



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водно-технических изысканий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

По теме **Очистка русла реки от
загрязнённых донных отложений**

Исполнитель Михайлова Полина Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель канд. физ.-мат. наук
(ученая степень, ученое звание)

Саноцкая Надежда Александровна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

канд. геогр. наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

15. июля 2020 г.

Санкт-Петербург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Рекомендации по очистке русел рек	5
1.1 Причины загрязнения и заиления речных русел	5
1.2 Необходимость очистки русел рек	7
1.3 Критерии необходимости очистки русла от загрязненных донных отложений	8
1.4 Исходные данные при проектировании очистки русла	11
1.5 Расчет необходимости очистки русла от донных отложений при различных источниках поступления примеси	18
2. Очистка русла р. Хаболовка от загрязненных донных отложений	21
2.1 Физико-географическое описание реки Хаболовка	21
2.2 Расчет необходимости очистки русла Хаболовки от донных отложений	30
2.3 Очистка русла р. Хаболовка от загрязненных донных отложений	42
Заключение	53

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающее хозяйственное использование рек и водосборов, изъятие значительной части стока, отведение в реки загрязненных сточных вод приводят к прогрессирующему загрязнению и заилению речных русел. И это приводит к необходимости тщательно следить за состоянием русел и водосборов.

Населённые пункты, города, промышленные районы нуждаются в чистой воде и с увеличением антропогенной деятельности возрастает актуальность и сложность задачи мониторинга за экосистемами водотоков и их притоков.

Целью выпускной квалификационной работы является изучение вопросов очистки русла реки от загрязненных донных отложений. При этом необходимо учитывать следующие аспекты:

- необходимость обеспечения нормативных показателей качества речной воды, санитарного состояния водотока,
- предотвращение вторичного загрязнения вод,
- улучшение гидравлических характеристик водотока,
- сохранение полученных положительных эффектов в течение длительного периода времени.

Для достижения цели поставлены задачи:

- Определить причины загрязнения и заиления речных русел.
- Выявить критерии необходимости очистки русла от загрязненных донных грунтов.
- Получить перечень исходных данных при проектировании очистки русел.
- Рассчитать необходимость очистки русла от донных отложений на примере.

В первом разделе рассматриваются теоретические вопросы по очистке русла рек – причины загрязнения и заиления речных русел, критерии

необходимости очистки русла, исходные данные при проектировании очистки русла, методика расчета при различных источниках поступления примеси. В качестве примера выбрана река Хаболовка. Во втором разделе представлено физико-географическое описание реки и расчет необходимости очистки русла Хаболовки.

1 Рекомендации по очистке русел рек

1.1 Причины загрязнения и заиления речных русел

В связи с активным хозяйственным использованием рек и водосборов происходит рост загрязнения сточных вод, что приводит к заилению и более тяжёлому состоянию русел.

В естественном состоянии речное русло представляет собой результат длительного взаимодействия твердого и жидкого стока, поступающего в водоток с водосборной площади.

Объем водного (жидкого) стока с водосборной площади к его распределению во времени определяются характером питания водотока (грунтовое, снеговое, дождевое).

Твердый сток в виде взвешенных наносов является следствием процесса эрозии грунтов на водосборной площади.

Объем жидкого стока, и распределение его во времени в условиях сформировавшегося русла определяют транспортирующую способность речного потока, т.е. наибольшее количество взвеси, которое может перемещаться потоком без осаждения в речном русле.

Искусственное нарушение соответствия между транспортирующей способностью водотока и количеством взвесей, поступающих с водосборной площади, является одной из основных причин заиления речных русел.

Транспортирующая способность речного потока определяется скоростью течения. Вследствие аккумуляции стока в паводок и отбора стока в межень для хозяйственного использования, скорости течения и соответственно транспортирующая способность уменьшаются. Так, сокращение расхода в реке на 25% приводит к снижению транспортирующей способности потока в два раза.

Скорости течения в реке зависят не только от величины расхода, но и от режима уровней. При использовании водотока для судоходства, при создании водозаборов к другим перегораживающих гидротехнических сооружений бытовой режим уровней нарушается в сторону

искусственногоувеличения глубин, а скорости и транспортирующая способность падают. Это приводит к заилению водотока на значительных по протяженности участках выше перегораживающих сооружений.

Изменение гидравлических характеристик водотока при воздействии на его сток и режим уровней уменьшает также размывающую способность речного потока. В результате скопившиеся русловые отложения не могут размываться речным потоком и процесс аккумуляции отложений в речном русле становится прогрессирующим.

Заиление русла может быть вызвано и увеличенным поступлением продуктов эрозии с водосборной площади, которое, как правило, связано с распашкой значительных площадей, вырубкой лесов и лесонасаждений, нарушением водоохранных зон, отсутствием рациональной агротехники и др. Данный процесс даже при неизменном режиме стока приводит к тому, что транспортирующая способность речного потока оказывается недостаточной для переноса взвесей, поступающих в поток. Излишки взвеси осаждаются в речном русле, вызывая его заиление;

Значительное количество взвешенных веществ может поступать в водоток с неочищенными сточными водами, а также с поверхностным стоком с городских и строительных территорий, промплощадок, животноводческих комплексов ит.п. Сбросы неочищенных сточных вод являются долговременнымии поэтому опасными источниками заиления и загрязнения речного русла. Мельчайшие частицы взвеси, попадающие в водоток из источников загрязнения, медленно осаждаются в русле, создавая загрязненные зоны "шлейфа" на участках значительной протяженности.

Поступление взвесей, содержащих органику, нефтепродукты и другие примеси антропогенного и техногенного происхождения в речной поток, перемешивание их с грунтами русла, длительный процесс консолидации увеличивают связность донных грунтов и устойчивость их к размыву. В этом случае даже при ненарушенном режиме стока речной поток не в состоянии размыть загрязненные донные отложения и обеспечить периодическую

самопромывку русла. Все это приводит к необратимому занесению, заилению и обмелению речного русла на участках значительной протяженности. Поэтому осуществление мероприятий по очистке и поддержанию русла в не заиленном состоянии - необходимое условие его нормального функционирования и сохранения в должном санитарном состоянии.

1.2 Необходимость очистки русел рек

Очистка русел рек от загрязнённых донных отложений входит в систему мероприятий по охране водных источников в населенных пунктах, городах, градопромышленных районах, агропромышленных комплексах и за их пределом - в зонах отрицательного влияния на санитарное состояние водотока.

Очистка русел должна быть увязана и на стадии проектирования и на стадии производства работ с проектированием и осуществлением необходимого комплекса водоохранных мероприятий, полностью, исключая или значительно исключая загрязнение речной воды и очищенных участков русла.

Необходимость в очистке русел следует устанавливать при помощи объективных критериев и технико-экономических расчетов, учитывая требования санитарного и социального характера.

Проектирование очистки русла должно базироваться на данных натурных изысканий по выявлению мест скопления загрязнённых грунтов с учетом гидрологических и гидрохимических характеристик водотока и его притоков.

Принципиальные основы проекта очистки русла долины устанавливаются из условий достижения максимального улучшения гидравлических характеристик водотока, хода руслового процесса и сохранения полученных положительных эффектов в течение длительного времени.

Гидравлические расчеты при проектировании очистки русел следует производить с учетом физических особенностей загрязненных донных отложений, влияющих на процессы размыва, транспорта и осаждения взвесей, а также на гидравлическое сопротивление речного русла.

