

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
(ИНСТИТУТ)

Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение
(кафедра)

08.04.01 «Строительство»
(код и наименование направления подготовки)

«Водоснабжение городов и промышленных предприятий»
(наименование профиля магистерской программы)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Снижение влияния русловых и береговых изменений в местах
расположения водозаборов»

Студент	С.С. Учинин (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Научный руководитель	В.М. Филенков (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	И.А. Лушкин (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	В.А. Селезнев (И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Руководитель магистерской
программы

к.тн., доцент В.М.Филенков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

« » 20 г.

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой _____
к.т.н., доцент М.Н.Кучеренко
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

« » 20 г.

(личная подпись)

Тольятти 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РУСЛОВЫХ И БЕРЕГОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	6
1.1 Русловые изменения поверхностных источников	6
1.2 Береговые изменения поверхностных источников	28
1.3 Анализ последствий русловых и береговых изменений на водозабор ..	32
Выводы по главе 1	34
2 СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ВОДОЗАБОРОВ ОТ РУСЛОВЫХ И БЕРЕГОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ	36
2.1 Существующие методы регулирования русловых изменений	36
2.2 Мероприятия по углублению дна в створе водозабора	45
2.3 Существующие способы укрепления береговой линии поверхностных источников	61
Выводы по главе 2	77
3 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ ОТ РУСЛОВЫХ И БЕРЕГОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ	78
3.1 Анализ проблем с русловыми и береговыми изменениями поверхностных источников Самарской области	78
3.2 Мероприятия по снижению уровня влияния русловых и береговых процессов на водозабор	82
Выводы по главе 3	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	87
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	88

ВВЕДЕНИЕ

Актуальности работы: в системе водоснабжения источник воды играет огромную роль. Автозаводский и Комсомольский районы г. Тольятти снабжаются водой из поверхностного источника – Куйбышевского водохранилища (р. Волга). Стабильность подачи воды является важнейшим фактором надежной работы системы водоснабжения в целом. В значительной мере на надежность поверхностного источника влияют русловые и береговые изменения (процессы), происходящие под действием комплекса различных природных и антропогенных факторов. Побочным эффектом происходящих русловых и береговых процессов является увеличение в воде взвешенных частиц (наносов), которые оказывают негативное влияние на эффективность работы водозабора вплоть до полного прекращения водоснабжения. Подобный отказ представляет собой наибольшую опасность по сравнению с отказом какого-либо элемента самой системы водоснабжения.

Перераспределение наносов, а также увеличение их количества в реке благодаря абразии и размывам берегов характерны всем крупным рекам, в частности Волге. Большая часть береговой линии никак не укреплена, а на водозаборах, в частности на водозборе «АВК», борьба с наносами ведется уже по факту их попадания в оголовки и другие элементы системы. Описанные факты в полной мере подтверждают актуальность данной работы.

Объект исследования: поверхностный водоисточник – р. Волга, береговая линия.

Предмет исследования: русловые и береговые изменения.

Цель работы: разработка и обоснование инженерных мероприятий, способствующих снижению влияния русловых и береговых изменений на работу водозаборных сооружений.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. установление характера и специфики воздействия русловых и береговых изменений на работу водозаборного сооружения;

2. анализ и оценка эффективности существующих методов и технологий, направленных на ограничение влияния русловых и береговых изменений на работу водозаборов;
3. создание схем практического применения наиболее рациональных методов и технологий, направленных на снижение влияния русловых и береговых изменений, в условиях г. Тольятти.

Научная новизна заключается в:

- теоретическом обосновании применения габионных конструкций для укрепления береговой линии в рамках г. Тольятти в качестве наиболее выгодного и эффективного способа;
- теоретическом обосновании производства дноуглубительных работ как лучшего способа повышения надежности Куйбышевского водохранилища в качестве источника воды для водозабора «АВК».

Практическая значимость работы заключается в том, что применение габионных конструкций для берегоукреплений по разработанной схеме существенно снизит попадание взвешенных частиц в воду, а регулярное проведение дноуглубительных работ значительно увеличит надежность источника.

Личный вклад автора состоит в обосновании актуальности темы, постановке цели и задач для её решения, сравнительном анализе способах укрепления береговой линии и уменьшения влияния русловых изменений на надежность источника, разработке практических схем применения наиболее эффективных методов в г. Тольятти.

На защиту выносятся: практическая схема берегоукрепления габионными конструкциями, схема проведения дноуглубительных работ для водозабора «АВК».

Апробация работы. Результаты работы представлены в сборниках трудов:

I всероссийской научно-практической студенческой конференции «Россия и мировое сообщество: экономическое, социальное, технико-технологическое развитие» (г. Нижний Новгород, НОО «профессиональная наука», 2016).

Электронном научно-практическом периодическом издании «Мировая наука» (г. Саратов, ООО «Институт управления и социально-экономического развития», 2017).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения и списка использованных источников. Работа изложена на 92 страницах, включая 50 иллюстраций и 1 таблицу.

1 АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РУСЛОВЫХ И БЕРЕГОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

1.1 Русловые изменения поверхностных источников

Самая пониженная часть долины, занятая речным потоком, называется руслом [1]. Основная масса наносов перемещается в речном русле. Стоит отметить, что русло является основополагающим элементов реки, её «фундаментом», но в то же время сама река его и формирует. Та часть русла, по которой протекает основная часть водных масс, называется главным руслом. Ширина речного русла очень сильно разниться: на самых мелких реках она может составлять всего несколько метров, в то время как на «речных гигантах», таких как р. Амазонка или р. Лена она может составлять десятки километров. При общем увеличении размеров реки, ширина реки увеличивается быстрее её глубины. В реке можно выделить три основных течения: верхнее, среднее, нижнее. Каждое из них имеет свои особенности русла: в верхнем течении происходят основные разрушающие процессы, характерны большие скорости течения воды, происходит размыв и увеличение глубины русла; в среднем течении происходят аналогичные верхнему течению процессы, но менее выраженные, т.е. разрушающие процессы происходят не так интенсивно и скорость течения воды ниже; в нижнем течении происходит аккумуляция результатов разрушающего эффекта верхнего и среднего течений. Стоит отметить, что речное русло изменяется не только по естественным причинам, существенных изменений можно добиться антропогенным вмешательством. На сегодняшний день человек научился довольно серьезно управлять речным руслом: таким образом можно изменить не только форму русла и его глубина, но и самонаправление. При антропогенном воздействии на речное русло, разумеется, будет изменяться и характер естественных русловых процессов.

Ввиду того, что реки имеют очень большое значение для жизни человека, речные русла стали исследовать как в рамках технических, так и в рамках естественных дисциплин. Первые исследования русловых процессов относятся к средним векам. Галилео Галилей консультировал проект, целью которого было спрямление излучин р. Тибр и как результат снижение уровня воды в половодья, затопляющие Рим. В 17-19 веках велись исследования на реках Европы с целью улучшения условий судоходства. Прогнозировались изменения глубины реки для составления максимально эффективного в экономическом плане графика намеченных работ. Таким образом, подобные прогнозы стали толчком для создания отдельной самостоятельной науки о русловых процессах. В России основоположниками в данном направлении были Лохтин В.М. и Лебявский Н.С. [2].

Существенный вклад в развитие науки о русловых процессах внес советский гидролог Великанов Михаил Андреевич. В 1948 г. впервые им же и было предложено определение «русловые процессы».

Новый всплеск необходимости прогнозирования изменений речных русел возник в 20-м веке во времена создания проектов строительства крупных гидротехнических сооружений.

С выходом в свет крупных обобщенных работ Шанцера Е.В., Великанова М.А., Кондратьева Н.Е., Макавеева Н.И., Попова И.В. в 40-50-х годах 20-го века произошло окончательное становление науки о русловых процессах как самостоятельной дисциплины.

Изменения русла происходят в результате действия различных русловых процессов, связанных с воздействием водных масс на русла поверхностных источников. Процесс разрушения породы под действием воды называется водной эрозией. Выделяют русловую и склоновую эрозии.

Склоновой эрозией является процесс разрушения и смыва продуктов этого разрушения талыми и дождевыми водами со склонов площади бассейна. Интенсивность такого типа эрозии зависит от следующих

факторов: состав почвогрунтов, количество и характер растительности, рельеф местности, количество осадков. Продукты разрушения не в полной мере попадают в водоисточник, часть их застревает в оврагах и различных неровностях земной поверхности. В районах, которым характерен сухой климат, склоновая эрозия протекает значительно интенсивнее, чем в районах с влажным климатом, ввиду низкого количества растительности, меньшего количества гумуса в почве. Русловая эрозия заключается в размыве водой русла реки. На степень интенсивности этого типа эрозии влияет энергия воды и тип породы, слагающей русло.

В результате водной эрозии образуются речные наносы. Различают донные и взвешенные наносы [3]. Отличаются они характером движения в водоисточнике.

Совокупность, как правило, наиболее мелких частиц, которые оторвались от речного дна, является взвешенными наносами, т.е. они могут находиться во взвешенном состоянии длительное время. Чем меньше размер частицы, тем больше скорость её перемещения приближается к скорости течения воды. На придонный слой $0,1-0,2d$, где d – глубина, приходится основная часть взвешенных наносов.

Совокупность, как правило, наносов наиболее крупных размеров (галька, гравий, крупный песок) называется донными наносами. Они не отрываются от дна под воздействием водного потока, либо отрываются только на короткое время. В зависимости от этого различают влекомые и полувзвешенные соответственно.

Разделение на донные и взвешенные наносы условное, так как при изменении скорости потока в большую либо меньшую сторону часть одних наносов перейдет в другую.

На частицу, находящуюся на дне действует довольно много различных сил: сила тяжести, лобовое давление воды, сила трения, инерционные силы и т.д. Но так как большая их часть слишком мала, ими можно пренебречь.

Таким образом, для частицы на дне в состоянии покоя уравнение равновесия будет выглядеть следующим образом:

$$P_{fr} = (G_{par} - P_{lif})f, \quad (1.1)$$

где P_{fr} – сила лобового давления воды;

G_{par} – вес частицы;

P_{lif} – подъемная сила;

f – коэффициент трения.

Частица находится в покое при малой придонной скорости, с её постепенным увеличением частица начинает вздрагивать, колебаться, теряя устойчивость, начинает скользить по дну либо перекатываться. Начальной донной скоростью трогания V_{bel} называется скорость, при которой частица теряет состояние покоя. Для частиц различного диаметра скорость трогания также будет различна (рис. 1.1).

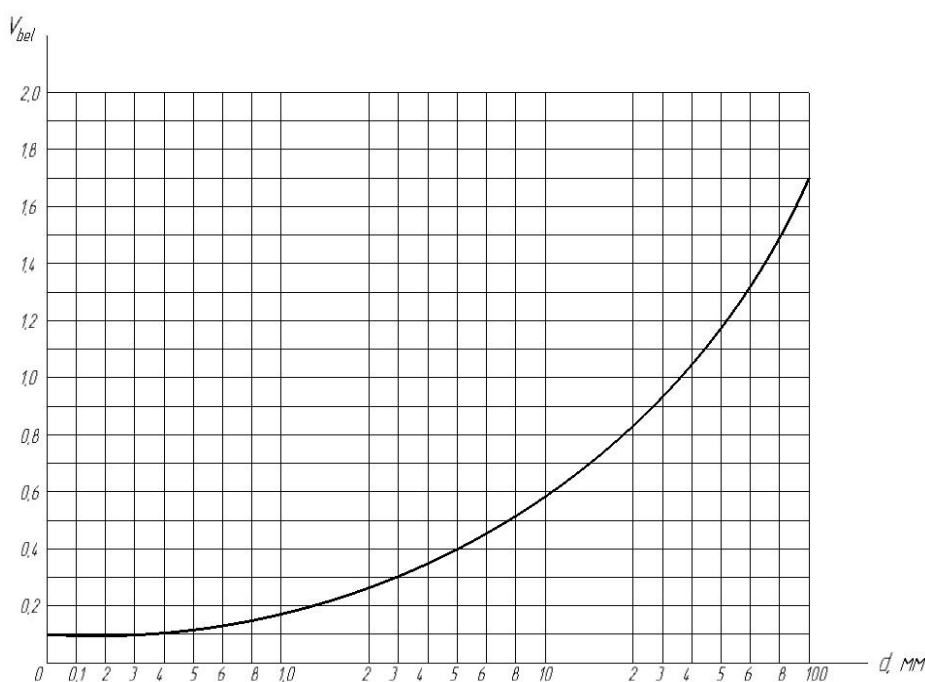


Рисунок 1.1 – График зависимости начальной скорости трогания частиц наносов от их диаметра

Рассматривая полный продольный профиль реки (рис. 1.2) можно заметить, что наибольшие уклоны характерны верхнему течению реки, далее идет снижение уклона в среднем течении и в нижнем уклон становится

минимальным. Исходя из этого условия, глубинной коррозии больше всего подвержено верхнее течение, что приводит к понижению русла, а образовавшаяся лавина наносов перемещается водным потоком далее по течению. Аккумуляция этих наносов происходит по большей части в нижнем течении, так как скорость потока и уклон реки здесь минимальны. Это приводит к повышению дна. Таким образом, в некоторой мере река стремится к равновесию. В среднем течении наблюдается и аккумуляция наносов и глубинная эрозия, но в меньшей степени по сравнению с нижним и верхним течениями соответственно [4].

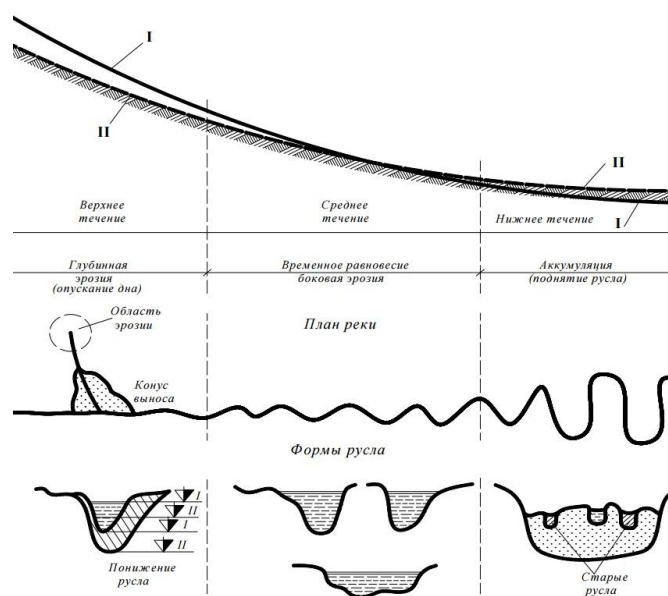


Рисунок 1.2 – Продольный профиль реки

Ввиду изменений гидравлических характеристик водного потока меняется и сама форма русла. В зависимости от породы, составляющей русло, этот процесс происходит быстрее или же медленнее. Изменения в результате русловых процессов могут носить кратковременный (сезонные изменения) или долговременный (многолетний и вековые изменения) характер. Таким образом, русловые процессы в некоторой мере задают условия использования поверхностных водных источников.

На данный момент существует несколько вариаций типизации русловых процессов. Согласно типизации Государственного

Гидрологического Института (ГГИ) существует 7 типов русловых процессов: ленточно–грядовый; побочный; меандрирование (ограниченное, свободное, незавершенное); многорукавность (русловая, пойменная).

Русловый процесс ленточно – грядового типа (рис. 1.3) представляет собой цепи гряд наносов, которые распределены по всей ширине русла и находятся в постоянном движении, останавливаясь лишь в периоды низкой межени, образуя в такие моменты отдельные осередки [5]. Шаг гряд наносов, как правило, превышает ширину русла в бровках меженных берегов в 4 – 8 раз. Такой тип руслового процесса часто наблюдается в верховьях рек при отсутствии поймы, а также может быть совместно с некоторыми видами меандрирования на других участках рек.

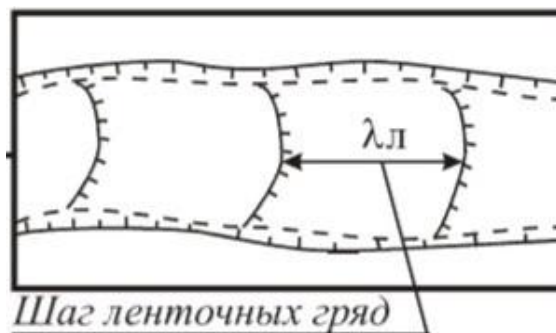


Рисунок 1.3 – Русловый процесс ленточно – грядового типа

Побочный тип руслового процесса (рис. 1.4). Ввиду того, что русло реки извилисто и криволинейно, скорость течения воды значительно отличается на разных участках. Из-за этих различий в значениях скоростей гряды наносов криво располагаются по отношению к берегам. В таких случаях возникают дополнительные донные течения, направленные под некоторым углом по отношению к берегу, в результате чего происходит винтовое движение жидкости. Это приводит к смещению донных наносов к одному или другому берегу и в некоторых местах происходит значительное накопление наносов, образуются так называемые побочни (рис. 1.7). Отсюда и название данного типа руслового процесса. Как правило, их высота составляет около 30% от глубины в плесе. В меженный период побочни

занимают большую часть ширины русла, частично обсыхают в межень. Чаще всего они располагаются в шахматном порядке, а на противоположных берегах формируются плесовые лощины. Побочный тип широко распространен на равнинных и горно-предгорных реках, сложенных из наносов любой крупности [6].

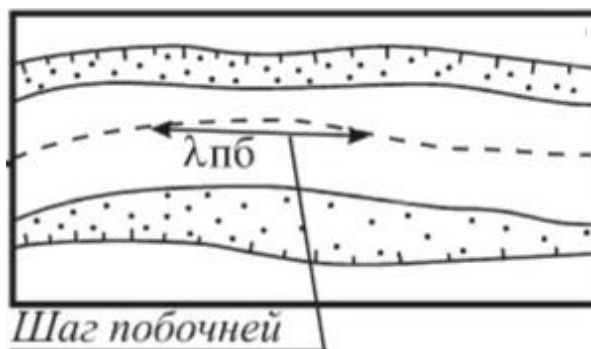


Рисунок 1.4 – Русловой процесс побочного типа

Меандрирование представляет собой группу русловых процессов, особенностью которых является последовательное увеличение степени извилистости русла поверхностного источника [7]. Характерной чертой большинства рек, русло которых имеет извилистые очертания, является постепенное переформирование, которое связано с воздействием водного потока на русло реки (рис. 1.5).

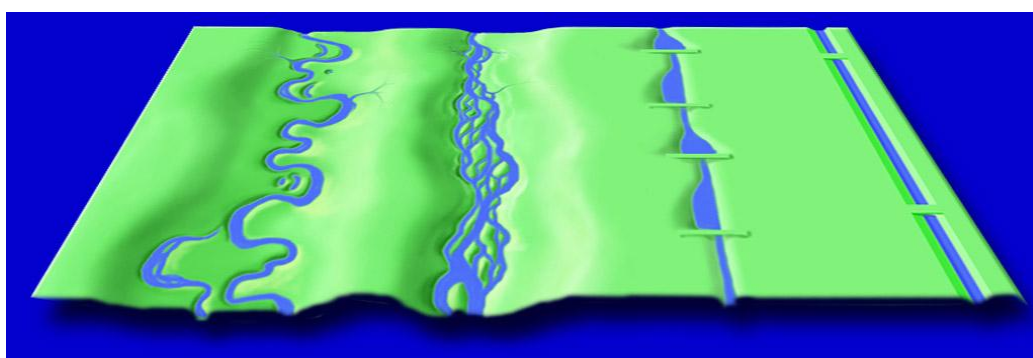


Рисунок 1.5 – Поэтапное изменение курса движения реки

Река в течение долгого времени может перемещать своё русло без изменения степени извилистости или же формировать ярко выраженные петли различных очертаний, которые в дальнейшем могут быть вовсе

оторваны от реки в период половодья или паводков, когда водный поток под давлением находит более короткий путь. Оторванные петли именуется старицами [8]. Процесс их образования изображен на рис. 1.6.

