



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

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Гидрологический режим р. Невы на участке
Главной водопроводной станции в современных условиях

Исполнитель Соколов Алексей Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель К.Т.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Угренинов Геннадий Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

К.Г.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

_____ 2016 г.

Санкт-Петербург
2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Российской Федерации
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
(РГГМУ)

Допущен к защите
Зав. кафедрой,
к.г.н., доцент

Кафедра гидрометрии

Д.И. Исаев

Выпускная квалификационная работа
бакалавра
**Гидрологический режим р. Невы
на участке
Главной водопроводной станции
в современных условиях**

Выполнил: А.Н. Соколов
Г-54 ФЗО

Руководитель: к.т.н. доцент
Г.Н. Угренинов

Санкт-Петербург
2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Краткое описание участка проектирования	6
2. Изученность природной среды	8
2.1 Геологические данные	8
2.2 Метеорологические данные	8
2.3 Гидрологические данные	8
2.4 Гидрологическая изученность	8
2.4.1 Р. Нева	8
2.4.2 Река Большая Охта	9
3. Краткие сведения о геологическом строении дна на исследуемой акватории	12
4 Краткая климатическая характеристика района исследования	13
4.1 Общие сведения	13
4.2 Температура воздуха	17
4.3 Атмосферное давление	17
4.4 Влажность воздуха	18
4.5 Атмосферные явления и осадки	18
4.6 Скорость и направление ветра	19
5 Гидрологический режим р. Невы	22
5.1 Общие сведения	22
5.2 Расходы воды	24
5.3 Уровни воды	27
5.3.1 Режим уровней воды в естественных условиях –до ввода КЗС в эксплуатационный режим	27
5.3.2 Режим уровней воды в проектных условиях Комплекса Защит-ных Сооружений	31
5.4 Температура воды	34

5.5Ледовые условия	36
5.5.1Общие сведения	36
5.5.2Зажорные (шуголедовые) явления	39
5.5.3Локальные зажорные явления на р. Неве в нижнем течении реки	41
5.5.4Анализ работы водозаборов ГВС в шуговых условиях	43
5.6 Скоростная структура водной массы р. Невы на участке аква-торий ГВС	44
5.7Твердый сток р. Невы	50
5.7.1Сток взвешенных наносов р. Невы	50
5.7.2Сток влекомых наносов	54
5.7.3Анализ работы водозаборов ГВС в шуговых условиях	43
5.8Русловые деформации р. Невы на участке проектирования	56
Заключение	60
Список использованных источников	62

ВВЕДЕНИЕ

Главная водопроводная станция (ГВС) Санкт-Петербурга расположена на левом берегу р. Невы в 12-ти км от устья и в 0,8 км ниже по течению от Большеохтинского моста – моста Петра Великого.

Акватория водозабора ГВС ограничена судовым ходом Волго-Балтийского водного пути: в пределах судового хода запрещено размещать оголовки водозаборов.

Напротив сооружений ГВС с правого берега в р. Неву впадает р. Большая Охта – самый крупный невольский приток в пределах Санкт-Петербурга.

Акватория, омывающая территорию ГВС, находится в пределах левобережного шлейфа загрязнённых вод. Загрязнённость воды этого шлейфа вызвана сбросом промышленных и хозяйственно-бытовых стоков, а также впадением в Неву левобережных притоков, протекающих по урбанизированным территориям: рр. Тосна, Ижора, Славянка, Мурзинка.

С целью выведения оголовков водозаборов из пределов левобережного шлейфа, планируется их размещение за судовым ходом, т.е. у правого берега р. Невы. Однако реализация такого варианта затрудняется наличием устья р. Большой Охты - одного из самых загрязнённых водотоков Санкт-Петербурга.

Существенное негативное воздействие на работу водозаборов способно вызвать поступление шуги с зазорного участка выше

Большеохтинского моста. Шуга способна уменьшить пропускную способность водозаборов и подводящих трубопроводов.

Важное значение имеет правильное установление глубины, на которой следует размещать водозаборные отверстия. Концентрация шуги в водной массе неодинакова по глубине и ширине р. Невы.

Пульсирующий характер движения сползающих вниз по течению гряд способен нарушить условия нормальной эксплуатации водозаборов. Отсюда – значимость оценки направленности и темпа русловых деформаций.

Гидрологическое исследование акватории р. Невы вблизи сооружений ГВС предусматривает комплексный учёт природных и антропогенных факторов с целью оптимизации в дальнейшем схемы размещения оголовков и установления высотных отметок водозаборных отверстий.

Исходной базой для выполнения работ являются:

- данные многолетних метеорологических наблюдений в Санкт-Петербурге;
- данные многолетних наблюдений на гидрологических постах рр. Невы и Б. Охты;
- картографические материалы прошлых лет.

1 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ УЧАСТКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Сооружения Главной водопроводной станции (ГВС) расположены на левом берегу в 12-ти км от устья р. Невы. Напротив ГВС с правого берега в Неву впадает р. Большая Охта(см. рис. 1.1).



Рисунок 1.1 Местоположение участка исследований

Река Нева на участке проектирования протекает в северном направлении. Ширина р. Невы составляет здесь около 330 м. Максимальные глубины при ординаре уровней воды возле участка исследований достигают 13 м.

Берега р. Невы на рассматриваемом участке закреплены и оформлены в виде вертикальных гранитных набережных, сооруженных в разные годы.

В 450 м ниже моста Петра Великого находится устье р. БольшойОхты – правого притока р. Невы.

Река БольшаяОхта - наиболее крупный приток р. Невы в пределах г. Санкт-Петербурга. Над устьевой частью реки на участке изысканий возведен трехпролетныйМалоохтинский мост. Общая длина моста составляет 151 м, длина центрального пролета, перекрывающего русло, 60 м, ширина моста – 20,3 м.

Примерно в 500 м выше по течению от Малоохтинского моста через р. БольшуюОхту перекинут Комаровский мост.

Правый берег р. БольшойОхты на участке проектирования оформлен в виде гранитной стенки и задернованного откоса, левый берег организован в виде вертикальной стенки и выше по течению – шпунтового ограждения. Ширина реки составляет 40-50 м, максимальная глубина около 3 м.

Формирование водности на устьевом участке р. БольшойОхты происходит следующим образом: уровенный режим определяется отметками поверхности р. Невы, а расходы воды имеют речное «охтинское» происхождение, при этом определенную долю стока р. БольшойОхты составляют сбросы химических предприятий и промывные воды Северной водопроводной станции, отводимые через р. Оккервиль.

2 ИЗУЧЕННОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

2.1 Геологические данные

Отчет об инженерно-геологических изысканиях, выполненных ООО «Строительное управление № 299» в октябре-декабре 2008 г. [3]

2.2 Метеорологические данные

Справочные материалы [4-7].

2.3 Гидрологические данные

Литературные источники [8-10].

Материалы Государственного водного кадастра [11-16].

2.4 Гидрологическая изученность

2.4.1 Р. Нева

Систематические наблюдения за режимом уровней р. Невы ведутся с 1717 года. На протяжении последних 120 лет технически правильные уровенные наблюдения велись более чем в 100 пунктах на р. Неве.

Река Нева – это короткая протока, соединяющая Ладожское озеро с Невской губой Финского залива. Река начинается двумя рукавами, обтекая небольшой продолговатый остров Орешек, или Ореховый. Истоком реки принято считать створ напротив бывших пороховых заводов в Шлиссельбурге или приверх о. Орешка.

За устьем реки принимается створ у Невских ворот Большого порта Санкт-Петербурга, у входа из р. Большой Невы в Гутуевский ковш.

Длина реки составляет 74 км, площадь водосбора – 281000 км², средний уклон - 0,06 ‰.

В качестве опорного гидрологического поста при оценке уровней воды и ледового режима р. Невы принят ближайший к изучаемому участку пост СЗУГМС «Охтинский мост», ныне не действующий.

Результаты измерений в гидрометрическом створе «Новосаратовка» использованы для оценки расходов воды на исследуемой акватории. Этот гидрологический пост, расположенный в 27,0 км от устья р. Невы, является единственным, на котором производятся регулярные наблюдения за стоком.

Расчеты характерных уровней р. Невы произведены с учетом информации о наблюдениях на постах: р. Нева – Литейный мост и р. Большая Нева – Горный институт.

2.4.2 Река Большая Охта

Река Большая Охта является правым притоком р. Невы, имеет длину 90 км.

Площадь водосбора 768 км², средний уклон реки равен 2,15 ‰, средневзвешенный – 2,04 ‰.

Средняя высота водосбора р. Большой Охты 68 м БС, средний уклон водосбора 12,3 ‰.

В 23 км от устья реки у д. Новое Девяткино расположен пост СЗУГМС, действующий с 1932 года по настоящее время.

На р. Большой Охте, в 35 км от устья сооружена плотина (у станции Токсово), а в 9 км от устья расположен Ржевский гидроузел Охтинского водохранилища.

Объемы сброса воды из Охтинского водохранилища через плотину Ржевского гидроузла не контролируются.

На устьевом участке в гидрологическом отношении р. Большая Охта малоизучена. Здесь отсутствуют посты наблюдений.

Местоположение постов, данные наблюдений на которых использованы для определения гидрологических характеристик на участке проектирования, показано на рисунке 2.1, а основные сведения о них даны в таблице 2.1.

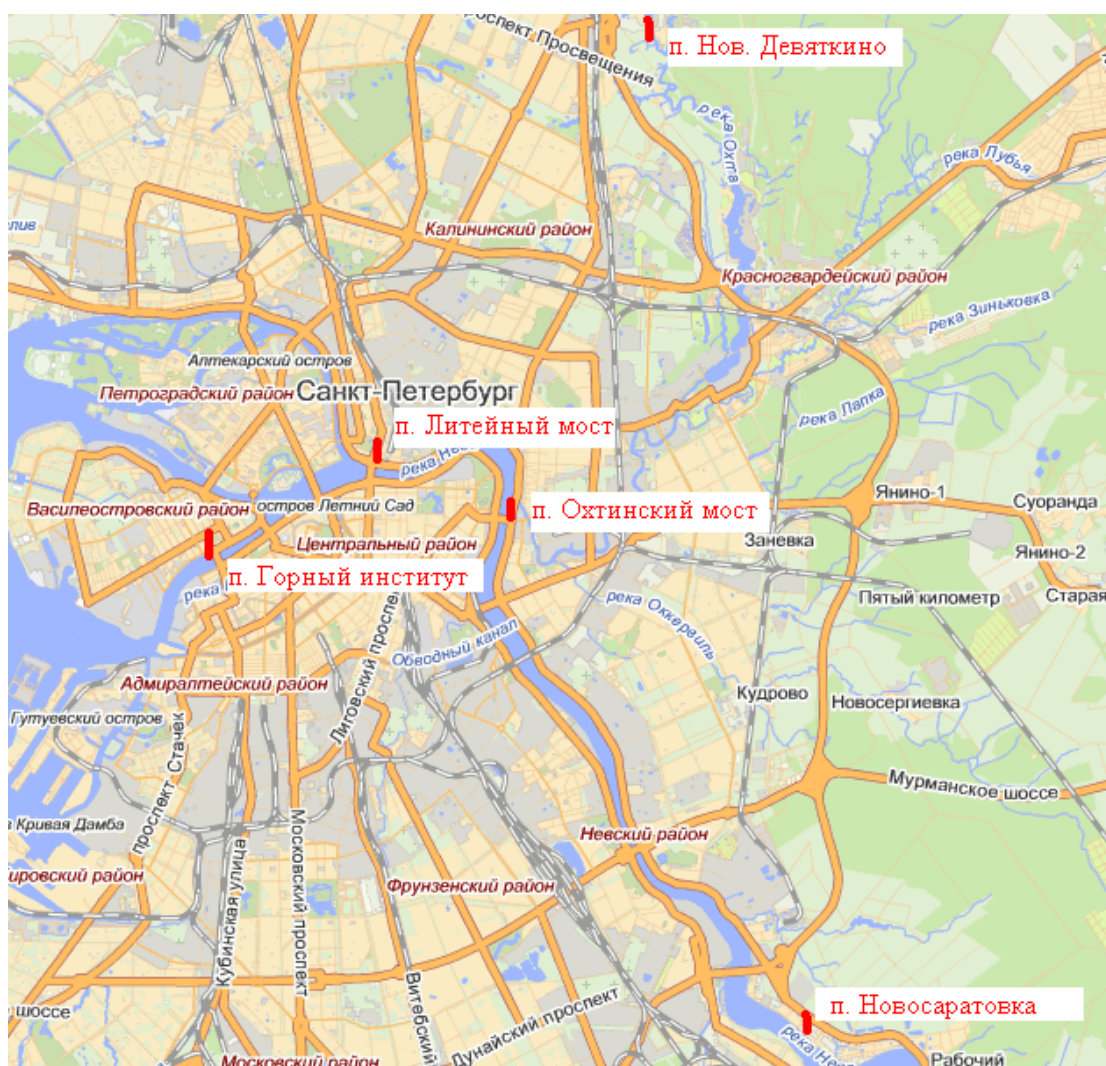


Рисунок 2.1 Схема гидрологической изученности района исследований

Таблица 2.1

Список пунктов гидрологических наблюдений

№ п/п	Название поста (станции)	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Период действия		Высота нуля поста, м БС
				открыт	закрыт	
1	Невская устьевая станция (НУС)	0,0	-	1926 г.	действ.	-5,00
2	р. Большая Нева – Горный институт	2,8	-	1877 г.	действ.	-5,00
3	р. Нева – Литейный мост	7,8	281000	20.02. 1941	действ. .	-5,00
4	р. Нева – Охтинский мост	12,5	281000	1909 г.	1979 г.	-5,00
5	р. Нева – Новосаратовка	27,0	281000	1859 г.	действ.	-5,00
6	р.Охта – Нов. Девяткино	23	340	1932 г.	действ.	8,54
7	р. Малая Нева – Тучков мост	4,0	-	1941 г.	1976 г.	- 1,05

** С 1976 г. на постах р. Невы введена единая отметка «0» постов, равная –5,00 м БС.*

ЗКРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ДНА НА ИССЛЕДУЕМОЙ АКВАТОРИИ

Для оценки геологического строения грунтов, слагающих дно устьевого участка р. Б. Охты, использованы данные о составе и свойствах грунтов на дне прибрежной акватории р. Невы при впадении в нее р. Б. Охты.

