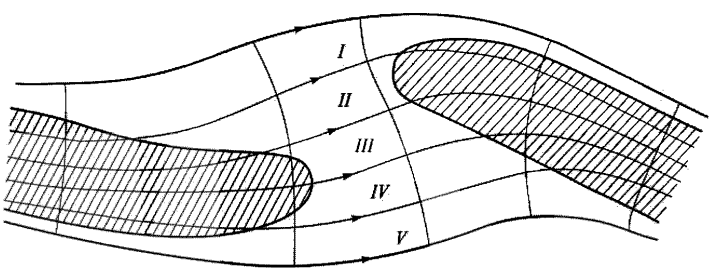
При описанной многопорядковой структуре руслового рельефа функционирование каждого порядка форм связано с соответствующим диапазоном расходов воды, а процесс в целом в многолетнем и внутригодовом разрезе воспринимается как блуждание русла реки по пойме или долине, соответствующее типу горной пойменной многорукавности (на средних горных реках) или долинному блужданию (на малых горных реках) (рисунок В.2).

Приложение Г
(обязательное)

Построение планов течений на участке реки с плавно изменяющимся движением воды по методу плоских сечений

План течений представляет собой плановую картину поля скоростей потока, составленную векторами средних скоростей на вертикали. Движение потока считается установившимся. При этом плановой линией тока называют линию в горизонтальной плоскости, направление касательной к которой во всех ее точках совпадает с направлением вектора средней скорости на вертикали. Линии, ортогональные к плановым линиям тока, называют криволинейными поперечниками. Совокупность плановых линий тока и криволинейных поперечников называется планом течения (рисунок Г.1).

Часть потока, заключенная между двумя смежными линиями тока, называется плановой струей, а полоса между двумя смежными криволинейными поперечниками называется поясом плана течений.



I, II, III, IV и-*V* – номера струй

Рисунок Г.1 – План течений

При плавно изменяющемся движении кривизна и расходимость плановых линий тока незначительны, а силы инерции могут быть отброшены и криволинейные поперечники заменены прямыми.

При плавно изменяющемся движении потока уклон свободной поверхности вдоль произвольной плановой линии тока (l) можно выразить с помощью формул Шези и Маннинга:

$$I = \frac{n^2 v^2}{h^{4/3}} = \frac{n^2 q^2}{h^{10/3}}, \qquad (Г.1)$$

где:n – коэффициент шероховатости;

h – глубина вертикали, м;

v – средняя скорость на вертикали, м/с;

q – элементарный расход воды, м^2/с.

Решая уравнение (Г.1) относительно элементарного расхода, получим

$$q = \frac{\sqrt{I}}{n} h^{5/3}. \qquad (Г.2)$$

Уравнение неразрывности записывается в интегральной форме так

$$Q(b_i) = k_i Q = \int_0^{b_i} q db, \qquad (Г.3)$$

где $Q(b_i)$ - расход воды, проходящий в полосе между урезом, принятым за начало отсчета поперечных расстояний, м^2/с, и i-й линией тока.

Стремясь сделать выбор линий тока определенным, вводят условие, чтобы между любой парой смежных линий тока проходил один и тот же расход воды. Это значит, что речной поток делится на целое число N равнорасходных плановых струй. Отношение k_i при этом, записывается в виде $k_i = i / N$.

Подставив величину элементарного расхода по уравнению (Г.2) в уравнение неразрывности (Г.3), будем иметь

$$Q(b_i) = \frac{i}{N} Q = \int_0^{b_i} \frac{\sqrt{I}}{n} h^{5/3} db \qquad (Г.4)$$

На участках с плавно изменяющимся движением допустимо считать, что продольный уклон не изменяется поперек русла. Такое же допущение можно принять и в отношении коэффициента шероховатости n:

$$\frac{\partial I}{\partial b} \approx 0, \ \frac{\partial n}{\partial b} \approx 0. \qquad (Г.5)$$

Это позволяет вынести множитель $\sqrt{I} / n$ из-под знака интеграла в уравнении (Г.4)

$$Q(b_i) = \frac{i}{N} Q = \frac{\sqrt{I}}{n} \int_0^{b_i} h^{5/3} db. \qquad (Г.6)$$

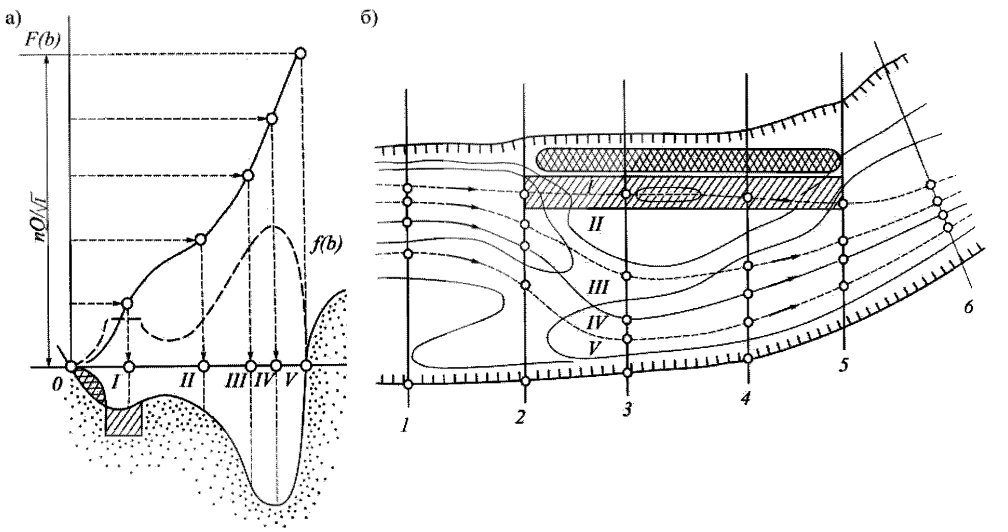
Таким образом, в методе плоских сечений распределение расхода по ширине русла зависит только от глубин.

Уравнение (Г.6) является расчетным. Неизвестной в нем служит координата b_i. Значения координаты b_i, определяющие границы равнорасходных струй, легко найти в каждом поперечном сечении графическим способом (рисунок Г.2). Построив поперечный профиль русла и отвечающий ему график подынтегральной функции $h^{5/3} = f(b)$, проводят графическое интегрирование и строят на том же чертеже интегральную кривую

$$\int_0^b h^{5/3} db = F(b). \qquad (Г.7)$$

Конечная ордината интегральной кривой равна $(n/\sqrt{I})Q$, и пропорциональна полному расходу. Разделив ее на N равных частей, сносят точки деления на интегральную кривую, а затем на ось b, как показано на рисунке Г.2, а. Это и есть границы равнорасходных струй в поперечном сечении.

После выполнения расчетов для всех сечений границы струй переносят на план участка русла и соединяют плавными линиями (рисунок Г.2, б). Число плановых струй N обычно принимается равным 3 ÷ 5.



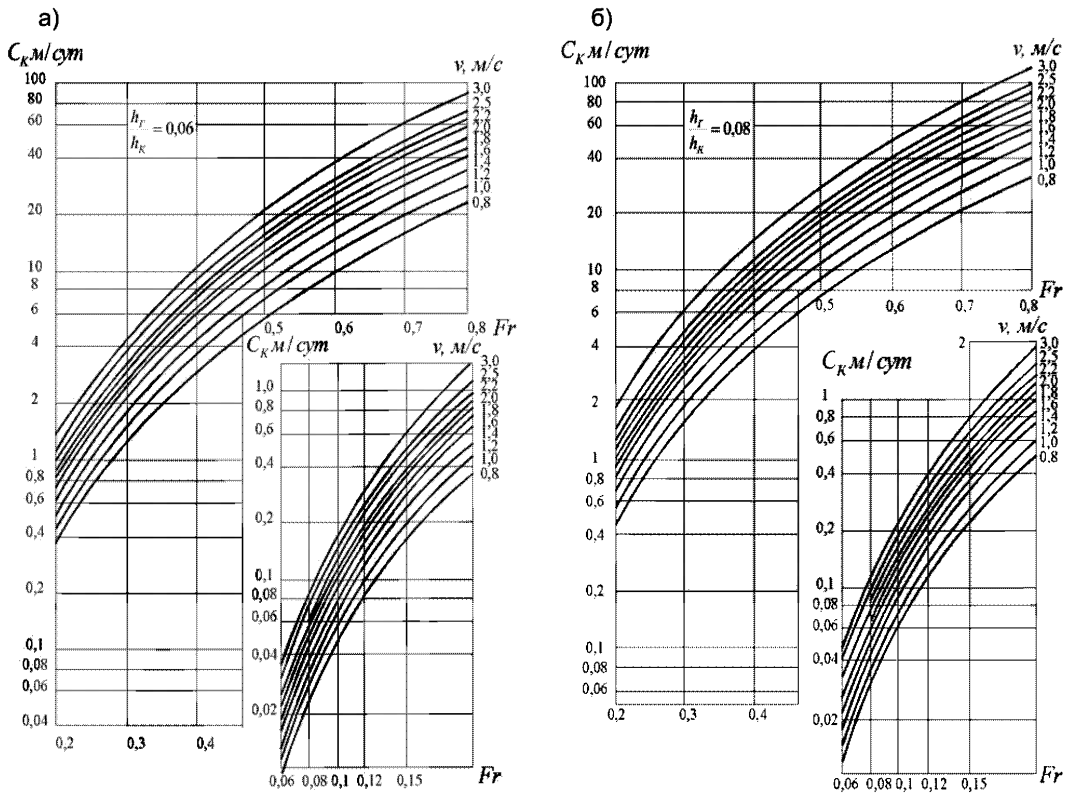
а) расчет распределения расхода по ширине одного из поперечников,
б) построение границ равнорасходных струй;
I, II, III, IV и *V* – номера струй