Технологическая схема выполнения работ по очистке русла выбирается на основе технико-экономических расчетов, реальных производственных возможностей и требований к охране водотока от загрязнения.

Проект очистки русла должен включать проектные решения и эксплуатационные мероприятия, предотвращающие повторное заиление и занесение наносами очищенных участков.

В связи с большим объемом и высокой стоимостью работ необходимо предусматривать проверку разрабатываемых проектных решений гидравлическим моделированием.

1.3 Критерии необходимости очистки русла от загрязненных донных отложений

При решении вопроса о необходимости очистки русла от загрязненных отложений следует учитывать социальную значимость этого мероприятия, особенно в тех случаях, когда загрязненный участок русла находится в пределах городской территории.

Необходимость очистки русла от загрязненных донных отложений должна быть обоснована расчетами показателей качества воды на загрязненном участке русла с учетом вторичного загрязнения. Предельно допустимые значения показателей качества речной воды и расчетные створы следует устанавливать в соответствии с Водным Кодексом РФ, СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения», ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые

концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Если водоток протекает по городской территории, то качество воды с учетом загрязняющей роли отложений рассчитывают для низовой границы городской территории. Для зон городских рекреаций, а также для водопользователей, расположенных ниже города (на расстояниях до 30 км), вторичное загрязнение воды определяется на основе натурных изысканий загрязненности речного дна.

При решении вопроса о необходимости очистки русла загрязненность речной воды для не зарегулированных водотоков устанавливается применительно к наименьшему среднемесячному расходу воды года 95% - ной обеспеченности, для зарегулированных водотоков - применительно к гарантированному санитарному попуску.

Повышение концентрации каждого вида примеси в речной воде C_{gi} , (вторичное загрязнение воды) вследствие контакта ее с загрязненными донными отложениями, содержащими растворимые примеси данного вида с концентрацией C_{ri} , рассчитывается по формуле:

(1)

где H – средняя глубина речного потока в см.;

– коэффициент молекулярной диффузии примесей в донных грунтах (может приниматься равным $0,4 \text{ см}^2/\text{сут}$);

$$t = \frac{L_3}{U}$$

– время контакта воды с загрязненными донными грунтами, определяется протяженностью загрязнённого участка русла L_3 и средней скоростью речного потока U .

Очистка русла водотока малой или средней водности необходима, если при обеспечении предельно допустимой концентрации (ПДК) на выпусках сбросных и сточных вод (включая поверхностные стоки) сумма отношений

концентраций каждого из загрязняющих веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности и соответствующим ПДК превышает единицу.

$$\sum \square = \frac{C_{gi}}{ПДК_i} > 1 \quad (2)$$

Для тех случаев, когда суммарный эффект фоновой загрязненности речной воды и ее вторичного загрязнения приводит к превышению ПДК,

$$\sum \square = \frac{C_i}{ПДК_i} > 1 \quad (3)$$

где ;

– фоновая концентрация рассматриваемой примеси;

C_{oi} – концентрация данной примеси в речной воде вследствие сброса сточных вод;

C_{gi} – концентрация веществ с одинаковым, лимитирующим показателем вредности.

Необходимость очистки русла определяется технико -экономическим расчетом в сравнении с альтернативными вариантами уменьшения объёмов сбросных вод и повышением степени их очистки.

Водотоками малой и средней водности считаются водотоки протяжённостью до 200 км и 500 км соответственно.

Для крупных водотоков необходимость очистки прибрежных частей русла устанавливается на основе положений, приведённых в критериях выше, с учетом средней глубины, скорости течения и толщины загрязненного слоя отложений. Показатели качества речной воды принимаются для

гидрологических условий, близких к тем, которые изложены в критериях выше.

1.4 Исходные данные при проектировании очистки русла

Проектирование очистки русла (определение участков очистки, разбивка створов) следует производить с использованием картографического материала в масштабе не менее 1 : 5000. При отсутствии картографического материала нужно сделать плановую топографическую съемку русла указанного масштаба.

Для зарегулированного водотока необходимы данные по регулирующим сооружениям и диспетчерские графики регулирования.

Для выполнения гидравлических расчетов требуется промер глубин в створах с шагом не менее $0,1B$ (B – ширина русла в данном створе). Измерительные створы следует размещать на прямолинейных участках русла на расстояниях не более $3B$; на излучинах русло разбивают не менее трех измерительных створов. Мерные створы должны быть закреплены на местности в течение всего срока производства работ по очистке русла. Их следует разбивать также ниже города (либо иного мощного источника загрязнений) на участках водотока протяженностью $100B$ (но не менее 5 км) для удаления отложений из зоны загрязненного шлейфа.

Толщина слоя загрязненных отложений и площади их распространения определяют колонковым бурением не менее трех скважин в мерном створе. Ближайшие к берегам скважины следует располагать на расстояниях не более $0,1B$ от берега. Бурение необходимо производить на глубину, превосходящую толщину слоя загрязненных грунтов, но не менее чем на 2 м.

На предварительных стадиях проектирования площади залегания загрязненных отложений могут приближенно определяться по следующей методике.

При известных глубинах по вертикалям в каждом мерном створе на прямолинейном участке русла и данном уклоне водотока вычисляется значение местной динамической скорости

$$U_{\text{м}} = \sqrt{gh_{\text{м}}i} \quad (4)$$

где $h_{\text{м}}$ – глубина на данной вертикали;

i – средний уклон речного русла на рассматриваемом участке.

Определяется значение средних скоростей на каждой вертикали

$$U_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{8}}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{gh_{\text{м}}i} \quad (5)$$

где коэффициент гидравлического сопротивления λ рассчитывается по известным формулам гидравлики либо устанавливается по данным ближайшего гидрометрического поста на основе кривых связи между расходом Q_p и средней глубиной речного потока H по формуле:

$$\lambda = 8g \frac{\omega^3 Ri}{Q_p^2} \quad (6)$$

где Q_p – расчетный расход воды в м³/с;

ω – площадь живого сечения речного потока при данном расходе, м²;

$R = \omega/\chi$ – гидравлический радиус;

χ – смоченный периметр поперечного сечения.

Вычисляется значение критической скорости потока $U_{\text{кр}}$ отвечающей условию предельной устойчивости грунта к размыву при известных средних физико-механических характеристиках донного грунта на рассматриваемом участке (средняя крупности частиц грунта $d_{\text{гр}}$ для несвязного грунта либо величина сцепления C_b для связного грунта):

Для крупнозернистого грунта ($d_{гр} > 0,5$ мм)

(7)

где W – гидравлическая крупность частиц донного грунта см/с (при $d_{гр}$ – в см);

(8)

λ_s – коэффициент гидравлического сопротивления ровной зернистой поверхности,

(9)

Для мелкозернистого грунта ($0,1 \text{ мм} < d_{гр} < 0,5 \text{ мм}$)

(10)

Для связного грунта

(11)

где ρ – плотность воды, г/см³.

Сцепление связного грунта на сдвиг C_c определяется методом шарового штампа Цытовича, либо вычисляется по формуле:

(12)

где θ – влажность на границе раскатывания, %;

ε – коэффициент пористости, %.

Зоны преобладавшего заиления будут расположены в прибрежных частях русла, там, где $U_m < U_{кр}$; в стрежневой части русла, где $U_m > U_{кр}$, при расчетном расходе будет происходить преобладающий размыв русла, приводящий к его самовосстановлению после небольшого периодического заиления.