В геолого-литологическом строении участка исследования в пределах глубины бурения принимают участие четвертичные отложения различного генезиса: техногенные отложения, озерно-морские отложения, озерно-ледниковые отложения, ледниковые отложения Лужской стадии оледенения, межморенные озерно-ледниковые глины верхнекотлинской свиты.

На дне прибрежной акватории р. Невы на конусе выноса твердого материала р. Б. Охты выделены нерасчлененные аллювиально-техногенные отложения, супеси слоистые с примесью органических веществ, тиксотропные суглинки коричневато-серые, тяжелые пылеватые тиксотропные, с единичными включениями гравия, текучие. Супеси и суглинки, подстилающие слой мелких песков, обладают тиксотропными и анизотропными свойствами, т.е. при нарушении естественного сложения проявляют признаки текучести.

При значительной степени разнотекучести песчаных донных отложений, а именно, при соотношении $d_{95}/d_5 > 5$ (где d_{95} и d_5 – диаметры частиц, крупнее которых в пробе, соответственно, 5 и 95% частиц) на речном дне образуется отмостка – трудно размываемая поверхность. По данным инженерно-геологических изысканий на участке исследования степень разнотекучести песков такова, что соотношение d_{95}/d_5 превышает значение 25, достигая 75, т.е.

наличие отмостки здесь неизбежно. Эта отмостка защищает дно от размыва.

4 КРАТКАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Общие сведения

Район исследований относится к атлантико-континентальной климатической области умеренного пояса. Главное значение в формировании климата здесь принадлежит воздействию морских и континентальных воздушных масс, арктическим вторжениям и интенсивной циклонической деятельности. Активная циклоническая деятельность и частая смена воздушных масс определяют неустойчивый режим погоды во все сезоны года и являются причиной формирования климата с хорошо выраженными морскими чертами: мягкой зимой, прохладным летом, достаточным увлажнением и сравнительно частым выпадением осадков.

Зима длится в среднем 3,5 месяца и характеризуется частыми оттепелями, особенно в первой ее половине. В декабре в среднем отмечается до 12 дней с оттепелью, в это время преобладает пасмурная и ветреная погода, с частыми осадками в виде мокрого снега. В середине декабря отмечается устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через -5°C и образование устойчивого снежного покрова. Наибольший за зиму запас воды в снеге в среднем составляет 70-80 мм.

В январе западные теплые потоки ослабевают, и число дней с оттепелью уменьшается до 7-8 дней в месяц, однако в мягкие зимы оттепель может длиться непрерывно более месяца.

Осадки за период с декабря по март составляют в среднем около 140 мм или 22% от годовой суммы. Они носят в основном обложной характер и выпадают 17-20 дней в месяц в виде снега, дождя, мокрого снега. Из-за частых оттепелей мощного снежного покрова не образуется. Максимальных значений (25-30 см на открытых участках) высота снежного покрова достигает в марте.

Весна носит затяжной характер. Таяние снега наступает в середине марта, и к 12 апреля устойчивый снежный покров, как правило, сходит. В отдельные годы снежный покров появляется вновь, поэтому даты его окончательного схода колеблются от первой декады марта до начала мая. Переход средней суточной температуры через 0°C к положительным значениям происходит в среднем 3-4 апреля. Повышение температуры воздуха от 0°C до 10°C происходит в среднем за 45 дней. Заморозки возможны до конца мая. Внутрисуточные колебания температуры воздуха в отдельные дни могут достигать 18-20°C.

Лето умеренно теплое и длится обычно от начала июня до конца первой декады сентября. Летние месяцы характеризуются большой продолжительностью солнечного сияния: 280-300 часов в июне, 200-240 часов в августе. Период со средними суточными температурами воздуха выше 15°C длится обычно около 65 дней (в среднем с 19 июня по 24 августа). Скорость ветра летом наименьшая в году, на скорости ветра до 5 м/с приходится около 80% случаев. Осадков выпадает больше, чем в другие сезоны, на период с июня по август приходится 34% годовой суммы. Продолжительность осадков составляет в среднем 52 часа в месяц. Максимальное количество осадков выпадает в августе. В основном осадки носят ливневой характер и иногда сопровождаются грозами.

Климатические параметры холодного и теплого периодов года по ИЦП приведены в таблицах 4.1, 4.2.

Осень наступает около середины сентября с началом заморозков на поверхности почвы и характеризуется общим ухудшением погоды (понижением температуры, повышением влажности, увеличением

Таблица 4.1

Климатические параметры холодного периода года по метеостанции ИЦП

–33	0,98	Температура воздуха наиболеехолодных суток, °С, обеспеченностью		
–30	0,92			
–30	0,98	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		
–26	0,92			
–13	Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94			
–36	Абсолютная минимальная температура воз- духа, °С			
5,6	Ср. сут. амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С			
139	–5,1	≤0°		Продолжительность, сут, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха
	220	≤8°		
	–1,8	≤10°		
239	–0,9			
86	Ср. мес. отн. влажность воздуха наиболее холодногомесяца, %			
83	Ср. мес. отн. влажность воздуха в 15 ч. наиб.холодногомесяца, %.			
200	Кол-во осадков за ноябрь-март, мм			
ЮЗ	Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль			
4,2	Макс. из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с			
2,8	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха <8°С			

Таблица 4.2

Климатические параметры теплого периода года по метеостанции ИЦП

Барометрическое давление, гПа	Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,95	Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,98	Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, °С	Абсолютная максимальная температура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, °С	Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца, %	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее теплого месяца, %	Количество осадков за апрель-октябрь, мм	Суточный максимум осадков, мм	Преобладающее направление ветра за июнь-август	Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с
1010	20,5	24,6	22	34	8,2	72	60	420	76	3	0

облачности). Продолжительность осадков в октябре-ноябре увеличивается по сравнению с летом в 2 раза, возрастая до 147 часов в ноябре. Переход средней суточной температуры воздуха через 10°C происходит 21 сентября, через 5°C – 19 октября, через 0°C – 15 ноября. Появление снежного покрова возможно уже в середине октября.

Климатические сведения о районе работ приведены по материалам многолетних наблюдений на ближайших метеостанциях: Невская устьевая станция (НУС), Информационный Центр погоды (ИЦП).

4.2 Температура воздуха

Температура воздуха достигает максимума в июле, а минимум приходится на февраль. В таблице 4.3 приведены нормы среднемесячных и среднегодовых температур воздуха.

Таблица 4.3

Годовой ход температуры воздуха, °C

Станция	Месяцы												Год
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
ИЦП	-7,7	-7,9	-4,2	3,0	9,6	14,8	17,8	16,0	10,8	4,8	-0,5	-5,1	4,3

4.3 Атмосферное давление

Наибольшие значения среднего месячного давления отмечаются в феврале, марте и мае, причём наивысшие значения наблюдаются в мае. Наименьшие значения среднего месячного давления приурочены к июлю, сентябрю и декабрю.

Среднемесячные значения атмосферного давления представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Ежемесячные значения атмосферного давления, гПа

Станция	Месяцы												Год
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
ИЦП	1013,1	1015,3	1014,8	1013,2	1015,4	1012	1010,8	1011,9	1011,7	1012,8	1012,3	1011,2	1012,9

4.4 Влажность воздуха

Средняя годовая относительная влажность воздуха составляет 78 %.

Минимальные значения средней месячной относительной влажности воздуха отмечаются в мае-июне, а максимальные – в ноябре-декабре.

В таблице 4.5 приведены среднемесячные значения относительной влажности воздуха.

Таблица 4.5

Годовой ход относительной влажности воздуха, %

Станция	Месяцы												Год
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
ИЦП	86	84	78	73	66	68	71	77	81	84	87	88	78

4.5 Атмосферные явления и осадки

Сведения об атмосферных явлениях и их продолжительности, приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6

Число дней с атмосферными явлениями (среднее/максимальное)
по метеостанции НУС

Явления	Месяц												Год
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
туман	$\frac{4}{10}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{0,8}{6}$	$\frac{0,9}{5}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{11}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{39}{57}$
метель	$\frac{7}{15}$	$\frac{7}{15}$	$\frac{4}{11}$	$\frac{0,8}{6}$						$\frac{0,2}{3}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{5}{14}$	$\frac{26}{45}$
гроза			$\frac{0,03}{1}$	$\frac{0,5}{3}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{0,8}{3}$	$\frac{0,1}{1}$			$\frac{13}{24}$
град				$\frac{0,03}{1}$	$\frac{0,3}{2}$	$\frac{0,7}{3}$	$\frac{0,3}{2}$	$\frac{0,1}{1}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,2}{1}$			$\frac{1,9}{7}$

Наибольшее количество осадков отмечается в летний период (июль-сентябрь), иногда выделяется второй дождливый период – в октябре-ноябре.

Наименьшее количество осадков выпадает в зимний период (февраль-март).

Наиболее часто годовой максимум месячных сумм осадков приходится на август, а минимум – на март (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Среднемесячные слои осадков, мм/мес

Метео-станция	Месяцы												Год
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
ИЦП	38	35	32	38	46	62	68	82	66	58	51	44	620

4.6 Скорость и направление ветра

Представленные в данном разделе характеристики ветрового режима получены по результатам обработки материалов наблюдений на метеостанции Невская устьевая (НУС).

Сведения о сезонном ходе среднемесячной скорости ветра и повторяемости направлений ветра и штилей представлены в таблицах 4.8, 4.9.

Таблица 4.8

Годовой ход модуля средней скорости ветра
(высота флюгера 17 м), м/с

Станция	Месяцы												Год
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
НУС	4,7	4,4	4,1	3,9	4,1	4,3	3,9	3,7	4,1	4,6	4,7	4,6	4,3

Таблица 4.9

Повторяемость направления ветра и штилей,
%

Направление ветра	Месяц												Год
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
С	3	3	5	4	6	6	5	5	7	7	3	3	5
СВ	8	8	10	10	19	11	15	12	7	5	4	5	9
В	10	11	12	9	11	7	12	11	6	8	10	11	10
ЮВ	20	20	13	15	9	10	10	13	13	13	22	21	15
Ю	14	14	11	13	7	8	8	10	15	15	20	17	13
ЮЗ	17	14	14	14	9	12	13	17	20	22	21	19	16
З	16	20	23	23	24	28	23	19	18	14	10	12	19
СЗ	12	10	12	12	15	18	14	13	14	16	10	12	13
Штиль	7	8	11	12	9	7	8	11	10	7	5	7	8

Розы ветров за год и навигационный период представлены на рисунке 4.1.

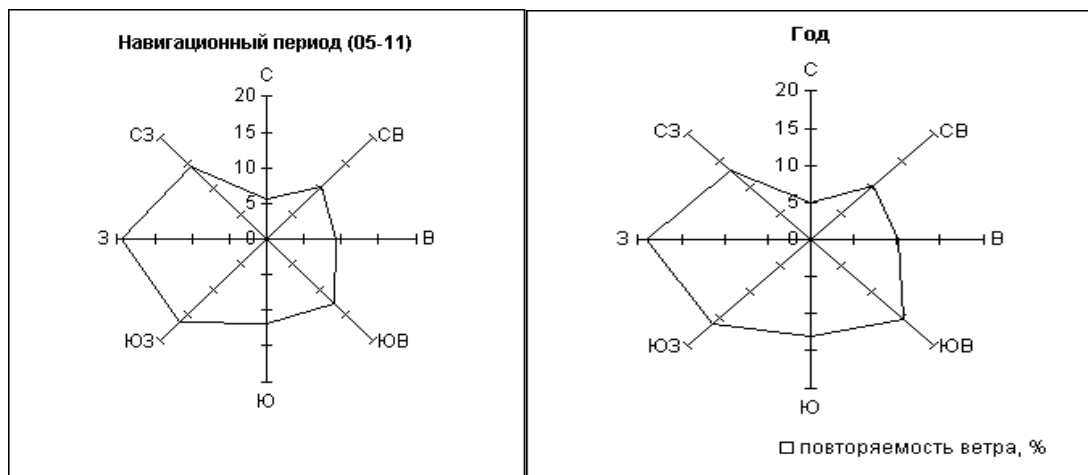


Рисунок 4.1 Розы ветров за год и навигационный период

Сведения о наибольших скоростях ветра редкой повторяемости представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10

Наибольшие скорости ветра редкой повторяемости, м/с (НУС)

Повторяемость	1 раз в 1 год	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет	1 раз в 20 лет	1 раз в 25 лет	1 раз в 50 лет
Скорость ветра, м/с	20	23	24	26	27	28

5 ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ Р. НЕВЫ

5.1 Общие сведения

Особенностью водного режима р. Невы является одновременное влияние Ладожского озера, из которого река вытекает, и Финского залива, куда она впадает.