Рисунок Г.2 – Построение плана течений на участке русла с дноуглубительной прорезью по способу плоских сечений

Расчетные поперечники назначаются в глубоких местах плесовых лощин, на гребнях, на переходах от плесовых лощин к перекатам и от перекатов к плесовым лощинам. Расстояние между сечениями должно быть соизмеримо с шириной русла. В границах запроектированной выемки грунта необходимо назначить не менее 4-5 поперечников, крайние из которых, должны проходить через ее начало и конец. Если расчет проводится для больших наполнений русла, поперечники располагаются по нормалям к оси русла. При расчете для малых наполнений на направление течения сильное влияние оказывает рельеф дна и поперечники следует ориентировать, сообразуясь с этим рельефом так, чтобы они были нормальны к предполагаемому направлению течения.

Приложение Д
(обязательное)

Номограммы для расчета скорости смещения верхней кромки карьера и времени его заполнения



а) при h_r/h_k = 0,06;
б) при h_r/h_k = 0,08.

Рисунок Д.1 – Номограммы для определения скорости смещения верхней кромки карьера $C_к$ в зависимости от числа Фруда *Fr*, скорости потока *v* и отношения высоты гряд к глубине карьера h_r/h_k

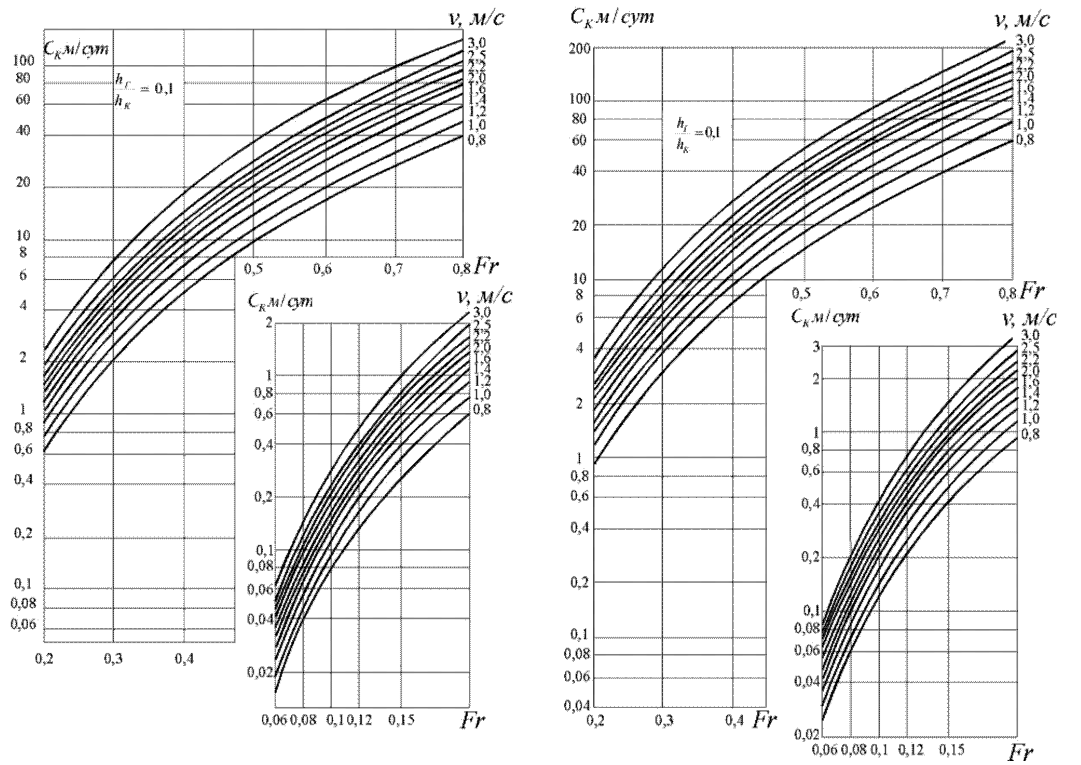
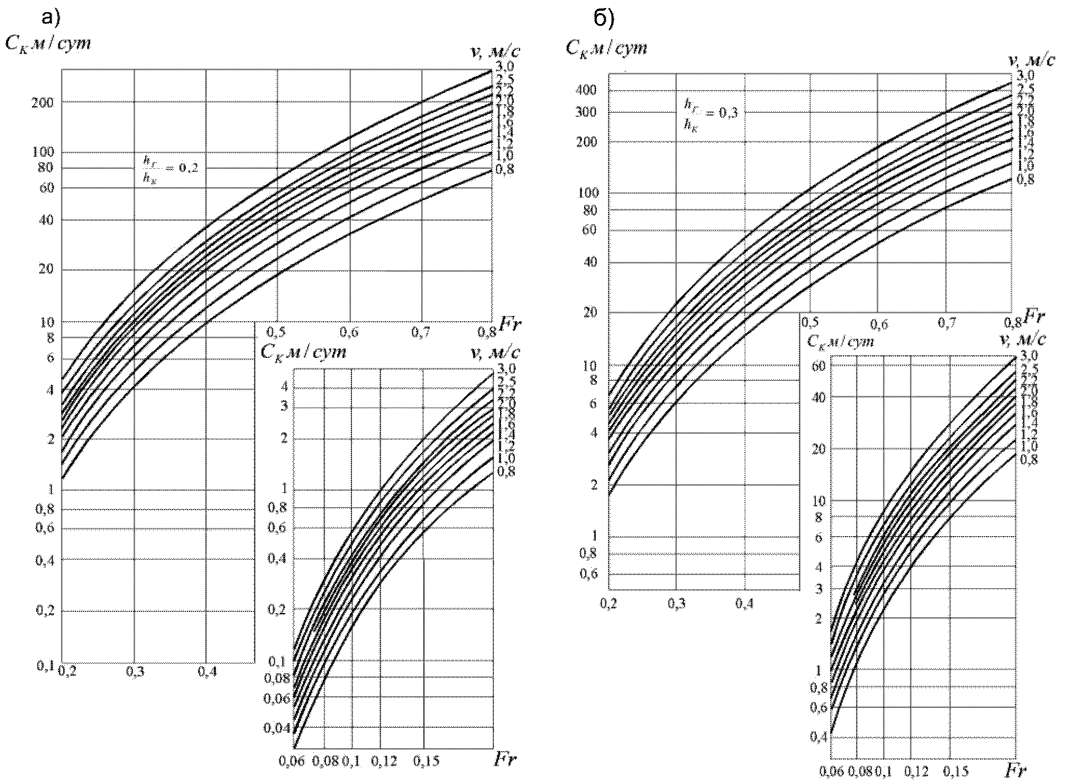


Рисунок Д.2 – Номограммы для определения скорости смещения верхней кромки карьера $C_к$ в зависимости от числа Фруда *Fr*, скорости потока *v* и отношения высоты гряд к глубине карьера при h_r/h_K = 0,1



а) при h_r/h_k = 0,2;
б) при h_r/h_k = 0,3.