Основоположник науки о русловых процессах М. А. Великанов вовсе выделял только меандрирующие реки и считал их естественным состоянием рек. На данный момент до конца не понятны причины возникновения меандрирования [9]. Существует довольно много гипотез на этот счет, наиболее признанными из которых являются: динамическая устойчивость извилистого русла (Маккавеев Н. И., Чалов Р. С.); неустойчивость прямого русла (Кондратьев Н. Е., Замышляев В. И.); циркуляция водного потока в русле (Великанов М. А.).

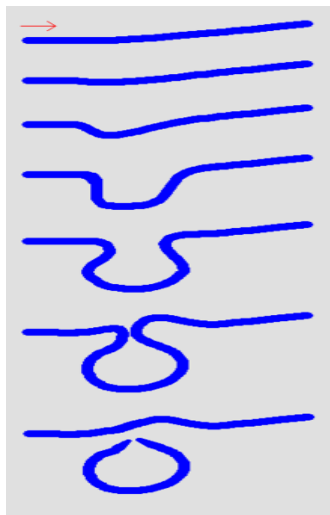


Рисунок 1.6 – Процесс образования старицы

При ограниченном меандрировании основные переформирования русла происходят в виде сползания излучин вниз по течению без ярко выраженных изменений плановых очертаний и размеров, русло буквально перемещается параллельно самому себе (рис. 1.7). При таком виде меандрирования помимо переформирования русла происходит деформация поймы реки, в результате чего осуществляется обмен наносами между поймой и руслом, чего нельзя наблюдать при побочневом и ленточно – грядовом типах [10]. Ограниченное

меандрирование обычно наблюдается в условиях, когда русло реки стеснено склонами узких долин или уступами древних террас.

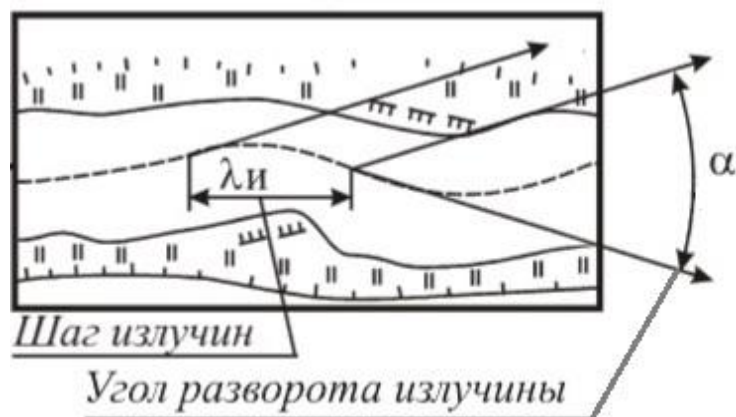


Рисунок 1.7 – Ограниченное меандрирование

Свободное меандрирование (рис. 1.8). Характерной чертой такого руслового процесса является постоянный замкнутый цикл. Сначала увеличиваются углы разворота потока, далее излучины постепенно сползают, вытягиваются, перешеек сужается до такой степени, что происходит прорыв и русло спрямляется [10]. Перекаты на перегибах русла представлены в виде грядов, перекошенных в плане и переходящих в пляж выпуклого берега излучины, расположенной ниже по течению. Свободное меандрирование встречается на достаточно небольших равнинных реках хаотичного в плане очертания с широкими поймами.



Рисунок 1.8 – Свободное меандрирование

Незавершенное меандрирование (рис. 1.9). Такой тип меандрирования можно наблюдать на реках, у которых широкая, легко размываемая и часто затопляемая пойма. Изначально излучина развивается аналогично свободному меандрированию, но до завершения полного цикла развития (т.е. образования петли) происходит спрямление протоком ввиду глубокого затопления поймы [10]. Как правило, развитие этого спрямляющего протока происходит довольно медленно. Изначальное русло десятками лет может располагаться по всей излучине и только во время обширного мощного паводка оно переместится в другом направлении. При перемещении русла останавливается цикл развития излучины и со временем она отмирает.

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

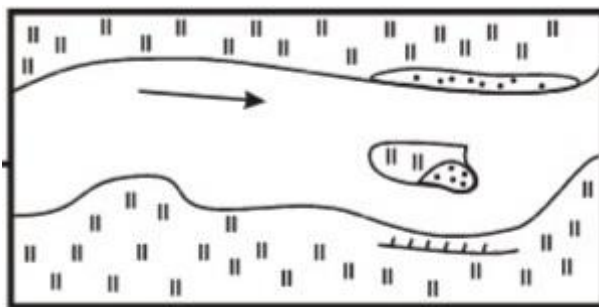


Рисунок 1.9 – Незавершенное меандрирование

При русловой многорукавности происходит интенсивная деформация осередков и грядов, перемещение границ русла по причине меандрирования протоков, интенсивные обвалы берегов, в результате чего водный поток перегружен наносами (рис. 1.10). Для перемещения такого количества наносов реке приходится увеличить ширину своего русла, таким образом, происходит увеличение фронта перемещения наносов [11]. Название этого типа руслового процесса исходит из того факта, что русло принимает многорукавный вид в результате образования пойменных островов, которые, в свою очередь, образуются из осередков, покрывшихся растительностью. Русловую многорукавность можно наблюдать в предгорных и устьевых зонах.

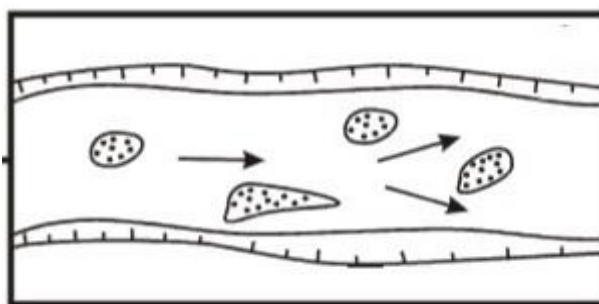


Рисунок 1.10 – Русловая многорукавность

Пойменная многорукавность (рис. 1.11). Характерной чертой такого типа руслового процесса является отсутствие четко выраженного основного русла. Периодически эта роль переходит от одного рукава к другому. Происходят спрямления излучин, спрямляющие протоки то отмирают, то восстанавливаются. Идет постоянное перераспределение расхода воды

между рукавами [11]. Различные типы русловых процессов самостоятельно развиваются в протоках. Аналогично русловой многорукавности образуются островки. При анализе материалов участков рек с пойменной многорукавностью требуется фрагментирование всех основных протоков по типам руслового процесса.

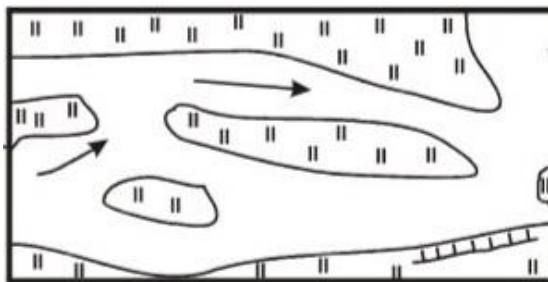


Рисунок 1.11 – Пойменная многорукавность

Основные признаки распознавания типов русловых процессов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные характеристики русловых процессов

Тип руслового процесса	Характеристика морфологических образований			
	Долина	Пойма	Русло	Внутрирусловые образования
Незавершенное меандрирование	Низкая, широкая	Островная, со слабо выраженным гравистым рельефом, широкая	Меандрирующее 2-рукавное, как правило, спрямляются излучины на ранних стадиях развития, имеют различную степень разворота	Песчано - галечные или просто песчаные широкие пляжи, присутствуют следы зарастания, относительно выпуклого берега, как правило, асимметричные
Свободное меандрирование	С пологими склонами, широкая; Как правило, четко выраженной формы в плане в межгорных понижениях	Обычно двусторонняя, широкая, с понижением вдоль склонов долины, присутствуют следы стариц; максимально четко границы поймы выделяются в паводок	Свободно меандрирующее, 1-рукавное, излучины присутствуют, иногда асимметричные, находятся на разных стадиях развития. Развитие излучин происходит по замкнутому циклу.	В межень выделяются песчаные широкие пляжи на выпуклых берегах излучин, в низкую межень просматривается подводный рельеф - перекааты на перегибах русла

продолжение таблицы 1.1...

Ограниченное меандрирование	С неразмываемыми склонами, относительно прямолинейная, чаще всего одинаковой ширины	На пойме отсутствуют признаки меандрирования, пойменные массивы чередуются в шахматном порядке вдоль долины	Слабо меандрирующее, 1-рукавное, извилистое, даже во время паводков; изменение форм и размеров сползающих излучин при изменении ширины долины	Пляжи узкие у низменных частей пойменных массивов
Русловая многорукавность	Как правило, в плане ярко выраженная, широкая	Островного типа при сохранении многорукавности в многолетнем цикле, может быть со следами стариц и гривистым рельефом при образовании многорукавности в ранее меандрировавшем русле	Широкое, распластанное, многорукавное	Ленточные гряды, осередки, побочни
Пойменная многорукавность	Выражена слабо, очень широкая	Широкая, сильно затопляемая, с широким диапазоном крупности пойменных и русловых намывов и наносов, на пойменных и внутрирусловых островах присутствует много вариантов растительности	Зачастую выделить главный рукав сложно, русло разделено пойменными островами, многорукавное. Развитие рукавов возможно по разным процессам.	В низкую межень могут в рукавах появляются пляжи, побочни, осередки

продолжение таблицы 1.1...

Ленточно - грядовый тип	Близкая к прямолинейной, с крутыми склонами, узкая	-	Достаточно устойчивое и прямолинейное в плане, 1-рукавное	По всей ширине русла одиночные ленточные гряды, выявляются промерами в русле или при прозрачной воде
Побочневый тип	Близкая к прямолинейной, с крутыми склонами, узкая	-	Достаточно устойчивое и прямолинейное в плане, 1-рукавное	Побочни, расположенные, как правило, в шахматном порядке; перекошенные ленточные гряды

По большей части характер развития рельефа русла реки определяется взаимодействием движущихся водных масс, наносов, перемещаемых этими водными массами, а также грунтов, слагающих ложе водного потока [12]. Как только под влиянием этого взаимодействия возникает некоторая форма русла, последняя также становится важным фактором русловых процессов, поскольку она в значительной мере определяет гидравлические особенности потока. Характер взаимодействия этих 4-х основных составляющих естественного руслового процесса зависит также от ряда зональных и азональных факторов, действующих временно или постоянно, по всей длине реки или только в некоторых местах - локально (тектоническое воздействие, ветровая нагрузка и т.п.).

Русловые процессы состояются из ряда сложнейших, как правило, механических явлений, связанных с перемещением тел, относящихся к различным материальным средам (твердые тела, жидкости, газы), а также с постоянной изменчивостью физических свойств (плотность, форма, объем и т.п.) этих тел [13].

Основной двигательной силой русловых процессов является вода, говоря точнее её движение. Прекращение развития русловых процессов невозможно до тех пор, пока не иссякнет сток, питающий эту систему [14]. Искать источник противоречий следует как раз в особенностях движения водного потока, определяющих развитие форм русла.

Исходя из вышеописанного, процесс образования речного русла не что иное, как процесс «отображения» особенностей движения воды и перемещаемых ею наносов поверхностью твердой среды данной реки.

На данный момент данная тема изучена достаточно слабо, чтобы формулировать какие-либо общие теории, даже, несмотря на внушительный научный прогресс; выявленные закономерности применимы только к простым, частным случаям.

Процесс образования волн при движении над поверхностью воды потока воздуха является наглядным примером отображения поверхностью одной среды особенностей движения соприкасающейся с ней другой среды [15]. Конечный вид весьма сложного рельефа водной поверхности и размеры/формы её составных частей (волн) зависит от таких параметров, как скорость ветра, форма и размеры бассейна, глубины воды в данном месте и т.п. Процесс протекает следующим образом: сначала идет так называемый период «становления», после прохождения этого момента общая картина рельефа будет постоянна, однако отдельные элементы системы постоянно будут видоизменяться. Для того чтобы изменился общий рельеф поверхности, необходимо, чтобы изменились условия, его формирующие: направление воздушного потока, его скорость, глубина воды и т.п. То есть это изменение не может произойти самопроизвольно, оно возможно только при изменении определяющих его условий.

По сравнению с описанным выше примером, руслообразование – более сложный процесс. Помимо того, что количество взаимодействующих факторов в данном случае гораздо больше, так ещё и сложность этого процесса зависит от следующих обстоятельств:

а) Движение воды всегда сопровождается перемещением материала, в той или иной форме (взвесь, эмульсия, раствор) принесенного поверхностным стоком и грунтовыми водами с водосбора или полученного русловой эрозией. Эрозионно – аккумулятивные процессы, неразрывно связанные с процессом стока, непрерывно изменяют основные условия руслообразования. Так, удаление материала с водораздельных высот и наращивание дельты способствуют уменьшению общего уклона реки, т.е. происходит снижение скоростей течения воды и т.п. В каждый данный момент рельеф русла не соответствует строго условиям руслообразования, так как они непрерывно изменяются. Постоянное зарождение и преодоление этого противоречия является неотъемлемой частью русловых процессов. Из

этого можно сделать вывод, что русловые процессы, никогда не приходят к состоянию равновесия, вопреки утверждениям сторонников теории циклов.

б) Период «становления» рельефа, который зависит от транспортирующей и эрозионной способности водного потока, степени противозерозионной устойчивости грунтов, слагающих ложе и размеров речного русла, может быть настолько длительным, что в определенных случаях изменения физико – географической среды произойдут раньше, чем закончится образование основных форм рельефа русла, отвечающих данным условиям взаимодействия. Поэтому почти всегда в эрозионном рельефе существуют элементы «остаточных» форм, образовавшихся в других условиях взаимодействия, но продолжающих оказывать воздействие на характер русловых процессов в настоящее время. Эта особенность руслообразования своеобразно проявляется у рек с неравномерным стоком, у которых поток с более или менее регулярной периодичностью изменяет свои характеристики. Производя русловые исследования в межень, мы всегда можем наблюдать воздействие на поток перекатов и плесов, образованных в период половодья, с другой стороны, борозда, вырезанная меженным потоком, сказывается на скоростном поле потока половодья.

Без анализа истории каждого конкретного объекта, учета первичного рельефа, а также тех изменений русловых форм и руслообразующих условий, которые испытал этот объект на различных этапах своей эволюции, невозможно познание русловых процессов [16].

в) Одной из причин, приводящих к образованию и развитию русловых систем, является неравномерность интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов на территории суши. Формы рельефа, способствующие максимально интенсивному проявлению эрозии, часто являются более устойчивыми и сохраняются при различных изменениях географической среды. Смежные русловые системы и смежные звенья одной и той же системы в процессе своего развития взаимодействуют между собой,

ускоряя или подавляя развитие прилежащих систем. Эта закономерность распространяется и на процессы развития отдельных деталей рельефа русла. Например, развитие меандры в пойменной долине продолжается до тех пор, пока сохраняется превосходство эрозионной способности потока по основному руслу над эрозионной способностью водного потока, переливающегося в половодье через луку меандры. Если эрозия потока, переливающегося через луку, становится более энергичной, чем эрозия в основном русле, то происходит развитие спрямляющего рукава. В него может перейти весь расход воды, и в таком случае извилистая форма сменится прямолинейной. При исследовании развития эрозионного рельефа в целом и рельефа речного русла в частности необходимо учитывать взаимодействие отдельных форм рельефа между собой. Следует, впрочем, заметить, что взаимодействию смежных форм некоторые исследователи придают слишком большое значение, забывая о других особенностях русловых процессов, благодаря которым это взаимодействие не всегда выражено. Например, «борьба» рек за площади водосборов, вопреки утверждениям Дэвиса, нередко сменяется редукцией русловых систем.

г) Наряду с неравномерной интенсивностью эрозионно-аккумулятивных процессов, развитию некоторых русловых форм способствует свойство потоков жидкости образовывать в некоторых условиях вторичные (циркуляционные), не совпадающие с главным направлением потока течения. Относительная устойчивость таких форм речного рельефа, как меандра и гряда, в некоторой мере зависит и от того, что они возбуждают поперечные течения, благоприятствующие непрерывному возобновлению этих форм. На изгибе русла в потоке возникают, например, придонные течения, направленные к выпуклому берегу и постоянно приносящие к последнему наносы. Исследование процессов развития форм рельефа русла нельзя отрывать от исследования структуры потока.

д) Русло реки на большей части своего протяжения проходит в аллювии, сравнительно мало соприкасаясь с коренными породами. Вследствие этого элементы мезо- и микрорельефа русла нередко слагаются скоплениями наносов. Скопления наносов, образующие такие формы, как луки меандр, перекааты, гряды, обычно перемещаются вниз по течению, т.е. являются одним из видов твердого стока реки.

Таким образом, русловые явления, так же как и все явления природы, многогранны; формы русла можно рассматривать как результат взаимодействия факторов географической среды, как отображение движения различных физических сред, как звенья исторического процесса развития рельефа, как результат взаимодействия смежных русловых структур, как одну из форм перемещения твердого вещества текущей водой и т.п. [17].

Изменения положения и размеров речных русел, а также отдельных русловых образований в пространстве являются результатом перераспределения наносов, к чему в свою очередь, приводит движение водных масс. Факторы, связанные с различной устойчивостью грунтов и горных пород к размываемости, оказывают большую долю влияния на наносы.

Там, где реки прокладывают свое русло в прочных скальных или связных породах, их русловые деформации ограничены и развиваются замедленно. Заметные изменения могут проявиться только в течение нескольких сотен лет. Самыми устойчивыми к размыву водным потоком являются метаморфические и кристаллические породы. В местах их расположения горизонтальных деформации может не быть вовсе, в таком случае, как правило, только совокупность разломов и зон трещиноватости будет определять положение русла в плане. В подобных условиях происходит формирование врезанных, чаще всего беспойменных русел. Реки в подобных условиях распространены на Урале, в Карелии. Также в районах Севера и Северо – Запада нашей страны довольно часто встречаются реки, у

которых чередуются участки с ограниченным развитием русловых деформаций и свободным. Подобные условия создаются на территориях, выделяющихся пестрым геологическим строением.

Скорость переформирования речного русла зависит от сопротивляемости грунтов размыву и гидравлических характеристик речных потоков [18]. Высотно – плановое положение русла видоизменяется с разной скоростью в различных условиях. Для определения скорости деформации используют соотношение величины изменения положения русла, а также его элементов в пространстве за определенное количество времени. Выделяют три основные степени устойчивости русла: неустойчивое, слабоустойчивое и устойчивое. В случае, если деформации видны в течение нескольких часов или дней, такое русло считается неустойчивым. Если деформации становятся заметны по прошествии нескольких месяцев или лет, то такое русло является слабоустойчивым. Устойчивым будет считаться русло, деформации которого будут проявляться только в течение десятилетий и более.