По характеру гидрологического режима р. Неву условно можно разделить на два участка:

- верхний, от истока до Ивановских порогов, протяженностью 30 км, где гидрологический режим формируется преимущественно под влиянием Ладожского озера;

- нижний, от Ивановских порогов до устья, протяженностью 44 км, где режим формируется преимущественно под влиянием Финского залива.

Об условности такого деления говорит тот факт, что при достижении уровня воды у Горного института отметок 2,50 – 3,00 м БС распространение подпора прослеживается выше Ивановских порогов.

В нижнем течении р. Невы, особенно в пределах дельты, уровни мало зависят от расходов воды.

Наибольшее значение для устьевой части имеют колебания уровня, связанные со сгонно-нагонными денивеляциями водной поверхности Невской губы и вторжениями длинных волн с Балтийского моря в Финский залив и Невскую губу. Сочетание этих явлений или их одновременное действие и приводят к наводнениям. Наводнениями принято считать подъемы уровней воды у Горного института выше 1,60 м БС. При наводнениях различают подтопление и затопление территорий (уровень воды соответственно 1,60 – 1,80 и

более 1,90 м БС). Наводнения при уровнях воды выше 3,00 м БС считаются катастрофическими.

Наибольший уровень воды в дельте р. Невы наблюдался при наводнении 18 ноября 1824 года и достиг 4,21 м БС. Значительные наводнения наблюдались в 1924 г., когда уровень поднимался до отметки 3,80 м БС, в 1691 г. – до отметки 3,40 и в 1777 г. – до отметки 3,21 м БС.

В связи с тем, что Балтийское море представляет собой почти замкнутый внутриматериковый бассейн, а Финский залив значительно удален от океана, влияние приливов на уровенный режим здесь невелико и средняя высота приливов составляет около 6 – 10 см.

Минимальные уровни в нижнем течении наблюдаются при сгонах воды. Сгоны воды происходят под влиянием устойчивых ветров восточного сектора, которые приводят к понижению уровней Невской губы и, как следствие, в нижнем течении р. Невы. Наинизший уровень в дельте р. Невы в створе Горного института наблюдался 9 сентября 1744 года и был равен минус 1,40 м БС. По историческим свидетельствам, в этот день «сильным восточным ветром выгнало почти всю воду из каналов».

Сгонные ветра вызывают повышение уровней в западной части Ладожского озера и в истоке р. Невы.

Водный режим р. Невы отличается сравнительно равномерным распределением стока в течение года, что связано с регулирующим влиянием обширной болотной и озерной системы Невского бассейна, и особенно Ладожского озера. В течение летнего периода по р. Неве происходит продолжительная разгрузка аккумулированных в бассейне талых вод, которая сама по себе не вызывает значительных по амплитуде колебаний уровней воды. По многолетним наблюдениям, колебания уровней на участке проектирования,

обусловленные изменением величины расходов воды, не превышают 0,40 м.

Связанные непосредственно только с водностью реки наибольшие расходы воды и максимальные скорости течения обычно наблюдаются в третьей декаде июня.

Особенностью уровня режима р. Невы является отсутствие паводков от дождевых осадков, что объясняется аккумулятивными свойствами бассейна и малым объемом дождевого стока с частного водосбора (т.е. водосбора между истоком и устьем р. Невы, площадь которого составляет 1,8 % от общей площади речного бассейна).

Вследствие сложности формирования гидрологического режима участка р. Невы ниже Ивановских порогов, особенно в дельте, где доминирующую роль играет влияние Финского залива и положение уровней не определяет сток самой реки, связь между расходами воды и уровнями, выражающаяся для обычных водотоков зависимостью $Q=f(H)$, на рассматриваемом участке прослеживается нечетко.

5.2 Расходы воды

Расходы воды р. Невы определяются, прежде всего, наполнением Ладожского озера, которое в свою очередь формируется под воздействием стокообразующих факторов на всем Невско-Ладожском водосборе. На изменения расходов р. Невы оказывают влияние также сгонно-нагонные явления в Шлиссельбургской губе, ледостав, зажоры, заторы и подпор вод со стороны Финского залива.

По материалам наблюдений на опорном стоковом посту р. Нева – д. Новосаратовка, связь между уровнями и расходами воды на исследуемом участке р. Невы выражена слабо. В СЗУГМС ежедневные расходы воды Невы подсчитываются по зависимости

расходов воды в гидростворе Новосаратовки от уровней Невы на посту Шлиссельбург в истоке реки.

Внутригодовое распределение стока р. Невы характеризуется значительной зарегулированностью, что обусловлено специфическими особенностями Невско-Ладожского бассейна. Сток по сезонам распределяется плавно: летняя межень отсутствует (на летние месяцы приходится наибольшая доля стока); маловодный период приходится на конец января - начало февраля; сток достигает максимума в конце мая - начале июня. Распределение стока Невы по месяцам представлено в таблице 5.1.

Таблица 5.1.

Месячные и годовые значения стока
(верхняя строка – в м³/с, нижняя в %) воды р. Невы

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Сток воды у р. Невы у Новосаратовки 1924 г. – самый многоводный												
2870	2760	2920	3700	4280	4450	4390	4180	3980	3800	3590	3210	3680
6,3	6,3	6,6	8,4	9,7	10,1	10,0	9,5	9,0	8,6	8,2	7,3	100
1927 г. – средний по водности												
1660	1620	2440	2630	2920	3120	3150	3020	2930	2820	2360	1850	2540
5,4	5,3	8,0	8,6	9,6	10,2	10,3	9,9	9,6	9,3	7,7	6,1	100
1940 г. – самый маловодный												
747	770	921	1280	1790	1770	1540	1460	1520	1540	1400	1270	1340
4,6	4,8	5,7	8,0	11,1	11,0	9,6	9,1	9,4	9,6	9,2	7,9	100

Максимальные расходы воды р. Невы обычно наблюдаются в третьей декаде июня. В маловодные годы максимальный годовой

расход может сформироваться вследствие ветрового нагона уровня в Шлиссельбургской губе Ладожского озера – в истоке Невы.

Минимальные расходы воды всегда наблюдаются зимой. Особенно резко водность р. Невы понижается при образовании зажора-затора ниже по течению от ухвостья о. Орешка.

Характерные расходы воды р. Невы, рассчитанные в ГГИ [10], приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2.

Характерные расходы воды р. Невы у д. Новосаратовки

Характерный расход воды	Наименьший		Средний	Наибольший	
	м ³ /с	год		м ³ /с	год
Средний годовой	1340	1940	2510	3670	1924
Максимальный годовой	2050	1940	3400	4750	1924
Минимальный в период отсутствия льда	1250	1940	2500	3740	1879
Минимальный зимний	540	1973	1540	2740	1904

Как отмечено выше, сток воды р. Невы относительно стабилен как в многолетнем рассмотрении, так и по сезонам гидрологического года. В качестве периода свободного ото льда принят временной интервал с мая по октябрь. Более или менее выраженные ледовые явления наблюдаются на р. Неве в ноябре-апреле. Нормы средних за год и за эти периоды расходов воды приведены в таблице 5.3

Таблица 5.3

Среднемноголетние расходы воды р. Невы за год,
май-октябрь и ноябрь-апрель, м³/с

Год	05-10	11-04
2510	2990	2090

5.3 Уровни воды

5.3.1 Режим уровней воды в естественных условиях – до ввода КЗС в эксплуатационный режим

Для определения характеристик режима уровней воды на участке исследований использованы результаты расчетов, опубликованные в фондовых материалах, и данные наблюдений на ближайших гидрологических постах:

- р. Большая Нева – Гутуевский ковш (НУС);
- р. Нева - Горный институт;
- р. Нева - Охтинский мост.

Ввиду того, что изучаемая акватория расположена в непосредственной близости от гидрологического поста Охтинский мост и разница уровней между ней и устьевым участком р. Б. Охты не превышает 1,0 см, сведения об уровнях на этом участке приняты соответствующими данным поста на р. Неве.

Ординар уровней воды у Охтинского моста определен по кривой свободной поверхности воды при норме расходов р. Невы и составляет 0,30 м БС.

Диапазон изменения среднегодовых уровней воды р. Невы вблизи устья р. Б. Охты невелик и составляет около 50 см. Статистические характеристики колебаний среднегодовых уровней представлены в таблице 5.4.

График распределения среднегодовых уровней воды р. Невы вблизи устья р. Б. Охты приведен на рисунке 5.1.

В таблице 5.5 представлены расчетные максимальные и минимальные уровни воды на участке проектирования.

Отметки обеспеченностью 1% и 5% соответствуют максимальным уровням повторяемостью 1 раз в 100 и в 20 лет, а

отметки обеспеченностью 99% и 95% - минимальным уровням той же повторяемости.

Таблица 5.4

Статистические характеристики среднегодовых уровней р. Невы
вблизи устья р. Б. Охты

Ординар уровней воды	0,30 м БС
Среднеквадратическое отклонение	0,112
Коэффициент вариации, C_V	0,390
Коэффициент асимметрии, C_S	-0,312
Коэффициент автокорреляции, r	0,205

Таблица 5.5

Максимальные и минимальные уровни р. Невы на участке
Горный институт – Охтинский мост в естественном состоянии, м БС

Пункт	Максимальные годовые		Минимальные годовые	
	1 %	5 %	95 %	99 %
Горный институт	3,45	2,57	-1,14	-1,32
Охтинский мост (участок изысканий)	3,62	2,76	-0,88	-1,05

График распределения максимальных уровней воды р. Невы по данным наблюдений на гидрологическом посту Охтинский мост представлен на рисунке 5.2.