Рисунок Д.3 – Номограммы для определения скорости смещения верхней кромки карьера $C_к$ в зависимости от числа Фруда *Fr*, скорости потока *v* и отношения высоты гряд к глубине карьера h_r/h_k

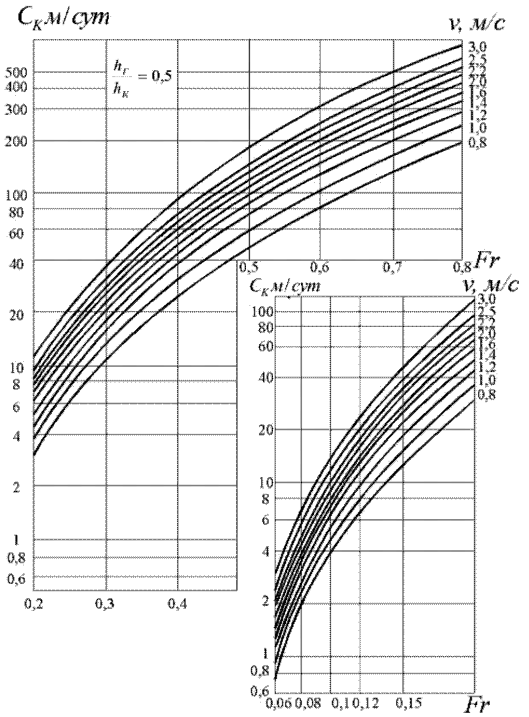


Рисунок Д.4 – Номограммы для определения скорости смещения верхней кромки карьера $C_к$ в зависимости от числа Фруда *Fr*, скорости потока *v* и отношения высоты гряд к глубине карьера при $h_r/h_к$ = 0,5

Приложение Е
(рекомендуемое)

Примеры расчета скорости смещения верхней кромки карьера и времени его заполнения на участках равнинных рек и рек горно-предгорной зоны

Е.1 Расчет для малой несудоходной равнинной реки (пример 1)

Определить смещение верхней кромки карьера за 10 лет (длину карьера с периодом восстановления отметок дна в течение 10 лет) и время его заполнения глубиной 3,5 м и длиной равной: ширине русла $L_{K1} = B = 80$ м; а также $L_{K2} = 500$ м; $L_{K3} = 1000$ м; $L_{K4} = 1500$ м.

Исходные данные:

- кривые $Q=f(H)$ и $V=f(H)$;
- средняя крупность руслового материала $d = 7{,}0$ мм;
- ширина русла в паводок 80 м;
- период наблюдений за уровнем воды составляет 50 лет ($N = 18262$ сут).

Результаты расчета представлены в таблице Е.1.

На основании русловой съемки, таблицы 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. Ряд данных о суточных уровнях воды выше значений $H_B = 600$ м за все годы наблюдений делим на четыре интервала. 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 δT_i в сутках в этих же интервалах уровней за прогнозируемый период 10 лет (3650 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 Fr . По формулам (10.10) или (10.11) вычисляем высоту гряд $h_Г$ для каждого интервала уровней и относительную высоту гряд при глубине карьера 3,5 м.

Скорость смещения верхней кромки карьера $C_к$ для частных интервалов уровней воды определяем по зависимости (10.33) или номограммам (приложение Д), а смещение верхней кромки карьера $L_{\Delta к}$ за прогнозируемые интервалы времени при соответствующих интервалах уровней воды H - по формуле (10.34).

Как следует из таблицы Е.1 смещение верхней кромки карьера в данном примере за 10 лет (длина карьера с периодом восстановления отметок дна в течение 10 лет) составляет 1317 м, что соответствует скорости смещения 131,7 м/год. Этот карьер глубиной

3,5 м при длине 80 м, равной ширине русла будет занесен в течение 0,6 лет. Этот же карьер при длине 500; 1000 и 1500 м будет занесен в течение 3,8; 7,6 и 11,4 года, соответственно.

Е.2 Расчет для средней равнинной реки (пример 2)

Определить смещение верхней кромки карьера за 10 лет (длину карьера с периодом восстановления отметок дна в течение 10 лет) и время его заполнения глубиной 5,0 м при длине карьера, равной ширине реки $L_{K1} = B$ = 80 м; а также L_{K2} = 500 м; L_{K3} = 1000 м.

Исходные данные:

- кривые $Q=f(H)$ и $V=f(H)$;
- средняя крупность руслового материала d = 0,42 мм;
- ширина русла в паводок B = 220 м;
- период наблюдений за уровнем воды составляет 60 лет (N = 21915 сут).

Результаты расчета представлены в таблице Е.1.

На основании русловой съемки, таблицы данных об уровнях воды и кривой $V=f(H)$ находим критическое значение уровня воды H_B = 198,0; выше которого частицы донных отложений средней крупностью 0,42 мм находятся в состоянии движения. Единый ряд данных о суточных уровнях воды за все годы наблюдений выше 198,0 м делим на семь интервалов.

Дальнейшая процедура расчетов аналогична процедуре расчета в примере 1.

Результаты расчетов сведены в таблице Е.1.

Как следует из таблицы Е.1.смещение верхней кромки карьера в примере 2 за 10 лет составляет 612 м, что соответствует скорости смещения 61,2 м/год.

Этот карьер при длине 220 м, равной ширине русла будет занесен в течение 3,6 лет.

Этот же карьер при длине 500 м будет занесен в течение 8.2 лет, а при длине 1000 м за 16,3 года.

Е.3 Расчет для большой равнинной реки (пример 3)

Определить смещение верхней кромки карьера глубиной 10 м за 10 лет и время его заполнения при длине карьера 750 м, равной ширине русла $L_{K1} = B$ = 750 м; а также L_{K2} = 500 м; L_{K3} = 1000 м.

Исходные данные:

- кривые $Q=f(H)$ и $V=f(H)$;
- средняя крупность руслового материала d = 0,30 мм;
- ширина русла в паводок 80 м;
- период наблюдений за уровнем (расходом) воды составляет 80 лет (N = 29220 сут).

Результаты расчета представлены в таблице Е.1.

На основании русловой съемки, таблицы данных об уровнях воды и кривой $V=f(H)$ находим критическое значение уровня воды H_B = 110,5 м, выше которого частицы донных отложений средней крупностью 0,30 мм находятся в состоянии движения.

Единый ряд данных о суточных уровнях воды за все годы наблюдений выше 110,5 м делим на девять интервалов.

Из таблицы Е.1 следует, что смещение верхней кромки карьера за 10 лет (длина карьера с периодом восстановления отметок дна в течение 10 лет) составляет 177,5 м; что соответствует скорости смещения 17,7 м/год.

Этот карьер при длине $L_{K1} = B$ = 750 м, равной ширине русла будет занесен в течение 42,4 лет. Этот же карьер при длине 500 м будет занесен в течение 28,2 лет, а при длине 1000 м - за 56,5 лет.

Из выполненных расчетов также следует, что если в Примере 3 глубина карьера будет уменьшена вдвое и составит 5 м, вдвое быстрее произойдет занесение карьеров длиной 750, 500 и 1000 м.

Аналогично, при прежней глубине карьера 10 м, также вдвое уменьшится время занесения более коротких карьеров (вдвое меньших по длине). Если же вдвое будут уменьшены и глубина карьера (до 5 м) и их первоначальные длины (до величин 375, 250 и 500 м), то время занесения таких карьеров составит 10,6; 7,05 и 14,1 лет, соответственно.

Таблица Е.1 - Расчеты скорости перемещения верхней кромки карьера и времени его заполнения за 10-летний период при различных размерах карьеров на равнинных реках

№ п/п	Интервал уровней воды $H_в$,м	Число случаев m_i,сут	Частота повторяемости уровня воды, P^*	Число случаев за расчетный период, δT_i, сут	Глубина потока H, м	Средн. скорость на вертикали V, м/с	Число Фруда Fr	Высота гряд $h_Г$, м	Относительная высота гряд $h_Г/h_к$	Скорость перемещения верхн. кромки карьера $C_к$,м/сут	Величина смещения верхн. кромки карьера за 10 лет $L_{Дк}$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Пример 1. *Малая равнинная река*										
1	600,0-600,6	4000	0,219	799	0,6	0,90	0,37	0,08	0,02	0,87	692
2	600,6-601,4	1800	0,098	358	1,4	1,10	0,30	0,18	0,05	1,41	505
3	601,4-602,3	300	0,016	58	2,3	1,30	0,27	0,30	0,08	1,94	113
4	602,3-603,5	20	0,001	4	3,5	1,30	0,22	0,45	0,13	1,71	7
										∑	1317
	Скорость перемещения верхней кромки карьера составляет 131,7 м/год										
	Пример 2. *Средняя равнинная река*										
1	198,0-199,0	6100	0,28	1022	2,0	0,66	0,15	0,26	0,052	0,11	112
2	199,0-200,2	3910	0,18	657	3,2	0,77	0,14	0,42	0,084	0,17	111
3	200,2-200,8	2090	0,09	328	3,8	0,89	0,15	0,49	0,098	0,28	92
4	200,8-201,0	1700	0,08	292	4,0	0,98	0,16	0,52	0,104	0,40	116
5	201,0-201,4	980	0,04	146	4,4	1,12	0,17	0,57	0,114	0,59	87
6	201,0-201,8	360	0,02	73	4,8	1,20	0,17	0,62	0,124	0,69	51
7	202,8-203,2	200	0,01	36	5,2	1,34	0,19	0,68	0,136	1,19	43
										∑	612,0
	Скорость перемещения верхней кромки карьера составляет 61,2 м/год										
	Пример 3. *Большая равнинная река*										
1	110,5-111,0	6069	0,21	76,6	3,0	0,62	0,11	0,33	0,03	0,023	18,0
2	111,0-111,5	4095	0,14	511	3,5	0,75	0,13	0,38	0,04	0,063	32,0
3	11,5-112,4	4010	0,14	511	4,4	0,81	0,12	0,44	0,04	0,053	27,2
4	112,4-113,2	3780	0,13	474	5,2	0,89	0,13	0,57	0,06	0,111	52,8
5	113,2-113,8	3070	0,11	401	5,8	0,94	0,13	0,64	0,06	0,118	47,2
6	113,8-114,6	1450	0,05	182	6,6	1,13	0,14	0,72	0,07	0,206	37,5
7	114,6-115,5	700	0,02	73	7,5	1,25	0,14	0,82	0,08	0,261	19,0
8	115,5-116,9	135	0,04	15	8,9	1,45	0,15	0,98	0,10	0,465	7,0
9	116,9-118,0	70	0,02	7	10,0	1,56	0,15	1,10	0,11	0,550	3,8
										∑	177,5
	Скорость перемещения верхней кромки карьера составляет 17,7 м/год										