Выделяют четыре основных разновидности русел равнинных рек согласно его очертаниям в плане: меандрирующие, врезанные, разветвленные и относительно прямолинейные. Основанием для такой градации является характер периодических и направленных горизонтальных деформаций, свойственных руслам каждого из вышеописанных типов. Направленные горизонтальные деформации чаще всего присущи относительно прямолинейным руслам. В зависимости от состава и расхода донных отложений, а также устойчивости русла, формы его рельефа представлены довольно крупными грядами, которые располагаются по всей ширине русла, осередками, а также побочными, которым свойственно расположение в шахматном порядке. Меандрирующим руслам широкопойменных рек характерно развитие и смещение излучин, что в итоге завершается их спрямлением. Большим рекам свойственны разветвленные русла. Такому типу русла характерны сосредоточение стока, образование

островов, а также распределением водного потока по рукавам. Русловой рельеф представлен побочными и осередками. Могут встречаться врезанные русла на участках рек с ограниченным развитием русловых деформаций. Реже наблюдаются сравнительно простые разветвления: острова, разделяющие рукава, нередко имеют в своей основе коренной цоколь и по высоте превышают меженный уровень воды в реке. Врезанные русла отличаются большой устойчивостью. Отдельно выделяются дельтовые разветвления, которые представляют собой участки рек с направленной аккумуляцией. При этом основные рукава самостоятельно впадают в море.

Новый толчок развития науки о русловых процессах, а также практического её применения стали доступны благодаря привлечению аэрофотосъемки. Огромное количество картографического и аэрофотосъемочного материала было обработано в Государственном гидрологическом институте (ГГИ), что позволило сформировать несколько положений гидроморфологической теории русловых процессов, а также внедрить в практику гидроморфологического анализа результаты съемок. Космические съемки стали следующим этапом развития аэросъемок. К их положительным моментам можно отнести: масштабность, т.е. съемка огромных территорий в любых точках Земли, возможность снимать в любое время года, а также многократную повторяемость.

По результатам аэрокосмических съемок было установлено, что соотношение ширины русла на уровне пойменных бровок X с шириной дна долины X_0 и с шириной пояса руслоформирования X_1 в рамках активной части поймы, включая речное русло, различно при разных типах русловых процессов.

Для грамотного возведения и эксплуатации водозаборов необходимо знать локальные особенности перемещения и распределения наносов при различных типах русловых процессов на плесах и перекатах. В периоды паводков, когда происходит подъем воды, плесы, как правило, подвергаются

размыву за счет более интенсивного возрастания скорости водного потока, в отличие от перекатов. На перекатах, в свою очередь, происходит отложение наносов, способное достигать 6 м. на крупных реках типа Волги [19].

Географическая наука, которая занимается изучением русловых процессов, носит название русловедение [20]. Основная её функция – прогнозирование изменений/деформаций речного русла для практических целей. Предполагается исследование русловых процессов и всего, что с этим связано, с помощью многофакторных эволюционных моделей.

1.2 Береговые изменения поверхностных источников

Аналогично русловым изменениям, происходящим под действием русловых процессов, береговые изменения в свою очередь являются результатом деятельности береговых процессов. Иначе говоря, под определением «береговые процессы» следует понимать формирование рельефа в прибрежной зоне поверхностных источников. Под действием береговых процессов формируются денудационные и аккумулятивные формы рельефа [21]. Денудационные образуются благодаря размыву пород, т.е. абразии. В свою очередь аккумулятивные формы складываются ввиду накопления рыхлых пород, принесенных водным потоком.

Абразия - процесс размыва волнами горных пород, слагающих берег (рис. 1.12). Выделяют механическую, химическую и термическую абразии.



Рисунок 1.12 - Размыв берега, приводящий к его обрушению

Механическая абразия. Основу её разрушительной силы составляет гидродинамическое воздействие воды на береговую линию. Такой тип абразии наносит непосредственное гидродинамическое воздействие берегам, которые состоят из слабоцементных, а также рыхлых пород. Если же берег сложен из кристаллических или сильноцементированных осадочных пород, то в таком случае имеет место быть пневматический эффект – мгновенная компрессия и декомпрессия воздуха в полостях и трещинах [21].

При высоких скоростях движения воды в пограничном слое возникает явление кавитации. Кавитацией является процесс образования и последующего схлопывания пузырьков пара в воде. При возникновении подобного явления, т.е. при появлении пузырьков газа, создаются высокие импульсные давления, оказывающие воздействие на породы, слагающие берег. Таким образом, кавитация только усиливает разрушительный эффект механической абразии. Повреждается не только надводный берег, но и подводный береговой склон. Стоит уточнить, что только при очень высоких скоростях движущегося водного потока кавитация и само непосредственное гидравлическое воздействие будут оказывать разрушительное действие на береговую линию.

Помимо описанных выше составляющих механической абразии, абразивное действие обломочных материалов, которые перемещаются потоками воды, является более эффективным в плане разрушения. Особенностью такого типа воздействия является локальность. Максимальный урон обломочный материал наносит берегам, сложенным кристаллическими твердыми породами. А на слабосвязанные и сыпучие породы наибольшее воздействие оказывает гидродинамическая сила прибойного потока и движущийся придонный слой воды.

Химическая абразия. Степень влияния такого типа абразии на береговую линию зависит от способности породы растворяться, а также от химической агрессивности воды. Агрессивной воду делают примеси –

кислоты, щелочи, активные газы, растворенные соли. Вода, содержащая серную, соляную кислоты, соли аммония имеет особо повышенную агрессивность. В зависимости от примесей выделяют следующие типы агрессивности воды: углекислотная (содержание углекислоты превышает 3-4 мг/л), сульфатная (содержание сульфатных ионов превышает 250 мг/л), выщелачивающая (содержание экв. гидрокарбоната превышает 0,4-1,5 мг), магниезная (содержание 2-валентного магния превышает 750 мг/л) и общекислотная (при водородном показателе pH ниже 6). Пресная вода, как правило, более агрессивна, чем морская. Однако как показывает практика, морская вода имеет значительный «резерв агрессивности» [21].

При наличии малого резерва агрессивности воды и сравнительно высокой степени растворимости породы насыщение пограничного слоя происходит довольно быстро и соответственно процесс растворения замедляется и в конечном итоге вовсе останавливается. Исходя из этого, интенсивность химической абразии будет зависеть и от скорости обновления пограничного слоя. Данное условие обеспечивает гидродинамика прибойного и волнового потоков.

Термическая абразия. Такой тип абразии характерен берегам, сложенным мерзлыми породами или льдом, но которые достаточно устойчивы к гидравлическому воздействию воды. В значительной мере на степень проявления термической абразии влияет разница температур породы и воды, воздействующей на неё. Опять же, как и в случае с химической абразией, для того, чтобы термический абразивный процесс не замедлился и не остановился, необходимо быстрое обновление воды в пограничном слое. Обновление воды в пограничном слое обеспечивается волновыми течениями и прибойными потоками [21].

Из всех типов абразии наиболее часто встречается механическая. В разной степени ей подвергаются абсолютно все виды пород – от осадочных

рыхлых до крепких метаморфических и монокристаллических. Общая схема развития абразионного берега представлена на рис. 1.13.

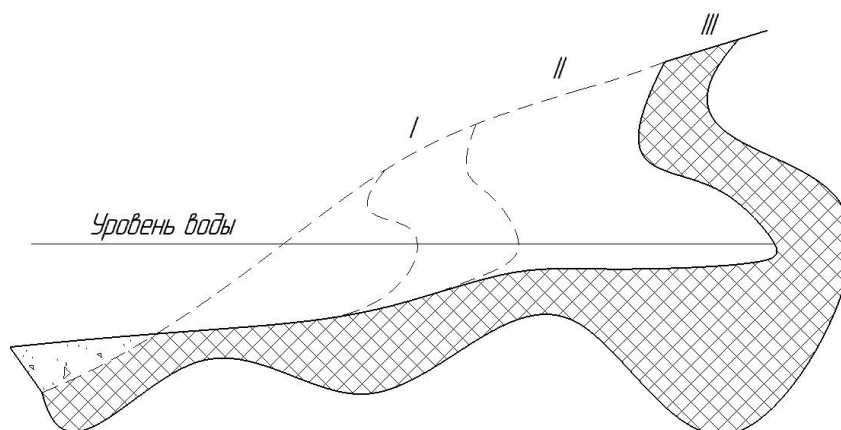


Рисунок 1.13 – Схема развития абразионного берега:

I, II, III – стадии отступления берега

Максимальное механическое воздействие на достаточно крутые берега оказывают волны, которые ещё не испытали существенного торможения о речное дно, в районе высоты, близкой к уровню воды. Это приводит к тому, что на этом уровне образуется выемка, именуемая волноприбойной нишей [22]. Постепенно происходит её углубление, что, в конечном счете, приводит к обрушению нависшей над ней части берега. Совокупность обломков породы поступает в зону прибоя, благодаря чему прибой дополнительно разрушает образовавшийся уступ ещё сильнее.

Весь этот процесс неоднократно повторяется и со временем образуется клиф – вертикальный или почти вертикальный уступ. Происходит отступление клифа и перед его подножием образуется бенч – площадка с небольшим наклоном в сторону источника [21].

Скорость механического абразионного процесса оценивается степенью отступления клифа за определенный промежуток времени, например за месяц. Эта скорость зависит от многих параметров, таких как высота берега, величина волны, породы, слагающей берег. С наиболее высокой скоростью механическая абразия происходит на берегах, сложенных песками,

суглинками, глиной. Как правило, отступ подобных берегов будет составлять несколько метров в год. Если же берега сложены мелкокристаллическими мелкими породами, то зачастую вовсе не обнаруживаются заметные признаки отступления.

Темпы размыва берегов и их локализация зависят от морфологии, строения берегов и морфодинамического типа русла. Максимально интенсивно берега размываются на вогнутых участках относительно пологих излучин меандрирующих рек; в прямолинейных руслах размыву подвергаются вогнутые берега изгибов потока, где он обтекает прирусловые отмели (побочни); а в разветвленных на рукава руслах чаще размываются оголовки островов и внешние берега рукавов. Скорость размыва может различаться на различных участках и зависит она от размера реки, составляя в среднем за год до 10% меженной ширины русла. Бывает, что максимальные скорости размыва на порядок выше средних, однако они проявляются локально и в короткие промежутки времени.

1.3 Анализ последствий русловых и береговых изменений на водозабор

Помимо негативного влияния на работу водозаборов, инженерных сооружений и водохозяйственных объектов, русловые и береговые процессы отрицательно сказываются на судоходных условиях [23].

Если конкретизировать воздействие наносов на водозаборы, то это их попадание в водоприемные отверстия, в результате чего происходит полное либо частичное их перекрытие, накопление наносов в береговых колодцах, снижение пропускной способности трубопроводов. Иначе говоря, наносы являются довольно серьезной проблемой для водозаборов, от которых защитить водоприемные оголовки не легче, чем от внутриводного льда. При этом последствия от воздействия наносов в большинстве случаев более тяжелые и продолжительные: они способны вызвать осложнения в работе не только водозабора, но и в целом в работе головных сооружений

водопроводов, благодаря тому, что откладываются в самотечных линиях, оголовках, камерах реакций и отстойниках, в береговых колодцах. Одним из важнейших факторов, определяющих степень будущего негативного воздействия наносов, является изначальное решение по вопросу расположения водозабора. Истории известно немало случаев, когда подобные решения были приняты неверно, что в итоге привело к серьезным негативным последствиям.

Одним из таких примеров является водозабор на р. Суре, построенный ещё во 2-ой половине 20-го века. При выборе месторасположения будущего водозабора не был принят во внимание факт вышерасположенного побочня. Его длина составляла порядка 2,5 км. и вероятность его подвижки была выявлена ещё до окончания строительства. Постепенно начался размыв ухвостья побочня. Единственным решением в данной ситуации было применение земснарядов, однако и они смогли поддерживать работу водозабора непродолжительное время. В конечном счете, был построен новый приплотинный водозабор, что обеспечило требуемую надежность заборы воды.

С одной стороны негативное воздействие русловых процессов связано с отложением наносов в различных элементах водозабора, повышением отметки дна источника у водоприемников до уровня порога и даже выше. С другой стороны это выражается в виде размыва русла с подмывом водоприемников, а также самотечных линий, однако такое происходит довольно редко.

По мере отложения наносов у водоприемных окон могут образоваться воронки, по стенкам которых сползает песок. В такой ситуации равновесное состояние легко нарушается, и окна оказываются частично или полностью завалены песком. Подобное явление было на Чемском водозаборе из Новосибирского водохранилища.

На ковшовых водозаборах старой конструкции большая часть наносов отлагается в периоды паводков во входной части ковша, в водоворотной зоне, образуя отмель. При спаде паводка отмель обнажается, выступает из воды и полностью или частично перекрывает вход в ковш, создавая аварийные ситуации, имевшие место на ковшах в Барнауле, Искитиме, Рубцовске и других городах.

Водозаборы Томска, Тары, Хабаровска, Волгограда, Кирова, Канска являются примерами наиболее характерного негативного влияния наносов на работу водоприемных оголовков.

При обследовании водолазами оголовка Канского водопровода выявлено, что примерно 50% поверхности площади его водоприемных окон занесено песком, а самотечные линии подмыты на значительной длине. В данном случае заносу оголовка благоприятствовало неудачное размещение его в русле — ниже острова по течению реки в зоне аккумуляции наносов. Работавший в аналогичных условиях оголовок водопровода Тары (р. Иртыш) неоднократно полностью заносился песком. Работа водозабора резко осложнилась со времени зарегулирования стока вышерасположенной плотиной ГЭС, изменившей гидрологический режим потока на выбранном участке реки. Дальнейшая эксплуатация этого оголовка стала невозможной.

Размыв и тем более обрушение берегов влечет за собой попадание частиц пород и побочных элементов в источник, таким образом происходит повышение количества взвешенных частиц в воде. Они попадают в водозабор, что ведет к уменьшению надежности его работы. Обрушения берегов создают высокую опасность создания аварийной ситуации и выхода водозабора из строя.

Выводы по главе 1

1. Различные типы русловых и береговых процессов характерны любой реке, однако интенсивность изменения русла различна. Она зависит от энергии водного потока и от породы, слагающей русло.

2. Сущностью этих процессов является перераспределение в водоисточнике наносов.

3. Наносы оказывают отрицательное воздействие на надежность работы водозаборных сооружений. Последствия этого воздействия могут быть как мелкими (частичное перекрытие водоприемных отверстий, попадание наносов в различные элементы водозаборного сооружения), так и довольно масштабными (полное перекрытие водоприемного отверстия), что может привести к выходу водозаборного сооружения из строя.

2 СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ВОДОЗАБОРОВ ОТ РУСЛОВЫХ И БЕРЕГОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

2.1 Существующие методы регулирования русловых изменений

Первоначальным этапом для обеспечения надежной работы водозабора является выбор его расположения. Необходимо тщательно изучить водоисточник, характер распределения в нем наносов. Определенным участкам источника характерны свои способы и технологии борьбы с наносами. Всего выделяют три стадии:

1. В верховьях рек. На данной стадии борьба с наносами сводится к уменьшению эрозионных процессов, следствием которых и являются наносы. Применяются следующие методы: закрепление осыпей и оврагов, укрепление склонов растительностью, поперечная вспашка посевных площадей и т.д. Такие мероприятия являются высокоэффективными, однако применяются не так часто ввиду того, что их проведение требует существенных капитальных и временных затрат.

2. В самом речном потоке. Для борьбы с наносами крупных фракций применяются различные наносоотвлекающие и наносозахватные устройства (шпоры, пороги, галереи, траншеи, пескогравиеловки и т.д.), различные методы регулирования речного русла, а также разрабатываются специальные оголовки.

3. В канале. Как правило, борьба с наносами ведется на магистральном канале. На каналах устанавливаются гравиеловки, песколовки, отстойники и т.д.

Простейшим устройством борьбы с наносами является шпора. Шпорой является поперечно или косонаправленное по отношению к течению водного потока сооружение, но не перекрывающее его. По назначению различают водозахватные (рис. 2.1), выправительные и защитные шпоры. Также они

различаются и по форме (рис. 2.2). Водозахватные шпоры применяются, как правило, на реках с большой скоростью течения для привлечения дополнительного расхода. Основной целью выправительных является удержания водного потока на заданной выправительной линии. Защитные, исходя из названия, служат для защиты от размывов берегов и откосов каналов. В шпоре можно выделить так называемую голову – ту часть, которая оказывает воздействие на водный поток и корень – часть шпоры, упирающаяся в берег. Эти составляющие являются наиболее уязвимыми [24]. Опыт практического использования шпор показывает, что использовать только одну шпору нецелесообразно ввиду её уязвимости. Оптимальное количество – три. Две только в максимально благоприятных условиях. Для того чтобы шпоры прослужили максимально долго и эффективно, первую необходимо сделать малой длины, чтобы снизить вероятность её разрушения, вторая устанавливается под защитой её корневой части первой шпорой. Третью и последующие шпоры укладывают уже необходимой длины так, чтобы их головная часть была на заданной отметке выправления. Большое значение имеет расстояние L между шпорами. Оно зависит от таких параметров как рабочая длина l_p и угол установки α и выражается уравнением:

$$L = 4l_p \sin \alpha \quad (2.1)$$

Для создания шпор используются различные строительные материалы: хворост, каменная наброска и т.д.

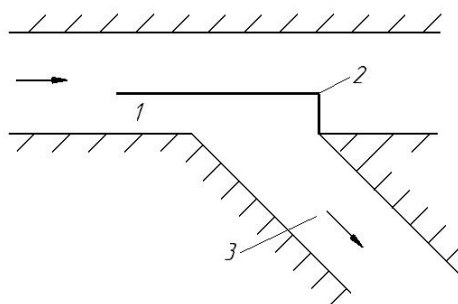


Рисунок 2.1 – Водозахватная шпора:

1 – подводящее русло; 2 – шпора; 3 – канал

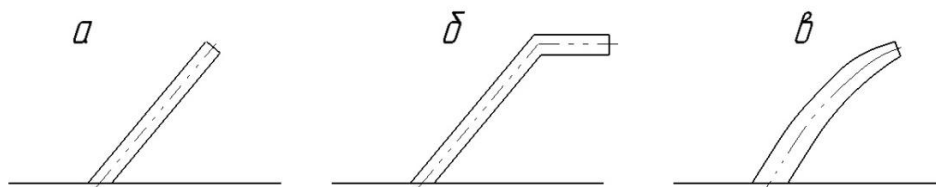


Рисунок 2.1 – Основные типы шпор:

а – обычная; б – Г-образная; в – криволинейная

Ещё одним представителем наносозахватных устройств является донный порог (рис. 2.3). Донный порог строится через всю пойму, очередями, каждая очередь защищается устоем-оголовком, разделяющим участки этого донного порога, имеющие различные отметки гребня. Донный порог защищает дно русла от размыва в глубину. Необходимо рассчитывать его на пропуск больших расходов воды. Так как донный порог растекается по дну источника, он не мешает ни миграции рыб, ни движению судов. Многолетний практический опыт использования таких устройств показывает, что оптимальная его высота находится в пределах 0,25 – 0,35 глубины реки по вертикали [24].