$H, \text{ м БС}$

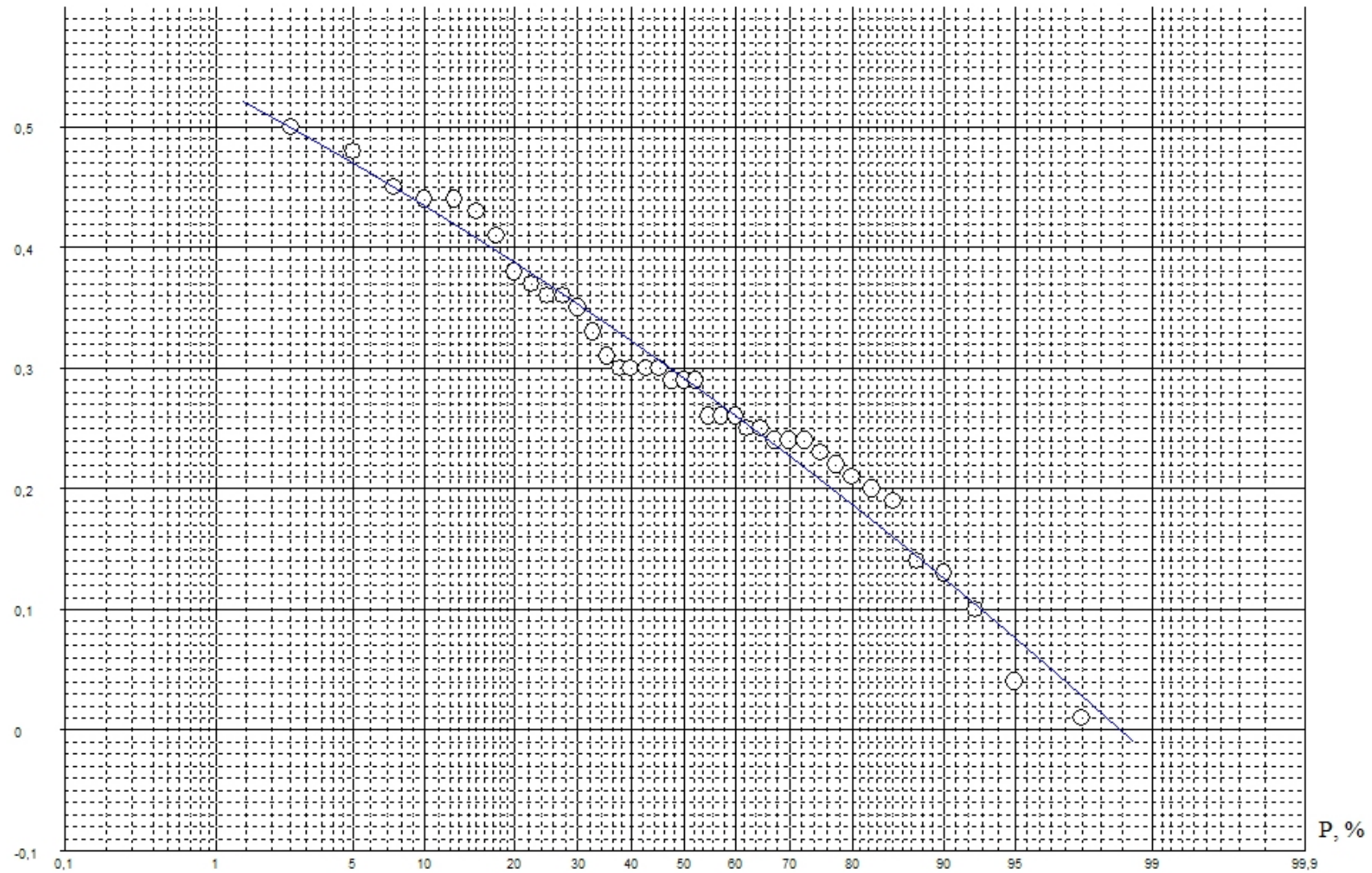


Рисунок 5.1. График распределения среднегодовых уровней воды в устье р. Б. Охты

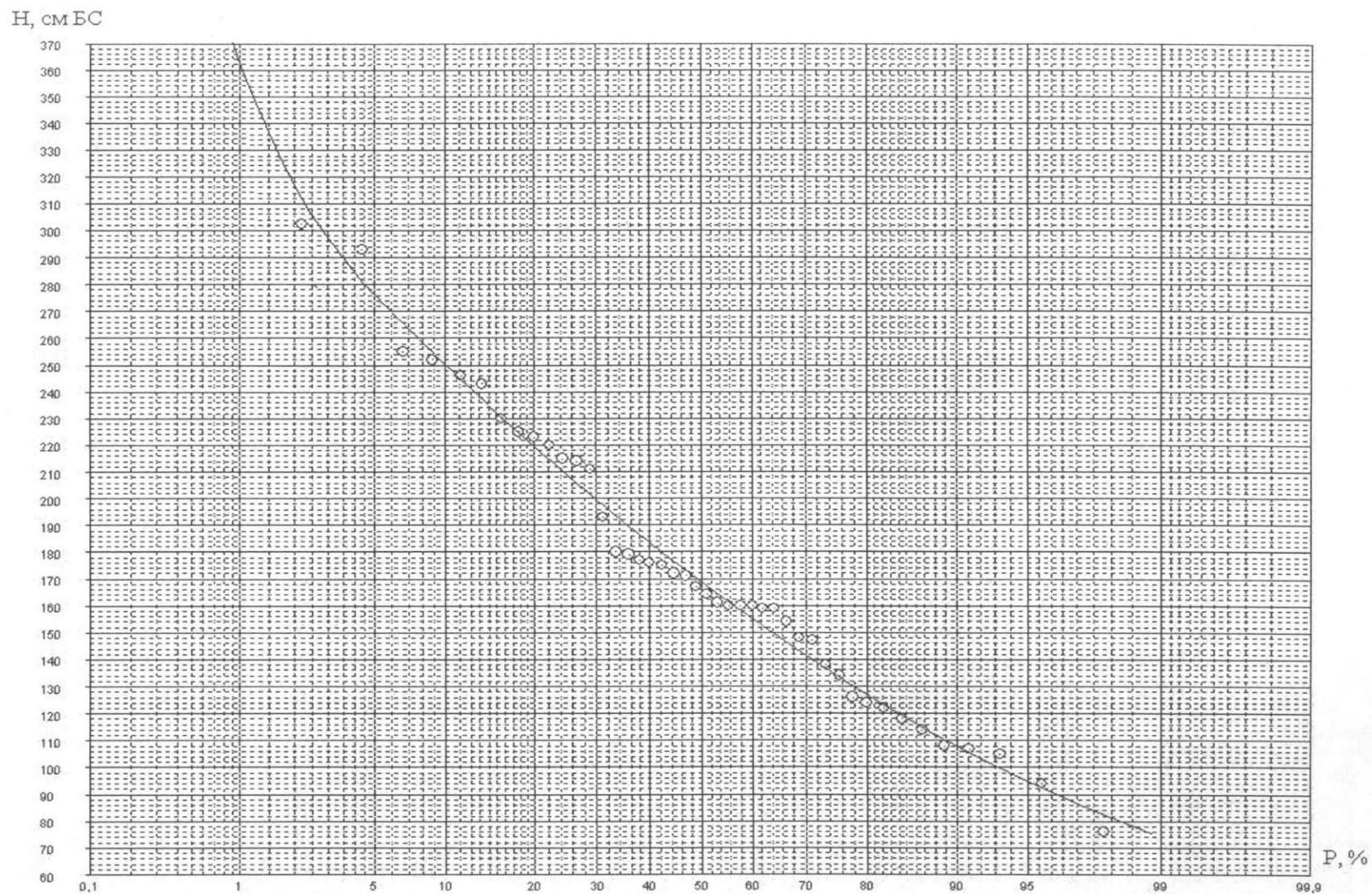


Рисунок 5.2. График распределения максимальных уровней воды р. Невы – Охтинский мост

5.3.2 Режим уровней воды в проектных условиях

Комплекса Защитных Сооружений

В проектных условиях Комплекса Защитных Сооружений (КЗС) при вторжении длинной волны с Балтики предусмотрено закрытие затворов всех водопропускных и судопропускных отверстий в момент достижения отметки водной поверхности у Кронштадта 1,00 м БС. В действительности, закрытие затворов происходит при различных уровнях в интервале 1,00 м БС $\pm \Delta H$. Величина добавки ΔH зависит от прогноза хода уровней в вершине Невской губы и от производственных планов Большого порта Санкт-Петербурга. В частности, учитывается, сколько отгруженных судов стоят у причалов порта, каково расписание пассажирских паромов по направлениям в Хельсинки и Стокгольм и т.д.

Подъём уровней воды Невской губы при закрытых затворах носит условное название «остаточного наводнения».

Основные факторы формирования такого наводнения:

- продолжительность периода, в течение которого затворы КЗС закрыты;
- направление и скорость ветра при закрытых затворах;
- расход р. Невы.

Количественные показатели, характеризующие эти факторы, взаимосвязаны.

Расчеты отметок пика «остаточного наводнения» заданной обеспеченности возможны путем композиции условных распределений показателей трех вышеприведенных факторов.

Такого рода расчеты подъемов уровней воды у Горного института произведены при проектировании КЗС [10].

Распределение отметок максимальных уровней р. Невы на акватории сооружений ГВС, представленное ранее, после ввода Комплекса Защитных Сооружений в эксплуатационный режим

претерпела кардинальные изменения. Натурный материал, позволяющий установить закономерности связи максимумов уровней у Горного института и у Большеохтинского моста, в настоящее время отсутствует или его объём крайне мал.

В ходе исследований гидрологического состояния акваторий ГВС разработан алгоритм определения отметок максимальных уровней на гидрологическом посту Охтинский мост.

Для определения максимумов уровней на гидрологическом посту Охтинский мост при возникновении наводненческой ситуации в качестве исходных данных использованы расчетные уровни «остаточного наводнения» у Горного института. Схема переноса однофазных отметок уровней от Горного института вверх по реке до гидрологического поста Охтинский мост (ОМ) такова:

$$H_{P,OM}^* = \bar{H}_{OM} + K_P \cdot \Delta H_{P,\Gamma}^* ,$$

$$\Delta H_{P,\Gamma}^* = H_{P,\Gamma}^* - \bar{H}_{\Gamma} ,$$

$$K_P = \frac{H_{P,OM} - \bar{H}_{OM}}{H_{P,\Gamma} - \bar{H}_{\Gamma}} ,$$

где значения коэффициента K_P определены с использованием данных о максимальных отметках уровней у Горного института и Большеохтинского моста, соответственно $H_{P,\Gamma}, H_{P,OM}$ в естественных условиях; отметки $H_{P,\Gamma}^*$, $H_{P,OM}^*$ даны применительно к условиям возникновения «остаточных наводнений», т.е. с учетом завершения строительства КЗС.

Расчеты значений коэффициентов K_P приведены ниже:

$$P = 1\% , \quad K_P = \frac{H_{P-1\%} - \bar{H}}{H_{\Gamma,P-1\%} - \bar{H}_{\Gamma}} = \frac{3,62 - 0,30}{3,45 - 0,12} = \frac{3,32}{3,33} = 0,997 ;$$

$$P = 2\% , \quad K_p = \frac{3,16 - 0,30}{3,10 - 0,12} = \frac{2,86}{2,98} = 0,96 \ ;$$

$$P = 5\% , \quad K_p = \frac{2,77 - 0,30}{2,55 - 0,12} = \frac{2,47}{2,43} = 1,016 \ ;$$

$$P = 10\% , \quad K_p = \frac{2,50 - 0,30}{2,30 - 0,12} = \frac{2,20}{2,18} = 1,009 \ ;$$

$$P = 20\% , \quad K_p = \frac{2,19 - 0,30}{2,06 - 0,12} = \frac{1,89}{1,94} = 0,974 \ ;$$

$$P = 25\% , \quad K_p = \frac{2,07 - 0,30}{1,97 - 0,12} = \frac{1,77}{1,85} = 0,957 \ ;$$

$$P = 50\% , \quad K_p = \frac{1,69 - 0,30}{1,75 - 0,12} = \frac{1,39}{1,63} = 0,853 \ .$$

В соответствии с вышеизложенной схемой, расчет отметок максимальных уровней воды р. Невы на гидрологическом посту Охтинский мост при нагоне в проектном состоянии КЗС представлен в таблице 5.6.

Таблица 5.6

Максимумы «нагонов» в проектном состоянии КЗС

$P, \%$	1	2	5	10	20	25	50
$\Delta H_{P,\Gamma}^*$, м БС	1,90	1,80	1,65	1,53	1,43	1,40	1,34
$\Delta H_{P,\Gamma}^* = H_{P,\Gamma}^* - \bar{H}_\Gamma$	1,78	1,68	1,53	1,41	1,31	1,28	1,22
$K_p \cdot \Delta H_{P,\Gamma}^*$	1,77	1,61	1,55	1,42	1,28	1,22	1,04
$H_{P,OM}^* = \bar{H}_{OM} + K_p \cdot \Delta H_{P,\Gamma}^*$	2,07	1,91	1,85	1,72	1,58	1,52	1,34

Примечание: приведенные в последних двух строках таблицы значения соответствуют сглаженному графику интегрального

распределения максимумов «остаточного наводнения» у гидрологического поста Охтинский мост.

Зажорные подъёмы уровней не зависят от состояния КЗС.

Режим уровней воды в интервале минимальных значений после полного ввода в эксплуатацию КЗС практически не изменится.

5.4. Температура воды

Режим температуры воды в основном определяется метеорологическими факторами, регулирующими обмен тепла между водой и атмосферой, а также водностью и тепловым стоком р. Невы, вытекающей из Ладожского озера. Один из факторов термического режима - поступление тепла с водами Невской губы при вторжениях длинных и нагонных волн. На изменение температуры воды могут оказывать влияние сбросы сточных вод.

Заметное повышение температуры речных вод начинается с середины апреля. Весной вода Ладожского озера прогревается медленнее, чем вода впадающих в озеро рек. В среднем за многолетие температура воды р. Невы весной переходит через $0,2^{\circ}$ на 3-5 дней позднее (через 10° – на 14-15 дней позднее), чем на безозёрных реках неевского бассейна.

Наиболее интенсивный прогрев воды происходит в июне. Средняя месячная температура воды в этом месяце (по сравнению с маем) повышается на $7-8^{\circ}$. В июле интенсивность прогрева воды снижается и наступает годовой максимум: температура воды р. Невы достигает в отдельных случаях $20-23^{\circ}$.

Данные о температуре воды р. Невы по наблюдениям на ближайшем гидрологическом посту Охтинский мост, располагавшемся в непосредственной близости от исследуемой акватории, приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7

Температура воды, °С
р. Нева – ГП Охтинский мост [13]

Характеристика	Дата перехода температуры воды весной через 0,2 °С	Март		Апрель			Май			Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь			Декабрь			Дата перехода температуры воды осенью через 0,2 °С	Высшая температура воды за год	
		2	3	1	2	3	1	2	3						1	2	3	1	2	3		T °С дата	дата (средняя, крайние)
Сред- няя	22.03	0,2	0,3	0,6	1,2	2,5	4,5	6,9	9,3	13,8	17,3	16,6	12,7	6,9	3,4	2,0	0,8	0,4	0,2	0,2	10.12	<u>20,3</u>	23.07
Наи- боль- шая	Н.б. 1964, 1967, 1970	<u>0,7</u> 1961	<u>0,7</u> 1968	<u>1,3</u> 1967, 1975	<u>3,1</u> 1975	<u>6,2</u> 1950	<u>8,2</u> 1950, 1975	<u>12,4</u> 1975	<u>13,3</u> 1949	<u>16,6</u> 1948	<u>20,9</u> 1972	<u>19,4</u> 1959	<u>14,7</u> 1955	<u>9,7</u> 1961	<u>7,7</u> 1967	<u>5,8</u> 1967	<u>2,4</u> 1958	<u>1,6</u> 1948, 1953	<u>2,2</u> 1972	<u>0,8</u> 1972	08.11 1956	<u>22,8</u> 08.07, 14.07 1972	09.06 1948
Наи- мень- шая	25.04. 1946	0	0	<u>0,1</u> 1945, 1947	<u>0,1</u> 1945, 1946	<u>0,6</u> 1955	<u>0,8</u> 1969	<u>1,5</u> 1956	<u>4,4</u> 1974	<u>10,8</u> 1955	<u>14,8</u> 1968	<u>14,1</u> 1965	<u>10,6</u> 1973	<u>4,5</u> 1946	<u>0,8</u> 1952	<u>0,0</u> 1945, 1956	0	0	0	0	Н.б. 1963, 1966, 1969	<u>17,8</u> 31.07 1958	27.08 1968

Далее происходит постепенное охлаждение воды. Осенью вода Ладожского озера охлаждается медленно, поэтому переход температуры воды р. Невы осенью через $0,2^{\circ}$ на 5-7 дней позднее (через 10° – на 4-6 дней позднее), чем на невских притоках.