Е.4 Расчет для предгорной реки (пример 4)

Определить смещение верхней кромки карьера глубиной 3,5 м за 10 лет (длину карьера с периодом восстановления дна в течение 10 лет) и время его заполнения при трех значениях длины карьера: длине, равной ширине русла $L_{K1} = B = 220$ м, а также $L_{K2} = 500$ м и $L_{K3} = 1000$ м.

Исходные данные:

- кривые $Q=f(H)$ и $V=f(H)$;
- ширина русла в паводок $B = 220$ м;
- уклон дна $I = 0,007$;
- крупность руслового материала: $d_{50} = 0,069$ м; $d_{95} = 0,145$ м; $d_{95}/d_{50} > 2$;
- период наблюдений за уровнем воды составляет 60 лет ($N = 21900$ сут).

Результаты расчетов представлены в таблице Е.2.

На основании русловой съемки, таблицы данных об уровнях воды и кривой $V = f(H_B)$ находим критическое значение уровня воды $H_B = 321,8$ м; выше которого частицы руслового материала крупностью $d_{50} = 0,069$ м находятся в состоянии движения. Ряд данных о суточных уровнях воды выше значений $H_B = 321,8$ м за все годы наблюдений делим на пять интервалов.

Подсчитываем число случаев m_i (число суток со значением уровней воды в каждом интервале за период наблюдений), определяем частоту повторяемости уровня волы P^* в каждом интервале за период наблюдений (графа 4 таблицы Е.2) и прогнозируемый интервал времени δT_i в сутках в этих же интервалах уровней за 10 лет (3650 сут) (графа 5 таблицы Е.2).

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

По формуле (10.29) вычисляем значения неразмывающих скоростей V_o для каждого интервала глубин.

По формуле (10.28) вычисляем значения удельного расхода донных наносов в весовом выражении (графа 9 таблицы Е.2). Значение коэффициента K принимаем по формуле (10.32). Принимая значение удельной плотности донных отложений равной φ_m равным 2,0 т/м^3, определяем значение удельного расхода донных наносов в объемном выражении (в рыхлом теле) (графа11 таблицы Е.2).

По зависимости $C_K = q_r / h_K$ находим значения скорости перемещения верхней кромки карьера в каждом интервале наполнения русла водой в м/сут. (графа 13 таблицы Е.2).

Далее находим величину перемещения верхней кромки карьера за 10 лет (графа 14 таблицы Е.2) и скорость его перемещения в м/год (графа 15 таблицы Е.2).

Из таблицы Е.2 (пример 4) видно, что смещение верхней кромки карьера глубиной 3,5 м за 10 лет (длина карьера с периодом восстановления отметок дна в течение 10 лет) составляет 3688 м. Скорость перемещения верхней кромки карьера составляет 368 м/год.

Время заполнения карьера глубиной 3,5 м при трех значениях его длины: L_{K1} = B = 220 м; L_{K2} = 500 м и L_{K3} = 1000 м составит 0,6;.1,4 и 2,7 года, соответственно.

Таблица Е.2 - Расчеты скорости перемещения верхней кромки карьера и времени его заполнения за 10-летний период при различных размерах карьеров на предгорной реке (**пример 4**)

№ п/п	Интервал уровней воды $H_в$, м	Число случаев в интервале m_i, сут	Частота повторяемости уровня воды P*	Число случаев за расчетный период δT_i, сут	Глубина потока H, м	Средняя скорость на вертикали V, м/с	Неразмывающая скорость потока V_0, м/с	Расход донных наносов $q_т$				C_{Ki} м/сут	$L_{\Delta к}$ за 10 лет, м	$L_{\Delta к}$, м/год
								кг/с·м	кг/сут·м	т/сут·м	$м^3$/сут			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	321,8-322,0	7013	0,32	1180	0,5	1,50	1,40	0,05	4523	4,5	2,25	0,6	708	71
2	322,0-323,0	1534	0,07	277	1,0	2,10	1,58	0,39	34074	34,1	17,0	4,9	1362	13,6
3	323,0-324,0	219	0,01	50	1,5	2,80	1,69	1,58	136820	136,8	68,4	19,5	975	97
4	324,0-325,0	88	0,004	15	2,0	3,20	1,78	2,22	191482	191,5	95,7	27,3	409	41
5	325,0-326,0	22	0,001	4	2,5	3,80	1,84	4,74	40953,6	409,5	204,7	58,5	234	23
												∑	**3688**	**368**

Приложение Ж
(рекомендуемое)

Пример определения концентраций взвесей при разработке карьера

Ж.1 Пример определения концентраций взвесей в районе отвала грунта в воду при разработке землечерпательной прорези землесосом номографическим методом:

1. По плану участка определяем расстояние между створами ΔL_1 = 120 м; ΔL_2 = 150 м. Средние по оси глубины расчетных участков: ΔT_1 = 0,85 м; ΔT_2 = 1,05 м. Скорости течения по натурным данным равны: v_1 = 0,65 м/с; v_2 = 0,6 м/с.

2. По известному диаметру частиц рефулируемого грунта d_5 = 0,0005 м находим соответствующую ему гидравлическую крупность ω = 0,054 м/с.

3. По номограмме (рисунок 10.5) устанавливаем значение коэффициента уноса грунта K_y = 0,4. Принятые условия:

- степень стеснения русла $\frac{l}{B_б}=0,2$;

- скорость течения v = 0,7;

- угол между направлением потока и осью отвала Θ = 90°.

4. Определяем значение концентрации взвеси в зоне выброса

$$S_0=\frac{Q_m\rho K_l K_y}{3600\cdot B\cdot T\cdot \upsilon}=\frac{2500\cdot 2600\cdot 0,05\cdot 0,4}{3600\cdot 3\cdot 0,5\cdot 0,8\cdot 0,7}=42,5\ г/л$$

5. По номограмме (рисунок 10.3) устанавливаем величину относительного изменения концентрации взвешенных частиц наносов на каждом участке:

$$\frac{S_1}{S_0}=0,04;\quad \frac{S_2}{S_1}=0,02.$$

6. Последовательно определяем концентрации взвесей в каждом расчетном створе

$$S_1 = 0,04 \cdot S_0 = 0,04 \cdot 42,5 = 1,7\ г/л;$$

$$S_2 = 0,02 \cdot S_1 = 0,02 \cdot 1,7 = 0,034\ г/л.$$

Ж.1 Пример определения параметров пятна мутности и заиления русла по длине малой реки (метод ГГИ)

В качестве примера приведен расчет распространения пятна мутности по длине малой реки Бол. Вени (о-в Сахалин) ниже створа разработки поперечной траншеи.

Исходными данными являются объем разработки грунта, производительность техники, параметры сечения русла реки и скорость течения, механический состав разрабатываемого грунта.

Расчет выполняется поэтапно, результаты расчета сведены в таблицы Ж.1 – Ж.4.

Таблица Ж.1 - Расчет стартовой мутности и продолжительности воздействия для р. Б. Вени

Объем извлекаемого грунта $\Sigma W_{гр}$ [1]	Производительность машины при разработке грунта $g_{разр}$ [1]		Объемная масса извлекаемого грунта ρ [2]	Коэфф. взмучивания грунта z [3]	Ширина русла b [2]	Средняя глубина в створе h [2]	Средняя скорость течения v [2]	Расход воды в русле q	Средняя дополнительная мутность в створе работ ΔP [4]	Среднее время воздействия повышенной мутности на участках реки
$м^3$	$м^3$/смена	$м^3$/с	т/$м^3$	%	м	м	м/с	$м^3$/с	г/ $м^3$	ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5242,6	413	0,0115	0,800	3,2	21	2,7	0,20	11,3	25,9	126,9

Примечания

[1] Объем извлекаемого грунта $\Sigma W_{гр}$ и производительность машины при разработке грунта $g_{разр}$ (графы 1, 2) принимаются в соответствии с проектом организации работ.