На поворотах речного русла граница зоны залегания загрязненных отложений у выпуклого берега определяются приближённо по методика, изложенной выше.

При наличии крупных сосредоточенных выпусков сточных вод протяженность участка русла L_m , подвергающегося загрязнению (длина зоны "шлейфа"), может быть установлена по методике, учитывающей осаждение мелкой взвеси, находящейся в сбросных водах,

$$\frac{L_m}{H} = 3 \frac{U}{w_m} \quad (13)$$

где U – средняя скорость речного потока;

w_m – средневзвешенная гидравлическая крупность частиц мелкой взвеси.

Данная методика может быть использована также при определении длины участка загрязнённого русла ниже города или населённого пункта.

Пробы грунта, полученные при бурении, следует подвергнуть механическому и химическому (спектрометрическому) анализу для выявления загрязнённости органическими примесями, нефтепродуктами,

тяжелыми металлами, ядохимикатами, а также для прогнозирования устойчивости грунтов к размыву.

Пробы из верхнего слоя донных отложений толщиной до 0,5 м подвергаются микробиологическому анализу для определения степени зараженности отложений болезнетворными бактериями.

Механическому, химическому и микробиологическому анализам подвергаются также пробы песка, выделенные из донных отложений отмывкой и отстаиванием в течение 2 мин, с целью установления возможности его использования в производстве.

По данным ближайших водомерных постов с учётом влияния боковой приточности определяются следующие гидрологические характеристики водотока.

Наименьший среднемесячный расход года 95%-ной обеспеченности (при отсутствии регулирования стока) либо расход гарантированного санитарного попуска (при регулировании стока).

Интенсивность, продолжительность и обеспеченность паводковых расходов;

Величина мутности и распределение взвешенных наносов по поперечному сечению речного потока в паводки.

Гидрохимические показатели качества речной воды, сбросных и сточных вод определяются по данным местной СЭС, гидрохимической лаборатории бассейнового управления либо по специальным исследованиям проб воды при гидрологической ситуации, близкой расчетной.

Характеристики русловых гряд устанавливаются по рельефу дна, регистрируемому с помощью эхолота на участке русла до его очистки.

На предварительных стадиях проектирования условия возникновения русловых гряд и их характеристики могут определяться по следующей методике.

Русловые гряды возникают в русле и перемещаются вниз по течению в том случае, если частицы донного грунта находятся в состоянии

перекатывания, сальтации, а также в режиме полного взвешивания. Характер движения наносов в потоке устанавливается по следующим соотношениям:

Наносы не передвигаются

$$\frac{U_{*н}}{w} < \frac{1,3}{c_{*н}} \quad (14)$$

Частицы перекатываются по дну

$$\frac{U_{*н}}{w} = \frac{2,5}{c_{*н}} \quad (15)$$

Частицы сальтируют

$$\frac{U_{*н}}{w} > \frac{1,3}{c_{*н}} \quad (16)$$

При $\lambda_s < 0,035$ частицы взвешены, если

$$\frac{U_{*н}}{w} < \frac{2,5 \times 10^{-4}}{\lambda_s^{2,5}} \quad (17)$$

При $\lambda_s > 0,035$ частицы взвешены, если

$$\frac{U_{*н}}{w} > 1 \quad (18)$$

В этих соотношениях

(19)

где $n=1,25\sqrt{\lambda_s}$.

При возрастании расхода воды в реке до величины, приводящей к перемещению частиц, начинается образование гряд, которое происходит в течение некоторого периода времени T_c называемого периодом стабилизации. Он определяется по зависимости

$$T_c = 5 \times 10^2 \frac{H}{C_r} \times \frac{w}{U} \quad (20)$$

где $\frac{C_r}{U} = 0,02 \left(\frac{U^2}{gH} \right)^{\frac{3}{2}}$ – скорость перемещения гряд.

Параметры стабилизированных русловых гряд рассчитываются по следующим зависимостям:

Для высоты гряд

(21)

Для длины гряд

$$L_r = 25h \quad (22)$$

где $\rho \lambda_s U_{кр}^2$ – предельное касательное напряжение;
 $\tau = \rho g Ri$ – действующее касательное напряжение.

Параметры гряд до их полной стабилизации (при $T < T_c$) определяется по зависимости

(23)

где M – масштаб гряды (высота или длина) в момент времени T ;
– масштаб стабилизировавшихся гряд.

1.5 Расчет необходимости очистки русла от донных отложений при различных источниках поступления примеси

1. Определяется средняя скорость речного потока по формуле:

$$U = \frac{Q_{95}}{B \times H} \quad (24)$$

где Q_{95} – наименьший среднемесячный расход 95% -ной обеспеченности;
 B – ширина реки;
 H – глубина водотока.

2. Рассчитывается время контакта воды с загрязненными донными грунтами:

$$t = \frac{L_3}{U} \quad (25)$$

где L_3 – длина загрязнённого участка реки.

3. Определяется повышение концентрации примеси в воде за счет поступления из донных грунтов

$$C_g = C_n \times \frac{2}{H} \times \sqrt{\frac{D_{гм} \times t}{\pi}} \quad (26)$$

где C_n – концентрация данного вещества;

$D_{гм}$ – коэффициент молекулярной диффузии примесей в донных грунтах (может приниматься равным 0,4 см²/сут);

H – глубина водотока;

t – время контакта воды с загрязнёнными донными грунтами.

Затем делим повышение концентрации примеси на значение ПДК

$$\frac{C_g}{\text{ПДК}} \quad (27)$$

4. Определяется концентрация примесей, поступивших со сбросными водами из донных грунтов в расчетном створе.

Концентрация перед загрязненным участком:

$$C_{\Sigma} = \frac{C_n \times Q_1}{Q_{95} + Q_1} \quad (28)$$

где Q_1 – сбросные воды выше загрязнённого участка;

$$\frac{C_{\Sigma}}{ПДК} \quad (29)$$

Считается содержание концентрации после загрязнённого участка:

$$(30)$$

$$\frac{C_{\Sigma}}{ПДК} \quad (31)$$

5. Определяется суммарный эффект влияния примесей на качество воды:

$$\sum \frac{C_i}{ПДК_i} > 1 \quad \text{или} \quad \sum \frac{C_i}{ПДК_i} < 1 \quad (32)$$

6. Затем проводится анализ результатов.

2 Очистка русла р. Хаболовка от загрязненных донных отложений

2.1 Физико-географическое описание реки Хаболовка

Река Хаболовка расположена в Кингисеппском районе Ленинградской области и впадает в юго-восточную часть Лужской губы Финского залива.

Река Хаболовка – озерная река, вытекающая из озерно-речной системы «оз. Глубокое – р. Кямишы – оз. Бабинское – р. Святая – оз. Хаболово – р. Хаболовка – Лужская губа» (рис. 1).

Общая площадь водосбора р. Хаболовки составляет 330 км², длина реки – около 10 км.

Главными притоками р. Хаболовки на участке от истока из оз. Хаболово до Лужской губы являются правобережные притоки: р. Черная, впадающая на 3,88 км от истока главной реки, и р. Белая, воды которой р. Хаболовка принимает на расстоянии 2 км от своего устья.