Внутрисуточные колебания температуры воды р. Невы, по данным наблюдений в 8 и 20 ч., в среднем не превышают $0,5^{\circ}$.

5.5 Ледовые условия

5.5.1 Общие сведения

В связи с тем, что р. Нева питается относительно теплыми в осенний период водами Ладожского озера, ледовые явления на ней начинаются позднее, чем на других реках региона.

Процесс замерзания р. Невы начинается после охлаждения поверхности воды до температуры 0°C . Затем образуются сало и забереги. Откалываясь от берегов, забереги уносятся течением. Вскоре наступает осенний ледоход. Характерным для р. Невы является разнородность состава сплывающего по реке ледяного материала: темная рыхлая шуга (сбитые течением в комья массы внутриводного льда), плотная шуга грязно-коричневого цвета (всплывший на поверхность донный лед), речной лед и льдины, вынесенные течением из Шлиссельбургской губы Ладожского озера. В период осеннего ледохода лед имеет толщину 4-6 см. Наиболее интенсивное шугообразование происходит при температуре воздуха – $4..-6^{\circ}\text{C}$.

Ледоход сравнительно быстро завершается ледоставом, продвижение которого происходит всегда в одной и той же последовательности: после нескольких дней интенсивного ледохода и образования припая в Невской губе ледостав образуется в устье реки, после чего он распространяется вверх по течению за счет

прибывающего льда. При достаточно холодной погоде (8.. 12 °С) и поступлении ладожского льда верхняя кромка ледостава интенсивно продвигается вверх. Наступившая оттепель может вызвать подвижки льда и обратное движение кромки ледостава.

Темп замерзания реки в черте города зависит от густоты поступающего ладожского льда и от продолжительности ледохода, в среднем составляющей 8-11 дней, но изменяющейся в широком диапазоне – от 1 до 50 дней.

При редком и среднем ледоходе продолжительность образования ледостава составляет 5-7 дней. При густом ледоходе нижняя часть реки может встать за 1 сутки. Скорость прохождения льда от Шлиссельбурга до черты города около 20 часов. Для равномерного поступления льда в Неву необходимо, чтобы в Шлиссельбургской губе было достаточно плавучего льда и наблюдались бы ветра С и СВ четверти, ветра остальных румбов отжимают лед.

Обычно р. Нева замерзает скачкообразно. Кромка ледяного покрова то продвигается вверх по течению, то останавливается и смещается вниз из-за колебаний температуры воздуха и изменений густоты речного и озерного ледохода. В отдельные годы на ограниченном участке реки (3-5 км) кромка сдвигается вверх и вниз по 5-7 раз.

В среднем для нижней половины реки скорость продвижения кромки ледяного покрова вверх по течению составляет 0,3 км/сутки на 1° отрицательной температуры воздуха при отсутствии ледохода, 1,0 км/сутки – при редком ледоходе, 2,1 км/сутки – при густом ледоходе. Период замерзания Невы на 46-километровом участке от Охтинского моста до мыса Святки колеблется от 2-4 до 15-20 суток.

Максимальная толщина ледяного покрова за зимний период на городском участке р. Невы составляет 15-25 см в мягкую зиму, 35-

45см в среднюю зиму и 60-80 см в суровую. Наибольшей толщины ледяной покров достигает обычно в середине марта.

Продолжительность ледостава на рассматриваемом участке р. Невы в среднем составляет 122 дня.

Естественное разрушение ледяного покрова начинается после устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C. Весенний ледоход на р. Неве начинается обычно в конце марта – начале апреля.

Продолжительность речного ледохода невелика и составляет около 3-5 дней. Обычно через неделю начинается озерный ледоход, средняя продолжительность которого составляет 8-12 дней. В отдельные годы продолжительность озерного ледохода достигает 30-40 дней, как это отмечалось в 1907 и 1954 гг.

Несмотря на то, что выносимые из Ладожского озера льдины могут достигать значительных размеров, в процессе продвижения к устью, время которого составляет около 20 часов, они интенсивно разрушаются и тают, так что до устья доходит около 4% поступающего в истоке льда.

Льдины, достигающие устья, имеют преимущественно игольчатую (шестоватую) структуру.

Обычные сроки наступления ледовых явлений в нижнем течении р. Невы по наблюдениям на посту Охтинский мост приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8

Средние многолетние даты ледовых явлений р. Невы,

ГП Охтинский мост

Осенние явления			Весенние явления	
Сало, забереги	Ледоход	Ледостав	Ледоход (вскрытие)	Очищение от льда
21.11	21.11	02.12	03.04	28.04

5.5.2 Зажорные (шуголедовые) явления

Особенности замерзания р. Невы, во время которого кромка ледостава продвигается вверх по течению, способствуют образованию шуги и внутриводного льда. В период ледостава участками, продуцирующими шугу, являются полыньи, которые часто наблюдаются на р. Неве обычно в виде сравнительно узких полос воды.

Река Нева от устья до Охтинского моста часто вскрывается ледоколами, и значительные по площади участки открытой воды распространяются в теплую зиму до Троицкого моста и даже до р-на Рыбацкого.

Образование внутриводного льда возможно только при открытой водной поверхности и скорости течения потока, достаточной, чтобы увлечь образовавшийся ледяной материал в толщу потока. Особенно активно этот процесс происходит в условиях интенсивного перемешивания, при понижении температуры воды ниже 0°C и переохлаждения поверхностного слоя до значений около $-0,15^{\circ}\text{C}$ [24]. Таким образом, для образования внутриводного льда вода должна непременно иметь температуру ниже температуры замерзания (кристаллизации), то есть быть переохлажденной, а температура льда должна быть равна температуре кристаллизации. В этих условиях на поверхности воды возникают начальные формы ледяных образований в виде игл или пластинок (поверхностные формы льда в виде сала и заберегов образуются, как правило, если при положительной температуре воды наступает резкое похолодание).

При неблагоприятном стечении гидрометеорологических факторов, в условиях переохлаждения воды и в придонных слоях, при занесении начальных ледяных образований в водную толщу образуется донный лед. В работе В.Я. Альтберга «О донном льде»

отмечается, что исключительно редкие случаи образования донного льда (при отсутствии льда на поверхности) на р. Неве были зафиксированы 8 декабря 1894 года и 14 декабря 1914 года. Это повлекло за собой прекращение водоснабжения города « ... вследствие обмерзания водоприемных труб (в форме раструбов $d=2$ м с железными решетками), заложенных посреди Невы на дне, на глубине 20 м. По свидетельству водолазов, дно реки и все находившиеся там части водопроводного оборудования оказались покрытыми мощным слоем рыхлого льда в $\frac{3}{4}$ метра толщины».

Обычно при движении в водной толще в результате сцепления взвешенных кристаллов возникают различные ледяные образования, имеющие вид губчатых тел с порами, заполненными водой, которые, смешиваясь в процессе движения со снежурой и мелкобитым льдом различного происхождения, образуют собственно шугу.

Образовавшаяся шуга на расположенные ниже по течению участки реки, покрытые льдом, частично наращивает кромку льда, способствуя ее продвижению вверх, частично увлекается течением под ледовый покров.

Прямолинейные участки со значительными скоростями течения и ровным ледяным покровом шуга, как правило, проходит транзитом.

Когда морфометрические и гидравлические характеристики по длине реки неоднородны, происходит перераспределение скорости потока по его глубине и ширине и, соответственно, изменяется его транспортирующая способность. Уменьшение транспортирующей способности потока приводит к отложению шуги под ледовым покровом, в результате чего образуется зажор — скопление шуги с включением мелкобитого льда, вызывающее стеснение живого сечения русла.

На р. Неве зажоры образуются почти ежегодно. Мощные устойчивые зажоры отмечались в многоводные годы при высоком

стоянии уровней воды Ладожского озера в осенний период (выше 4,40 м БС у Шлиссельбурга), а, следовательно, и большим расходе воды, определяющем повышенную скорость течения.

Речной и ладожский лед при температуре воздуха $-4..-6$ °С смерзается плохо. По этой причине в формировании зажора принимает участие практически весь поступающий к кромке ледостава шуголедяной материал.

По натурным измерениям различных организаций, зажорная масса довольно плотная, на 60-70 % она состоит из ледового материала и на 30-40 % – из воды.

Продолжительность стояния высоких зажорных уровней составляет в среднем 29 дней, достигая 115 суток (зима 1962-63 гг.). Подвижками охватываются участки протяженностью от 1-2 до 8-12 км.

Весь участок от Охтинского моста до мыса Святки (12,5-46 км от устья) является зажорным. Нередко зажор формируется непосредственно у Охтинского моста. Ниже зажора резко уменьшаются расходы воды, выше «головы зажора» начинаются подъемы уровня на 1,5-2,5 м, достигая в отдельные годы критических отметок 3,5-4,0 м БС (Обуховский з-д – з-д «Большевик»).

5.5.3 Локальные зажорные явления на р. Неве в нижнем течении реки

Около 80% льда (от объёма 8,8 млн. м³) размещается на участке Литейный мост – Ивановское (7,8 – 45 км от устья). При средней ширине реки на этом участке 420 м и пористости шуги 0,8 это соответствует начальной толщине слоя льда 0,9 м.

В местах сброса тёплых вод (ГРЭС 5,8) часто наблюдаются искусственные полыньи и промоины, обычно в виде сравнительно узких полос воды вдоль берегов. Большая Нева от устья до

Благовещенского моста часто вскрывается ледоколами, и значительные по площади участки открытой воды распространяются в тёплую зиму до Троицкого моста и даже до с. Рыбацкого.

Ледостав в нижнем течении реки неровный, сторошенный, непрочный. При частых перепадах температуры воздуха до 0°С и выше прочность его резко уменьшается.

Ниже впадения р. Б. Охты Нева круто поворачивает на запад, происходит изменение направления течения: оно отжимается от левого к правому берегу. На этом же участке русло реки искусственно сужено в результате строительства Смольной и Свердловской набережных с широким дорожным полотном вдоль правого и левого берегов. Эти обстоятельства привели к возрастанию скоростей течения. Поэтому здесь при образовании ледостава через 3-4 недели начинает формироваться промоина.

Размеры промоины колеблются в зависимости от характера зимы: в суровую зиму протяжённость промоины уменьшается до 100 м или промоина затягивается льдом. В мягкие зимы длина промоины увеличивается до 500 м и более.

При обширных размерах промоины в ней образуется шуга.

Шуга, перемещаемая течением реки от левого к правому берегу, способно осложнить эксплуатацию проектируемых водозаборов ГВС, которые планируется разместить у правого берега выше по течению от устья р. Б. Охты.

Зажор в нижнем течении р. Невы рассасывается сам. Ни взрывных, ни каких-либо других видов работ производить не надо. Опыт зажорной службы показывает, что любое вмешательство ведёт на этом участке лишь к дополнительным подвижкам льда, росту уровней и уплотнению шуго-ледяной массы.

На участке реки от Большеохтинского моста (12,5 км) и ниже в течение зимы обычно сохраняется ледостав с редкими промоинами.

5.5.4 Анализ работы водозаборов ГВС

в шуговых условиях

При анализе причин забивки водозаборов ГВС шугой были приняты две рабочие гипотезы:

- шуга в основном образуется на участке ниже Большеохтинского моста;
- шуга на участок транспортируется речным потоком.

Расчёты показали неполную состоятельность первой гипотезы, поскольку для образования шуги необходимо переохлаждение воды ниже 0°C. На участке водозаборов ГВС такое переохлаждение маловероятно за счёт поступающих в Неву сточных вод. Температуру перемешанной воды можно определить по формуле:

$$t_{\text{см}} = \frac{q_{\text{ст.в.}} \cdot t_{\text{ст.в.}} + Q_{\text{р}} \cdot t_{\text{р}}}{q_{\text{ст.в.}} + Q_{\text{р}}} = \frac{1,6 \cdot 5 + 0}{1,6 + 2090} \approx 0,0038^{\circ}\text{C} ,$$

где $q_{\text{ст.в.}}$ и $t_{\text{ст.в.}}$ – расход и температура сточных вод;

$Q_{\text{р}}$ и $t_{\text{р}}$ – среднегодовой расход воды за зимний период и температура воды р. Невы.

Таким образом, при расходе воды в Неве 2090 м³/с, расходе сточных вод 1,6 м³/с и их температуре не ниже 5°C дополнительный нагрев воды составит 0,004°C, что практически достаточно, чтобы не было переохлаждения потока на данном участке.

При анализе возможности забивки водозаборов транзитной шугой учитывалось, что всплытие основной массы шуги происходит при скоростях потока менее 0,5 м/с. При больших скоростях потока шуга распределяется по всей толще речного потока.