[2] Объемная масса извлекаемого грунта ρ (графа 4) и параметры b, h и v (графы 6, 7 и 8) принимаются в соответствии с отчетом по инженерным изысканиям.

[3] Коэффициент взмучивания грунта z (графа 5) назначается с учетом типа используемых механизмов и характера грунта по методике расчета [9].

[4] Ср. дополнительная мутность ΔP (графа 10) определяются по выражению $\Delta P = g\rho_1 z10^4/q$.

Таблица Ж. 2 - Расчет зон осаждения для р. Б. Вени

№ строки	Размер фракций частиц d - d	Содержание фракции [1]		Расчетный диаметр фракций d [2]	Темпера воды T [3]	Темп. поправочный коэф. на условия работ k_T	Гидравлическая крупность фракций w		Средняя глубина потока h	Средняя скорость потока v	Границы зоны полного осаждения фракций (от створа перехода) L	№ границы зоны
		p_i	Σp_i				при T=15^{0}С	в рабочих условиях				
	мм	%		мм	^{0}С		м/с		м	м/с	м	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	>10	0	0	0	15	1	0,49	0,49	2,7	0,2	0,0	1
2	10-5	0	0	0	15	1	0,35	0,35	2,7	0,2	0,0	2
3	5-2	0	0	0	15	1	0,21	0,21	2,7	0,2	0,0	3
4	2-1	0	0	0	15	1	0,12	0,12	2,7	0,2	0,0	4
5	1-0,5	0	0	0	15	1	0,06	0,06	2,7	0,2	0,0	5
6	0,5-0,2	10	10	0,2	15	1	0,02	0,02	2,7	0,2	27,0	6
7	0,2-0,1	15	25	0,1	15	1	0,01	0,01	2,7	0,2	54,0	7
8	0,1-0,05	15	40	0,05	15	1	0,00195	0,00195	2,7	0,2	276,9	8
9	0,05-0,01	25	65	0,01	15	1	0,000078	0,000078	2,7	0,2	6923,1	9
10	0,01-0,005	22	87	0,005	15	1	0,00002	0,00002	2,7	0,2	27000,0	10
11	0,005-0,001	13	100	0,001	15	1	0,00000078	0,00000078	2,7	0,2	692307,7	11

Примечания

[1] Содержание фракций p_i (графы 2) и Σp_i (графа 3) принимаются в соответствии с отчетом по инженерным изысканиям.

[2] За расчетный диаметр фракций d (графа 4) принимается нижняя граница крупности фракции частиц грунта.

[3] Температура воды T (графа 5) определяется по данным изысканий с учетом сезона производства работ.

[4] Границы зоны полного осаждения фракции L (графа 11) определяются по формуле $L = hv/w$.

Таблица Ж.3 - Расчет величины средней дополнительной мутности при разработке грунта

№ строки	Доп. мутность в створе работ ΔP [1]	Масса грунта, поступающая в поток G [2]	Время разработки грунта τ [3]	Расход воды в русле q	Фракция частиц d-d	Содержание фракции		Масса грунта фракции, поступающая в поток G_i	Масса грунта каждой фракции, осевшей в зоне $G_{il}'=G_i(L_l/L)-\Sigma G_{i(l-n)}'$ по зонам										
						p_i	Σp_i		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	г/м^3	т	смен.	м^3/с	мм	%		т	т										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	25,90	134,21	12,69	11,34	>10	0	0	0	0,000										
2			12,69	11,34	10-5	0	0	0	0,000	0,000									
3			12,69	11,34	5-2	0	0	0	0,000	0,000	0,000								
4			12,69	11,34	2-1	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000							
5			12,69	11,34	1-0,5	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
6			12,69	11,34	0,5-0,2	10	10	13,421	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,421					
7			12,69	11,34	0,2-0,1	15	25	20,131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,066	10,066				
8			12,69	11,34	0,1-0,05	15	40	20,131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,963	1,963	16,206			
9			12,69	11,34	0,05-0,01	25	65	33,552	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,131	0,131	1,080	32,210		
10			12,69	11,34	0,01-0,005	22	87	29,526	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,030	0,244	7,268	21,955	
11			12,69	11,34	0,005-	13	100	17,447	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,006	0,167	0,506	16,767
12							ΣGi	**134,21**	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	25,611	12,190	17,536	39,646	22,461	16,767

Примечания

[1] Дополнительная мутность в створе работ (графа 1) $\Delta P=g\rho z10^4/q$.

[2] Масса грунта, поступающая в поток (графа 2) $G = (\Sigma W_{гр})\rho_1 z/100$.

[3] Время разработки грунта (графа 3) $\tau = \Sigma W_{гр}/g_{разр}$.

[4] Полная дополнительная мутность по расчетным створам (графа 23) $\mu' = \tau (10^2 G_{L(транзит)}/3,6)/q$.

Окончание таблицы Ж.3

№ строки	Масса осевшего грунта в зоне ΣG_i	Масса осевшего грунта в русле от створа работ до расчетного створа интегральная сумма ΣG_{iL}	Масса транзитного грунта в створа работ $G_{iL\ (транзит)}$	Полная дополнительная мутность по расчетным створам при разработке грунта μ' [4)]	Положение расчетного створа (от створа работ) L	Среднее время воздействия повышенной мутности на участках реки
	т	т	т	г/м^3	м	ч
	20	21	22	23	24	25
				25,90		126,9
1	0,000	0,000	134,210	25,90	0,0	
2	0,000	0,000	134,210	25,90	0,0	
3	0,000	0,000	134,210	25,90	0,0	
4	0,000	0,000	134,210	25,90	0,0	
5	0,000	0,000	134,210	25,90	0,0	
6	25,611	25,611	108,599	20,96	27,0	
7	12,190	37.800	96,409	18,60	54,0	
8	17,536	55,336	78,874	15,22	276,9	
9	39,646	94,981	39,228	7,57	6923,1	
10	22,461	117,443	16,767	3,24	27000,0	
11	16,767	134,210	0,000	0	692307,7	
12	**134,21**					

Таблица Ж. 4 - Расчет толщины наилка и плотности заиления

№ строки	Нижняя граница расчетной зоны (от створа работ) L	Основная фракция отложившегося грунта в расчетных зонах d-d	Общая масса (по зонам) отложившегося грунта ΣG_i	Плотность грунта в естественном состоянии ρ_d [1]	Коэф. разрыхления грунта k	Плотность отложений фракций i ρ_i [2]	Объем заиления W_i	Площадь расчетного участка заиления F	Положение расчетного створа (от створа работ) l	Средний слой наилка в зоне δ [3]	Удельная плотность заиления дна в зоне ς
	м	мм	т	т/м^3		т/м^3	м^3	м^2	м	мм	мг/см^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
									0,0		0,00
1	0,0	>10	0,0000	2,1	1,17	1,7949	0,0000	0,00	0,0	0,00	0,00
2	0,0	10-5	0,0000	2	1,16	1,7241	0,0000	0,00	0,0	0,00	0,00
3	0,0	5-2	0,0000	1,9	1,15	1,6522	0,0000	0,00	0,0	0,00	0,00
4	0,0	2-1	0,0000	1,8	1,14	1,5789	0,0000	0,00	0,0	0,00	0,00
5	0,0	1-0,5	0,0000	1,7	1,13	1,5044	0,0000	0,00	0,0	0,00	0,00
6	27,0	0,5-0,2	25,6105	1,5	1,12	1,3393	19,1225	567,00	13,5	33,73	4516,85
7	54,0	0,2-0,1	12,1896	1,3	1,1	1,1818	10,3143	567,00	40,5	18,19	2149,84
8	276,9	0,1-0,05	17,5356	1,2	1,08	1,1111	15,7820	4681,38	165,5	3,37	374,58
9	6923,1	0,05-0,01	39,6457	1	1,08	0,9259	42,8174	139569,23	3600,0	0,31	28,41
10	27000,0	0,01-0,005	22,4613	0,9	1,08	0,8333	26,9535	421615,38	16961,5	0,06	5,33
11	692307,7	0,005-0,001	16,7668	0,8	1,08	0,7407	22,6352	13971461,54	359653,8	0,00	0,12

Примечания

[1] Плотность грунта в естественном состоянии ρ_d (графа 4) принимаются в соответствии с работой [40].

[2] Плотность отложений фракций ρ_i (графа 6) определяется по выражению $\rho_i = \rho_d / k$.

[3] Средний слой наилка в зоне δ (графа 10) определяется по выражению $\delta = W_i / F * 1000$.