Основные гидрографические характеристики водосбора р. Хаболовки приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Гидрографические характеристики р. Хаболовки

Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Длина, км	Средний уклон, ‰	Залесенность, %	Заболоченность, %	Озерность, %
р. Хаболовка – устье	330	10	0,7	70	6	6

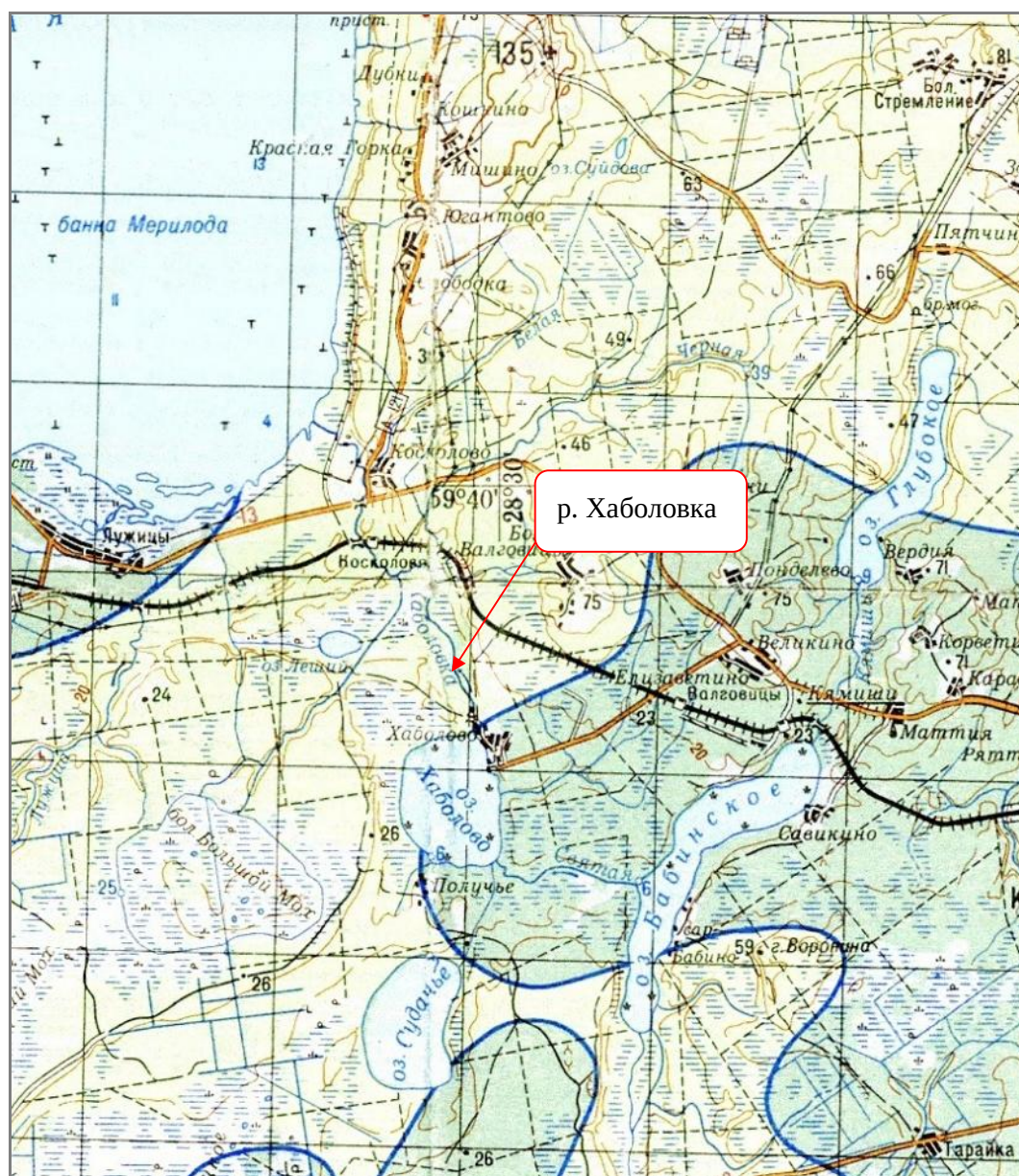


Рисунок 2.1 – Местоположение реки Хаболовка.

Долина реки в среднем течении трапецидальная, шириной около 150 - 250 м, склоны умеренно-крутые, местами пологие высотой 2-4 м, сложены суглинками, супесями, покрыты деревьями и кустарниками.

Русло реки в нижнем течении средней извилистости (коэффициент извилистости 1,5-1,6), однорукавное, шириной 12-17 м, средняя глубина в меженный период 0,8-1,2 м, дно в основном ровное, песчаное, илисто-песчаное.

В приустьевой части долина явно не выражена.

В устьевой части р. Хаболовка в межени маловодных лет зарастает на всю ширину.

Плановые и вертикальные деформации русла в настоящее время практически не прослеживаются. На верхнем и среднем участке река меандрирует. Тип руслового процесса на этих участках – свободное меандрирование.

Плановые и вертикальные деформации русла р. Хаболовки на нижнем участке в настоящее время выражены слабо.

Водный режим

Река Хаболовка принадлежит к типу равнинных, для которых характерно смешанное питание с преобладанием снегового. В годовом ходе уровня воды отчетливо выделяются: весеннее половодье, летняя и зимняя межень и осенние паводки.

Весеннее половодье начинается в последней декаде марта. В отдельные годы в зависимости от характера весны сроки наступления половодья могут отклоняться от средних. Пик половодья обычно наблюдается около 20 апреля. Средняя высота половодья над меженным уровнем составляет 1-2 м. Средняя продолжительность подъема весеннего половодья 10-12 дней. Спад половодья происходит замедленно и заканчивается обычно в конце мая. Общая продолжительность весеннего половодья составляет 55-65 дней.

Летняя межень обычно устанавливается в начале – середине июня и заканчивается в октябре. Наиболее низкие уровни наблюдаются в июле – августе. Почти ежегодно межень нарушается 2-3 дождевыми паводками.

В октябре-ноябре на реках обычно проходит осенний, сильно растянутый по времени дождевой паводок, высота его от 0,5 до 1,2-2,0 м.

Зимняя межень устанавливается в конце ноября – середине декабря и заканчивается с началом весеннего половодья, в среднем в конце марта – начале апреля. Наиболее маловодный период наблюдается в феврале – марте.

Регулирующее влияние озер проявляется в значительном снижении пиков половодья и дождевых паводков, в несколько растянутом по времени половодье и относительно высокой водности меженных периодов. В нижнем течении р. Хаболовка испытывает подпор от уровня воды в Лужской губе. Почти ежегодно подпор распространяется до устья правобережного притока р. Белой.

Во время осенних дождей (обычно в октябре) максимальные уровни р. Хаболовки достигают, а не редко даже превышают отметки весеннего максимума.

Ледовый режим

Появление льда на р. Хаболовке обычно наблюдается в конце первой – начале второй декады ноября. Осенний ледоход четко не прослеживается. Шугообразование на участке реки от истока до Лужской губы происходит в предзимний период при температуре воздуха минус 4 – минус 6°С.

Ледостав устанавливается в декабре, а в относительно теплые зимы – в начале января. Лед, как правило, неравномерный по толщине, на отдельных участках наблюдаются промоины, существующие в течение всего ледоставного периода. В отдельные теплые зимы сплошной ледяной покров вообще не устанавливается и ледовые явления представлены отдельными заберегами, образующимися на тиховодах.

Наибольшая толщина льда наблюдается в конце февраля – начале марта и составляет 40-50 см, а после сильных морозов на устьевом участке может достигнуть 60-70 см.