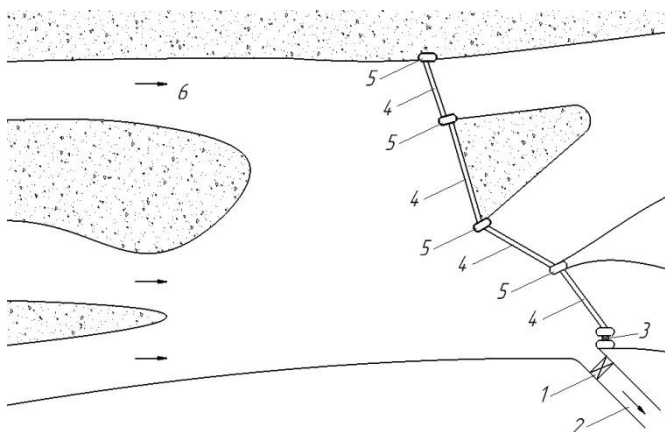


Рисунок 2.3 – устройство донного порога:

1 – водозаборный регулятор; 2 – магистральный канал; 3 – промывной шлюз; 4 – участки донного порога (на разных отметках); 5 – оголовки; 6 – главный рукав русла

Ещё одним способом обеспечения требуемого водозабора при определенных условиях может служить строительство подпитывающего канала (рис. 2.4). Можно вынести голову подпитывающего канала выше по течению, где условия забора воды лучше (выше уровень воды, русло и береговая линия более устойчивы), либо вовсе к другому водному источнику.

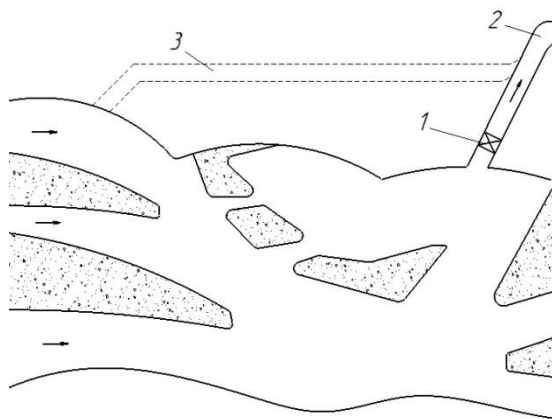


рис. 2.4 – строительство подпитывающего канала

с выносом его головы вверх по течению:

1 – водозаборный регулятор; 2 – магистральный канал;

3 – подпитывающий канал

Для уменьшения образования наносов также производится регулирование или выправление русла. Устойчивым руслом называется русло, у которого по всей его площади достигнуто соответствие между размывающей силой потока и способностью пород, слагающих это русло, сопротивляться размыву, способностью русла транспортировать наносы и фактическим количеством наносов, поступающих с водосборного бассейна.

Решение этой проблемы (разрегулирования) требует существенных материальных, а также временных затрат. Как правило, на практике производится локальное регулирование именно тех участков, которые оказывают наиболее негативное воздействие. Такое гидротехническое сооружение как дамба широко используется для регулирования речного русла.

Дамбой является, как правило, невысокое довольно протяженное гидротехническое сооружение с профилем земляных плотин. Она может омываться водой только с одной стороны (напорная) или с обеих (безнапорная). Дамба может располагаться как в русле реки (для отторжения определенной части русла), так и на пойме. В зависимости от способа строения выделяют естественные (бревна, крупногабаритный мусор и т.п. могут устроить затвор) и рукотворные (созданные человеком). Для возведения дамб используются различные материалы: грунт, камень, каменную кладку, бетон. Также делятся по сроку, на который создаются, на временные (например, для проведения строительных работ в русле) и постоянные.

Можно увеличить глубину русла, сузив его ширину с помощью дамбы (рис. 2.5). Если изначально русло имеет ширину B и среднюю глубину h , то построив дамбу A и сузив тем самым ширину до B_1 , в таком случае в стиснутом русле увеличится скорость движения воды, что приведет к размыву дна и увеличению глубины до h_1 [4].

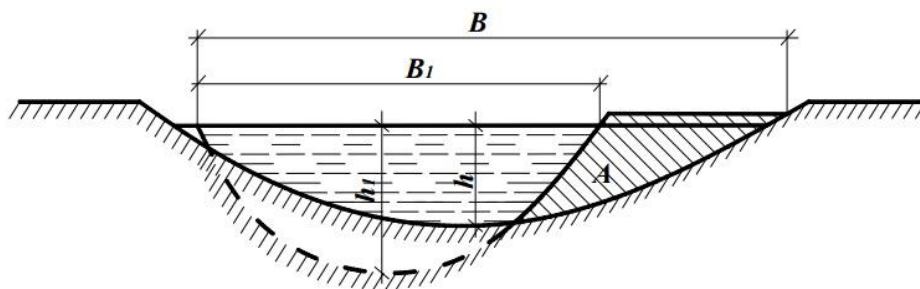


Рисунок 2.5 – Схема углубления речного русла с помощью дамбы

Для сужения ширины с последующим углублением речного русла используются продольные, поперечные (полузапруды) дамбы и их комбинация (рис. 2.6). Так как продольная дамба является непрерывной, а полузапруды можно устанавливать не все сразу, а постепенно, они более предпочтительны. Это имеет свои положительные стороны: во-первых, расчетами невозможно определить точно, на сколько нужно сузить русло,

чтобы добиться определенной глубины. Наиболее рационально сужать постепенно, пока не будет достигнута необходимая глубина. Во-вторых, постепенное сужение не будет давать серьезных последствий, в то время как резкое сильное сужение непременно приведет к серьезному нарушению речного режима, что даст обратную реакцию в виде размывов противоположного берега. В-третьих, в промежутки между полузапрудами попадает и остается определенная часть наносов, что является также положительным моментом. В-четвертых, возведение полузапруд, в большинстве случаев дешевле, в отличие от сплошных дамб. При использовании дамб течение более спокойное и безопасное для судоходства и в плане размыва берегов, что является их достоинством. Самым рациональным решением является комбинирование дамб и полузапруд для гибкости и экономичности с одной стороны и обеспечения спокойного течения с другой [4].

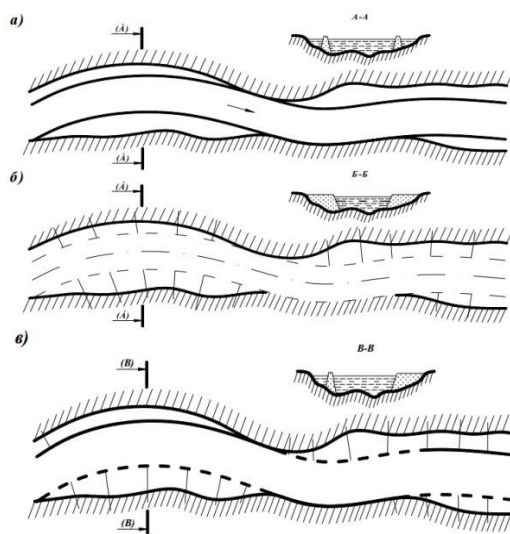


Рисунок 2.6 – схемы стеснения русла:

а – продольными дамбами; б – поперечными; в – комбинированно

В большинстве случаев поперечные полузапруды являются сооружениями трапециевидального сечения. Они могут располагаться по отношению к берегу под углом либо перпендикулярно (рис. 2.7). Более интенсивному размыву подвергается её голова, из-за чего откосы становятся

более пологими, сама полузапруда расширяется. Корни должны быть надежно закреплены к берегу, обычно это не менее 2-4 м [4].

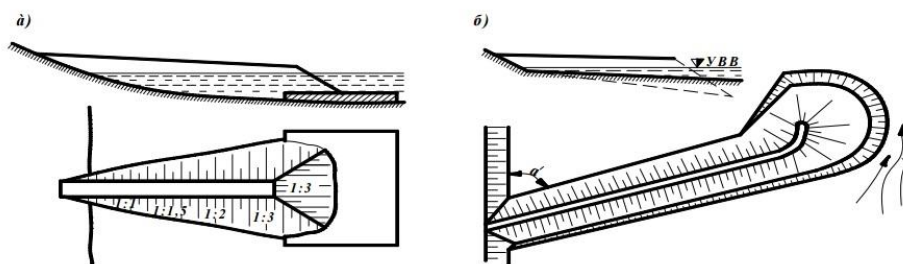


Рисунок 2.7 – Расположение полузапруд:

а – перпендикулярно по отношению к берегу; б – под углом α

Для возведения подобных конструкций используются различные материалы. Полузапруды в разрезе могут быть в самых различных вариантах исполнения (рис. 2.8) [4].

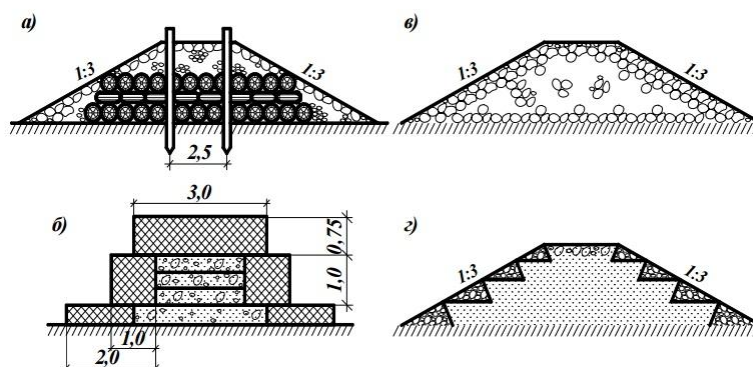


Рисунок 2.8 – Варианты исполнения полузапруд:

а – каменно-фашинная полузапруд; б – габионная;

в – каменная; г – грунтово – каменная

Для возведения регуляционных сооружений в большинстве случаев используются дешевые и доступные материалы ввиду большой протяженности этих сооружений. Самые распространенные материалы:

1. растительные материалы (мох, дерн, камыш, высеиваемые травы);
2. дерево. Применяется в различных вариантах: доски, колья, сваи, хворост, целые деревья;

3. гравий, щебень, галька;
4. камень рваный и окатанный почти всех пород, исключая легкоразрушающиеся породы;
5. грунты песчаные, песчано – глинистые, глинистые;
6. металл в виде болтов, гвоздей, проволоки.

Потаповым М.В. и Лосиевским А.И. были разработаны технологии, целью которых является регулирование местной русловой эрозии благодаря воздействию на поперечную циркуляцию водного потока. Метод Лосиевского А.И. предполагает воздействие стенками на донные течения (рис. 2.9). Они устанавливаются под углом 15-25 градусов на дне реки и представляют собой донные водосливы, высота которых колеблется в пределах 0,5 – 0,8 глубины. При этом от корня А данного водослива к голове В снижается его высота. Таким образом, происходит перераспределение потоков: донные струи направляются влево, а поверхностные уходят вправо. Донные струи непосредственно за стенкой вовлекаются в винтовое движение, направленное вдоль стенки к берегу. Таким образом, происходит вынос наносов к левому берегу. Практическое применение технологии Лосиевского А.И. подтвердило её эффективность [2].

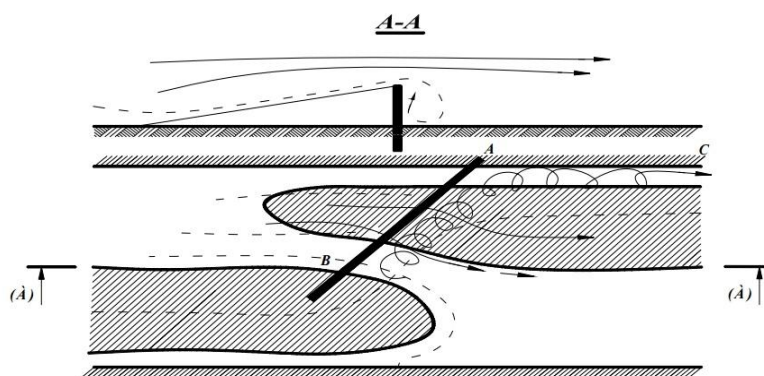


Рисунок 2.9 – Схема действия метода Лосиевского А.И.

Суть метода Потапова М.В. (рис. 2.10) заключается в воздействии на режим поперечной циркуляции особыми направляющими щитами – донными или поверхностными, стационарными или плавучими с целью изменить

характер циркуляции либо создать её там, где она будет полезной в борьбе с наносами или размывом русла. Винтовое движение воды в русле создается с помощью вертикальных щитов, установленных на плаву и наклоненных под определенным углом к оси потока в плане и аналогичных щитов, установленных на дне, но направленных в другую сторону. Поверхностные струи будут двигаться в сторону правого берега, что будет приводить к его размыву, а на левом берегу наоборот будут откладываться наносы. Для достижения такого эффекта на практике достаточно одних щитов – либо поверхностных либо донных, однако поверхностные использовать удобнее. Используются как простые щиты, так и более сложные системы полых щитов, которые имеют форму сегментов. Выполняются щиты из стали и благодаря балласту их опускают на нужную глубину. Щиты удерживаются тросами на плаву под необходимым углом [25].

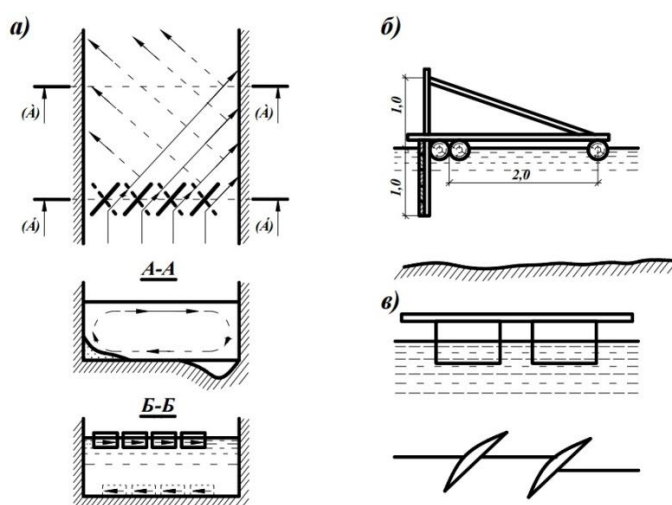


Рисунок 2.10 – Принцип действия щитов Потапова М.В.:

а – создание щитами поперечной циркуляции;

б – простейшая конструкция щита; в – сегментные щиты

Бывают случаи, когда объемы и интенсивность деформаций слишком велики. Проблему регулирования речного русла в такой ситуации можно решить с помощью строительства спрямляющей прорези (рис. 2.11). В качестве примера изображен основной участок канала, находящийся под

угрозой разрушения водным потоком. С созданием прорези, часть или весь поток устремится туда, тем самым угроза разрушения берега, на котором находится объект, минимизируется [26].

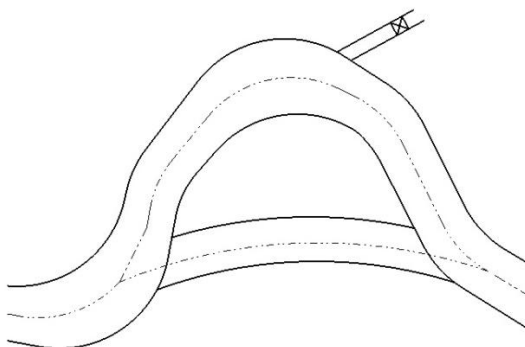


Рисунок 2.11 – Спрямление русла прорезью

2.2 Мероприятия по углублению дна в створе водозабора

Мероприятия по углублению дна подразумевают проведение дноуглубительных работ. Они являются разновидностью земляных работ, но выполняются на дне водоисточника, говоря иначе под водой. Целью дноуглубительных работ могут являться: строительство мостов, причалов и других гидротехнических сооружений, создание и углубление уже существующих подходных водных путей к портам, прокладка трубопровода, расширение и увеличение глубины водоисточника, в нашем случае это очистка дна от наносов для обеспечения стабильной работы водозаборного сооружения [27]. Дноуглубительные работы бывают двух видов: эксплуатационные и капитальные. Капитальные выполняются главным образом при строительстве, а также реконструкции гидротехнических сооружений. В свою очередь основной целью эксплуатационных является очистка дна водоисточника от ила и наносов, нарушающих эксплуатацию гидротехнических сооружений, а также судоходных водных путей. Ключевыми элементами, необходимыми для проведения дноуглубительных работ, являются земснаряды и грунтоотвозные шаланды (рис. 2.12) [28].

Земснаряд является судном, которое производит основную работу – разработку и поднятие со дна на поверхность наносов и ила, а на грунтоотвозную шаланду происходит погрузка всей этой массы, которая затем увозится и сбрасывается на специально отведенную подводную свалку. Такие грунтоотвозные шаланды бывают 2-х видов: самоходные и буксируемые.



Рисунок 2.12 – Грунтоотвозная шаланда

Существует довольно много разновидностей земснарядов, классифицирующихся по различным параметрам [29]. По типу забора грунта они делятся на землесосные, которые извлекают и перемещают грунт в виде пульпы, черпаковые – подъем и перемещение грунта происходит с помощью черпаков или ковшей (рис. 2.13), по типу работы экскаватора, а для разработки наиболее крепких скальных грунтов применяются скалодробильные земснаряды. В зависимости от методов перемещений они бывают: самоходные, якорные, свайные и свайно-якорные. Земснаряды могут двигаться вдоль (траншейный способ) либо поперек (папильонажный способ) рабочего участка. В зависимости от способа транспортировки грунта делятся на рефулерные (перемещение с помощью грунтопровода), шаландовые (применяются грунтоотвозные шаланды), лонгкулуарные (перемещение происходит по длинному лотку за кромку разрабатываемого участка либо на берег), самоотвозные (массы ила и наносов остаются на земснаряде и на нем же отвозятся на свалку), а также возможен вариант гидромониторного выброса пульпы.



Рисунок 2.13 – многочерпаковый земснаряд

Весь процесс дноуглубительных работ состоит из нескольких этапов. Перед их проведением необходимо провести тщательную подготовку. Первоначально производятся предварительные замеры и подбор требуемого оборудования. Большое значение имеет правильная установка знаков (буйев и вехов). Не должно быть никаких помех для судоходного транспорта [30].

Дноуглубительные работы имеют множество своих особенностей. Необходим постоянный контроль (каждые 2 – 4 часа) глубины. Помимо глубины, контролируются такие параметры как: ширина рабочей прорези, производительность основного оборудования, состояние створных знаков и т.д. Качество выполняемой работы также должно тщательно контролироваться: фактическая глубина и ширина прорези подлежат проверке не менее, чем раз в десять дней. Ещё одной особенностью является то, что во время выполнения дноуглубительных работ отбирают пробы грунта с целью определения физико – механических свойств. В судовом журнале должны быть отмечены те места, где были взяты пробы. В случае, если срок проведения работ превышает один месяц, их должны принимать по мере готовности с частотой не менее одного раза в месяц.

Выбор конкретного типа земснарядов и прочего оборудования производится в зависимости от природных условий, физико – механических свойств грунта, требований охраны окружающей среды, объема работ, расстояния, на которое необходимо транспортировать поднятый грунт,

толщины снимаемого слоя, глубины и т.д. с учетом технико – экономического расчета [31].

Выделяют несколько основных схем, по которым можно наиболее рационально организовать дноуглубительные работы:

1 – разработка грунта с его последующей доставкой в шаландах либо в трюме самоотвозного землесосного снаряда в подводное сооружение или на подводную свалку;

2 – разработка грунта с последующей его доставкой в трюме самоотвозного землесосного снаряда с дальнейшим рефулированием (перемещением по грунтопроводу) к месту укладки или разработка с утилизацией грунтоотвозными шаландами и последующая выгрузка с помощью рефулерного шаландоразгрузателя;

3 – разработка грунта земснарядом или комбинированным многочерпаковым снарядом с доставкой грунта по грунто трубопроводу в намываемое сооружение или подвонный/надводный отвал.