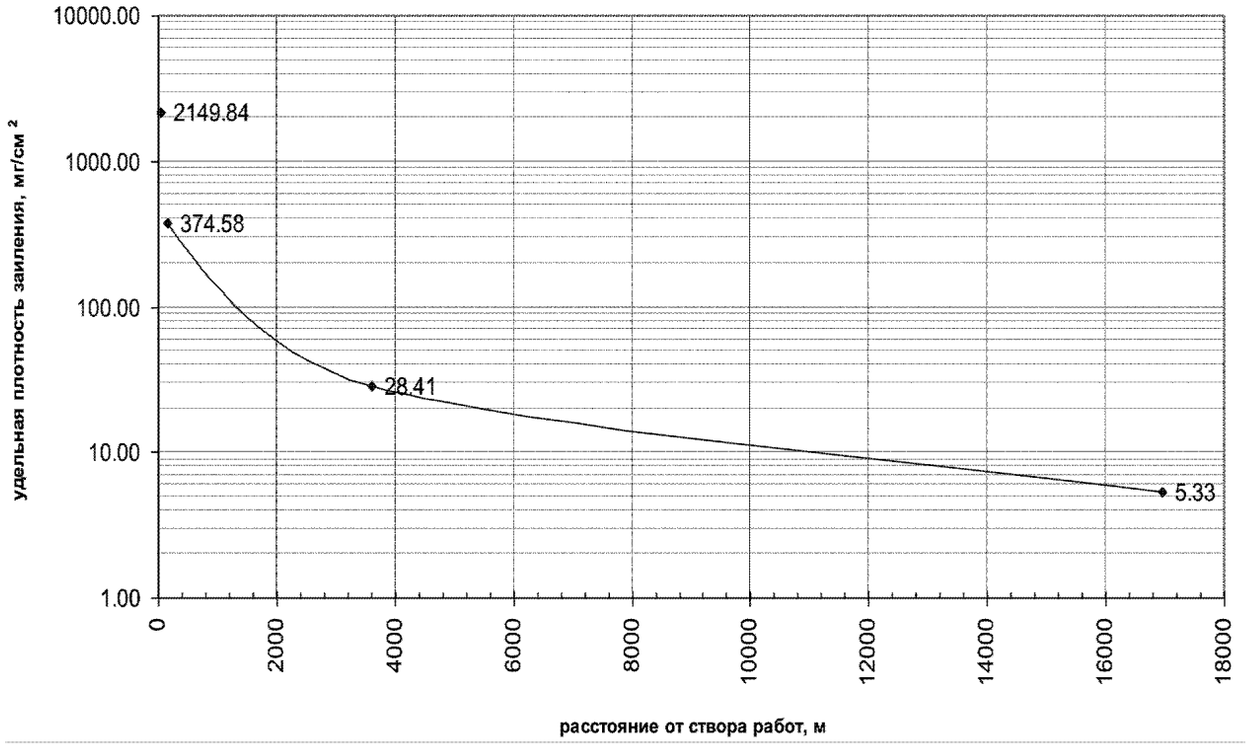


Рисунок Ж.1 - График изменения удельной плотности заиления по длине реки Бол. Вени вниз по течению от створа работ

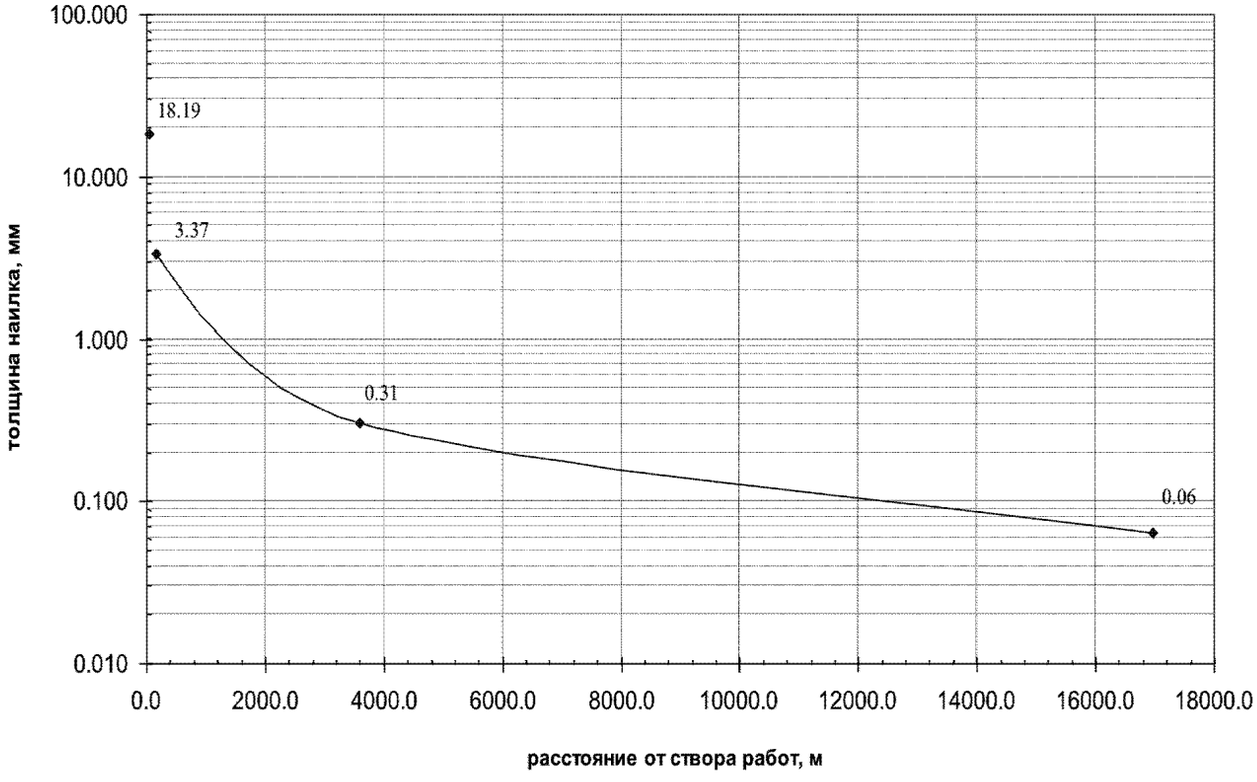


Рисунок Ж.2 - График изменения толщины наилка по длине реки Бол. Вени вниз по течению от створа работ

Приложение И
(рекомендуемое)

Пример использования математического моделирования при проектировании карьеров НСМ в нижнем бьефе ГЭС

Возможности использования математического моделирования в одномерной постановке при оценке воздействия карьерных разработок на гидравлические и русловые характеристики потока и русла могут быть проиллюстрированы на примере моделирования движения воды и русловых переформирований в нижнем бьефе Нижнекамской ГЭС.

Анализ русловых переформирований в нижнем бьефе плотины показал, что емкость русла изменяется в результате воздействия гидравлических факторов, связанных с образованием и развитием воронки размыва, а также вследствие извлечения речного аллювия. Первые являются определяющими на приплотинном участке реки, а в средней и нижней частях исследуемого участка реки основные изменения характеристик русла обусловлены добычей НСМ на фоне естественных русловых переформирований.

Наибольшие изменения емкости русла произошли вследствие добычи НСМ на Елабужском (1639,0 – 1645,0 км) и Соболевском (1620,0 - 1632,0 км) месторождениях. За период наблюдений емкость русла на этом участке увеличилась на 12.68 млн.м^3; объем наносов, перемещаемых транзитом в пределах данного участка, составил 7.51 млн.м^3, что в сумме составляет 20.19 млн.м^3. С учетом стока наносов, поступающих сверху, общее увеличение емкости русла за рассматриваемый период времени составило около 29.0 млн.м^3, что соответствует в среднем 2.64 млн.м^3 в год. Это сопоставимо со среднегодовым объемом добычи НСМ на этом участке, который составляет по отчетным данным порта Набережные Челны около 3.0 млн.м^3.

Для выполнения расчетов использовались уравнения одномерной модели речного потока. Гидравлические расчеты деформаций русла для этого участка выполнялись за расчетный период с 1983 по 1990 годы при расчетном уровне половодья, равном 55.45 м. Расчетный шаг по времени в расчетах был принят равным 21 сут. В качестве расчетной формулы для выполнения тестовых расчетов была принята формула полного расхода наносов К.В. Гришанина, полученная по результатам наблюдений за деформациями русла в реках Ока, Ветлуга Вычегда и Волга:

$$q_s = 5 \cdot 10^{-5} \cdot HU^3$$

В ходе вычислений было выполнено тестирование расчетной формулы расхода наносов. Критерием тестирования являлась величина однонаправленного приращения емкости русла на расчетном участке за период с 1983 по 1990 годы, которая по натурным данным составила 1. 85 млн.м^3 за этот период времени. Это позволило получить значение коэффициента в формуле расхода наносов для данного участка реки, где по данным

тестовых расчетов $q_s = 8.7 \cdot 10^{-6} \cdot HU^3$. Расход наносов, получаемый по этой формуле, оказался в 5.75 раза меньше, чем по исходной формуле [12]

Результаты выполненных тестовых расчетов показаны на рисунке И.1 в сопоставлении с натурными данными.