При этом продолжительность периода с ледовыми явлениями достигает 90-110 суток. При возникновении экстремальных зимних подъемов воды в Лужской губе лед в нижнем течении р. Хаболовки взламывается, здесь возможно торошение льда.

Вскрывается р. Хаболовка в первой декаде апреля. Весенний ледоход не носит интенсивного характера, основная масса льда обычно тает на месте.

Вследствие этого, весенних заторов льда, оказывающих существенное влияние на режим уровней, на р. Хаболовке не зафиксировано.

Полевые работы

Полевые работы выполнены в июне -ноябре 2019 года.

Состав работ включал:

1. Гидроморфологическое обследование участка р. Хаболовка выше створа выпуска сточных вод.
2. Выбор створа наблюдений за гидрологическим состоянием водного объекта.
3. Организация водомерного поста.
4. Промер глубин на рассматриваемом участке р. Хаболовка.
5. Измерение морфометрических (морфоствор, ширина, глубина) и гидрологических (расход, скорость) характеристик.

Полевые работы и камеральная обработка материалов выполнены в соответствии с требованиями следующих руководящих нормативно - технических документов:

- «Инженерные изыскания для строительства». СНиП 11 -02-96.
- «Инженерно-геодезические изыскания для строительства». СП 11-104-97.
- «Инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500» (ГКИНП – 02-033-82).
- «Инструкции по созданию топографических карт шельфа и внутренних водоемов» (ГКИНП – 11-152-85).
- «Инструкции о порядке контроля и приемки геодезических, топографических и картографических работ».
- «Правил по технике безопасности на топографо - геодезических работах» (ПТБ -88).

Гидроморфологическая характеристика

Водосборная площадь. Водосбор реки Хаболовки включает в себя в основном водосбор озера Хаболово. Собственный водосбор реки ниже озера Хаболово расположен на низменности, опоясывающей Лужскую губу Финского залива. Рельеф местности равнинный, абсолютные отметки находятся в пределах 5-20 м. Грунты преимущественно суглинистые и супесчаные. Водосбор реки покрыт смешанным лесом, залесенность водосбора составляет 70 %. заболоченность – 6 %, озерность – 6 %.

Прилежащая местность – слабоволнистая равнина, поросшая в основном смешанным лесом, сложенная суглинками, супесями, песками, вдоль реки в основном заболоченная.

Долина. Долина реки трапецеидальная, шириной преимущественно 1 – 2 км, иногда сужается до 0,5 – 0,7 км. Склоны долины умеренно-крутые, местами пологие, высотой 6 – 10 м, сложены суглинками, песками, в основном поросли смешанным лесом, в районе поселка Хаболово – открытые, занятые сельхозугодиями, рассечены долинами временных водотоков и рек, местами террасированы.

Пойма. Пойма обследованного участка реки Хаболовка выше выпуска сточных вод двусторонняя, шириной 0,2-0,5 км. Высота поймы над уровнем воды в период средней межени составляет 0,4-0,7 м.

Пойма в основном сложена суглинками, присутствует торф. Наблюдаются заросли кустарника. Сильно заболочена, местами труднопроходима.

Ежегодно в время половодья и дождевых паводков затопляется на всю ширину слоем воды в среднем 0,2-0,3 м.

Русло. Русло слабоизвилистое, коэффициент извилистости 1,1. Ширина реки в период средней межени составляет 6 – 8 м, средняя глубина в этот период составляет 0,5 – 0,9 м, а скорость течения, средняя по живому сечению, составляет 0,10 – 0,25 м/с. Глубина на пороге из озера составляет

0,25 м. В русле реки наблюдаются ветки кустов, упавшие деревья, зарастание внутриводной растительностью.

Береговые склоны крутые и умеренно крутые, местами обрывистые, высотой над уровнем воды в период средней межени 0,4 – 0,7 м. Они сложены суглинками, присутствует торф. По данным рекогносцировочного обследования береговые склоны поросли кустарником, отдельными деревьями, заболочены и встречается болотная растительность. Местами берега обнажены и размываются. По данным визуального анализа дно в основном ровное, мягкое, илистое, наблюдаются древесные остатки.

Проведение гидрологических наблюдений

При производстве полевых работ (июнь-ноябрь 2019 г.) в районе выпуска сточных вод на реке Хаболовка, разбит один гидроствор, совмещенный с морфоствором, на котором измерен расход воды (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Измерение скоростей течения воды, р. Хаболовка.

Уклон русла реки на период производства работ (ноябрь 2013 г) в пределах исследуемого участка составил 0,0045 (4,5 ‰).

В 120 м ниже по течению от гидроствора русло реки пересекает железная дорога (рисунок 2.3).

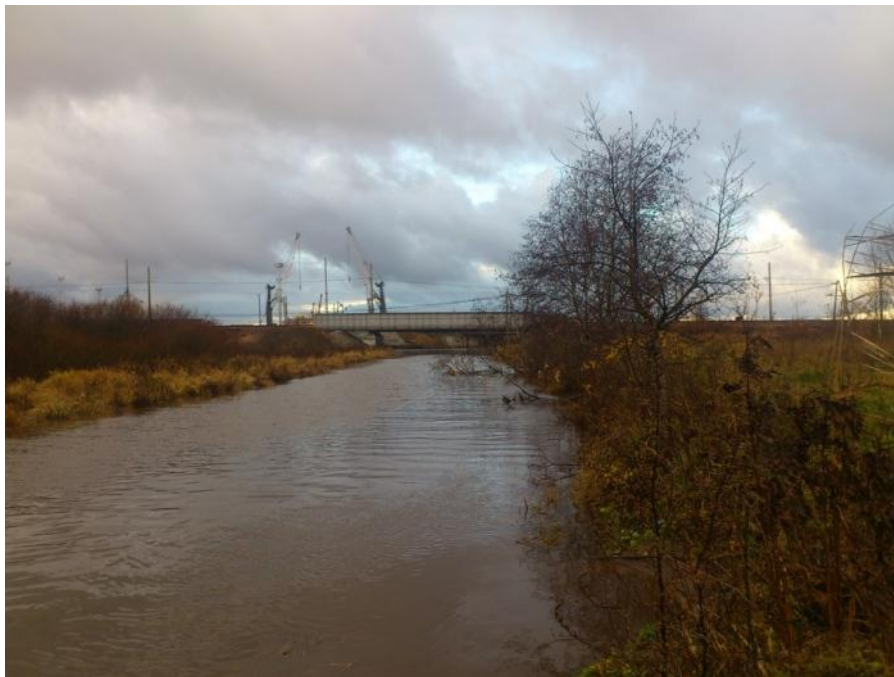


Рисунок 2.3 – Вид реки Хаболовка в сторону железнодорожного моста

В период производства работ производились наблюдения за уровнем воды на временном водомерном гидрологическом посту, оборудованном на правом берегу реки в морфостворе. Результаты наблюдений на водомерном посту приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Уровни воды на временном водомерном посту

Дата	Время	Состояние водного объекта	Уровень воды, м БС
30.06.2019 г.	14h00'	свободно	-0,22
30.10.2019 г.	14h00'	свободно	0,31

В результате комплекса гидрологических работ получены следующие данные:

Дата наблюдений – 30 июня 2019 года:

- Ширина русла – 12,5 м.
- Максимальная глубина – 1,24 м.