5.6 Скоростная структура водной массы р. Невы на участке акваторий ГВС

Сведения о скоростной структуре водной массы р. Невы, необходимые для будущего проектирования, в данной работе были получены с использованием метода математического моделирования на трехмерной модели р. Невы, охватывающей участок русла примерно между 1375,1 и 1378,2 км по судовому ходу.

Фрагмент сетки плановых элементов модели представлен на рисунке 5.3.

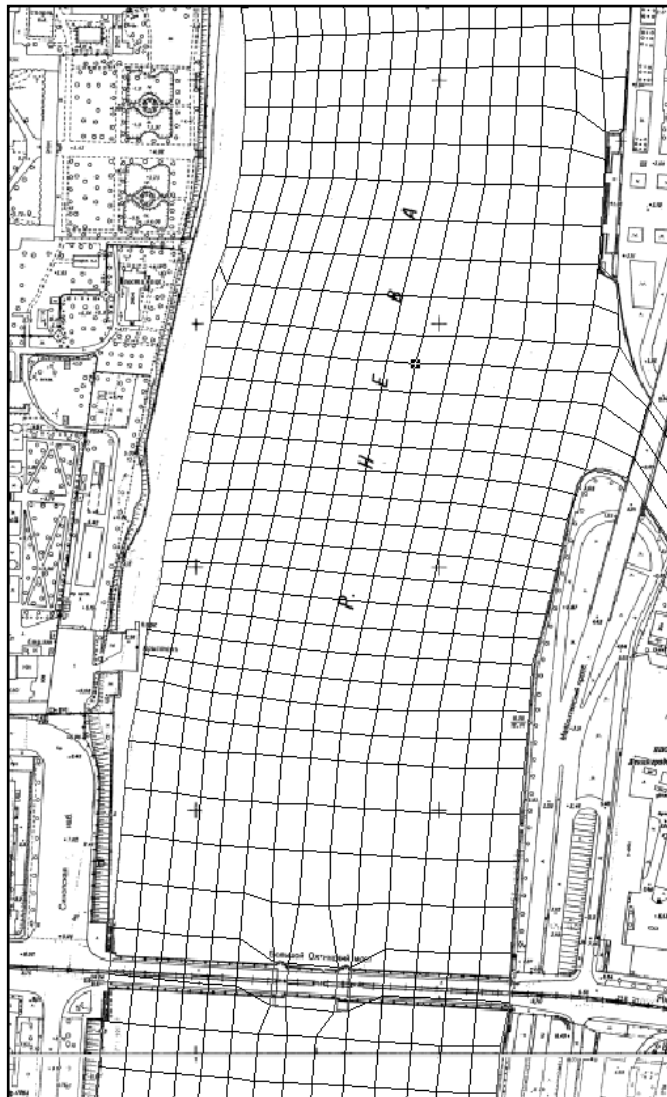


Рисунок 5.3. Фрагмент сетки плановых элементов
математической модели

При выполнении данного вида работ использована программа «UNICOM Pro 3D», предназначенная для выполнения расчетов динамики водного потока в трехмерной постановке.

Основными исходными данными для модели послужили русловая съемка М 1:500 и промеры глубин по поперечным гидрологическим створам (за пределами русловой съемки), выполненные ООО «Фирма УНИКОМ - ГИДРО» в 2008 г. и в рамках настоящей работы.

Трехмерная цифровая модель рельефа дна, заложенная в математическую модель р. Невы, представлена на рисунке 5.4.

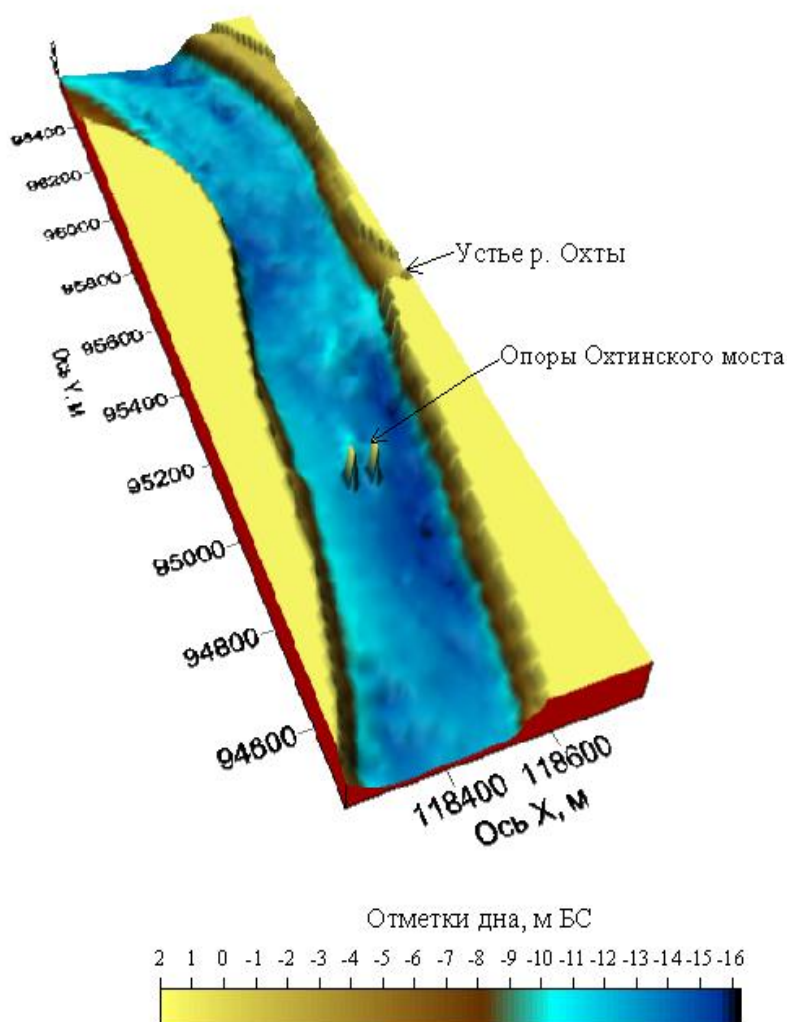


Рисунок 5.4 Трехмерная цифровая модель рельефа дна р. Невы на участке проектирования

Сценарии гидрологической ситуации, определяющие структуру течений, включали в себя:

- расход воды р. Невы;
- уровень воды;
- наличие или отсутствие ледяного покрова.

Были рассмотрены гидрологические сценарии, предусматривающие экстремальное возрастание скоростей течения:

– максимальный за многолетний период наблюдений расход воды р. Невы:

- расход – $4750 \text{ м}^3/\text{с}$;
- уровень воды $0,60 \text{ м БС}$.
- интенсивный сгон;
- расход – $2990 \text{ м}^3/\text{с}$;
- уровень начала сгона $0,30 \text{ м БС}$;
- уровень в конце сгона минус $1,05 \text{ м БС}$;
- время сгона – 54000 с (15 часов).
- откат высокого наводнения.
- расход – $2990 \text{ м}^3/\text{с}$;
- уровень обеспеченностью 1% $3,62 \text{ м БС}$;
- уровень в конце отката $0,30 \text{ м БС}$;
- время спада – 25200 с (7 часов).

Также рассмотрен гидрологический сценарий, соответствующий среднегодовой норме водности р. Невы: расход $2510 \text{ м}^3/\text{с}$ и ординар уровней $0,30 \text{ м БС}$.

Типичная структура потока невской воды достаточно полно определена в рамках следующего сценария:

- норма стока за теплый период (май-октябрь) – $Q=2990 \text{ м}^3/\text{с}$;
- отметка уровня воды $0,30 \text{ м БС}$.

Анализ результатов расчетов показал, что при изменении водности р. Невы скоростное поле течений вблизи участка

исследований отличается лишь величинами модулей векторов скоростей, при сохранении общей структуры потока: наличие трех струй с повышенными скоростями течений, выходящих из-под пролетов Большеохтинского моста.

Для примера на рисунках. 5.5, 5.6 представлены трехмерные и осредненные по глубине планы течений при прохождении максимального расхода воды, когда скорости течения достигают наибольших величин. Здесь не отмечается значимой существенной косоструйности водного потока. Поверхностные и придонные струи движутся практически параллельно.

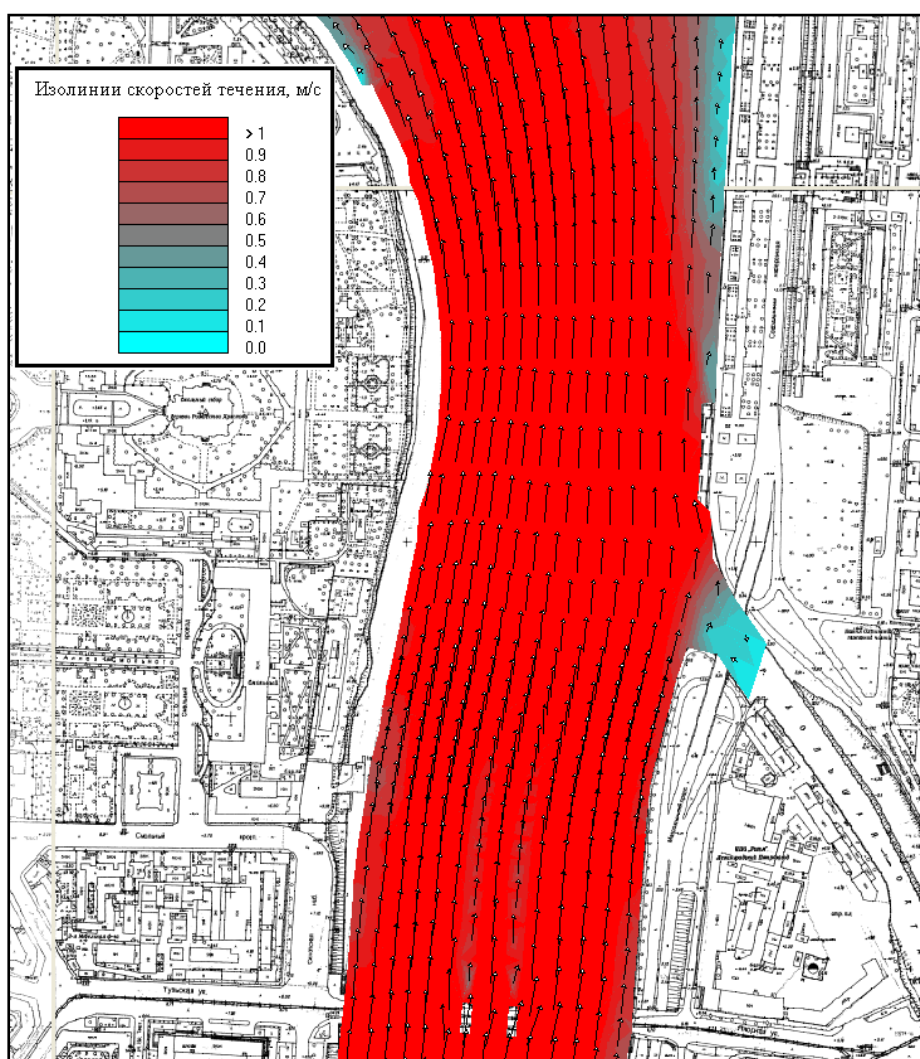


Рисунок 5.5. Поле осредненных по глубине скоростей течения р. Невы и р. Б. Охты (устьевая часть) в районе проектирования (максимальный расход воды $4750 \text{ м}^3/\text{с}$)

Исключение составляет лишь участок русла непосредственно у опор вблизи Большеохтинского моста.