Как упоминалось ранее, земснаряды могут двигаться как вдоль (траншейный способ), так и поперек (папильонажный способ) по отношению к разрабатываемому участку [32]. Для того чтобы земснаряд работал максимально эффективно, необходим организовать непрерывный контакт грунта с грунтоприемником. Для этих целей в конкретной ситуации выбирается один из четырех способов папильонирования: веерный, багермейстерский, крестовый и параллельный.

Суть папильонирования состоит в том, что земснаряд разрабатывает полосу грунта, иначе говоря, папильонажную ленту, ширина которой составляет от 0,5 до 2 метров, перемещаясь перпендикулярно разрабатываемому участку. Далее снаряд подается вперед на несколько метров и в результате перемещения в обратном направлении создается новая полоса и т.д. [33].

Отличительной особенностью параллельного папилионирования является то, что диаметральной плоскостью снаряда всегда параллельна оси разрабатываемой прорези. Чтобы соблюдалось это условие, снаряду нужно выходить за бровку прорези. В таком случае глубины за бровкой должны быть больше осадки шаланды и снаряда.

Корма снаряда всегда на одной месте либо немного перемещается, в то время как нос движется от одной кромки прорези к другой при веерном папилионировании. Так как такие движения напоминают движения веера, отсюда и пошло название. Веерном папилионирование применяется в том случае, когда отсутствуют достаточные забровочные глубины. Тут снаряд подходит к мелкой бровке грунтоприемником, а не корпусом. По мере приближения снаряда к кромке прорези, его нужно повернуть таким образом, чтобы нижний конец всасывающей трубы или черпаковой рамы и скула снаряда располагались на линии кромки прорези.

Если сужение прорези довольно значительное применение веерного способа становится невозможным. В таком случае можно прибегнуть к крестовому папилионированию, при котором кормовую и носовую части снаряда перемещают к разным кромкам, применяя два каната, расположенных крест на крест. Подобными манипуляциями создается противоположное движение кормы и носа снаряда: в момент, когда корма будет у правой бровки, нос подойдет к правой и наоборот. Можно сказать, что происходит вращение вокруг некоторой средней точки.

Багермейстерский способ папилионирования будет эффективен, когда нужно произвести выемку широких заходок. В таком случае снаряд перемещается от одной границы заходки к другой, при этом происходит поворот корпуса на некоторый угол α . Это дает возможность производить выемку полосами в пределах заходки.

Дноуглубительные работы шаландовыми и шаландо-рефулерными многочерпаковыми снарядами. Часовая производительность таких типов

земснарядов зависит следующих параметров: коэффициента разрыхления грунта, коэффициента наполнения черпаков и скорости движения черпаковой цепи (числа черпаков, проходящих в минуту). Максимальное наполнение черпаков достигается при наличии достаточной толщины слоя разрабатываемого грунта. Если слой недостаточно толстый, в момент, когда черпак выходит из грунта, плоскость зева находится под некоторым углом, что приводит к снижению степени наполняемости. Для улучшения опустошения черпаков, при условии увеличивающейся прилипаемости грунта, необходимо снизить скорость движения черпаковой цепи, а также уменьшить само наполнение. Если ведется разработка плотных грунтов, в подобных случаях снижают наполнения черпаков в целях облегчения отрыва грунта от дна. При грунтах связных наполнение черпаков не зависит от глубины черпания.

Производительность снаряда W зависит от толщины снимаемого слоя h_c , от подачи по становому канату l , т. е. от ширины папильонажной ленты и от скорости папильонирования $V_{\text{пан}}$:

$$W = 60h_clV_{\text{пан}}, \quad (2.1)$$

При неизменной толщине h_c произведение $lV_{\text{пан}}$ должно оставаться постоянным. Поэтому при изменении скорости папильонирования нужно изменить подачу, а в целом значения l и $V_{\text{пан}}$ должны обеспечить достижение максимального коэффициента использования вместимости черпака.

В процессе работы земснаряда необходимо подлежат периодической проверке: производительность снаряда, глубина прорези, состояние створных знаков и плавучей обстановки, физико – механические характеристики грунта (по пробам), ширина рабочей прорези по контрольным замерам между нижними бровками выемки. Пробы связных грунтов отбирают с разрыхлителя или из черпаков, а на самоотвозном землесосном снаряде - с грунтоприемника. При несвязных грунтах для этих целей используют грунтоносы или это делают водолазы.

Нашли широкое практическое применение в России морские многочерпаковые земснаряды с шаландами, они рекомендованы к применению, как правило, на тяжелых грунтах V – VII групп по трудности разработки. Также применяются для разработки более легких грунтов в тех случаях, когда грунты засорены.

Если рабочий участок находится в хорошей защите от волн и при этом грунт не содержит крупных фракций (<100 мм. в диаметре), тогда использование грунтоотвозных шаланд будет менее эффективным по сравнению с рефулерным способом. Помимо России, широкое распространение многочерпаковые снаряды получили во Франции, где их вместимость черпака достигает 1,5 м. и более, а производительность может составлять до 1200 м³/ч и более.

Скалодробильные снаряды. Иногда возможно вести разработку трещиноватых пород земснарядами без предварительного разрушения. Но такое возможно довольно редко. Как правило, существует необходимость предварительно раздробить скальные грунты специальными снарядами, а затем только использовать земснаряды. В тех местах, где взрывные работы невозможны, такой способ является единственно доступным. Подобная ситуация складывается вблизи мест прокладки трубопроводов, гидротехнических сооружений и т.д.

Для предварительно разрушения скальной породы используют долота или пневмомолоты. Простейшим скалодробильным устройством является долото массой до 30 тонн, которое подвешивают к наконечнику стрелы штангового снаряда. Под действием своего огромного веса долото начинает скользить вниз по направляющей обойме, происходит дробление грунта на глубине от 6 до 17 метров. Частота ударов составляет, как правило, 50-180 в час.

Если необходимо раздробить большой объем скального грунта, то применяются снаряды, которые работают совместно с многочерпаковым,

грейферным или штанговым снарядом. Скалодробильный снаряд с падающим тяжелым долотом оборудован перемещающейся по вертикали трубой, в которой обеспечивается свободное падение долота с частотой до 50 уд/час. Нужная глубина дробления обеспечивается несколькими ударами долота с одной позиции снаряда, затем снаряд с помощью канатов быстро перемещают на следующую позицию и серия ударов повторяется. В этом случае дробление скалы в прорези осуществляется поперечными лентами. В результате разрушения породы долотами образуются довольно крупные обломки.

Скалодробильные снаряды с пневматическими молотами имеют вырез в средней части корпуса, над которой вдоль выреза по рельсам перемещаются два мостовых самоходных крана. Поперек выреза по каждому из кранов перемещается электротележка с долотом и пневмомолотом. Работают они одновременно (рис. 2.14).

Как только заданная глубина дробления будет достигнута молоты нужно поднять и передвинуть на определенное расстояние (размер шага), которое зависит от прочности разрабатываемой породы и её толщины. В скале X – XI категории шаг l_m составляет 30 см с запасом на неровность выработки – 20 – 30 см.

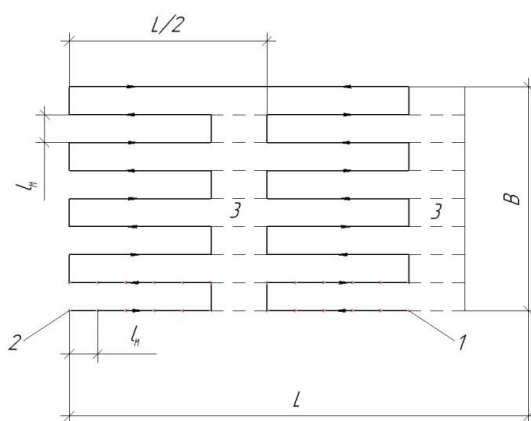


Рисунок 2.14 – схема перемещений пневматических молотов в пределах позиции длиной L и шириной B , при которых молоты не мешают друг другу:

1 – начало работы 1 – го молота; 2 – начало работы 2 – го молота;

3 – участки, разрабатываемые молотами во вторую очередь

Масса долот бывает 220, 435, 1200 кг., а масса пневмомолотов 1800, 3500 и 6000 кг. соответственно.

Производительность одного молота составляет от 5 до 20 м/ч, толщина разрабатываемого слоя варьируется от 0,5 до 1,8 м., а размер полученных при дроблении фракций не превышает 40 см.

Землесосные снаряды. Существование пульпы (смесь твердых частиц и воды) возможно только в постоянном движении. Расходом (подачей) называется объем пульпы (воды), проходящий через трубопровод или насос в единицу времени. Наиболее крупные фракции перемещаются в нижних слоях сечения трубы, мелкие частицы в верхних слоях. При этом мелкие перемещаются преимущественно во взвешенном состоянии ввиду из малой массы, а наиболее крупные могут перемещаться волоком.

Чем больше в пульпе грунта, тем быстрее по дну пульпопровода образуется слой осадка, называемый «мертвый». Присутствие подобного явления довольно серьезно может отразиться на скорости перемещения пульпы по пульпопроводу. Высота этого слоя не должна превышать 1/3 диаметра.

Содержание грунта в пульпе характеризуется её плотностью, т.е. соотношением массы пульпы к её объему и её консистенцией, т.е. соотношением объема грунта на дне в естественном состоянии к объему пульпы.

Вычислить производительность насосной установки по грунтоудалению $Q_{гр}$ можно, зная производительность насоса по пульпе Q_n и консистенцию насыщения пульпы грунтом p_k :

$$Q_{гр} = Q_n p_k = F_n v_n p_k, \quad (2.2)$$

где F_n – площадь сечения грунтопровода;

v_n – скорость пульпы в грунтопроводе.

Режим, при котором землесосный снаряд имеет максимальную производительность по грунту, называется оптимальным. Однако при

повышении насыщения пульпы грунтом снижается скорость движения, а также это может привести к забоям грунтопровода и недостаточно чистой выработке прорези.

Средняя скорость пульпы, при которой частицы грунта, перемещающиеся в придонном слое пульпопровода, находятся на грани выпадения в осадок, именуется критической скоростью. Если скорость опуститься ниже критической, то начнем образовываться осадок, однако при увеличении скорости он будет смыт общим потоком.

Откосы характеризуются коэффициентом заложения откоса m или просто коэффициентом откоса, который вычисляется отношением заложения b к высоте h : $m=b/h$ (рис. 2.15).

Ширина рабочей прорези $B_{пр}$ вычисляется с учетом заданной ширины B прорези по дну и заложения b_i естественного откоса грунта в каждом слое. При углублении участка однородного грунта большой толщины несколькими слоями, в том числе при разработке котлованов, бровочные рабочие створы и ширина рабочей прорези устанавливаются для каждого слоя.

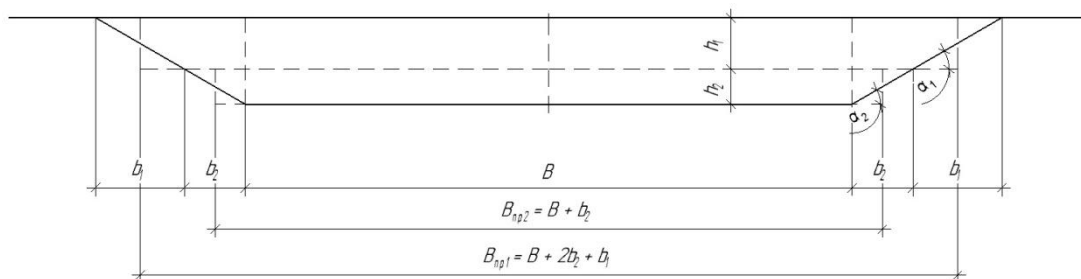


Рисунок 2.15 – Схема определения ширины прорези для двухслойного грунта с заложениями естественных откосов b_1 и b_2

Прорезь, которую разрабатывают снарядом по длине, разделяют на серии. Одна серия является участком такой длины, которую снаряд может пройти без перевода концевого понтона пульпопровода и без перекладки рабочих якорей. Как правило, вдоль прорези все серии имеют постоянную длину, которая в зависимости от типа земснаряда может составлять от 25 м. до 300 м.

Если же разработка ведется траншейным способом, тогда серия делится на участки по ширине и называются они в таком случае траншеями. В процессе разработки траншеи землесосный снаряд движется только грунтоприемником вперед. Ширина траншей, полученных землесосными снарядами с щелевидными грунтоприемниками в большинстве случаев составляет от 7 до 10 метров, что равно ширине корпуса этого снаряда.

Самым распространенным для разработки прорезей землесосными снарядами является именно траншейный способ. Широко применяется в речных и морских условиях при несвязных грунтах. У основной части землесосных снарядов всасывающие грунтоприемники ограничены рабочим ходом лишь в одну сторону: по течению либо против.

Папильонажный способ хоть и менее распространен, чем траншейный, однако тоже применяется как в речных так и в морских условиях. Он показывает низкую эффективность при отсутствии разрыхлителей: производительность по грунту будет в 1,5 раза ниже, чем в аналогичной ситуации траншейным способом из-за подсоса воды в грунтоприемник со стороны, которая противоположна направлению движения землесосного снаряда. Если разрыхлитель отсутствует, то применять папильонажный способ рационально только при малой толщине разрабатываемого слоя на песчаных грунтах.

Ключевыми параметрами, отражающими производительность землесосного снаряда по грунтозабору являются скорость папильонирования v_{nan} и подача l .

Так как производительности по грунтоудалению и грунтозабору равны, получим равенство, из которого можно определить любую составляющую, зная значения остальных:

$$lv_{\text{nan}}h_{\text{сл}} = F_n v_n p_k \quad (2.3)$$

Значения v_{nan} и l можно отслеживать по показаниям папилонажемеров и подачемера, что позволяет поддерживать оптимальную производительность снаряда по грунтозабору.

Существует так называемое свайно – тросовое папильонирование. Оно осуществляется землесосными снарядами, которые оборудованы сваями и фрезерными разрыхлителями. Ширина прорези подобных конструкций составляет до 1,4 длины землесосного снаряда вместе с выступающим разрыхлительным устройством. Более широкие прорези разбиваются на мелкие полосы, каждая разрабатывается отдельно.

Для разработки несвязных грунтов применяются землесосные снаряды без разрыхлителей, а в случае, если несвязные грунты заилены и уплотнены, то тогда находят применение землесосные снаряды с гидравлическими рыхлителями. Толстые слои несвязных грунтов или связные малозасоренные грунты можно удалить с помощью землесосных снарядов, оборудованных механическими рыхлителями. Рыхлители любых типов могут применяться в землесосных снарядах при разработке гравелистых и галечных грунтов, но при этом происходит довольно быстрое изнашивание грунтопровода и грунтовых насосов. Если рассматривать с экономической стороны, то себестоимость извлечения грунта землесосными земснарядами примерно в 2 раза ниже, чем у многочерпакового земснаряда такой же производительности.

Автоматизация дноуглубительных работ. Дноуглубительные работы представляют собой многогранный и масштабный процесс, который характеризуется множеством переменных параметров. Без отсутствия средств автоматизации оператор не в состоянии обеспечить максимальную производительность при работе современных земснарядов с присущей им мощностью и наличием достаточно большого количества приборов контроля и учета различных параметров работы.

В подавляющем большинстве земснарядов на сегодняшний день процесс забора грунта автоматизирован: снаряды оснащены системами, которые обеспечивают автоматическое перемещение по заданной траектории в пределах разрабатываемого участка в целях забора грунта. Так как траектории движения различных земснарядов различны, автоматизировать перемещения свайно – папильонажных землесосных агрегатов наиболее просто. Также процесс автоматизации облегчается, если снаряд разрабатывает участок широкими траншеями.

С помощью автоматизации процессов можно сократить количество обслуживающего персонала, а также повысить производительность снарядов. Попытки автоматизировать рабочий процесс якорных землесосных снарядов осложнялся ввиду несовершенства грунтомеров, однако со временем проблема решается.

По грунту производительность земснаряда определяется условиями забора грунта, транспортирования и всасывания. Вычислить производительность можно произведением концентрации гидросмеси на подачу насоса.

Основными датчиками, фигурирующими к процессу дноуглубительных работ являются: грунтомер (отображает количество грунта в смеси в %), расходомер (постоянно отображает расход пульпы), манометр, тягомер оперативных лебедок, вакууммер, а также слоемер (измеряет толщину грунтового слоя в подающем грунтопроводе). Большинство систем автоматического регулирования производительности снарядов основаны на считывании показаний с трех-четырех датчиков, суммарно отображающих действующий режим забора грунта и гидротранспорта, и уже по этим показаниям происходит автоматическое регулирование. Помимо вышеперечисленных приборов находит свое применение скоростемер – прибор для определения скорости выбирания оперативных канатов

(станового и бокового, которые применяются при траншейном и папильонажном способах соответственно).

Суть всего процесса автоматизации сводится к автоматическому выбору оптимального режима работы грунтонасосной установки либо черпакового привода, а также выбору перемещения снаряда, который будет обеспечивать такой режим. На данный момент наиболее популярными системами автоматического регулирования процесса забора грунта являются системы «Слой» и «Волга».

В системе «Волга» используются такие приборы как манометр, вакуумметр, и тягомер, который измеряет тяговое усилие в канате становой лебедки. В блоке автоматики идет сравнение сигналов от датчиков с оптимальными их значениями, если присутствует разница, в цепь управления подается соответствующий сигнал, скорость перемещения снаряда по траншее изменяется.

Самым эффективным режимом работы грунтонасосной установки считается режим с осадком грунта в грунтопроводе, который соответствует максимальной производительности снаряда по условиям гидротранспортирования. В системе автоматического управления забором грунта «Слой» с учетом этого условия без предварительной ручной настройки автоматически регулируется скорость перемещения землесосного снаряда по траншее и при этом обеспечивается достаточно высокая производительность.

Принцип действия системы «Слой» базируется на сравнении фактических показаний тягомера, слоемера и вакуумметра с их оптимальными значениями. Постоянно происходит анализ разности значений фактических и оптимальных тягового усилия в канате становой лебедки и вакуума, слоя осадка в грунтопроводе. Сигнал с наибольшим отклонением поступает в блок регулирования носовой становой лебедки. Скорость

перемещения земснаряда начинает изменяться до тех пор, пока поступление сигнала не прекратится.

В системах «Слой» и «Волга» движение снаряда по оси разрабатываемой траншеи осуществляется регулированием боковых канатов носовых лебедок посредством одной из систем автоматической ориентации. Применяются различные системы автоматической ориентации: «Автоствор» - система, основанная на радиофазном методе измерения расстояния, лазерные системы и другие.

Помимо систем «Слой» и «Волга» существуют и другие системы регулирования производительности, но действующие по одному общему принципу: сначала выявляется причина, которая ограничивает производительность снаряда, затем происходит процесс регулирования этого фактора для достижения максимальной производительности. Подобными показателями, влияющими на производительность по грунтозабору и по всасывающей способности, являются натяжение каната и разрежение во всасывающем грунтопроводе.

При большом объеме средств автоматизации создаются возможности перехода на автоматизированное управление рабочими процессами по заданной программе.

На самоотвозных землесосных снарядах устанавливается большое количество приборов. Так, на землесосных снарядах типа "Черное море" имеется система из 30 эхолотов, датчики которых установлены через каждый метр перпендикулярно диаметральной плоскости судна. Такое их количество необходимо, чтобы в точности на бумажной ленте зафиксировать рельеф дна.

На самоотвозных землесосных снарядах для автоматизации процесса забора грунта ключевыми являются датчики осадкомера и консистометра.

На сегодняшний день багермейстерские посты управления (БПУ) оборудуются огромным количеством устройств управления и приборами, в том числе мини – ЭВМ для реализации разработанных программ, среди

которых числятся программы по автоматизации сбора, обработки и анализа рабочих режимов и параметров.

БПУ имеет цветные схемы режимов работы снаряда с вмонтированными в них контрольными лампами и переключателями приводов рабочих механизмов (устройств) с возможностью быстрого набора нужной схемы.

Элементы автоматизации имеются на всех современных самоотвозных землесосных снарядах и в том числе имеются устройства, обеспечивающие безвахтовую работу отделения грунтовых насосов, автоматические лебедки для подъема и опускания грунтоприемников по принципу аналоговой автоматики с применением запоминающего устройства и многое другое. Первым самоотвозным снарядом, способным работать без вахты в машинном отделении, с трюмом вместимостью 5500 м³ является снаряд «Хендрик Занен» (Нидерланды). Постоянно совершаются попытки широкого внедрения автоматических систем управления на самоотвозных землесосных снарядах.

Помимо землесосных снарядов, ведутся разработки в плане автоматизации многочерпаковых снарядов. На них применяются следующие ключевые КИП: глубиномер (определение глубины опускания черпаковой рамы), тахогенератор (определение производительности снаряда в час), подачемеры и папильонажемеры. Шкала тахогенератора, определяющего скорость движения черпаковой цепи, проградуирована в числе черпаков, проходящих верхний барабан в минуту. В России уже давно была разработана автоматизированная система управления процессом забора грунта «Автобагермейстер», направленная на повышение производительности многочерпакового снаряда (около 10%).

Важнейшей задачей является создание комплексных автоматизированных систем управления технологическими процессами дноуглубления (АСУТП), состоящих из 2-х систем: «Дноуглубление» и «Изыскание».

Основные задачи, которые ставятся перед системой «Изыскание»: съемка участка реки, обработка данных на ЭВМ, вычерчивание плана участка работ, составление программы работы снаряда и др.

Система «Дноуглубление» состоит в свою очередь из трех подсистем: «Грунтозабор», «Ориентация» и «Управление вспомогательными операциями». Задачами «Грунтозабора» являются измерение производительности снаряда и автоматическое управление электроприводом становой лебедки с целью обеспечения максимальной производительности в данных условиях. «Управление вспомогательными операциями» направленно на автоматизацию процессов перехода снаряда с траншеи на траншею, с серии на серию, уход с прорези для пропуска судов и возвращение на прежнее место, управление концевым понтоном плавучего грунтопровода.

Современные грейферные краны имеют автоматическое управление всеми последовательно производимыми операциями. На снарядах, оборудованных свайным устройством, т. е. на штанговых одночерпаковых и на землесосных снарядах с фрезерным рыхлителем, установлены системы автоматического перемещения по заданной программе.

2.3 Существующие способы укрепления береговой линии поверхностных источников

Берегоукрепление - это термин, объединяющий в себя весь комплекс работ по укреплению и защите прибрежной линии водоисточников от подмыва, обвала и эрозии берегового склона под воздействием течения и волн, а так же размыва ливневыми потоками [34]. Размывание и оседание берега приводит к обмелению и зарастанию, как самого источника, так и прилегающих территорий. Подвергаются угрозе обрушения конструкции, возведенные в прибрежной зоне. Для предотвращения подобных нежелательных процессов, производят укрепление береговой линии. На

сегодняшний день придумано огромное количество различных способов укрепления береговой линии [35].

Простейшим и в то же время достаточно трудоемким и затратным по времени способом берегоукрепления можно назвать высадку кустарников и трав (рис. 2.16). Наиболее эффективен такой метод будет в зоне выше меженного уровня воды в реке, покрывающейся водой только в периоды паводков. Сорта трав и кустарников выбираются на основании климатических данных и почвенных условиях, характерных именно этой географической области. Если берег песчаных, то необходимо отсыпать слой растительной земли порядка 12-15 см. для создания возможности прорастания трав и кустарников. Чаще всего используются ивовые деревья (ива, черный тополь и др.), а также кустарники (облепиха, аморфа и др.).



Рисунок 2.16 – Берегоукрепление с помощью высадки растений и ивовых деревьев

Подходят также макрофиты, к которым относят осоку, рогоз, тростник, ирис болотный, манник, аир, ситник и другие виды растительного мира, прекрасно соседствующие с водой. У всех растений должна быть мощная, хорошо разветвленная, корневая система. Растения подбирают с учетом степени их устойчивости к затоплению [36].

В качестве основных недостатков высадки различной растительности выступают длительный срок развития корневой системы растений, зависимость от климатических условий и качества грунта, возможность

применения на водоисточниках, скорость течения воды в которых не превышает 1 м/с [36].

Одерновка берегового откоса является более прочным методом (рис. 2.17). Плитки дерна могут укладываться плашмя либо «в стенку» при скоростях течения до 1 м/с и более соответственно.



Рисунок 2.17 – Дёрн свернутый

Для берегоукрепления могут применяться кокосовые маты (рис. 2.18). Они полностью состоят из волокна кокосовых орехов, изготавливаются без применения синтетических добавок. Уложенный на подготовленный грунт, кокосовый мат хорошо укрепляет почву на берегах и крутых склонах и, в то же время, препятствует излишнему уплотнению грунта. Кокосовые маты улучшают механические свойства грунта, удерживая в почве воздух и необходимое количество влаги. Почва, укрепленная кокосовым матом, представляет собой идеальный субстрат для развития прибрежной растительности. К минусам кокосовых матов относится ограниченный срок службы, уязвимость к низким температурам и ограниченная сфера применения (водоемы со стоячей водой или слабым течением).



Рисунок 2.18 – Кокосовые маты

Основные достоинства: простота монтажа и доступность материала; экологичность; устойчивость к ультрафиолету и к веществам, образующимся в результате разложения органических веществ; структура, не ограничивающая прорастание растительности, которая в будущем повышает прочность.

Деревянные брусья и сваи (рис. 2.19). В качестве исходного материала для изготовления бревенчатых свай применяются твердые породы дерева. Чаще всего для этих целей выбирается лиственница или дуб. Большее предпочтение отдается восточносибирской лиственнице, способной, находясь в воде, сохранять свои свойства в течение полувека.

Отвесный берег, обрамленный ошкуренными лиственничными стволами, тщательно подобранными по диаметру, смотрится очень эффектно. Особенно, если поблизости от зеркала воды находится строение, возведенное из оцилиндрованного бревна. Бетонные укрепительные сооружения, конечно же, проигрывают деревянным сваям, так как выглядят серо и уныло. Однако со временем древесина может потемнеть, что ухудшит декоративные качества берегоукрепительного сооружения.

Скорость потемнения бревен зависит от количества органики в воде. При выборе породы дерева следует учитывать климатические особенности региона. Монтаж деревянных свай может быть проведен с берега путем использования спецтехники или простым ручным способом. Современные модели земснарядов позволяют установить деревянные сваи со стороны водоема. Укрепление берегов водоемов с помощью бревен нецелесообразно проводить на подвижных и рыхлых грунтах.

Аккуратный ряд бревен лиственницы подчеркивает красоту берега водоема, предотвращая его деформацию под воздействием разрушительной силы воды.

Укрепление берега деревянными сваями обеспечивает безопасный подход к водоему.

Основным недостатком свай из дерева является их свойство постепенно разрушаться под влиянием льда, который образуется в трещинах и изломах древесины в сезон морозов.



Рисунок 2.19 – Укрепление берега деревянными сваями

На сегодняшний день довольно распространены в нашей стране шпунтовые работы (рис. 2.20). Широкий спектр получаемых преимуществ обуславливает их востребованность. Практически ни один проект строительства гидротехнических сооружений не проходит без использования шпунтовых ограждений. Они спасают от поступления воды на строительную площадку, а также обеспечивают безопасность работ, что не может не ускорить рабочий процесс. Тем самым, шпунтовые работы гарантируют сохранность различного рода сооружений. От условий и типа выполнения работ зависит, из какого материала будут использоваться ограждения. Это, конечно же, сталь, а также железобетон и ПВХ [37].

Шпунтовые работы включают создание подпорных стенок определенной толщины. От того, насколько глубоко они будут зафиксированы в грунте, зависит их устойчивость. Все существующие трещинки заливаются бетоном, и таким образом стены становятся водонепроницаемыми [37].

Сам материал не требует никакой дополнительной консервации или обслуживания, обеспечивает экономичную эксплуатацию системы шпунтовых стен. Решающим для актуального использования шпунта в

качестве сборных строительных элементов являются, с одной стороны, превосходные свойства пластика как строительного материала, с другой, стороны последовательные, отвечающие требованиям рынка исследования и дальнейшее улучшение свойств и форм профилей, а также конструктивная оптимизация в сотрудничестве с потребителями [37].

Область применения: порты, берегозащитные стены, причальные сооружения, доковые сооружения, строительство и расширение водных путей, герметичные стены, закрепление от размывов, шлюзы, плотины, швартовые палы, берегозащитные стены, водоприёмные и водоотводящие сооружения, автомобильные и железнодорожные пути, защитные стены, звукоизоляционные стены, устои мостов рампы, резервуары для грунтовых вод, тоннели [37].

Строительный метод с применением шпунта имеет следующие преимущества: отпадает необходимость выемки грунта и его транспортировки, сокращается время строительства в связи с применением готовых к монтажу элементов шпунтовых стен, повышает безопасность и имеет высокую несущую способность, не зависит от погодных условий, облегчает возможность проверки свойств материала во время фазы использования, гарантирует строительный материал с высокой аккомодационной способностью и возможностью вторичного использования, который может просто и без остатков извлекаться из почвы. Основными недостатками являются сложный монтаж, требующий использования спецтехники, а также не слишком эстетичный внешний вид [37].



Рисунок 2.20 – Шпунтовое берегоукрепление

Во времена СССР широко использовалось укрепление берега бетонными плитами (рис. 2.21). Большая часть берегов с тех пор так и не реконструировалась, поэтому и сегодня можно увидеть этот тип укрепления на берегах. Как правило, бетонные плиты укладываются на пологие откосы береговой линии. Такой способ является достаточно надежным, однако имеет существенные недостатки в виде эстетической составляющей, а также высокой трудоемкости. Чаще всего используется в местах строительства плотин, гидроэлектростанций, водозаборов и т.д.



Рисунок 2.21 – Выкладка на берегу бетонных плит

Укрепление подводной части берега можно осуществить с помощью фашинных укреплений. Они выполняются в виде фашинных тюфяков, заполненных чаще всего камнем, погружаемой фашинной кладки и груженных фашин и карабур.

Фашины (рис. 2.22) являются пучками хвороста, перевязанными проволокой 2-3 мм. диаметра. На сегодняшний день фашины применяются все реже и реже. Это связано с тем, что их изготовление требует больших затрат ручного труда и практически не поддается механизации.

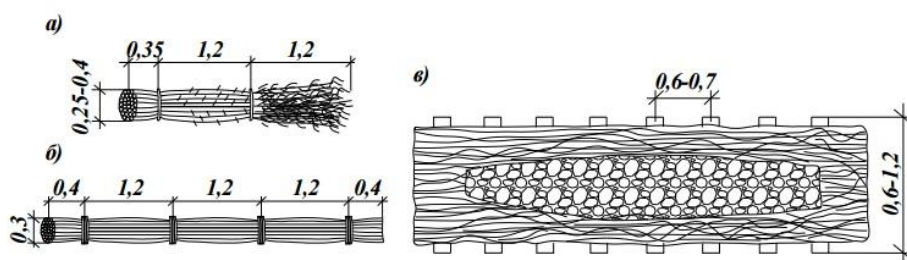


Рисунок 2.22 – Фашины:

а – однокомельковая; б – двухкомельковая; в – груженная

Берегоукрепления из фашин (рис. 2.23) применяются на равнинных реках, скорость течения которых не превышает 3 м/с.

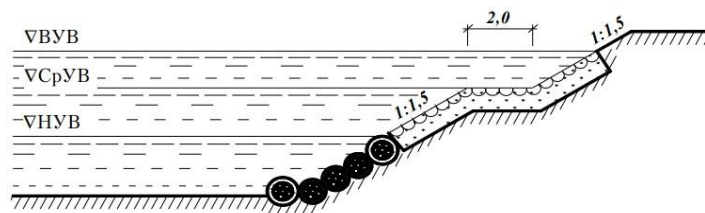


Рисунок 2.23 – Фашинное укрепление берега

На горных реках, где скорость течения высокая находят применение хворостяно – каменные крепления в виде кладки горизонтальными рядами хворостяных слоев и камня или фашин и камня, кладка ограждается свайными рядами или продольными плетнями на сваях (рис. 2.24).

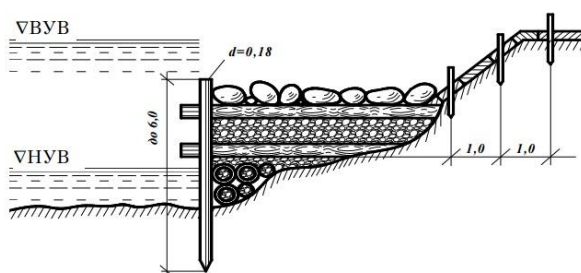


Рисунок 2.24 – Фашинно – каменное крепление

Для укрепления подводной части берега также применяется каменная наброска на заранее уложенный тюфяк или непосредственно на сам донный грунт (рис. 2.25). Внутреннюю часть конструкции можно засыпать мелким камнем, гравием или щебнем, если нет необходимого количества крупного. Мелкий грунт необходимо защитить от вымывания тяжелыми фашинами.

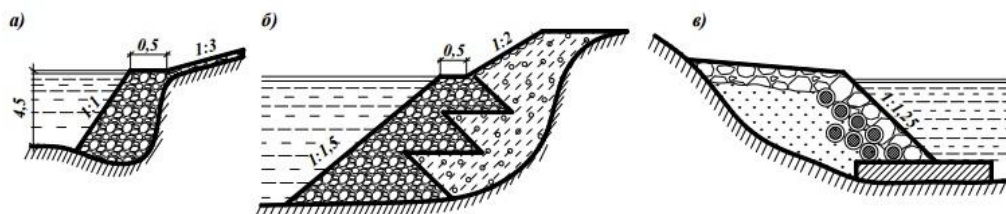


Рисунок 2.25 – Укрепление камнем:

а – только камнем; б – каменно – земное крепление;

в – каменно – фашинное

Гибкие ЖБ решетки (рис. 2.26). Собираются прямо на месте способом плетения из отдельных гибких гирлянд. Шаг ячеек составляет 0,4 – 0,8 м. Они могут заполняться щебнем, гравием либо оставаться без заполнения. В гирлянде устраиваются шарниры с шагом, который равен шагу ячейки собираемой решетки, с целью сделать конструкцию гибкой. Шарнир является участком арматуры. Гирлянды производятся в заводских условиях и транспортируются на стройплощадку по 8 шт., их масса варьируется от 0,03 до 0,3 тонн. Этот способ является достаточно экономичным.

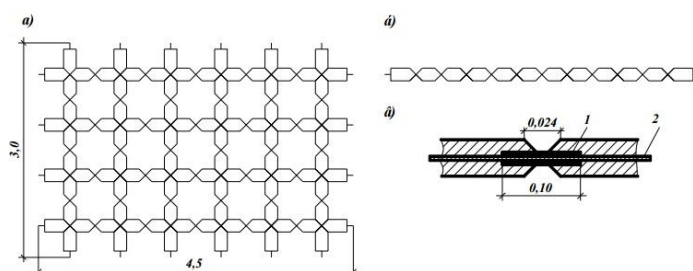


Рисунок 2.26 – гибкие ЖБ решетки:

а – решетка; б – гирлянда; в – шарнир;

1 – полиэтиленовая оболочка; 2 – арматурный стержень

Ещё одним способом укрепления береговой линии как надводной, так и подводной является укрепление гибкими ЖБ тюфяками (рис. 2.27). Их составной единицей являются плитки толщиной от 8 до 15 см. различных форм: прямоугольные, квадратные, двутавровые и т.д. Они соединяются между собой с помощью проволоки диаметром 5-6 мм. Укладываются тюфяки механизированным способом на подстилку из гравия.

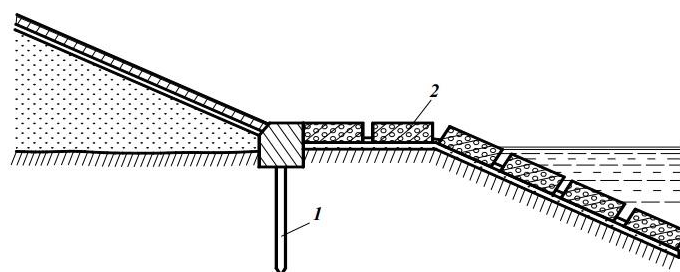


Рисунок 2.27 – Берегоукрепление железобетонными тюфяками:

1 – сваи; 2 – гибкий ЖБ тюфяк

При скоростях водного потока до 2 м/с применяются асфальтовые, а также асфальтобетонные укрепления (рис. 2.28). Их плюсами являются гибкость, низкая стоимость, простота в эксплуатации. Различают сборные и монолитные укрепления. Перед тем, как уложить монолитное укрепление, откос планируют, обрабатывают химикатами для исключения прорастания растительности и уплотняют до достижения 35-40% пористости.

Сборные укрепления предназначены для подводной части берега. Конструктивно оно такое же, как монолитное и состоит из 2-х слоев асфальта либо асфальтобетона, между которыми располагается арматурная сетка, которая воспринимает всю нагрузку. Общая толщина конструкции 5-10 см.

Изготовить асфальтобетонное покрытие можно по одной из 2-х основных схем:

1. изготовление сборных плит в металлических формах на асфальтобетонном заводе, складирование и дальнейшая транспортировка к месту монтажа. Затем уже готовые плиты укладывают с помощью кранов.
2. изготовление асфальтобетонного покрытия непосредственно на месте секциями до 50 м² на специальном стенде. Секции поочередно наматываются на барабан, далее путем сматывания с барабана производится укладка покрытия на необходимое место с помощью крана.

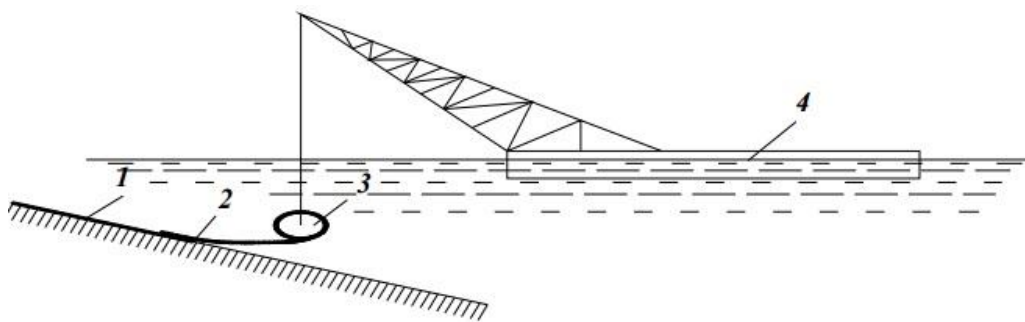


Рисунок 2.28 – Укладка асфальтобетонного покрытия:

1, 2 – асфальтобетонные тюфяки; 3 – барабан; 4 – плавучий кран

Каждая последующая плита должна перекрывать предыдущую на 1-3 м.

Из железобетонных элементов и бревен изготавливают ряжевые крепления сквозного типа (рис. 2.29). Ряжи заполняются камнем различной крупности, более крупными верхний слой. Они прочны и подвижны, однако дерево при переменном затоплении и всплывании со временем загнивают.

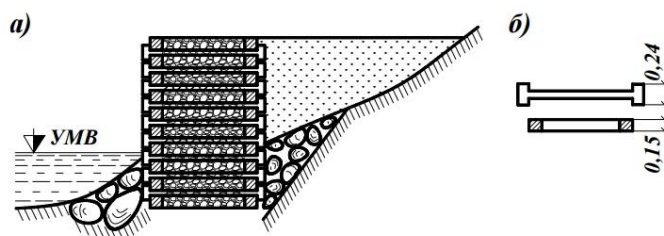


Рисунок 2.29 – Берегоукрепление железобетонными ряжами:

а – поперечный профиль; б – элементы в разрезе

Именно подводная часть укрепления берега является опорой для всего вышерасположенного укрепления, что делает её наиболее значимой. Она же и подвергается наибольшему размывающему воздействию со стороны водного потока. В большинстве случаев, особенно на легкоразмываемых грунтах, наиболее рационально использовать в качестве основания тюфяки и другие гибкие технологии.

Берегоукрепление геотекстильными тубами (рис. 2.30). Геотубы представляют собой контейнеры, которые могут быть различных размеров, сшитые из геотекстиля высокой прочности. Они могут заполняться песком, пульпой, илом, грунтом. Сшиты тубы таким образом, что они пропускают воду только в одном направлении – наружу, что способствует наполнению удерживаться внутри.



Рисунок 2.30 – Берегоукрепление геотекстильными тубами

Полимерная георешетка (рис. 2.31). Георешётка (геокаркас) - это сотовая структура, состоящая из ячеек, скрепленных из полимерных лент сварными швами в шахматном порядке. Георешётка растягивается по поверхности склона, закрепляется специальными анкерами, образуя жесткий ячеистый каркас. Заполняться георешётка может щебнем разного размера, грунтом, в который засеиваются семена растений. Корни растений дополнительно армируют поверхность, придают отличную прочность береговому склону [38].

Применение георешетки позволяет обеспечить длительную защиту водоотводных канав, предохраняет склоны каналов, берега рек и искусственных озер, обеспечивает прочность и стойкость, охраняя данный объект от эрозии. Благодаря пластичности и гибкости георешетки возможно создание укрепления, точно повторяющего конфигурацию существующей береговой линии. Георешетка препятствует вымыванию почвы и сохраняет, таким образом, растительность. После завершения развития растительного покрова георешетка становится практически невидима. Применение георешетки дает возможность озеленить берега водоемов, при этом защитив их от размывания. Георешетка способна укрепить слабый грунт берегов искусственных озер и каналов за счет сдерживания грунта внутри ячеек системы, перераспределения нагрузок и высадки в ячейки вегетативных культур, связывающих грунт и повышающих общее сопротивление системы. Такой способ укрепления прекрасно гармонирует с лиственницей и габионными конструкциями и эффективно препятствует сползанию почвы на береговых склонах, заиливанию водоема. Георешетка растягивается по поверхности склона, закрепляется специальными анкерами, образуя жесткий ячеистый каркас. Заполняться она может щебнем разного размера, грунтом, в который засеиваются семена растений. Корни растений дополнительно армируют поверхность, придают отличную прочность береговому склону. Обычно для выполнения берегоукрепительных работ с применением этих

материалов привлекают тяжелую технику: трактора, бульдозеры, промышленные земснаряды. Однако на небольших прудах и озерах, малых реках или каналах, находящихся в местах плотной застройки или являющихся частью законченной ландшафтной композиции, применение тяжелой техники, как правило, невозможно и всё делается вручную [37].

Варианты укрепления берега георешеткой: сначала берег реки подготавливается к её укладке. На поверхность грунта кладётся слой гидроскрепленного или иглопробивного геотекстиля. Гибкие секции георешетки легко монтируются, принимая форму поверхности, приспособляясь к изгибам берега. Укрепление пологого берега и дна искусственного озера выполняется георешеткой с крупной ячейкой (20х20 или 40х40 см) с глубиной ячейки 5 - 7,5 см с заполнением гравием, галькой или щебнем по площади откоса и в зоне взаимодействия с водой (на 50 см. вверх от уровня воды). Для закрепления георешетки на откосе используются анкера из арматурной стали длиной от 500 мм, разного диаметра. Укрепление крутого берега осуществляется армированной тросами георешеткой с мелкой ячейкой (20х20см) глубиной 10 - 15 см с заполнением растительным грунтом по площади откоса и щебнем фракции 50-75 мм в зоне взаимодействия с водой (на 50 см. вверх от уровня воды). Закрепление на откосе осуществлялось анкерами длиной 900-1000 мм. В случае необходимости укрепления крутых склонов, подверженных интенсивному воздействию волн, или укрепления каналов, берега которых сложены из неустойчивых размываемых грунтов, целесообразно применение другого варианта укрепления, когда модули георешетки укладываются послойно друг на друга (подпорные стенки). Такой вид укрепления позволяет достигнуть значительно большей устойчивости конструкции. В стоячих водах искусственных озер и других водных сооружений, где отсутствует систематическое воздействие волн или водных потоков, при условии, что почва достаточно прочна и не подвержена размыву в качестве

берегоукрепляющего материала можно использовать гидроскрепленный геотекстиль плотностью 150 - 250 г/м³. После укладки, данный материал покрывается щебнем, гравием или другими декоративными сыпучими материалами.

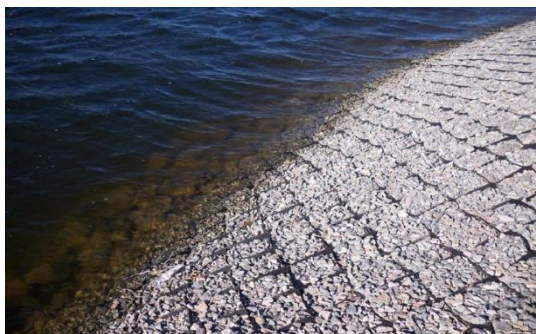


Рисунок 2.31 – Берегоукрепление с помощью георешетки

Габионы или габионные сетчатые изделия представляют собой объемные изделия разнообразной формы из крученой проволоочной сетки с шестиугольными ячейками, предназначены для создания габионных конструкций [39].

Первое применение габионов в России датируется 1908-м годом при строительстве Кругобайкальской железной дороги. После этого технология долгое время не применялась и только в 60-е годы снова возродилась, однако в то время изготовление габионов было не автоматизировано, что существенно замедлило их распространение [39].

На сегодняшний день габионы очень широко и масштабно применяются, что в 1-ую очередь связано с появлением дешевых машин для изготовления габионных сеток, а также с новыми технологиями и сферами их применения. Они применяются в различных целях: берегоукрепление, мелиорация, крепление железных дорог и автополотна, как эстетическая составляющая и т.д. [39]

Возможно применение габионных конструкций совместно с другими способами берегоукрепления [39].

Выделяют три основных разновидности: коробчатые, матрасно – тюфячные и цилиндрические габионные конструкции.

Коробчатый габион (рис. 2.32) представляет собой ящик прямоугольной формы, высотой 0,5 и 1 м. с откидной крышкой, наполненный камнем. Изготавливается из металлической оцинкованной сетки с двойным кручением [40].



Рисунок 2.32 – Коробчатый габион

Матрасно – тюфячные габионы (рис. 2.33) идентичны коробчатым, за исключением высоты – у тюфяков она составляет от 0,17 до 0,5 м по ГОСТ Р 52132-2003.

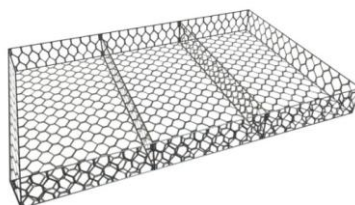


Рисунок 2.33 – Матрасно – тюфячный габион

Цилиндрические габионы представлены в виде цилиндров, заполненных камнем (рис. 2.34) [40].



Рисунок 2.34 – Цилиндрический габион

Габионы изготавливаются из гибкой оцинкованной проволоки диаметром 2 – 4,2 мм. Возможно применение и обычной проволоки, без цинкового покрытия, выбор производится на основании данных об интенсивности коррозии проволоки в конкретном случае. Каркасы заполняются преимущественно камнями твердых, тяжелых, слабовыветривающихся пород. Их размеры должны быть не менее размеров ячеек, но в любом случае не менее 0,04 м. Наружные камни должны быть наиболее крупные, внутрь укладываются камни поменьше. В качестве основания выстилается подстилка гравийная или щебеночная 0,2 – 0,4 м.

Помимо цинкового покрытия может применяться покрытие из гальфана (сплав алюминия 5% и цинка 95%). Гальфан имеет тонкозернистую плотную микроструктуру, которая способствует замедлению коррозии проволоки. Помимо этого, он обладает высокой прочностью, если происходит скручивание или изгибание проволоки с гальфановым покрытием, оно не растрескивается.

Срок службы цинкового покрытия, покрывающего проволоку, зависит от его антикоррозийной устойчивости. При максимальном оцинковании (260 г/м²) фактический срок службы покрытия по практическим данным, полученным по результатам эксплуатации объектов, может быть определен по графику (рис. 2.35).

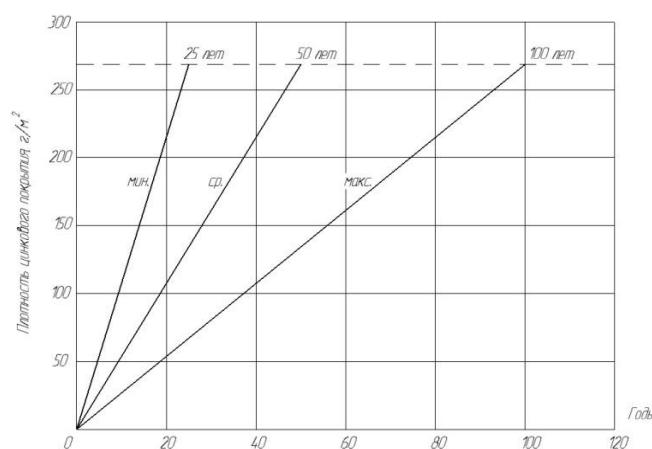


Рисунок 2.35 – График зависимости фактического срока службы цинкового покрытия от плотности его оцинкования

Общая высота конструкции из коробчатых габионов не должна превышать 7-8 м. Если же необходимо построить сооружение выше этих значений, то в такой случае применяется система армирования грунта в комбинации с габионной конструкцией (система Террамеш, рис. 2.36).

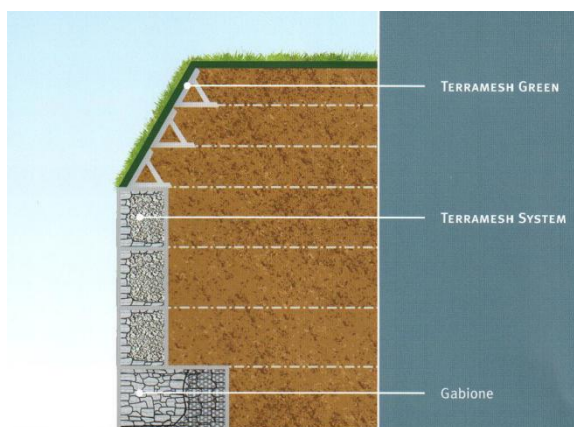


Рисунок 2.36 – Система террамеш

Выводы по главе 2

1. На сегодняшний день придумано огромное количество методов и технологий для уменьшения интенсивности русловых и береговых процессов.
2. Гибкие технологии, такие как габионы и георешетки, вытесняют жесткие конструкции, так как выигрывают в качестве и стоимости.
3. Для борьбы с наносами наиболее эффективным методом являются дноуглубительные работы, а также локальные водоплавно – технические работы по расчистке.

3 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ ОТ РУСЛОВЫХ И БЕРЕГОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

3.1 Анализ проблем с русловыми и береговыми изменениями поверхностных источников Самарской области

Русловые и береговые изменения присутствуют во всех поверхностных источниках водоснабжения, только в разной степени выраженности.

Волга является одной из крупнейших рек на Земле и самой длинной в Европе. Общая длина 3690 км, из них отрезок в 340 км приходится на Самарскую область. Тольятти протянулся вдоль реки примерно на 30 км. Волга ежегодно выносит к устью в среднем около 25,5 млн. т. наносов, опасность обрушения берегов присутствует постоянно в том или ином месте. По предсказаниям экологов к началу следующего века Волга в окрестностях Тольятти полностью превратится в болото — попросту зарастет илом. В настоящее время схожее бедствие уже наблюдается в Сызрани, на реке Сызранка — водохранилище там заилено на 99,3%, и ни проектов расчистки, ни денег на это нет. Отложение наносов в водохранилище — нормальный природный процесс. Фактически водохранилища работают как огромные отстойники: поступающая в них вода отстаивается, взвеси и загрязнения выпадают в донные отложения, что приводит к существенному улучшению качества воды. Если бы не водохранилища, при современном уровне сбросов загрязняющих веществ волга превратилась бы в сточную канаву с сильно загрязненной водой, непригодной для какого-либо использования», — говорится в комментарии энергетиков.

Периодически укрепляется береговая линия Волги в Самарской области. Основная проблема — отсутствие финансирования. Но иногда берегоукрепительные меры необходимо применять максимально быстро, так как возникают ЧС. Похожая ситуация возникла в районе очистных

сооружений пос. Луначарский еще в октябре 2015 г. - была введена чрезвычайная ситуация. На тот момент берег дошел вплотную до очистных сооружений. В случае его обвала из накопителей очистных сооружений мог произойти выброс в Куйбышевское водохранилище и заражение воды в радиусе 5 км. В этом случае в зону загрязнения попали бы водозаборы Тольятти, ряда крупных предприятий и других объектов, которые находятся в береговой полосе, в том числе, баз отдыха, детских лагерей и некоторых населенных пунктов. Тогда работы по укреплению берега на объекте были выполнены на 40%, и не было средств на их продолжение. Однако в 2016 году работы были завершены. На участке протяженностью 276 м. выполнены мероприятия по предотвращению размыва берега. Теперь комплекс очистных сооружений поселка защищен от обрушения.

Работы по берегоукреплению профинансированы за счет госпрограммы «Развитие водохозяйственного комплекса Самарской области в 2014 – 2020 гг.»

В поселке Южный Красноглинского района Самары произошло очень сильное обрушение склона, в результате чего берег стал сползать в Волгу. В результате последнего оползня бровка откоса на самом опасном участке находилась на расстоянии 4 метров от существующей дороги, в зону разрушения попадала жилая застройка, здание детского профилактория "Юность", здание санатория "Красная глина". В зону возможного обрушения также могли попасть одновременно 2-3 дома, в каждом из которых проживает в среднем по 200 человек. Если бы эти работы здесь не начались вовремя, то случилась катастрофа, и через несколько лет здесь не было бы ни этого склона, ни парка, ни жилых домов на пригорке. Берегоукрепление обошлось почти в 1 млрд рублей.

Похожая ситуация наблюдается в с. Рождествено Самарской области. Береговая полоса у Рождествено имеет длину около 3-х км и возвышается над уровнем воды на 2-3 м. Это территория Национального парка Самарская

Лука. В результате воздействия воды берег обрушается и образует уступы высотой от 1-2 м до 7-8 м. В потенциальную зону обрушения попадают объекты жилого фонда, транспортной и коммунальной инфраструктуры, а также промышленные объекты. В настоящее время в зоне обрушения проживает 318 человек. Правительство РФ выделило Самарской области 100 миллионов на защиту объектов капитального строительства от негативного воздействия вод.

Так как заиление – это отложение в водных объектах взвешенных и влекомых наносов, то в первую очередь на этот процесс влияют частицы, вносимые поверхностным стоком, а также в результате разрушения берегов.

Гранулометрический состав донных отложений Куйбышевского водохранилища определялся мелкозернистыми осадками. Частицы в диапазоне 0.5-1.0 мм в значительном количестве (45-74 %) присутствуют лишь в песках верховья Волжского плеса. Одной из причин появления на этом участке крупнозернистых песков явились земляные работы при строительстве плотины Чебоксарской ГЭС и вымывание мелких фракций в связи с возросшей гидродинамической активностью водных масс после возведения плотины. Пелитовых частиц в крупных песках практически нет – не более 0.3% от суммы всех фракций. В средне- и мелкозернистых песках преобладают (в среднем 59%) частицы диаметром от 0.5 до 0.1 мм; обычные примеси – алевриты, реже – пелитовые компоненты и фракция частиц с диаметром более 0.5 мм. Очень тонкодисперсны глинистые илы. В них от 35 до 79% составляет пелитовая фракция, при этом содержание глинистых частиц диаметром менее 0.001 мм, приближающихся по своим размерам к коллоидным, может в отдельных случаях достигать 30-40%. Господствующим типом гистограмм, отражающих содержание фракций в глинистых илах, является двухвершинная с максимумом (до 66-80%) в области мелкоалевритовой и глинистой фракций (рис. 3.1)

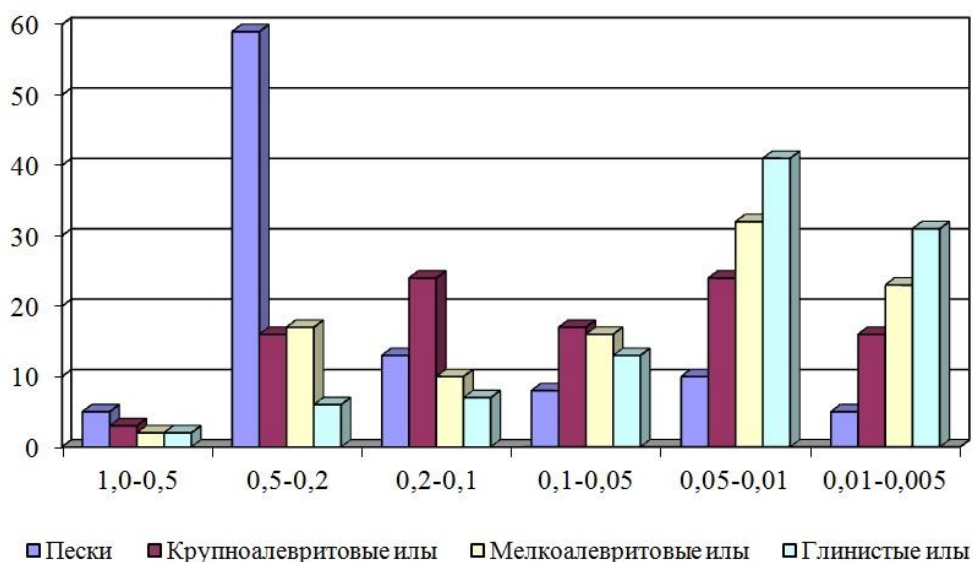


Рисунок 3.1 – Гранулометрический состав донных отложений
Куйбышевского водохранилища

При антропогенной нагрузке в водоемы сбрасываются минеральные, органические и неорганические вещества, часть из которых не растворяются в воде и способны оседать на дно, вызывая заиление водоемов.

Исходя из седиментационного баланса и водно-физических показателей донных отложений скорость современного осадконакопления в Куйбышевском водохранилище составляет 0,4 см/год. Эта величина существенно отличается от таковой в начальный период жизни водоема (табл. 1.2).

Таблица 3.1 – Среднегодовой темп осадконакопления Куйбышевского водохранилища

Водохранилище	Период, гг	Осадконакопление, см/год
Куйбышевское	1956-1958	1,20
	1956-1964	0,80
	1981-2012	0,40

3.2 Мероприятия по снижению уровня влияния русловых и береговых процессов на водозабор

В качестве объекта исследования была выбрана станция "Водозабор" ООО "АВК" (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Станция "Водозабор" ООО "АВК". Вид с водохранилища

ООО «АВК» осуществляет забор воды из Куйбышевского водохранилища для бытового и производственного водоснабжения Автозаводского района, промышленной площадки ОАО «АВТОВАЗ» и предприятий ПКЗ и ТЭЦ ВАЗа. Водозаборные сооружения расположены на 1498 км от устья реки Волга в Ставропольском районе Самарской области на левом берегу Куйбышевского водохранилища, западнее села Подстепки на 5 км. Забор воды осуществляется с глубины 18 м. Проектная производительность водозаборных сооружений – 378 тыс.м³ в сутки. Фактическая производительность - 332 тыс.м³ в сутки. Дата ввода в эксплуатацию - август 1970 года. Вода насосами насосной станции первого подъема по 5 ниткам стальных водоводов диаметром 1220мм каждый подается на площадку водопроводных очистных сооружений, «ТЭЦ ВАЗа» Самарского филиала ОАО «Волжская ТГК», на поливные нужды других абонентов.

На водозаборе ООО "АВК" не применяются никакие меры для уменьшения влияния наносов на эффективность его работы. Проблема решается по мере её поступления. При определенной степени засорения оголовков, а также других элементов водозабора наносами, по заказу выполняются подводно – технические работы специализированными фирмами. В 2013 году был произведен капитальный ремонт (включая очистку) водоприемного оголовка ЗАО "ДИВЕР С".

В качестве объекта исследования был выбран участок береговой линии в районе Итальянского пляжа в Центральном районе г. Тольятти. Довольные крупные разрушения произошли на данном участке весной 2016 года в результате повышения уровня воды в Куйбышевском водохранилище (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Разрушения береговой линии в районе Итальянского пляжа

Произошло смещение береговой линии на десятки метров, образовался обрыв порядка 2 метров (рис. 3.4). Огромное количество песка вымыло в воду, что является негативным последствием для близко расположенных водозаборов.



Рисунок 3.4 – Образовавшийся обрыв, высота которого достигает 2 м.

Было принято решение укрепить береговую линию в этой районе с помощью габионных конструкций. Основанием для такого решения являются следующие факторы:

1. Экологичность. В процессе формирования габионных конструкций в окружающую среду попадает менее 5% искусственного материала. Свободная фильтрация воды через габионы является важным фактором экологического баланса.

2. Прочность и устойчивость. Конструкции из габионов способны выдерживать значительные нагрузки без разрушения.

3. Гибкость. Она достигается благодаря наличию металлической сетки, позволяющей сооружению противостоять эрозии откосов и осадкам нестабильных грунтов.

4. Водопроницаемость и пористость. Структура габионных конструкций исключает появление гидростатических нагрузок и создает дренирование обратной засыпки, не требуются дополнительные затраты на устройство обратного фильтра и дренажа.

5. Простота. Для сооружения габионных конструкций не требуется квалификационная рабочая сила и специальная техника. Подготовка основания требует минимальных объемов работ.

6. Долговечность. С завершением процесса полной консолидации, срок которого составляет от 1 года до 5 лет, конструкция приобретает

максимальную устойчивость и далее срок её службы практически не ограничен.

7. Экономичность. В среднем при использовании габионов на 1 линейный метр экономия средств составит 10-30% по сравнению с жесткими и полужесткими методами берегоукреплений. Также ниже затраты на ремонт и эксплуатацию.

Габионные конструкции возводятся от коробчатых, матрасо – тюфячных и цилиндрических габионов. В данном случае было принято решение применить габионную гравитационную стенку из коробчатых габионов, которая сможет обеспечить надежность, работоспособность, долговечность усиливаемого объекта и самой конструкции; безопасность движения и возможность механизации, удовлетворять требованиям экологии, охраны окружающей среды, техники безопасности и охраны труда (рис. 3.5).

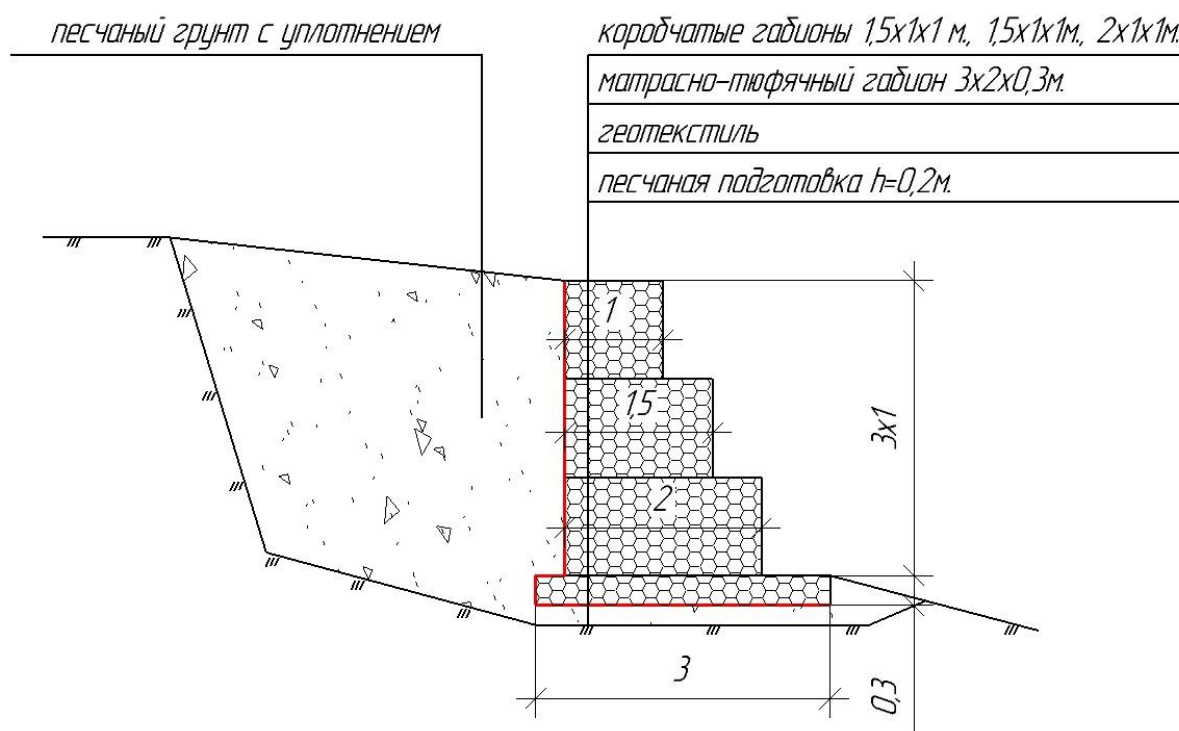


Рисунок 3.5 – Схема укрепления береговой линии гравитационной габионной стенкой

Выводы по главе 3

1. На данный момент проблема неустойчивости береговой линии актуальна, в частности в г. Тольятти.
2. Укрепление береговой линии производится только в самых опасных ситуациях ввиду финансовых ограничений.
3. Большую часть действующих берегоукреплений составляют жесткие конструкции.
4. На сегодняшний день эффективнее производить берегоукрепление с помощью более выгодных и качественных гибких систем по сравнению с жесткими и полужесткими технологиями.
5. Дноуглубительные работы имеют множество своих особенностей. Для г. Тольятти это выражается в усилении контроля глубины и ширины рабочей прорези при производстве дноуглубительных работ, при этом должен тщательно контролироваться отбор проб грунта с целью определения физико – механических свойств.
6. На водозаборах г. Тольятти, в частности на водозаборе ООО «АВК» для борьбы с наносами не применяются никакие методы и технологии, производятся периодические прочистки оборудования по мере их засорения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ информации по русловым и береговым изменениям показал, что их влияние на водозабор негативное, выражено в увеличении взвешенных частиц в воде, которые попадают в элементы водозабора, перекрывают водоприемные отверстия. Увеличение количества наносов ведет к понижению надежности источника для водозабора.

2. На основе анализа данных о всевозможных методах уменьшения влияния русловых и береговых изменений на водозабор были выбраны габионные конструкции для берегоукреплений и дноуглубительные работы в качестве эффективного метода защиты водозабора от негативного влияния наносов.

3. Разработана практическая схема укрепления береговой линии гравитационной габионной стенкой в районе Итальянского пляжа Центрального района г. Тольятти и схема проведения дноуглубительных работ для расчистки дна от наносов на водозаборе «АВК».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Семерной В.П. Учение о гидросфере [Текст] : учебное пособие : для студентов, обучающихся по специальностям Экология и Экология и природопользование / В. П. Семерной ; М-во образования и науки Российской Федерации, Ярославский гос. ун-т им. П. Г. Демидова. - Ярославль : Ярославский гос. ун-т им. П. Г. Демидова, 2010. - 251 с.
- 2 Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне / Н.И. Маккавеев; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. - Переизд. кн. 1955 г. - М. : Геогр. фак. МГУ, 2003. - 353 с.
- 3 Закономерности распределения и миграции радионуклидов в долине реки Енисей : [монография] / [Ф. В. Сухоруков и др.]; науч. ред.: Ф.В. Шабанов, А.Г. Дегерменджи; [Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Объед. ин-т геологии, геофизики и минералогии [и др.]. - Новосибирск : Изд-во СО РАН. Фил. "Гео", 2004 (Филиал "Гео" Изд-ва СО РАН). – 286 с.
- 4 Каледа И.А. Эксплуатация водных объектов: учеб. пособие / И.А. Каледа, Н.А. Денисова; под общ ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 104 с.
- 5 Сазонов А.А. Постоянные устройства водного транспорта : учеб. пособие в сфере образования для всех специальностей речного трансп. / А.А. Сазонов ; Федер. агентство морского и речного трансп., Федер. гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Волж. гос. акад. водн. трансп. - Н. Новгород : Изд-во ФГОУ ВПО "ВГАВТ", 2005. - 142 с.
- 6 Экология пойм сибирских рек и Арктики : Тр. I Межрегион. совещ., Томск, 25-26 нояб. 1999 г. / Под ред. В.В. Зуева. - Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1999. - 185 с.
- 7 Колбовский Е.Ю. Изучаем малые реки / Е.Ю. Колбовский. - Ярославль : Акад. развития, 2004 (ГУП ИПК Ульян. Дом печати). - 223 с.
- 8 Гареев А.М. Реки и озера Башкортостана / А.М. Гареев; Под ред. А.М. Гареева. - Уфа : Китап, 2001. – 258 с.

9 Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Том 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел, ЛКИ, 2008 г. – 607 с.

10 Назаров Н.Н. Реки Пермского Прикамья : горизонт. русловые деформации / Н.Н. Назаров, С.С. Егоркина ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Перм. гос. ун-т, Науч.-исслед. прорект. произв. предприятие по природоохран. деятельности "Недра". - Пермь : Звезда, 2004 (Издат.-полигр. комплекс Звезда). – 120 с.

11 Железняков Г.В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока : [Для спец. 1511 "Гидромелиорация"] / Г.В. Железняков, Т.А. Неговская, Е.Е. Овчаров. - Москва : Колос, 1984. - 432 с.

12 Ржаницын Н.А. Руслоформирующие процессы рек / Н.А. Ржаницын. - Л. : Гидрометеиздат, 1985. - 263 с.

13 Барышников Н.Б. Динамика русловых потоков. — СПб.: Изд-во РГГМУ, 2007. — 314 с.

14 Попов И.В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство. — Л.: Гидрометеиздат, 1965. — 328 с.

15 Барышников Н.Б. Русловые процессы : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Гидрология" направления подготовки "Гидрометеорология" / Н.Б. Барышников ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Российский гос. гидрометеорологический ун-т. - Санкт-Петербург : РГГМУ, 2006. - 438 с.

16 Водные пути и русловые процессы : межвузовский сборник / Межвузовский науч.-координационный совет по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов, Санкт-Петербургский гос. ун-т водных коммуникаций, Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова ; под ред. Г.Л. Гладкова, Р.С. Чалова. - Санкт-Петербург : СПГУВК, 2007. - 174 с.

17 Иващенко А.Т. Элементы руслового процесса [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности 270112 "Водоснабжение и водоотведение" / А.Т. Иващенко, О.В. Соболева ; Сибирский гос. ун-т путей сообщ. - Новосибирск : Изд-во Сибирского гос. ун-та путей сообщ., 2011. - 79 с.

18 Клавен А.Б. Экспериментальные исследования и гидравлическое моделирование речных потоков и руслового процесса [Текст] : [монография] / А. Б. Клавен, З. Д. Копалиани. - Санкт-Петербург : Нестор-История, 2011. – 543 с.

19 Экологическое состояние малых рек Верхнего Поволжья : [Монография] / [Крылов А.В., Папченков В.Г., Баканов А.И. и др.] ; [Отв. ред. В. Г. Папченков] ; Рос. акад. наук. Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина]. - М. : Наука, 2003 (С.-Петерб. тип. Наука). – 388 с.

20 Беркович К.М. Экологическое русловедение / К.М. Беркович, Р.С. Чалов, А.В. Чернов ; Московский государственный ун-т им. М. В. Ломоносова, Российский фонд фундаментальных исслед. - Москва : ГЕОС, 2000. - 331 с.

21 Макарова Н.В. Геоморфология : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 020300 Геология / Н.В. Макарова, Т.В. Суханова ; отв. ред. В.И. Макаров и Н.В. Короновский ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Геологический фак. - 2-е изд. - Москва : Кн. дом Университет, 2009. - 413 с.

22 Карлович И.А. Геология [Текст] : учебное пособие для студентов естественно-географических специальностей вузов / И.А. Карлович. - Москва : Академический проект : Трикта, 2005. – 702 с.

23 Сазонов А.А. Постоянные устройства водного транспорта : учеб. пособие в сфере образования для всех специальностей речного трансп. / А.А. Сазонов ; Федер. агентство морского и речного трансп., Федер. гос.

образоват. учреждение высш. проф. образования Волж. гос. акад. водн. трансп. - Н. Новгород : Изд-во ФГОУ ВПО "ВГАВТ", 2005.

24 Природоохранная гидротехника : учебное пособие / М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное аген[т]ство по сельскому хоз-ву, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Новочеркасская гос. мелиоративная акад." ; [Лапшенков В.С.]. - Новочеркасск : Новочеркасская гос. мелиоративная акад., 2005. - 236 с.

25 Мелиорация в степных условиях Южного Урала [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 110201 "Агрономия" : [в 2 т.] / [Соболин Г.В. и др.] ; М-во сельского хоз-ва РФ, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Оренбургский гос. аграрный ун-т". - Оренбург : Изд. центр ОГАУ, 2011.

26 Беркович К.М. Регулирование речных русел / К.М. Беркович; МГУ им. М. В. Ломоносова, Геогр. фак. - М. : Изд-во МГУ, 1992. – 100 с.

27 Яковлев П.И. Дноуглубительные работы и технический флот / П.И. Яковлев, М.А. Супрун, В. Н. Стеблинченко. - Одесса : Астропринт, 2002. - 567 с.

28 Армаганян К.В. Учебное пособие по дисциплине "Производство дноуглубительных работ" и подготовке курсового проекта. Ч. 1. Основные характеристики земснарядов [Текст] : специальность: 26.05.05 - "Судовождение" / Армаганян, К.В. ; Федеральное агентство морского и речного транспорта, ФГБОУ ВО "Государственный морской университет им. адмирала Ф. Ф. Ушакова", Институт водного транспорта имени Г.Я. Седова, Факультет инженеров морского транспорта, Кафедра судовождения и гидрографии. - Ставрополь : Логос, 2017. - 129 с.

29 Бакшеев В.Н. Гидромеханизация в дорожном строительстве. : Учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальностям 291000-

"Автомобил. дороги и аэродромы" и 291300- "Механизация и автоматизация стр-ва" / В.Н. Бакшеев. - Тюмень : Вектор Бук, 2001. - 213 с.

30 Комплексная автоматизация процесса дноуглубления : Сб. науч. тр. / Новосиб. ин-т инженеров вод. трансп. - Новосибирск : НИИВТ, 1986. – 78 с.

31 Иванов С.А. Эксплуатационные характеристики земснарядов с погружными грунтовыми насосами / С.А. Иванов ; под ред. И. М. Ялтанца. - Изд. 2-е, стер. - Москва : Горная кн. : Изд-во Московского гос. горного ун-та, 2009. – 100 с.

32 Лебедева С.В. Разработка алгоритмов интеллектуального управления гидроклассификаторами добывающих земснарядов : диссертация кандидата технических наук : 05.13.06. - Нижний Новгород, 2002. - 208 с.

33 Технология железнодорожного строительства [Текст] : учебник для студентов, обучающихся по специальности 270204 "Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство" ВПО / [Э.С. Спиридонов и др.] ; под ред. Э.С. Спиридонова и А.М. Призмазонова. - Москва : ФГБОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2013. – 590 с.

34 Найденко В.В. Великая Волга на рубеже тысячелетий. От экологического кризиса к устойчивому развитию [Текст] : [монография] / В.В. Найденко. - Нижний Новгород : Промграфика, 2003 - (ОАО Ярослав. полигр. комб.). - 365 с.

35 Алперин И.Е. Укрепление берегов судоходных каналов, рек и водохранилищ [Текст] / И.Е. Алперин, Л.С. Быков, В.Б. Гуревич. - Москва : Транспорт, 1973. - 216 с.

36 Магарил Е.Р. Основы рационального природопользования : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 280401 - Мелиорация, рекультивация и охрана земель / Е.Р. Магарил, В. Н. Локетт. - Москва : КДУ, 2008. - 459 с.

37 Барсуков Г.М. Основы инженерной подготовки и благоустройства в градостроительстве [Текст] : учебное пособие / Г.М. Барсуков; Федеральное агентство по образованию, Волгоградский гос. архитектурно-строит. ун-т. - Волгоград : ВолгГАСУ, 2008. - 266 с.

38 Ламердонов З.Г. Охрана земель гибкими противозрозионными берегозащитными сооружениями, адаптированными к морфологии рек : диссертация доктора технических наук : 06.01.02. - Нальчик, 2006. - 406 с.

39 Иванов А.И. Технологии применения габионов в современном строительстве. Учебно-практическое пособие / А.И. Иванов – М. : Инфра-инженерия, 2016. – 196 с.

40 Каганов Г.М. Гидротехнические сооружения из армированного грунта : монография / Г.М. Каганов, И.М. Евдокимова, К.И. Шевченко ; Моск. гос. ун-т природообустройства. - М. : [Моск. гос. ун-т природообустройства], 2004. - 606 с.