- Средняя глубина – 0,63 м.
- Площадь водного сечения – 7,92 м².
- Площадь живого сечения – 7,92 м².
- Площадь мертвого пространства – 0,00 м².
- Скорость течения – 0,31 м/с.
- Расход воды – 2,45 м³/с.

Дата наблюдений – 30 октября 2019 года:

- Ширина русла – 13,0 м.
- Максимальная глубина – 1,66 м.
- Средняя глубина – 1,24 м.
- Площадь водного сечения – 15,5 м².
- Площадь живого сечения – 15,5 м².
- Площадь мертвого пространства – 0,00 м².
- Скорость течения – 0,23 м/с.
- Расход воды – 3,58 м³/с.

Таблица 2.3

Морфометрические и гидрологические характеристики водного объекта

Водный объект: р. Хаболовка

Наименование водного объекта	Код водного объекта	Дата наблюдений	Водоток						
			Уровень воды, м БС	Глубина, м		Скорость течения, м/с	Расход воды, м ³ /с	Площадь живого сечения, м ²	Ширина, м
				Максимальная	Средняя				
Р. Хаболовка	БАЛ ХАБОЛО	30.06	-0,22	1,24	0,63	0,31	2,45	7,92	12,5
		30.10	0,33	1,66	1,24	0,23	3,58	15,5	13,0

2.2 Расчет необходимости очистки русла Хаболовки от донных отложений

1. Сначала рассчитывается время контакта воды с загрязнёнными донными грунтами:

$$t = \frac{10000}{0,31} = 32258 \text{ с.} = 8,96 \text{ ч.}$$

2. Определяется повышение концентрации примеси в воде

Для БПК_{полн}

Для взвешенных веществ

Для сухого остатка

Для нефтепродуктов

Для ХПК

Для аммоний-иона

$$c_{q6} = 1,09 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,04 \frac{\text{Мг}}{\text{ч}}$$

Для нитритов

$$c_{q7} = 0,04 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,0015 \frac{\text{Мг}}{\text{ч}}$$

Для нитратов

$$C_{q8} = 1,32 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,05 \frac{\text{Мг}}{\text{ч}}$$

Для АПАВ

$$C_{q9} = 0,036 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,0014 \frac{\text{Мг}}{\text{ч}}$$

Для фенолов

$$C_{q10} = 0,0019 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,0001 \frac{\text{Мг}}{\text{ч}}$$

Для фосфатов

$$c_{q11} = 0,13 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,005 \frac{\text{Мг}}{\text{ч}}$$

Для сульфатов

$$c_{q12} = 25 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,97 \frac{\text{Мг}}{\text{ч}}$$

Для хлоридов

$$C_{q13} = 5 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,19 \frac{\text{Мг}}{\text{ч}}$$

Для железа общего

$$C_{q14} = 2,1 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,081 \frac{\text{Мг}}{\text{ч}}$$

Для марганца

$$C_{q15} = 0,48 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,019 \frac{\text{Мг}}{\text{ч}}$$

Для алюминия

$$C_{\text{ал}} = 0,18 \times \frac{2}{63} \times \sqrt{\frac{0,4 \times 11,65}{3,14}} = 0,007 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

3. Определяется концентрация примесей в расчётном створе

Концентрация выше места сброса сточных вод для каждого вещества перед загрязнённым участком

Для БПК₅

$$C_{\Sigma \square} = \frac{2,8 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 5,13 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{\text{ПДК}} = \frac{5,13}{2} = 2,5 > 1$$

Для взвешенных веществ

$$c_{\Sigma \square} = \frac{6,6 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 11,68 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{\text{ПДК}} = \frac{11,68}{10,25} = 1,1 > 1$$

Для сухого остатка

$$c_{\Sigma \square} = \frac{192 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 330,98 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{\text{ПДК}} = \frac{330,98}{1000} = 0,33 < 1$$

Для нефтепродуктов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,025 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,35 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для ХПК

$$c_{\Sigma \square} = \frac{52,6 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 90,9 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{ПДК} = \frac{90,9}{30} = 3,03 > 1$$

Для аммоний-иона

$$c_{\Sigma \square} = \frac{1,09 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 2,19 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{ПДК} = \frac{2,19}{0,5} = 4,38 > 1$$

Для нитритов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,04 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,38 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{ПДК} = \frac{0,38}{0,08} = 4,75 > 1$$

Для нитратов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{1,32 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 2,58 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{ПДК} = \frac{2,58}{40} = 0,06 < 1$$

Для АПАВ

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,036 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,37 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{ПДК} = \frac{0,37}{0,5} = 0,74 < 1$$

Для фенолов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,0019 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,31 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для фосфатов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,13 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,53 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для сульфатов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{25 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 43,4 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для хлоридов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{5 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 8,9 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для железа общего

$$c_{\Sigma \square} = \frac{2,1 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 3,9 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для марганца

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,48 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 1,14 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для алюминия

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,18 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,62 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Концентрация в конце участка

Для БПК₅

$$C_{\Sigma \square} = \frac{2,8 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 5,13 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{\text{ПДК}} = \frac{5,13}{2} = 2,5 > 1$$

Для взвешенных веществ

$$C_{\Sigma \square} = \frac{6,2 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 11 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{\text{ПДК}} = \frac{11}{10,25} = 1,07 > 1$$

Для сухого остатка

$$C_{\Sigma \square} = \frac{199 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = \frac{343,03 \text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{ПДК} = \frac{343,03}{1000} = 0,34 < 1$$

Для нефтепродуктов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,023 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,35 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для ХПК

$$c_{\Sigma \square} = \frac{50 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 86,42 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{ПДК} = \frac{86,42}{30} = 2,88 > 1$$

Для аммоний-иона

$$c_{\Sigma \square} = \frac{1,08 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 2,17 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{ПДК} = \frac{2,17}{0,5} = 4,34 > 1$$

Для нитритов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,038 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,38 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{\text{ПДК}} = \frac{0,37}{0,08} = 4,62 > 1$$

Для нитратов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{1,29 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 2,53 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{\text{ПДК}} = \frac{2,53}{40} = 0,063 < 1$$

Для АПАВ

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,034 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,37 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

$$\frac{C_{\Sigma \square}}{\text{ПДК}} = \frac{0,37}{0,5} = 0,74 < 1$$

Для фенолов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,0027 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,31 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для фосфатов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,13 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,53 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для сульфатов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{24,5 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 42,5 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для хлоридов

$$c_{\Sigma \square} = \frac{5 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 8,9 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для железа общего

$$c_{\Sigma \square} = \frac{2,1 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 3,9 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для марганца

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,50 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 1,17 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

Для алюминия

$$c_{\Sigma \square} = \frac{0,23 \times 0,31}{0,18 + 0,31} = 0,7 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}$$

5. Определяется суммарный эффект влияния примесей на качество воды:

$$\Sigma = \frac{1484,23}{1012,75} = 1,46 > 1$$

6. Анализ полученных результатов показывает, что в данном случае изменение качества воды в реке происходит как за счёт поступления сбросными водами, так и за счёт поступления примесей из донных отложений. Следовательно, для достижения ПДК необходимо исключить сброс загрязнённых сточных вод, т.е. поставить очистные сооружения, и после этого очистить русло.