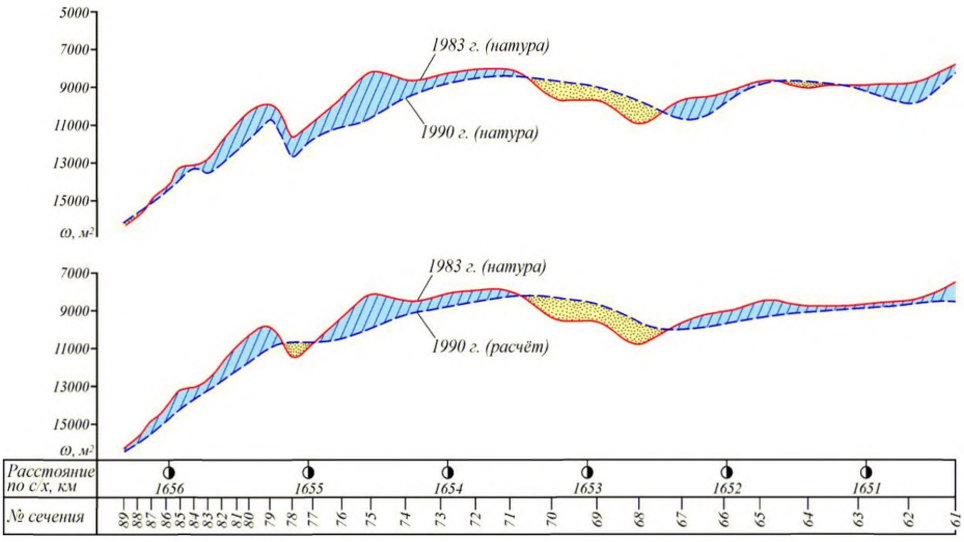


Рисунок И.1 - Совмещенные графики изменения площади поперечного сечения русла р. Камы на участке 1650,35–1656,315 км за период 1983–1990 годы по натурным и расчетным данным

В работе были рассмотрены следующие варианты освоения месторождений НСМ в нижнем бьефе Нижнекамской ГЭС.

Вариант I

В этом варианте добыча НСМ на участке не осуществляется. Расчеты по этому варианту позволяют оценить естественный ход русловых переформирований на участке без учета влияния карьерных разработок.

Вариант II

По этому варианту предусматривается, что добыча НСМ в нижнем бьефе Нижнекамской ГЭС будет осуществляться в течение всего прогнозируемого периода времени с 1990 по 2002 годы одновременно на Котловском, Соболековском и Елабужском месторождениях с годовым объемом добычи 3.4 млн. м^3 и 2.7 млн.м^3 (подвариант IIа).

Вариант III

Отличается от варианта II тем, что, начиная с 1994 г. прекращается добыча НСМ на Елабужском месторождении, а объемы добычи перераспределяются на Соболековское и Котловское месторождения. Общий годовой объем добычи сохраняется неизменным.

Вариант IV

По этому варианту, начиная с 1994 года прекращается добыча НСМ на Елабужском месторождении. В отличие от варианта III объемы добычи на Соболековском и Котловском месторождениях остаются неизменными в течение всего периода времени.

Вариант V

Отличается от варианта IV тем, что, начиная с 1997 года добыча НСМ в нижнем бьефе Нижнекамской ГЭС полностью прекращается.

По результатам выполненных расчетов было оценено изменение емкости русла в нижнем бьефе. Полученные данные показывают, что основной причиной увеличения емкости является добыча НСМ. Так, по варианту I за период с 1990 по 2002 годы в результате естественных переформирований емкость русла на участке возросла всего на 1.6 млн.м^3, таким образом в среднем увеличивалась на 0.13 млн.м^3 в год.

Для сравнения, на рисунке И.2 показаны результаты изменения емкости русла за период с 1990 по 2002 годы по всем прогнозируемым вариантам организации добычи НСМ на участке.

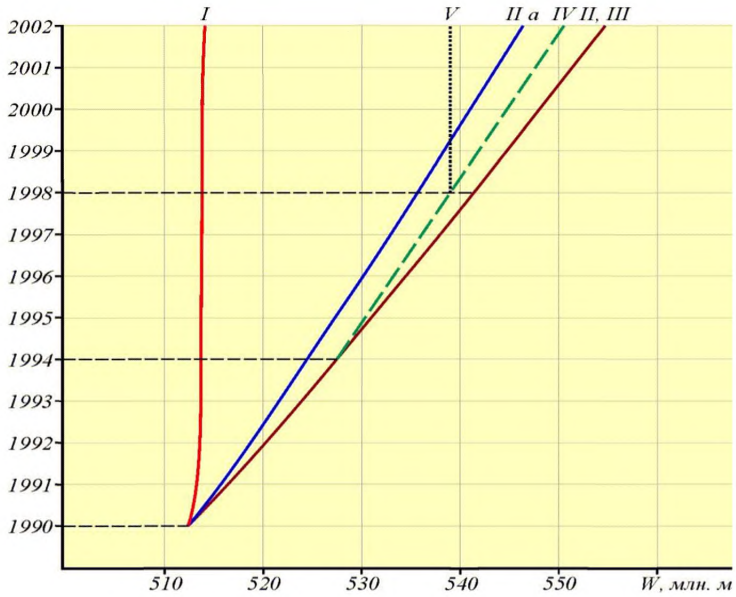


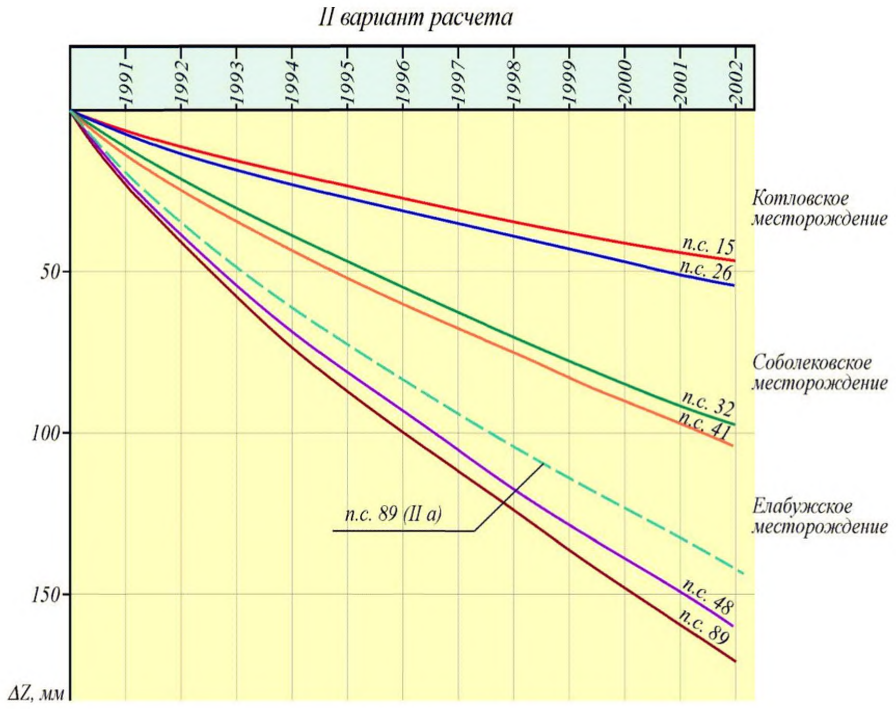
Рисунок И.2 - Изменение емкости русла на участке исследований при различных вариантах организации добычи НСМ

По результатам выполненных гидравлических расчетов получена оценка влияния добычи НСМ в нижнем бьефе Нижнекамской ГЭС на положение уровней воды.

В том случае, если добыча НСМ на участке будет прекращена (вариант I), общая величина понижения уровней воды в верхнем конце участка за весь прогнозируемый период

составит менее 1 см. При организации добычи НСМ по другим вариантам снижение уровней воды в результате добычи окажется существенным.

В качестве примера, на рисунке И.3 показаны графики изменения уровней воды на участке при организации добычи НСМ по варианту II в течение всего прогнозируемого периода времени на всех месторождениях одновременно.