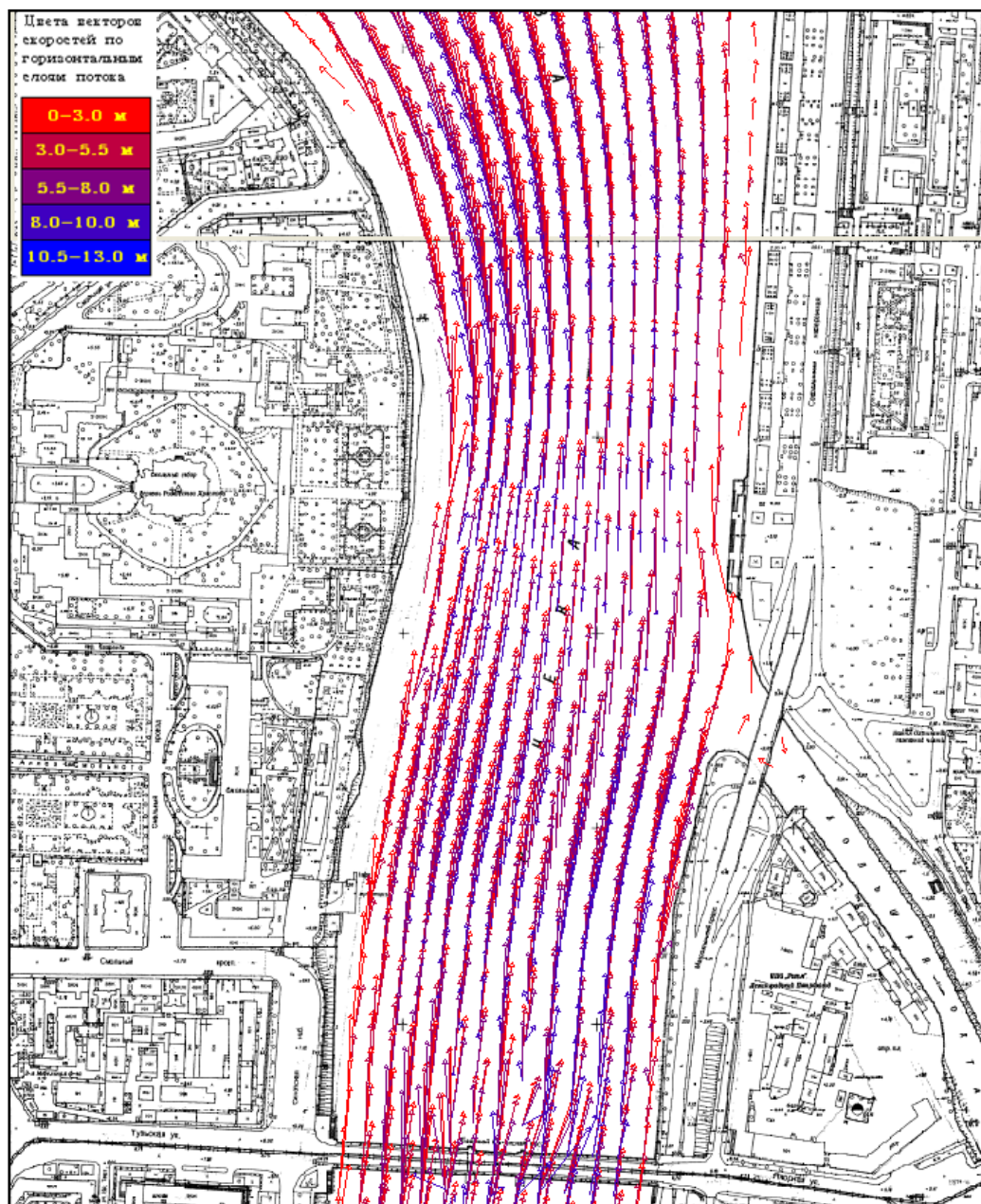


Рисунок 5.6 Трехмерное поле течений р. Невы и р. Б. Охты (устьевая часть) в районе проектирования (максимальный расход воды $4750 \text{ м}^3/\text{с}$)

На рисунках 5.7-5.8 представлены эпюры распределения средних по вертикали и максимальных скоростей течения в створе, расположенном в 20 м выше по течению от устья р. Б. Охты.

Сравнение величин скоростей течения на эпюрах, представленных на рис. 5.7-5.8, со значением неразмывающей скорости [18], равной для рассматриваемого участка реки примерно 0,4 м/с, показывает, что у правого берега р. Невы даже в периоды малой водности несвязные грунты могут размываться.

Связные грунты (супеси, суглинки и глины), а также разнородные пески практически не подвержены существенному размыву, находясь в состоянии естественного залегания. Однако, вероятность размыва таких грунтов возрастает при нарушении их структуры в ходе строительных работ.

В обычных условиях при ординаре уровней р. Невы перепад отметок водной поверхности на 300-метровом участке по ширине конуса выноса р. Б. Охты составляет около 8 мм. Этот результат получен путем нивелирования трех временных водомерных постов при производстве русловой съемки прибрежного участка дна р. Невы в апреле 2010 г. Математическое моделирование протекания воды в правобережном отсеке р. Невы подтверждает этот результат.

5.7 Твердый сток р. Невы

5.7.1 Сток взвешенных наносов р. Невы

Озерная система, питающая р. Неву, представляет собой огромный отстойник, в связи с чем концентрация взвешенных минеральных веществ в невиской воде очень мала и составляет в среднем 7.0 мг/л. Сброс большого количества хозяйственно-бытовых вод, обогащенных органическими веществами, приводит к тому, что в штилевые периоды на Ладоге доля органических веществ во взвеси может составить до 70%. Однако эти периоды характеризуются незначительной мутностью порядка 2-5 мг/л.

Объем жидкого стока притоков р. Невы не превышает 2% объема речных вод, но вклад невских притоков в формирование мутности воды весьма существен: в весеннее половодье и в летне-осенние паводки на левобережных притоках р. Невы (рр. Мга, Тосна, Славянка и др.) мутность невской воды способна возрасти до 60 мг/л и более.

Наибольший вклад в формирование твердого стока р. Невы вносят штормы на Ладожском озере. Продолжительные штормовые ветра северо-восточного и, особенно, северо-северо-восточного направлений, вызывают сильное ветровое волнение в Шлиссельбургской губе. Возрастание орбитальных скоростей на баре в невском истоке (выше острова Орешек), характерное для интенсивного ветрового волнения, приводит к размыву материала, слагающего бар, и выносу его в р. Неву. При этом зафиксирована мутность воды в истоке, достигшая 145 мг/л (21 октября 1990 г.). Резкое увеличение мутности невской воды совпадает по времени с возрастанием доли тонкодисперсных фракций в пробах взвешенных наносов, так, 21.10.1990 г. доля фракций крупностью менее микрона достигла 23.7% массы отобранной пробы. На акватории водозаборов Южной водопроводной станции (25.2 км от устья р. Невы) мутность воды 22.10.1990 г., с запозданием на время добегания от истока, возросла до 134 мг/л. В последующую неделю у ЮВС сохранялась высокая мутность воды, так, например, 23.10.1990 г. концентрация взвешенных наносов составляла 90 мг/л. При этом доля органических веществ в пробах наносов понижалась до 4-10%.

В ходе натурных работ Российского государственного гидрометеорологического университета в условиях экстремального возрастания мутности невской воды 20–23 октября 1990 г. на участке р. Невы от истока до Володарского моста учащённо отбирались пробы воды на мутность. Отбор проб производился с борта четырёх

одновременно действующих судов. В качестве оборудования использовался вакуумный батометр ГР-61. Объёмы проб для достижения необходимой точности определения мутности составляли не менее 10 л. До возникновения шторма на Ладоге в 20-ых числах октября 1990 года также были произведены многократные отборы проб. Краткие сведения о результатах этих работ представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9

Характеристика взвешенных наносов в невиской воде
(по данным РГГМУ, 1990 г.)

Место отбора	Дата	Мутность, г/м ³	Средняя крупность взвешенных наносов, мк
Павлово	18.09.1990	2,84	35
Новосаратовка	27.09.1990	5,25	16
Марьино	21.10.1990	140,2	5
Саперное	21.10.1990	86,2	8
Новосаратовка	25.10.1990	21,8	4

Гранулометрический состав взвешенных наносов определён в Институте «Механобр» с использованием специальной установки «Анализетта – 22».

Выборочные данные о гранулометрическом составе взвешенных наносов приведены на рисунке 5.9.

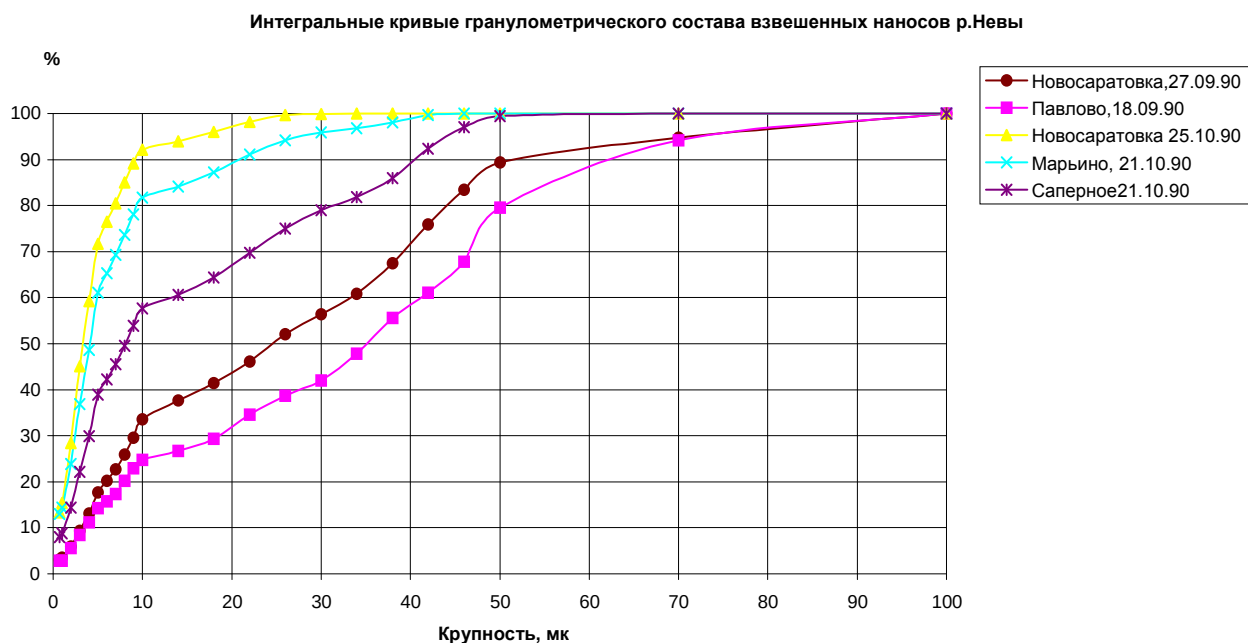


Рисунок 5.9. Выборочные данные о гранулометрическом составе
взвешенных наносов

Как видно из анализа этого рисунка, средняя крупность частиц взвешенных наносов изменяется от 4 до 35 мкм. Такой большой разброс значений средней крупности объясняется различием условий формирования наносов. Так, в период штормов в Шлиссельбургской губе со дна Ладожского озера взмучиваются значительные объемы тонкодисперсных донных отложений. В штилевые периоды основными источниками взвешенных наносов являются притоки — рр. Мга, Ижора, Тосна, Славянка, Черная речка, Б. Охта, ручей Спартак и др. Дренируя свои водосборы, эти водотоки приносят в Неву более грубый алевритовый материал. Однако, твёрдый сток перечисленных рек формируется не только в результате эрозионных процессов на водосборах (естественные факторы), но и в результате приёма этими водотоками сточных и ливневых вод с урбанизированных территорий Петербургской агломерации.

Возрастание мутности воды р. Невы происходит также при сгонах, в результате залповой разгрузки русловых запасов с устьевых участков левобережных невских притоков, большую часть года находящихся в подпоре от р. Невы.

Экстремальных значений концентрации взвешенных наносов достигают при одновременном воздействии нескольких факторов, например, при усилении северо-восточных ветров на Ладоге и прохождении паводка на левобережных притоках р. Невы. При таких гидрометеорологических ситуациях мутность невской воды в ряде случаев превышает 90 мг/л.

Сезонный ход взвешенных наносов в Неве имеет два минимума и два максимума. Минимальные расходы взвешенных наносов в Неве наблюдаются в феврале и марте при минимальном стоке воды. Ледяной покров в Шлиссельбургской губе исключает влияние ветра и волнения на взмучивание наносов и вынос их в Неву.

Максимум расхода взвешенных наносов совпадает по времени с максимумом расходов воды на притоках р. Невы и наблюдается в апреле - начале мая. В августе бывает второй минимум, а в октябре — второй максимум, когда при сильных и продолжительных ветрах направлений СВ и, особенно, ССВ над Ладожским озером происходит резкое возрастание мутности воды р. Невы до 145 г/м³, как это было отмечено 21.10.1990 г. С начала ледостава расход взвешенных наносов резко уменьшается.

Среднемноголетний расход и годовая масса взвешенных наносов, транспортируемых потоком невской воды, в створе Новосаратовки составляют, соответственно 17.6 кг/с и 556 тыс. тон в год.

5.7.2 Сток влекомых наносов

Сведения о стоке влекомых наносов р. Невы отрывочны и противоречивы. Факторы, определяющие генезис влекомых наносов,

и величина стока таких наносов, транспортируемых водами р. Невы, освещены в работах ГГИ и РГГМУ [20].

Различия в оценках стока влекомых наносов ярко характеризуют сведения, приведённые в таблице 5.10.

Таблица 5.10

Вычисленные расходы влекомых наносов (обычные условия)

Средний диаметр отложений, м	Диаметр 95% обеспеченности, м	Скорость гряды, м/сут		Расход наносов, кг/с	
		ГГИ	РГГМУ	ГГИ	РГГМУ
0,0005	0,001	1,94	1,37	3,75	4,83

По данным Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (новые сведения, помещённые на сайте в Интернете), «годовая масса влекомых наносов р. Невы составляет 65 тыс. т/год».

По результатам выполненного в 1983 году Государственным гидрологическим институтом исследования твёрдого стока р. Невы, годовой объём стока влекомых наносов составляет около 100 тыс. м³.

Натурные работы на участке от устья р. Славянки до Вантового моста (24.3-27.3 км от устья р. Невы) и на Смольнинском колене (9.3 - 12.3 км от устья), выполненные в 2003-2004 гг. ЗАО «Фирма УНИКОМ» [21], дают основания предполагать, что годовая масса влекомых наносов, по крайней мере на исследованных участках, несколько меньше величин, указанных выше.

Наметившееся уменьшение стока влекомых наносов р. Невы объясняется, в частности, сокращением объёма дноуглубительных работ на судоходном фарватере. Масштабные работы по увеличению габаритов судоходного пути в 1960 – 1980 г.

способствовали поступлению дополнительного твёрдого материала в р. Неву.

В городской черте одним из важных источников твёрдого материала являлись погрузочно-разгрузочные работы на грузовых площадках Речного порта (в основном, песчано-гравийная смесь), расположенных на правом берегу р. Невы между Володарским и Финляндским мостами.

Количественная оценка изменения стока влекомых наносов р. Невы требует проведения дополнительных исследований. В настоящее время допустимо, в качестве предварительного варианта, принять, что годовая масса влекомых наносов р. Невы в пределах плотной городской застройки составляет примерно 65 тыс. т/год (средний расход равен 2,06 кг/с).

5.8 Русловые деформации р. Невы на участке проектирования

При оценке русловых деформаций р. Невы на участке проектирования использованы планы русловых съёмок М 1:500, выполненных ООО «Фирма УНИКОМ-ГИДРО» в 2008 и в 2010 гг.

Кроме того, к анализу привлечены материалы русловой съёмки М 1:2000, произведенной ЗАО «Фирма УНИКОМ» в 2003 г. а также архивные данные о деформациях дна в районе проектирования и о геологическом строении дна р. Невы [2, 3, 20, 21].

Архивные материалы о геологическом строении дна р. Невы свидетельствуют о том, что на значительной протяженности р. Невы отмечается схожее геологическое строение дна – на поверхности пески, под ними супеси и суглинки.

Известно [22], что при значительной степени разнотерности песчаных донных отложений, а именно, при соотношении $d_{95}/d_5 > 5$

(где d_{95} и d_5 – диаметры частиц, крупнее которых в пробе, соответственно, 5 и 95 % частиц) на речном дне образуется отмостка – трудно размываемая поверхность. По данным инженерно-геологических изысканий ООО «Строительное управление № 299» [3] на участке проектирования степень разнотекстности песков такова, что соотношение d_{95}/d_5 превышает значение 25, достигая 75, т.е. наличие отмостки здесь неизбежно. Эта отмостка защищает дно от размыва.

Берега р. Невы на участке проектирования укреплены набережными, плановые деформации русла здесь отсутствуют. Поэтому наблюдаться могут только вертикальные деформации дна.

В работе [20] отмечается, что на участке проектирования на дне р. Невы не отмечается крупных подвижных русловых форм. Основной причиной деформаций дна является движение влекомых наносов в виде дефицитных (невysоких) гряд по слаборазмываемому дну. Движение этих гряд по дну реки вызывает его знакопеременные деформации. Высоты гряд изменяются в диапазоне от 0,5 до 0,75 м, реже – до 1,5 м.

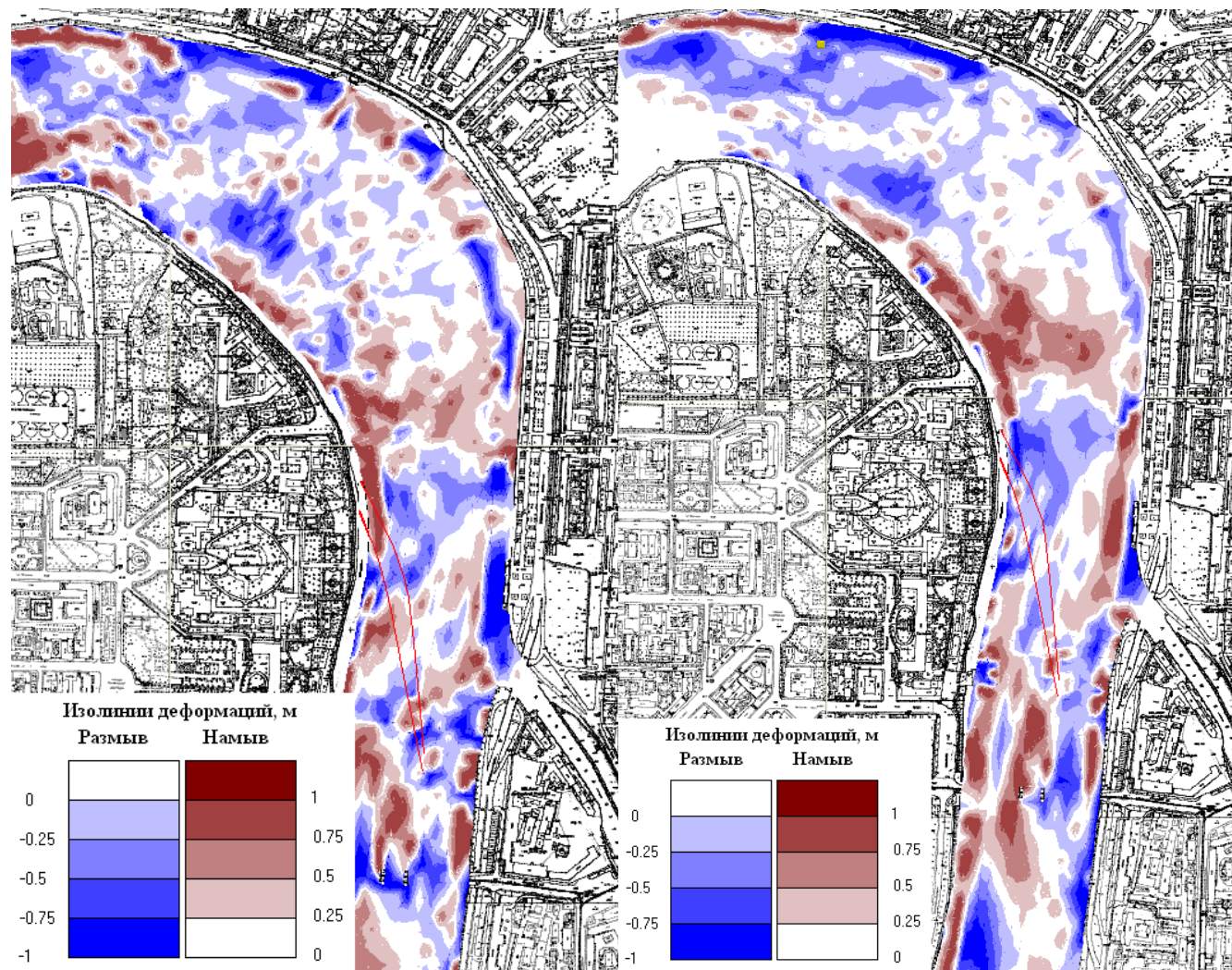
Как установлено в работе [20], движение влекомых наносов по дну р. Невы происходит периодически, охватывая локальные участки дна. Например, весной 1983 г. зона перемещения влекомых наносов наблюдалась ниже Дворцового моста и простиралась на половину расстояния до Охтинского моста. За пределами этой зоны влекомые наносы отсутствовали. Осенью того же года зона сместилась вниз по течению к Благовещенскому мосту, освободив от влекомых наносов 2/3 расстояния между мостами.

С использованием данных о величине стока влекомых наносов и гранулометрическом составе донных отложений проведен модельный эксперимент. В процессе расчетов, с использованием уравнения баланса влекомых наносов, произведен расчет

деформаций дна в условиях прохождения максимального расхода воды ($4750 \text{ м}^3/\text{с}$), когда скорости течения достигают максимальных величин и наблюдается наиболее активный транспорт наносов, а, следовательно, и наиболее значимые деформации дна. Результаты расчета, представленные на рисунке 5.10, показывают, что по поверхности отмостки в пределах рассматриваемого участка реки происходит смещение аккумулятивных образований, вызывающих знакопеременные деформации дна с величиной около 0,5-1,0 м.

Результаты модельного эксперимента подтверждает картограмма деформаций дна, построенная на основе совмещения русловых съемок 2003 и 2008 гг.

Основной вывод из анализа русловых деформаций р. Невы заключается в том, что в пределах участка изысканий преобладают величины деформаций в диапазоне от 0,5 м до 1,0 м. Причем зоны положительных и отрицательных деформаций распределены хаотически, что согласуется с данными работы [21], свидетельствующими о порционном транспорте влекомых наносов.



а)б)

Рис. 5.10. Деформации дна р. Невы при прохождении максимального расхода воды (4750 м³/с):
 а) – через сутки после начала прохождения максимального расхода;
 б) - через 2 суток после начала прохождения максимального расхода

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Составлено краткое описание участка проектирования. Оценена изученность природной среды. Дана климатическая характеристика района исследований.

Подробному анализу и обобщению подверглись вопросы, касающиеся оценке характеристик гидрологического режима р. Невы на участке Смольнинской излучины, при этом учтены изменения режима, связанные с вводом в действие Комплекса Защитных Сооружений Санкт-Петербурга (КЗС).

Особое внимание уделено оценке гидрологического режима р. Невы вблизи устья р. Б. Охты на акваториях, омывающих сооружения Главной водопроводной станции Санкт-Петербурга.

Оценено воздействие подпорных явлений на устьевом участке при подъеме уровней р. Невы.

Выполнен расчет средней по водному сечению р. Невы ниже Большеохтинского моста температуры воды за зимний период, с привлечением данных о термике сточных вод.

Методами математического моделирования определены особенности скоростной структуры водных масс на устьевом участке р. Б. Охты.

Установлены верхние пределы скорости течения на этом участке, что позволило установить направленность и интенсивность руслового процесса.

С привлечением архивных материалов выполнена оценка твердого стока на устьевом участке р. Б. Охты. Выявлены основные факторы, определяющие характер русловых деформаций на участке проектирования.

Деформации русла реки на устьевом участке в настоящее время находятся под преобладающим техногенным воздействием, направленность которого противоположна естественному процессу аккумуляции твердого материала, транспортируемого водным потоком.

Определены основные направления гидрологического обоснования работ по реконструкции водозаборного хозяйства Главной водопроводной станции Санкт-Петербурга.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Атлас Единой глубоководной системы Европейской части РФ, том 3, часть 1, 2002 г.

2. Промежуточный технический отчет об инженерно-геологических изысканиях, ОАО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ», № 2029-3700-00-ИГ-1.

3. Отчет об инженерно-геологических изысканиях выполненных ООО «Строительное управление № 299» по объекту: «Перенос насосной I-го подъема и водозаборных оголовков на Главной водонапорной станции в связи со строительством Орловского тоннеля», 2008 г.

4. Климат Ленинграда. Л.: Гидрометеиздат, 1982.

5. Справочник по климату СССР. Вып. 3. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская и Псковская области. Части II-V. ГИМИЗ, Л., 1966.

6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 3. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининская и Смоленская области. Л., Гидрометеиздат, 1988.

7. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

8. Гидрология устьевой области р. Невы. Под ред. С.С. Байдина, М., Гидрометеиздат, 1965, 383 с.

9. Нежиховский Р.А. Река Нева и Невская губа. Л., Гидрометеиздат, 1981, 109 с.

10. Нежиховский Р.А. Вопросы гидрологии реки Невы и Невской губы. Л., Гидрометеиздат, 1988, 224 с.

11.Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1, Вып. 5. РСФСР, Бассейн рек Балтийского моря, Ладожского и Онежского озёр. СЗУГКС. Л., 1981-1988.

12.Гидрологическая изученность. Т. 2, Карелия и Северо-Запад, 1965.

13.Основные гидрологические характеристики. Т. 2. Карелия и Северо-Запад, Л., Гидрометеиздат, 1966.

14.Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 гг. и весь период наблюдений). Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Под ред. З.М. Ивановой. Л., Гидрометеиздат, 1978, 670 с.

15.Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Ч. 3. Гидрографическое описание рек и озёр. Л., Гидрометеиздат, ГУГМС, 1970.

16.Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1, Вып. 5. Ч. 1,2. Бассейн рек Балтийского моря, Ладожского и Онежского озёр. Л., Гидрометеиздат, 1986, 688 с.

17.Грачев Н.Р. Об использовании методов математического моделирования русловых потоков в практике проектирования на водных путях – Водные пути и русловые процессы. Труды Академии водохозяйственных наук. Вып. 3, М., 1996 г.

18.Рекомендации по расчету длины полыньи в нижних бьефах ГЭС – П28-86/ВНИИГ. – Л.: 1986 г.

19.Козлов. Д.В. Лед пресноводных водоемов и водотоков. – М.: Изд-во МГУП, 2000 г.

20.Отчет о НИР «Обследование участков русла р. Невы в районах подводных переходов газопроводов вцелью разработки

рекомендаций по учету режима донных деформаций при эксплуатации подводных переходов» - Л., ГГИ, 1983 г.

21.Реконструкция Главной водопроводной станции со строительством нового блока и насосного отделения первого подъема с водозаборными сооружениями. Отчет о выполненных гидрологических работах. ЗАО «Фирма УНИКОМ», Шифр №363.ЛГ-2006.1.ГД, СПб, 2006 г.

22.Рекомендации по расчету трансформации русла в нижних бьефах гидроузлов. П 95-81 – Л., ВНИИГ, 1981 г.

23.Исследование способов защиты водозаборов водопровод-ных станций на р. Неве от обмерзания и поступления тел нейтральной плавучести. Техническая информация. Этап 4. – ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, СПб, 2002 г.

24.Дебольский В.К., Матоушек В., Патера А.. Образование и развитие ледовых явлений и процессов в водохранилищах и нижних бьефах. Прага, 1991 г.

25.Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности - «Водные объекты Санкт-Петербурга».-СПб.: Комитет ПООС и ОЭБ, 2002.

26.Караушев А.В. Речная гидравлика.-Л.: Гидрометеиздат 1969.