2.3 Очистка русла р. Хаболовка от загрязненных донных отложений

1. Согласно параграфу 1.4 рассчитывается значение местной динамической скорости по формуле (4):

$$U_{\text{м}} = \sqrt{9,8 \times 1,9 \times 0,0045} = 0,29 \text{ м/с}$$

Далее считаем значение средней скорости по формуле (5):

$$U_{\text{м}} = \frac{\sqrt{8}}{\sqrt{2,1}} \times \sqrt{9,8 \times 1,9 \times 0,0045} = 0,57 \text{ м/с}$$

Где коэффициент гидравлического сопротивления равен по формуле (6):

$$\lambda = 8 \times 9,8 \times \frac{7,92^2 \times 0,58 \times 0,0045}{2,45^2} = 2,1$$

Вычисляем значение критической скорости потока по формуле (7):

Где гидравлическая крупность равняется по формуле (8):

$$\omega = 100 \times 0,45 = 45 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

И коэффициент гидравлического сопротивления ровной зернистой поверхности по формуле (9) равен:

$$\lambda_s = 0,11 \times \left(\frac{0,45}{4 \times 0,63} \right)^{0,25} = 0,01$$

Формула (12) в данном случае не используется, так как грунт реки Хабаловка крупнозернистый .

Характер движения наносов в потоке устанавливается по следующим соотношениям:

Наносы не передвигаются, формула (14)

$0,64 < 0,36$ – не соблюдается

Частицы перекачиваются по дну, формула (15)

$0,64 = 0,64$ – соблюдается

Частицы сальтируют, формула (16)

$0,64 > 0,64$ – не соблюдается

При $\lambda_s = 0,01 < 0,035$ – частицы взвешены .

$C_{ш}$

В этих соотношениях по формуле 1.18 $= 3,61$.

Период стабилизации T_c находится по формуле (20):

$$T_c = 5 \times 10^2 \times \frac{0,63}{7,61 \times 10^{-9}} \times \frac{0,45}{0,29} = 5,9 \times 10^{-6} \text{ с}$$

Где скорость перемещения гряд $C_r = 7,61 \times 10^{-9}$.

Параметры стабилизированных русловых гряд рассчитываются по формулам (21) и (22):

Для высоты гряд

$$\frac{h_r}{0,63} = \frac{1}{6} \times \left(1 - \frac{0,086}{25,31} \right) = 0,1 \text{ м}$$

Для длины гряд

$$L_r = 25 \times 0,1 = 2,5 \text{ м}$$

где $t_{кр} = \frac{1}{8} \times 997 \times 0,01 \times 0,26^2 = 0,086 \text{ В}$

$$t = 997 \times 9,8 \times 0,58 \times 0,0045 = 25,31 \text{ В}$$

2.Главный принцип проектирования очистки речного русла от загрязненных отложений состоит в достижении максимального эффекта улучшения качественных показателей речной воды.

Проект очистки русла от загрязнённых отложений должен предусматривать предварительную очистку большей поверхности речного русла для сокращения площади контакта между загрязненными отложениями и речной водой, а также для максимального удаления верхнего слоя отложений, наиболее активного в химическом и микробиологическом отношении.

Второй важнейший принцип проектирования очистки состоит в назначении таких плановых очертаний русла, формы и размеров его

поперечного сечения, которые обеспечивают наименьшее осаждение загрязнённых взвесей в межень и наилучшее удаление слоя осадка в паводок.

Плановые очертания речного русла при его очистке и выправлении должны исключать возникновение застойных, теневых и водоворотных зон, возникающих на крутых берегах русла, в мостах его резкого расширения, а также позади различных препятствий и вооружений, возводимых в русле.

Наилучшие плановые очертания устанавливаются расчетом с обязательной проверкой выбранных очертаний при помощи гидравлического или аэродинамического моделирования.

Форма и размеры поперечного сечения на очищаемых участках русла должны определяться из условий размыва слоя загрязненных донных отложений по всему поперечному сечению русла в паводок 20%ной обеспеченности.

Размеры поперечного сечения русла при очистке должны назначаться так, чтобы в паводок 20%ной обеспеченности по всей ширине русла слой загрязненных донных отложений h_q ,накапливающийся за 5-летний период между расчётными паводками, размывался.

$$h_q = 1 \times 3 \times \left(\frac{2,1}{2,025} \right)^3 \times \left(\frac{2,1}{2,025} - 1 \right) = 0,12 \text{ м}$$

Толщина слоя загрязненных донных отложений h_q , накапливающихся за 5-летний период между расчётными паводками, может быть установлена инженерными русловыми изысканиями либо определена на основе балансовых расчётов. Последние должны учитывать поступление наносов с водосборной площади и из других источников загрязнения, водотока, а также

удаление наносов потоком за счет его-транспортирующей способности, которую для рассматриваемых периодов времени можно вычислить по зависимости:

$$\Delta\rho_{\text{см}} = 28 \left(\frac{U^2}{gH} \right)^{0,85}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\Delta\rho_{\text{см}} = 28 \times \left(\frac{0,31^2}{9,8 \times 0,63} \right)^{0,85} = 0,37 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

где Н– средняя глубина потока в данный момент времени;

U – средняя скорость течения в тот же момент времени;

В тех случаях, когда сужение русла засыпкой прибрежных зон нежелательно ввиду необходимости сохранения ценных элементов природного ландшафта или водного зеркала как элемента городской архитектуры, возможно сужение русла путём отделения его прибрежных зон затопленными продольными дамбами или отдельными стенками, примыкающими к берегу в верховой части сужаемого участка русла. Прибрежные зоны отделяются для того, чтобы уменьшить поступление взвешенных наносов.

Скоростной режим течения в выделенной зоне уточняется на основе модельных исследований.

Продольные размеры выемок загрязнённого грунта при очистке русла назначается на основе натурных изысканий протяжённости мест скопления загрязнённых грунтов с верховым сопрягающим участком протяжённостью не менее 100 Н.

При очистке и реконструкции разветвлённого русла для повышения размывающей и транспортирующей способности речного потока следует предусматривать отсечение второстепенных мелководных протоков и рукавов от основного русла и учитывать возможные экологические последствия этого мероприятия.

Устройство экрана из чистого песчаного грунта над слоем загрязненных отложений, частично остающихся в русле после очистки, является малоэффективным мероприятием, которое не исключает выхода примесей из загрязненных отложений в речную воду, а лишь несколько изменяет во времени ход процесса диффузии. устройство такого экрана целесообразно лишь при создании рекреационных зон.

Технологические схемы очистки русла

Работы по очистке русла от загрязненных донных отложений могут, производиться при помощи землечерпательных и землесосных снарядов, а также струйных взмучивающих устройств.

Проект выполнения работ по очистке русла во всех случаях должен предусматривать первоочередную очистку притоков, впадающих в водоток на очищаемом участке, и первоочередную очистку верховых участков русла по сравнению с низовьями.

При использовании землечерпательных снарядов в технологическую схему очистки входят следующие операции.

- Разработка грунта с погрузкой грунта.
- Транспортировка грунта к месту складирования для вторичной его переработки.
- Разгрузка грунта в специальной акватории, отведенной для его складирования или вторичной переработки.
- Вторичная переработка грунта в акватории землесосными снарядами для подачи на специально отведенные карты намыва.

Гидравлическая классификация грунта непосредственно на месте производства работ (для сокращения транспортных расходов и затрат на вторичную переработку грунта) с выделением песчаных фракций и отгрузкой их для производственного использования. Максимально обезвоженные илистые фракции перевозятся и подаются на карту намыва.