п.с.89 – промерный створ 89

Рисунок И.3 - Расчетное понижение уровней воды в границах месторождений и на верхнем конце участка с 1990 по 2002 годы по варианту II при организации добычи НСМ в нижнем бьефе Нижнекамской ГЭС

Как видно из приведенного графика суммарное воздействие добычи НСМ из русла реки Камы, выражающееся в просадках уровнях в начальном (верхнем по течению) промерном створе 89 будет значительным практически с первых лет осуществления добычи, что не позволяет организовывать добычу НСМ по варианту II.

Библиография

[1] Водный кодекс Российской Федерации. – Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ

[2] Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. – Приказ МПР России от 12.12.2007 № 328

[3] Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. – Приказ МПР России от 17.12.2007 N 333

[4] Инструкция по изучению инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых при их разведке. – М.: Мингео СССР, 1975. – 51 с.

[5] Методические рекомендации по поискам, разведке и оценке песчано-гравийных месторождений. – Казань: «ВНИИгеолнеруд», 1990. – 231 с.

[6] Методика расчета понижения уровней воды при добыче нерудных строительных материалов. – М.: Транспорт, 1984. - 20 с.

[7] Методика расчета дополнительной мутности и вторичного загрязнения вод при производстве дноуглубительных работ и добычи НСМ на реках и водоёмах. – Министерство речного флота РСФСР, «Ленгипроречтранс», 1990.

[8] Практическое пособие по расчету и оценке дополнительной мутности и вторичных загрязнений при выполнении добычных и землечерпательных работ на внутренних водоемах России (РДС 2-2.6-97). – СПб ЗАО «Ленгипроречтранс», 2000

[9] Руководство по проектированию русловых карьеров. Мероприятия по предотвращению понижения уровней воды. – М.: Транспорт, 1987. - 51 с.

[10] Руководство по разработке раздела «Охрана окружающей природной среды» в проектах карьеров обводненных месторождений песчано-гравийных материалов. - М.: «Росречфлот», 1996. – 125 с.

[11] Руководство по улучшению судоходных условий на свободных реках. – СПб, ЛИВТ, 1992. – 312 с.

[12] Гришанин К.В. Основы динамики русловых потоков. – М.:, Транспорт, 1990. 319 с.

[13] Рекомендации по прогнозу деформаций речных русел на участках размещения карьеров в нижних бьефах гидроузлов – Л.: Гидрометеоиздат, 1988, 128 с.

[14] Клавен А.Б. Структура турбулентности речных потоков и методические основы их моделирования на гидравлических деформируемых моделях. Авт. дисс. на соискание учен. степ. д-ра техн. наук. – СПб, ГГИ, 1996, 42 с.

[15] Клавен А.Б., Копалиани З.Д. Лабораторное исследование кинематической структуры турбулентного потока с сильно шероховатым дном. – Труды ГГИ, вып.209. 1973, с. 67-89

[16] Правила охраны поверхностных вод (типовые положения). – М.: Госкомприрода СССР, 1991. – 34 с.

[17] Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20

[18]Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – Приказ Росрыболовства от 04.08.2009 N 695

[19]Караушев А.В., Скакальский Б.Г., Шварцман А.Я. и др. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод. Изд. 2-е. –Л., Гидрометеоиздат, 1987

[20]Русанов В.В., Зюсько А.Я., Ольшванг В.Н. Состояние отдельных компонентов водных биоценозов при разработке россыпных месторождений дражным способом. – Свердловск: УРО АН СССР, 1990. - 123 с.

[21]Шерстнева О.А. Влияние замутненности воды на численность и продуктивность погруженных макрофитов восточного побережья Финского залива. Сб. науч. тр. ФГНУ «ГосНИОРХ», вып.331. Т.1. – СПб, 2006. с. 12-36

[22]Кокуричева М.П., Калиничева В.Г., Бикунова Л.П.и др. Влияние взвешенных веществ при добыче песка на водные организмы. Сб. науч. трудов «Гидромеханизация и проблемы охраны окружающей среды». – М.: 1981. с. 46-48

[23]Иванова В.В. Экспериментальное моделирование заваливания зообентоса при дампинге грунтов. Сб. науч. тр. ГосНИОРХ, вып. 285. – 1988. с. 107-113

[24]Кудерский Л.А, Лаврентьева Г.М. Оценка ущерба рыбохозяйственным водоемам от свалки грунтовых масс (применительно к восточной части Финского залива). – СПб: 1996. – 52 с.

[25]Русанов В.В., Турицына О.С. Влияние глинистых взвесей на ранние стадии онтогенеза рыб. – Сб. науч. тр. ГосНИОРХ, вып. 2. 1979. с. 122-127

[26]Леман В.Н., Лошкарева А.А. Справочное пособие по природоохранным и мелиоративным мероприятиям при производстве строительных и иных работ в бассейне лососевых нерестовых рек Камчатки. – М.: Тов. науч. изд-в КМК, 2009. - 192 с.

[27]Karlsen H.E., Piddington R.W., Enger P.S. and Sand O. Infrasound initiates directional fast-start escape responses in juvenile roach Rutilus rutilus. – *J. Exp. Biol.* 207:4185-4193. 2004

[28]Popper A.N., Carlson T.J. Application of sound or other stimuli to control fish behavior. Transactions of the American Fisheries Society. 1998. 127(5) 673-707

[29]Hastings M.C. Effects of Underwater Sound on Bony Fishes. – Journal of Acoustical Sociiety of America 90:2335. 1991

[30]Шамов Г.И. Речные наносы. – Л., Гидрометеоиздат, 1959/ - 378 с.

[31]Brown C.B. Sediment transportation. In. Engineering Hydraulics, ch. 7, by H.Rouse (ed) New York. – 1950

[32]Гришанин К.В. Теория руслового процесса. – М.: «Транспорт», 1972. - 215 с.

[33]Леви И.И. Инженерная гидрология. – М.: «Высшая школа», 1968. – 239 с.

[34]Bagnold R.A. An approach to the sediment transport problem from general physics. – US. Geol. Survey, 1966, Prof. Paper

[35]Graf W.H., Acaroglu E.R. Sediment transport in conveyance systems (Part I) – Bull. Int. Assoc. Sci. Hydr., XIII annee № 2. 1968

[36]Методические указания по расчету устойчивых аллювиальных русел горных рек при проектировании гидротехнических сооружений. – М., «Колос», 1972. - 63 с.

[37]Временные указания по оценке повышения мутности при землечерпательных работах, проводимых для обеспечения транзитного судоходства на реках и учету ее влияния на качество воды и экологию гидробионтов. – М.: МРФ РСФСР, 1986

[38]Баула В.А. Упрощенный метод определения границ зон мутности при работе земснарядов. В сб. научн. трудов НГАВТ «Развитие внутренних водных путей Сибири и Саха (Якутии)». – Изд-во: НГАВТ, Новосибирск, 1994.

[39]Рекомендации по размещению и проектированию рассеивающих выпусков сточных вод. Государственный гидрологический институт. М.: Стройиздат, 1981

[40]Караушев А.В. Сток наносов, его изучение и географическое распределение. Гидрометеоиздат, 1977, 239 с.

[41]Швидченко А.Б., Копалиани З.Д. Влияние выемок аллювия на гидравлический и русловой режимы горной реки. Водные ресурсы, том 24, № 6. – 1997. с. 672-678

[42]Об охране окружающей среды. – Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ

[43]О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов. – Федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ

[44]Об утверждении Правил согласования размещения хозяйственных и иных объектов, а также внедрения новых технологических процессов, влияющих на состояние водных биологических ресурсов и среду их обитания. – Постановление Правительства РФ от 28.07.2008 № 569

[45]Об утверждении Методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов. – Приказ Минприроды России от 04.07.2007 № 169

[46]Временная методика оценки ущерба, наносимого рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов и проведения различных видов работ на рыбохозяйственных водоемах. - Утверждена Первым заместителем Председателя Госкомприроды СССР, согласована Министерством финансов СССР. – М.: 1989 г.

[47]Об утверждении Перечня особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, отнесенных к объектам рыболовства. – Приказ Росрыболовства от 16.03.2009 N 191

[48]Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов. – Постановление Правительства РФ от 10.04.2007 N 219

Ключевые слова: добыча нерудных строительных материалов, проектирование и размещение русловых карьеров, водные объекты, русловой процесс, донные отложения, мутность воды, биоресурсы, рациональное природопользование

Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номер страницы				Номер документа (ОРН)	Подпись	Дата	
	измененной	замененной	новой	аннулированной			внесения изменений	введения изменений

Стандарт организации

Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров

Компьютерная верстка *Н.И. Католикова*

Подписано в печать 02.04.2012. Формат 70x100 $^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж 500 экз. Заказ №29

Отпечатано в типографии Издательско-Полиграфического Комплекса «РЕНОВА»
195030, г. Санкт-Петербург, ул. Химиков, д.28
тел.: (812)715-04-37

gost.e-ecolog.ru