Технологическую схему землечерпательными снарядами целесообразно использовать для очистки русла в пределах городов и населённых пунктов, выемку проектируют так, чтобы не повредить инженерные коммуникации, находящиеся в руслах реки.

При использовании землесосных снарядов при очистке русла включаются следующие операции:

- Разработка грунта.
- Разделение песчаных и илистых фракций.
- Отгрузка песчаных фракций для использования в производственных целях.
- Перекачка илистых фракций на карты намыва или на сельскохозяйственные угодья.

Технологическая схема очистки с применением струйных устройств предусматривает взмучивание загрязненных донных отложений струями в период поводка или специального попуска (при наличии регулирующих сооружений). Илистые фракции из взмученных отложений транспортируются речным потоком, выносятся за пределы сильнозагрязнённых участков, распределяются тонким слоем на затопленных участках поймы и в русле реки, активно перерабатываются и счищаются в этих зонах под действием природных физических и органических факторов. Крупные фракции оседают на дно вблизи места взмучивания и экранируют русло чистым песком.

В качестве взмучивающих устройств могут быть использованы предусмотренные проектом многоструйные плавучие установки.

Параметры насосной установки выбираются с учетом необходимости создания расчетного напора и обеспечения необходимого расхода.

Водоохранные мероприятия при производстве работ по очистке русла

Проект очистки русла от загрязнённых донных отложений должен предусматривать необходимые мероприятия по охране речных вод от загрязнения в период производства работ.

Загрязнение речной воды при очистке русла может происходить как в результате выполнения технологического цикла (разрыхление и перемещение объёмов грунта в водной среде, утечка илистых фракций при погрузке грунта и его транспортировании, недостаточное осветление возвратных вод и т.п.), так и в результате длительной работы комплекса механизмов на водном объекте (разлив топлива при заправке, утечка смазочных материалов).

Состав водоохраных мероприятий должен включать комплекс организационно-технических мер, исключающих непроизводительные потери нефтепродуктов и попадание их на водную поверхность.

Чтобы предотвратить долговременное загрязнение водотока нефтепродуктами при выделении их из донных отложений на месте производства работ, необходимо устройство плавучего ограждения с полузатопленной забальной стенкой. Акваторию в пределах ограждения следует регулярно очищать с помощью плавучего нефтесборника.

Для устранения утечек мелких фракций донного материала при его транспорте нужно усовершенствовать уплотнения и организовать постоянный эксплуатационный надзор за состоянием транспортировки.

При перекачке загрязнённых грунтов и илов на карты намыва следует предусмотреть эффективное отстаивание и контроль мутности возвратных вод для исключения водотока возвратными водами.

Мероприятия по предотвращению повторного загрязнения очищенных участков

Важнейшим мероприятием по предотвращению повторного загрязнения очищенных участков русла является полное прекращение

сбросов в очищенный участок и в зону длиной 30 км выше не го неочищенных коммунальных и промышленных сточных вод.

Проект очистки русла должен включать в качестве основ ного мероприятия по предотвращению повторного загрязнения перехват и очистку поверхностного стока с водосборной площади в пределах очищенного участка русла, особенно в пределах городов, населенных пунктов и промплощадок.

Перехват и очистку поверхностного стока от взвешенных веществ, нефтепродуктов и других загрязнений целесообразно производить в специально сооружаемых прудах-отстойниках с использованием активного ила и струйной аэрации водных масс.

Для предотвращения повторного загрязнения очищенных участков русла следует разработать мероприятия по улучшению качественного состояния вод притоков, впадающих в водоток в пределах очищенного участка и выше него на расстоянии до 10 км.

Для улучшения качества поды протоков малой водности необходимо предусмотреть мероприятия по прекращению сброса неочищенных сточных вод. Очистку притоков малой водности от взвешенных веществ и нефтепродуктов можно производить в специальных прудах-отстойниках, сооружаемых на трассе водотока.

На устьевых участках протоков необходимо устройство наносоулавливающих порогов, а также запаней с затопленной забральной стенкой для задерживания плавающего мусора и нефте продуктов.

Следует предусмотреть регулярное удаление осадков и нефтепродуктов из прудов-отстойников, запаней и нанососдерживающих сооружений в процессе их эксплуатации и обеспечить постоянный контроль бассейнового управления за работой этих сооружений.

При возникновении новых источников загрязнения после очистки русла либо при неполном и несвоевременном осуществле нии комплекса

мероприятии, предусматривающих прогноз заиления очищенных участков может производиться по зависимости:

$$Z_q = Z_0 + 2S_0 w t_3 e^{\frac{-W \times X}{U \cdot M^{xhH}}}$$

где Z_0 – отметка дна после очистки при $t = 0$ (до начала заиления);

T_3 – продолжительность процесса заиления;

S_0 – мутность речного потока ниже выпусков в створе полного перемешивания сточной и речной воды.

Для Хабловки:

$$Z_q = 0,22 + 2 \times 5,8 \times 0,45 \times e^{\frac{-0,29 \times 13,76}{0,45 \times 1,9}} = 1,49$$

Результаты деформации дна за время t , включающее периоды заиления t_3 и периода размыва t_p , определяется по зависимости:

$$Z_q = Z_0 + 2S_0 w t_3 e^{\frac{-W \times X}{U \cdot M^{xhH}}} - I t_p$$

$$Z_q = 0,22 + 2 \times 5,8 \times 0,45 \times e^{\frac{-0,29 \times 13,76}{0,45 \times 1,9}} - I t_p = 1,25$$

где I – интенсивность размыва;

$$I = 10 \times \left(\frac{2,1}{2,03} \right)^3 \times \left(\frac{2,1}{2,03} - 1 \right) = 0,41$$

Здесь U_p – скорость течения в водотоке в периоды размыва;

Заключение

Целью выпускной квалификационной работы являлось изучение вопросов очистки русла реки от загрязненных донных отложений. При этом учитывались следующие аспекты:

- необходимость обеспечения нормативных показателей качества речной воды, санитарного состояния водотока,
- предотвращение вторичного загрязнения вод,
- улучшение гидравлических характеристик водотока,
- сохранение полученных положительных эффектов в течении длительного периода времени.

Для достижения указанной цели поставлены задачи:

- Определить причины загрязнения и заиления речных русел.
- Выявить критерии необходимости очистки русла от загрязненных донных грунтов.
- Получить перечень исходных данных при проектировании очистки русел.
- Рассчитать необходимость очистки русла от донных отложений на примере.

Для решения задач изучены существующие нормативные документы по данному вопросу. В качестве примера выбран устьевой участок р. Хаболовки. Для исследуемого участка рассчитана необходимость очистки русла от донных отложений.

Анализ полученных результатов показал, что в данном случае изменение качества воды в реке происходит как за счёт поступления сбросными водами, так и за счёт поступления примесей из донных отложений. Следовательно, для достижения ПДК необходимо исключить сброс загрязнённых сточных вод, т.е. поставить очистные сооружения, и после этого очистить русло.

Задачи полностью выполнены, цель удалось достигнуть.

Список используемых источников

1. Рекомендации по проектированию очистки русел рек от загрязнённых донных отложений. Уральский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, 1986
2. <http://elib.rshu.ru/> - электронная библиотека РГГМУ
3. Регулирование русловых процессов на урбанизированных территориях. Боровков В.С., Суйкова Н.В.
4. Водный Кодекс РФ
5. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»
6. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения»
7. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования