



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)

На тему Гидрологический режим  
дельты реки Невы

Исполнитель Сыроватко Михаил Александрович  
(фамилия, имя, отчество)

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

Вампилова Людмила Борисовна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой   
(подпись)

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

Исаев Дмитрий Игоревич  
(фамилия, имя, отчество)

«02» июня 2025г.

Санкт-Петербург  
2025

## Оглавление

Введение.....	3
1. Особенности гидрологического режима реки Невы .....	5
1.1. Краткая Физико-географическая и климатическая характеристика ....	5
1.1.1. Рельеф.....	5
1.1.2. Почвы и растительный покров .....	6
1.1.3. Гидрографическая сеть.....	6
1.2. Климат .....	8
1.2.1. Температура воздуха.....	11
1.2.2. Ветер.....	13
1.2.3. Опасные и неблагоприятные атмосферные явления.....	17
1.2.4. Гололедно-изморозевые явления.....	19
1.2.5. Опасные гидрометеорологические явления.....	21
1.3. Уровенный режим.....	23
1.3.1. Особенности уровенного режима.....	23
1.3.2. Расход воды и уровень воды .....	23
1.3.3. Влияние заторов и зажоров льда на уровень воды .....	24
1.4. Расходы воды .....	24
1.4.1. Общие сведения .....	24
1.4.2. Распределение стока Невы по рукавам и каналам дельты.....	26
2. Распределение расходов по рукавам дельты .....	27
2.1. Исследования Р. А. Нежиховского .....	27
2.2. Исследования С. С. Байдина .....	28
3. Расчет распределения расходов воды по рукавам правобережной дельты реки Невы.....	30
3.1. Математическая постановка задачи.....	30
3.2. Исходные данные.....	31
3.3. Результаты исследования .....	32
Заключение.....	39
Список использованной литературы .....	40
Приложение А. Внутригодовое распределение по рукавам невской дельты..	41
Приложение Б. Гидрографы рукавов невской дельты. ....	42

## Введение

Дельта реки Невы расположена в северо-западной части Европейской территории Российской Федерации. Она представляет собой сложную систему рукавов, протоков и островов. В пределах города Санкт-Петербург насчитываются порядка 60 рек, протоков и искусственных каналов. Также дельта включает в себя множество островов, таких как Васильевский, Крестовский, Петроградский и большое количество более мелких островов. Ниже Литейного моста река Нева разветвляется на ряд рукавов, мелких протоков и каналов, их общая длина составляет 165 км.

Современная речная сеть р. Невы сформировалась после окончательного исчезновения ледника, в то время, когда на месте Приневской низменности существовало Балтийское ледниковое озеро. С понижением уровня в озере происходило углубление речных долин. В современных условиях формирование дельты продолжается. Площадь островов увеличивается под действием аккумуляции наносов, следовательно уменьшаются площади живого сечения в водотоках.

В данной работе рассматриваются особенности гидрологического режима дельты реки Невы. В особенности упор был сделан на распределение стока по рукавам правобережной части реки Невы после Литейного моста.

Цель данной работы заключается в расчете распределения внутригодового стока воды по рукавам дельты реки Невы, для расчета стока использовался метод редукции максимальной невязки.

В первой главе рассматриваются особенности гидрологического режима реки Невы, уровенный режим, расходы воды в разные сезоны года, также представлена краткая физико-географическая характеристика района.

Во второй главе представлены труды С. С. Байдина и Р. А. Нежиховского, которые изучали вопрос распределения расходов воды по рукавам дельты реки Невы в XX веке.

В третьей главе представлен метод определения внутригодового распределения расходов воды по рукавам правобережной дельты.

В заключении сделаны выводы по особенностям гидрологического режима дельты реки Невы. Получено процентное распределение расходов воды по рукавам. Построены графики внутригодового распределения стока в рукавах дельты.

Актуальность работы заключается в том, что по полученным расходам воды можно легко получить скорости течений в рукавах дельты, которые могут позволить рассчитать режим перемещения наносов в течение года.

## 1. Особенности гидрологического режима реки Невы

### 1.1. Краткая Физико-географическая и климатическая характеристика

#### 1.1.1. Рельеф

Рельеф города Санкт-Петербург и его районов формировался на протяжении нескольких геологических эпох. Главные его элементы сложились ещё в дочетвертичное время и в дальнейшем подвергались действию ледников, ледниковых вод, обширных озёрных и морских бассейнов. Уровни этих бассейнов неоднократно изменялись под влиянием вековых колебаний суши в зоне балтийского щита. Результатом такой деятельности водоёмов является система расположенных на разных уровнях террас, уступов и древних береговых валов. На левобережье Невы этот уступ приподнят над уровнем моря лишь на 3-4 м, гребень служит восточной границей затопления города при наиболее грозных нагонных наводнениях. Значительная часть территории Санкт-Петербурга расположена на высотах, не превышающих 2-3 м над уровнем моря.

Окрестности Санкт-Петербурга представляют собой ступенчатую равнину, высота которой в большинстве случаев не превышает 50-100 м над уровнем моря. В пределы описываемой территории, несмотря на сравнительно небольшую площадь, входит несколько ландшафтных районов, среди которых можно выделить побережье Финского залива, Ордовикское (Ижорское) плато, Приневскую низину, моренный холмистый (камовый) район.

Согласно физико-географическому районированию, территория Санкт-Петербурга расположена на северо-западе Российской Федерации, в таёжной европейской широтно-зональной равнинной области с ландшафтами низких равнин.

Большая часть района входит в Балтийско-Ладожский ландшафтный округ, в пределах рассматриваемого региона распространён равнинный низменный слаборасчлененный рельеф.

### 1.1.2. Почвы и растительный покров

В соответствии с почвенно-географическим районированием России [8], территория Санкт-Петербурга и его окрестностей относится:

- Бореальный пояс;
- Почвенно-биоклиматическая область – В Центральная таежно-лесная область;
- Почвенная зона и подзона – В3 Южнотаежная подзона дерново-подзолистых почв;
- Почвенная провинция – В31 Прибалтийская провинция дерново-подзолистых слабогумусированных почв.

Санкт-Петербург расположен в южной подзоне тайги. Около 275 км<sup>2</sup> в северных и юго-западных районах занимают леса: сосняки (44%), березняки (38%), ельники (13%), осинники (4%). Вдоль побережья Финского залива произрастают леса из чёрной ольхи и сообщества тростника, камыша, осок. Около 2% территории занимают переходные и верховые болота; основная часть торфяников осушена и разработана. Около 44 км<sup>2</sup> занимают искусственные зелёные насаждения.

### 1.1.3. Гидрографическая сеть

Гидрографическая сеть Санкт-Петербурга представлена главной рекой северо-западной части Европейской территории Российской Федерации – рекой Невой.

Река Нева – короткая протока, длиной 74 км, соединяющая Ладожское озеро с Невской губой Финского залива. Река начинается двумя

рукавами, обтекая небольшой остров Орешек. На левом берегу Невы в ее устье располагается город Шлиссельбург, пересекаемый тремя каналами – Ново-Ладожским, Старо-Ладожским и Малоневским.

В Неву впадают 26 рек, преимущественно с левого берега, главные из них – Мга, Тосна, Ижора и Охта.

Нева протекает по широкой и довольно глубокой долине – Приневской низменности. Дно долины представляет собой плоскую заболоченную равнину. Также на приневской низменности расположены отдельные возвышенности – Колтушевская, Парголовская, Поклонная.

Река малоизвилистая, на ней имеются три крупных поворота – у Отрадного, Невского лесопарка и Смольного собора. Берега реки почти на всей ее ширине круто обрываются к воде, средняя их высота 6-9 м, высота берегов уменьшается до 2-3 метров в истоке и устье.

Нева – широкая и глубокая река, преобладающая ширина 400-600 метров, самые широкие места – вблизи истока и у места впадения реки Тосны, достигающие 1000-1250 м. Самое узкое место, шириной 210-220 м располагается в начале Ивановских порогов. Преобладающая глубина 8-11 м, наибольшая глубина 24 м – у правого берега вблизи Финляндского вокзала, наименьшая – в Ивановских порогах не превышает 4.5 м.



Рисунок 1. Река Нева

## 1.2.Климат

Город Санкт-Петербург относится к зоне умеренного климата, переходного от океанического к континентальному, с умеренно мягкой зимой и умеренно теплым летом.

Основной особенностью климата является непостоянство погоды, обусловленное частой сменой воздушных масс, которые, в зависимости от района формирования, подразделяются на морские, континентальные и арктические. Морские воздушные массы поступают с запада, юго-запада или северо-запада при перемещении через северо-западные районы России атлантических циклонов. Циклоны приносят пасмурную, ветреную погоду и осадки. Зимой они являются причиной резких потеплений, а летом, наоборот, несут прохладу. С востока, юга или юго-востока входит сухой континентальный воздух. В антициклонах, сформировавшихся в этих

воздушных массах, устанавливается малооблачная и сухая погода, летом жаркая, а зимой холодная. С севера и северо-востока, главным образом со стороны Карского моря, приходит сухой и всегда очень холодный арктический воздух, формирующийся надо льдом. Вторжения арктических воздушных масс сопровождаются наступлением ясной погоды и резким понижением температуры воздуха. В областях повышенного давления, сформировавшихся в этих воздушных массах, даже летом наблюдаются заморозки, а зимой – наиболее сильные морозы. Разнообразие синоптических процессов и частая смена воздушных масс являются причиной больших межсуточных колебаний метеопараметров. Перепады температуры воздуха, обусловленные сменой воздушных масс, могут значительно превышать амплитуду суточных колебаний и нередко достигают  $\pm 20^\circ$  и более.

По причине большой изменчивости погоды ото дня ко дню (а иногда и в течение одних суток) северо-западный регион России является одним из самых сложных для прогнозирования. Особенностью данной территории является неоднородность погодных условий по территории, обусловленная большой протяженностью области с запада на восток, разнообразием ландшафта и близостью крупных водоемов (Финский залив, Ладожское и Онежское озера). Кроме резких изменений погоды, которые сами по себе являются неблагоприятными факторами, на территории области наблюдаются практически все опасные метеорологические явления: сильные ветры, в т. ч. шквалы и смерчи, снегопады и метели, гололед, туман, сильные морозы и жара, кратковременные интенсивные ливни и продолжительные дожди, грозы, град, лесные пожары, засуха и наводнения.

В таблице 1.2.1 представлены основные климатические параметры г. Санкт-Петербурга согласно СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [11].

Таблица 1.2.1 - Основные климатические параметры г. Санкт-Петербург. По данным СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [11].

Климатические параметры	Значения
Климатический район для строительства	ПВ
<i>Климатические параметры холодного периода года</i>	
Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, - обеспеченностью 0,98 - обеспеченностью 0,92	-31 -28
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, - обеспеченностью 0,98 - обеспеченностью 0,92	-27 -24
Температура воздуха, °С, 0,94 - обеспеченностью	-11
Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	-36
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С	5,8
Продолжительность периода, (сут), со средней суточной температурой воздуха: - равной и меньше 0 °С - равной и меньше 8 °С - равной и меньше 10 °С	130 211 230
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	86
Количество осадков за ноябрь-март, мм	217
Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль	ЮЗ, 3
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/сек	3,2
Средняя скорость ветра, м/сек, за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С	2,4
<i>Климатические параметры теплого времени года</i>	
Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,95	22
Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,98	25
Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, °С	22,1
Абсолютная максимальная температура воздуха, °С	37
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, °С	8,0
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца, %	72
Количество осадков за апрель-октябрь, мм	438
Суточный максимум осадков, мм	76
Преобладающее направление ветра за июнь-август	3
Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с	2,8

Климатические параметры	Значения
<i>Средняя месячная и годовая температура воздуха</i>	
Средняя годовая температура воздуха, °С	5,6
Средняя месячная температура воздуха наиболее жаркого (июль) месяца, °С	18,3
Средняя месячная температура воздуха наиболее холодного (январь) месяца, °С	-6,6

### 1.2.1. Температура воздуха

Средняя годовая температура воздуха в Санкт-Петербурге по данным наблюдений составляет +4,4 °С. Самый холодный месяц — январь со средней температурой минус 7,8 °С. Самый тёплый месяц — июль, средняя температура равна 17,8°С. Самая высокая температура, отмеченная в Санкт-Петербурге за весь период наблюдений, +35,9 °С (июнь 2021 года), а самая низкая минус 35,6°С (январь 1940 года). Подробные значения температурного режима представлены в таблицах 1.2.2.-1.2.7.

Таблица 1.2.2 - Средняя месячная и годовая температура воздуха (1800-2021 гг.), °С.

Станция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Санкт-Петербург	-7.8	-7.6	-3.6	3.0	9.6	15.0	17.8	16.2	11.0	5.0	-0.6	-5.1	4.4

Таблица 1.2.3 - Абсолютный максимум температуры воздуха (1881-2021гг.), °С.

Месяцы												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
8.7	10.2	15.3	25.3	33.0	35.9	35.3	37.1	30.4	21.0	12.3	10.9	35.9
2007	1989	2015	2000	2014	2021	2010	2010	1992	1889	1967	2006	2021

Таблица 1.2.4 - Абсолютный минимум температуры воздуха (1881-2021 гг.), °С.

Месяцы												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-35.6	-35.2	-29.1	-21.8	-6.6	0.1	4.9	1.3	-3.1	-12.9	-22.2	-34.4	-35.6
1940	1956	1942	1881	1885	1930	1968	1966	1976	1920	1890	1978	1940

Таблица 1.2.5 - Средняя максимальная температура воздуха (1881-2021 гг.), °С

Месяцы												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-4.4	-4.2	0.4	7.8	15.0	19.7	22.3	20.3	14.7	7.9	1.9	-2.2	8.3

Таблица 1.2.6 - Средняя минимальная температура воздуха (1881-2021 гг.), °С

Станция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Санкт-Петербург	-9.8	-10.1	-6.4	0.1	6.0	11.1	14.2	12.8	8.2	3.1	-2.0	-6.8	1.7

Первый день со средней положительной температурой приходится на конец марта, а первый день со средней температурой ниже нуля — на середину ноября. Средняя продолжительность всего периода с положительной среднесуточной температурой составляет 230 дня (таблица 1.2.7).

Таблица 1.2.7 – Характеристика сезона с температурой устойчиво выше 0°С (1881-2021 гг.).

Станция	Начало			Окончание			Продолжительность		
	Средняя	Ранняя	Поздняя	Средняя	Ранняя	Поздняя	Средняя	Мин	Макс
С-Пб	30 III	26 I	27 IV	15 XI	10 X	20 I	230	180	310
Год	..	(1989)	(1893)	..	(1941)	(2007)	.	(1941)	(2015)

### 1.2.2. Ветер

На территории Санкт-Петербурга циклоническая деятельность является преобладающей в течение почти всего года. Перемещение циклонов на ЕТР в большинстве случаев с запада на восток (с юго-западной и северо-западной составляющими) обуславливает ветры западной четверти.

Средняя годовая скорость ветра составляет 2,2 м/с, изменяясь от 1,7 м/с в июле-августе до 2,6 м/с в ноябре-декабре. Годовой ход скорости ветра выражен довольно четко. В таблице 1.2.8 представлены средние месячные скорости ветра по мс Санкт-Петербург в период с 1966 по 2021 гг.

Таблица 1.2.8 – Средние месячные скорости ветра (м/с)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Санкт-Петербург	2.4	2.3	2.3	2.1	2.0	1.9	1.7	1.7	1.9	2.3	2.6	2.6	2.2

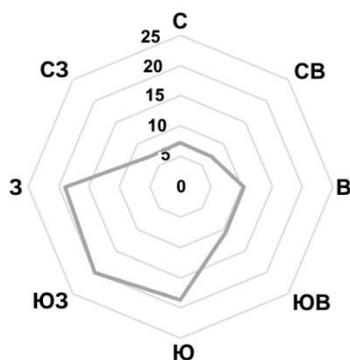
Наибольшие скорости отмечаются в холодный период года, особенно в зимние месяцы, наименьшие — летом. Южные, юго-западные и западные ветры чаще всего наблюдаются с сентября по март. В летние месяцы преобладающими становятся северные, северо-западные и западные ветра. В среднем за год преобладают ветры южные, юго-западные и западные (таблица 1.2.9). Розы ветров приведены на рисунке 2

Таблица 1.2.9 – Повторяемость направлений ветра и штиля (%) по м/с Санкт-Петербург (1966-2021 гг.).

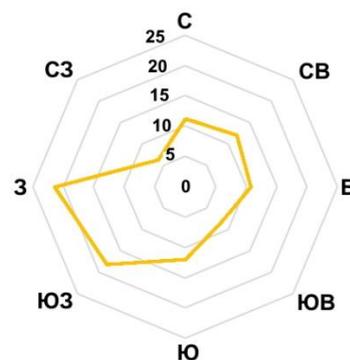
Месяцы	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Январь	7	7,2	10,8	10,5	18,2	19,7	19,5	7	7,9
Февраль	8,1	8,8	9,6	11,1	17,8	19,3	20,2	5,2	7,1
Март	8,3	8,2	10,3	10,2	16,4	20,7	20,3	5,7	7,8
Апрель	11,4	12,9	11	8,5	11,2	17,3	21,3	6,4	9,4
Май	13,9	14,7	11,2	6,2	8,6	16,2	22,6	6,7	11,2
Июнь	13,9	11,8	8,9	5,5	8,9	16,5	26,1	8,4	11,3
Июль	13	11,2	9,7	5,9	10,7	17,5	23,9	8,2	13,7
Август	11,8	10	9	6,5	12,5	18,7	22,8	8,7	14,7
Сентябрь	11,6	8,4	9,6	8,2	15,8	19,5	17	10	12,6
Октябрь	11	5,1	8,5	8,6	19,8	20,9	15,5	10,5	7,3
Ноябрь	8,4	5,2	10,4	10,4	22	20,8	13,5	9,3	3,8
Декабрь	6,9	5,5	10,8	10,2	19,8	20,7	16,9	9,2	4,8
Год	10,4	9	10	8,5	15,3	19	19,9	8	9,3

На скорость ветра существенное влияние оказывает высота, защищенность местности и флюгера. С высотой скорость ветра возрастает. На возвышенностях, берегах озер и водохранилищ, в долинах больших рек скорость ветра больше, чем на ровном участке. В больших городах скорость ветра уменьшается или увеличивается в зависимости от типа застройки.

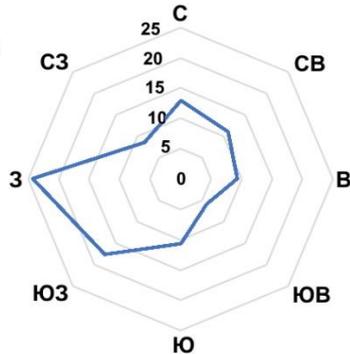
**ЗИМА**  
Штиль 6.6%



**ВЕСНА**  
Штиль 9.5%



**ЛЕТО**  
Штиль 13.2%



**ОСЕНЬ**  
Штиль 7.9%

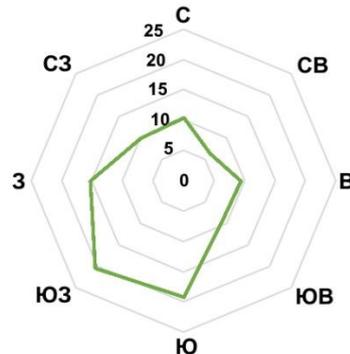


Рисунок 2 – Роза ветров

Суточный ход скорости ветра зимой сглажен. Увеличение амплитуды начинается весной, когда после схода снежного покрова усиливаются конвективные потоки воздуха. В течение всего теплого периода суточный ход скорости хорошо выражен. Наименьшие скорости ветра наблюдаются в ночные часы, особенно перед восходом солнца. С восходом солнца скорости ветра возрастают, достигая своих наибольших значений в послеполуденные часы, что обусловлено усилением турбулентного обмена между нижними и более высокими слоями атмосферы, который находится в прямой зависимости от суточного хода температуры. Суточный ход скорости ветра отчетливо проявляется при ясном небе при антициклоническом типе погоды.

Наибольшие средние скорости наблюдаются при преобладающих направлениях: западных, юго-западных и южных (таблица 1.2.10).

Таблица 1.2.10. Средняя месячная скорость ветра (м/с) различных направлений по м/с Санкт-Петербург (1966-2021 гг.).

Месяцы	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	2,2	1,9	1,8	2,5	3,1	3,1	2,7	2,2
Февраль	2,3	2	1,8	2,5	3	2,8	2,5	2,2
Март	2,4	1,9	1,8	2,4	3	2,6	2,5	2,2
Апрель	2,3	2,1	1,8	2,3	2,9	2,5	2,5	2,2
Май	2,2	1,9	1,7	2,1	2,6	2,4	2,5	2,2
Июнь	2	1,8	1,6	1,9	2,4	2,4	2,4	2,2
Июль	1,8	1,6	1,5	1,9	2,4	2,3	2,2	1,9
Август	1,8	1,5	1,5	1,8	2,4	2,4	2,3	2
Сентябрь	1,8	1,5	1,5	1,9	2,6	2,7	2,4	2
Октябрь	2,1	1,6	1,7	2,2	2,9	2,9	2,6	2,3
Ноябрь	2,3	2	1,9	2,4	3,1	3,2	2,7	2,3
Декабрь	2,2	1,8	1,9	2,4	3,3	3,3	2,7	2,3

Слабые ветры скоростью 0-1 м/с имеют наибольшую повторяемость в августе, зимой повторяемость их снижается, минимум – в ноябре (таблица 1.2.10). Скорости ветра более или равные 8 м/с (более 4 баллов) летом не превышают 1%, а зимой такие скорости наблюдаются почти в два раза чаще, что подтверждает повышенный ветровой фон в холодный период года.

В пределах территории изысканий отмечается от 7 до 28 дней с ветром со скоростью 15 м/с и более. Наибольшая суммарная продолжительность сильных ветров отмечается зимой, когда велики перепады давления, обусловленные хорошо выраженной атмосферной циркуляцией. К лету интенсивность циркуляции снижается, уменьшаются перепады давления и соответственно понижаются скорости ветра. За год сильные ветры

наблюдаются около 180 ч. Максимальные ветра чаще наблюдаются в октябре. Непрерывная продолжительность сильного ветра также наибольшая в холодный период, а наименьшая — в теплый. Возникновение сильных ветров в теплый период чаще всего связано с интенсивной внутримассовой конвекцией. Сильные шквалистые, но обычно непродолжительные ветры возникают при прохождении фронтов и активной грозовой деятельности с выпадением ливневых осадков, и града. По информации, размещенной на сайте ГУ МЧС России по Ленинградской области, максимальная скорость ветра – до 32 м/с.

Таблица 1.2.11. – Повторяемость (%) различных градаций скорости ветра (год) по м/с Санкт-Петербург (1966-2021 гг.)

Месяц	Скорость ветра, м/с									
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20
I	29,29	48,83	19,34	2,41	0,13	0	0	0	0	0
II	29,35	51,85	16,98	1,73	0,09	0	0	0	0	0
III	30,94	51,4	15,95	1,64	0,06	0	0	0	0	0
IV	33,97	51,26	13,39	1,31	0,07	0,01	0	0	0	0
V	38,25	50,22	10,77	0,73	0,03	0	0	0	0	0
VI	40,17	49,31	9,95	0,57	0	0	0	0	0	0
VII	44,54	47,98	7,18	0,28	0,01	0	0	0	0	0
VIII	45,55	46,19	7,82	0,38	0,05	0,01	0	0	0	0
IX	42,15	46,34	10,75	0,7	0,05	0	0	0	0	0
X	30,15	51,9	16,15	1,67	0,12	0,01	0	0	0	0
XI	22,79	54,17	20,23	2,65	0,15	0	0	0	0	0
XII	24,02	51,16	21,77	2,91	0,13	0	0	0	0	0
Год	29,29	48,83	19,34	2,41	0,13	0	0	0	0	0

### 1.2.3. Опасные и неблагоприятные атмосферные явления

#### 1.2.3.1. Грозы

Грозы представляют собой электрические разряды между облаками или облаками и землей. Они наблюдаются при кучево-дождевой облачности и сопровождаются часто ливневыми осадками, шквалистым ветром, иногда выпадением града. Грозы могут вызывать повреждения линий связи, электропередачи, аварии самолетов, пожары.

Наблюдаются грозы преимущественно при прохождении холодных фронтов, несколько реже бывают грозы в местных воздушных массах в результате мощных восходящих потоков над разогретой поверхностью земли.

В таблице 1.2.12 указано количество дней с грозой.

Таблица 1.2.12. Количество дней с грозой по м/с Санкт-Петербург (1966-2021 гг.)

Показатели	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
среднее	0.0 7	0.0 2	0.0 2	0.1 8	1.6 3	2.9 3	4.2 9	3.1 4	0.8 6	0.1 4	0.0 5	0.0 5	13.3 8
наиб.	2	1	1	1	6	10	12	8	4	1	1	1	32

Средняя продолжительность гроз в год составляет 18,90 часов. Наиболее продолжительные грозы случаются в июле.

### 1.2.3.2. Туманы

Туман представляет собой скопление взвешенных в воздухе продуктов конденсации (мельчайших капелек или кристаллов, а в переходные сезоны тех и других вместе), ухудшающих видимость до 1 км и менее. По характеру образования туманы бывают адвективными, радиационными и адвективно-радиационными. Адвективные туманы — образуются вследствие охлаждения тёплого влажного воздуха при его движении над более холодной поверхностью суши или воды. Их интенсивность зависит от разности

температур между воздухом и подстилающей поверхностью и от влагосодержания воздуха.

Радиационные туманы образуются преимущественно при выхолаживании ночного воздуха и наблюдаются чаще всего ночью и в предутренние часы. Продолжительность их невелика и при повышении температуры с восходом солнца они, как правило, рассеиваются.

В таблице 1.2.13 указано количество дней с туманами.

Таблица 1.2.13. Количество дней с туманом по м/с Санкт-Петербург (1966-2021 гг.)

Показатели.	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее.	1.5	1.8	2.2	1.5	0.6	0.2	0.2	0.6	1.2	1.2	1.3	1.6	14.3
наиб.	5	8	3	0	6	0	1	6	3	0	9	1	2
	7	10	8	6	4	2	2	4	4	5	7	7	34

Средняя продолжительность туманов в год составляет 49,4 часа, средняя продолжительность тумана в день с туманом составляет 3 часа.

#### 1.2.4. Гололедно-изморозевые явления

Обледенение проводов происходит при оседании на них переохлажденной воды, находящейся в воздухе в виде мороси или дождя, тумана (гололед, зернистая изморозь), при образовании на проводах кристаллов льда путем сублимации водяного пара, содержащегося в воздухе (кристаллическая изморозь). При изменении метеорологических условий один вид отложений может осаждаться на другой (сложное отложение). Наиболее часто отложение гололеда происходит при температуре от 0 до минус 5°C и чрезвычайно редко при температуре ниже минус 10 °C.

Зернистая изморозь чаще всего образуется при температуре от минус 5° до минус 10°C, кристаллическая — при более низкой температуре (минус 10° - минус 20°C), а сложные отложения — при температуре от 0 до минус 20 °C.

Отложения гололеда наблюдаются при прохождении теплых фронтов или фронтов окклюзии, температурный фон повышен и скорость ветра значительна (более 6 м/с). Изморозь любого вида чаще всего образуется внутри одной воздушной массы при радиационном выхолаживании, поэтому температурный фон понижен и скорость ветра незначительна, а также и при адвекции теплых воздушных масс. Налипание мокрого снега на провода также чаще всего связано с прохождением атмосферных фронтов, почти в 50% скорость ветра превышает 10 м/с.

Размеры отложений и интенсивность их образования зависят от температуры и влажности воздуха, скорости ветра и от продолжительности процесса. К тому же на распределение гололеда и изморози оказывает значительное влияние рельеф и микрорельеф местности, а также высота подвеса и диаметр провода.

Число дней с обледенением гололедного станка представлено в таблицах 1.2.14 – 1.2.15.

Таблица 1.2.14 - Среднее число дней с обледенением всех видов (по визуальным наблюдениям), м/с Санкт-Петербург (1966-2021 гг.).

Характеристика	Месяц											Год
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	
гололед	.	.	0.02	0.52	1.11	1.45	0.93	0.20	0.07		.	4.29
изморозь	.	.	0.04	0.59	2.88	4.98	4.23	2.34	0.18		.	15.23
обледенение всех видов	.		0.16	3.14	7.09	10.16	12.54	9.98	9.41	5.61	0.75	58.89

Таблица 1.2.15 - Наибольшее число дней с обледенением всех видов (по визуальным наблюдениям), м/с Санкт-Петербург (1966-2021 гг.).

Характеристика	Месяц											Год
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	
гололед	.	.	1	7	6	8	5	2	2		.	13
изморозь	.	.	1	5	13	25	15	13	2		.	41
обледенение всех видов	.	3	13	17	22	25	24	19	13	5	2	87

### 1.2.5. Опасные гидрометеорологические явления

Перечень опасных гидрометеорологических явлений, составленный СЗУГМС, представлен в Таблице 1.2.16.

Наиболее опасным метеорологическим явлением в исследуемом районе, является сильный ветер. Сильный ветер со снегопадом могут привести к поломке опор и обрыву линий электропередач, проводной связи, разрушению оконных проемов, крыш объектов, в том числе – вследствие падения деревьев.

Сильный ливневой дождь, с количеством выпавших осадков не менее 50 мм за 12 ч. и менее, представляет собой угрозу затопления данной территории в летние месяцы, когда количество выпадающих осадков максимально - более 100 мм за двое суток.

Таблица 1.2.16 – Список опасных гидрометеорологических явлений, имеющих место на территории изысканий (в соответствии с приложениями Б. СП 482.1325800.2020)

Процессы и явления	Количественные показатели проявления	Проявление на территории изысканий
Ветер	Скорость более 30 м/с	16.07.2001 (32 м/с)
Сильный ветер	Движение воздуха относительно земной поверхности максимальной скоростью 25 м/с и более.	02.10.1994 (27 м/с) 15.06.1998 (27 м/с) 30.11.1999 (26 м/с) 05.12.2015 (25 м/с) 30.06.2020 (25 м/с)
Дождь	Слой осадков более 50 мм за 12 часов и менее	12.06.1967 (76 мм) 16.07.1993 (53.7 мм) 08.08.1994 (52.2 мм) 06.07.2000 (58.1 мм) 16.07.2002 (69 мм) 14.07.2007 (53 мм)
Ливень	Слой осадков более 30 мм за 1 ч и менее	Не наблюдались
Гололед	Отложение льда на проводах толщиной более 25 мм	Не наблюдались
Смерч	любые	01.06.1967, 18.10.1969, 28.02.1970
Сильный град	Град диаметром не менее 20 мм	07.06.2019 15.05.2021 22.05.2023 16.10.2023

### 1.3. Уровенный режим

#### 1.3.1. Особенности уровенного режима

Особенностью уровенного режима реки Невы является одновременное влияние Ладожского озера, из которого река берет свое начало, и Финского залива, куда Нева впадает.

По характеру гидрологического режима реку можно разделить на два участка:

Верхний – от истока до Ивановских порогов, где режим формируется под влиянием Ладожского озера;

Нижний – от Ивановских порогов до устья реки, где на гидрологический режим большее воздействие оказывает Финский Залив.

Однако при достижении уровня воды у гидрологического поста Горный институт отметок 2.5 – 3.0 м БС распространение подпора прослеживается выше Ивановских порогов.

Для устьевой части – дельты реки Невы наибольшее значение имеют колебания уровня воды, связанные со сгонно-нагонными явлениями в Невской губе и вторжениями длинных волн, образованных в Балтийском море, движущиеся в Финский залив и Невскую губу. Эти факторы приводят к подъему уровней воды в дельте реки Невы.

#### 1.3.2. Расход воды и уровень воды

Изменение уровня воды в истоке реки сразу же сказывается на ее расходе. С повышением уровня воды увеличивается расход, и наоборот. В истоке реки на режим прямое влияние оказывает Ладожское озеро, здесь уровень воды в реке напрямую связан с уровнем в озере. По направлению от истока до устья влияние Ладожского озера ослабевает. В устьевой части реки на уровень большое влияние оказывают нагонные явления с Финского залива.

### 1.3.3. Влияние заторов и зажоров льда на уровень воды

На Неве ледяной покров возникает из скопления битого льда и шуги, спрессованных в довольно толстый слой, и затем схваченный морозом. Такой слой льда уменьшает водное сечение и создает дополнительное сопротивление, что вызывает подъем уровня воды.

Заторы и зажоры на Неве встречаются в период замерзания и весеннего ледохода.

Заторы льда во время весеннего ледохода приносят повышение отметки уровня воды выше места затора. Заторы льда происходят из-за нагона льда из Ладожского озера. Льды скапливаются у верхней границы еще не освободившегося ото льда участка реки, вызывая их торошение, тем самым возникает подъем уровня воды.

Зажоры льда могут вызывать подъем и падения уровня воды. Подъем уровня происходит выше места зажора, скопление мелкобитого льда уменьшает живое сечение русла реки, что вызывает подъем уровня. Ниже зажора уровень воды в реке падает. Чаще всего зажоры образуются между Ивановскими порогами и Большеохтинским мостом.

## 1.4. Расходы воды

### 1.4.1. Общие сведения

Расходы воды в реке Неве сильно взаимосвязаны с наполнением Ладожского озера, которое формируется под влиянием стокообразующих факторов на всем Невско-Ладожском водосборе. Также на расходы воды влияют сгонно-нагонные и зажорно-заторные явления, и подпор воды со стороны Финского залива.

Среднегодовой расход реки Невы, подсчитанный за длительный период, составляет 2540 м<sup>3</sup>/с.

Внутригодовое распределение стока Невы значительно зарегулировано, что обусловлено особенностями Невско-Ладожского

бассейна. В таблице 1.4.1 представлено процентное внутригодовое распределение стока Невы, подсчитанное в гидростворе Новосаратовка. На рисунке 3 представлен типовой гидрограф стока Невы у Новосаратовки.

Таблица 1.4.1. Процентное внутригодовое распределение стока р. Невы.

Характеристика водности	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средний	5.8	5.7	6.1	8.2	10.0	10.3	10.1	9.8	9.5	9.2	8.5	6.8
Средний по водности (1927)	5.4	5.3	8.0	8.6	9.6	10.2	10.3	9.9	9.6	9.2	7.7	6.1
Многоводный (1924)	6.3	6.3	6.6	8.4	9.7	10.1	10.0	9.5	9.0	8.6	8.2	7.3
Маловодный (1940 г)	4.7	4.8	5.8	8.0	11.2	11.1	9.6	9.1	9.5	9.6	8.7	7.9

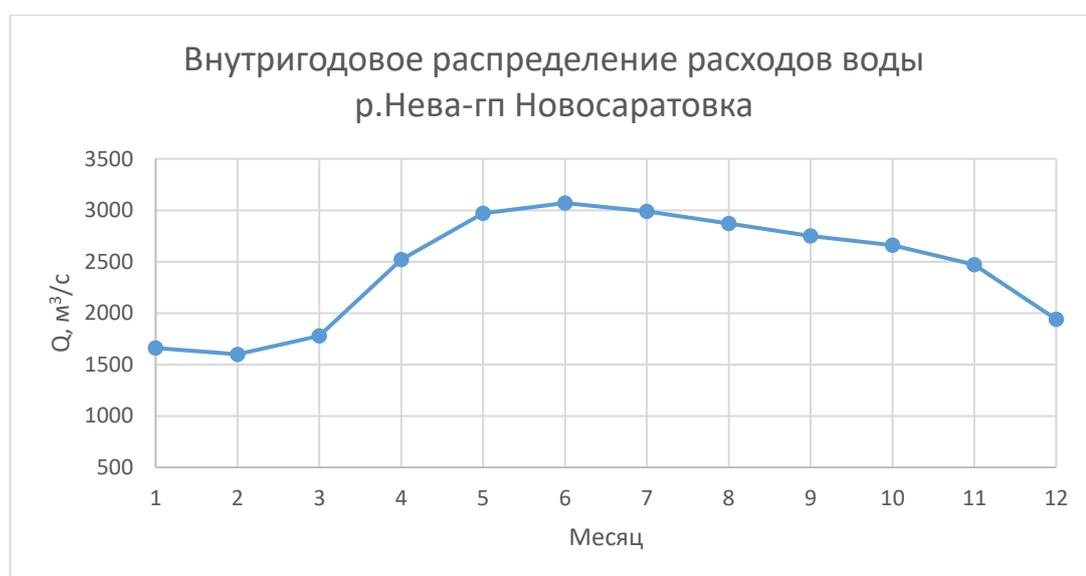


Рисунок 3. Гидрограф реки Невы у Новосаратовки

Сток воды по сезонам имеет плавное распределение. На летние месяца приходится наибольшая доля стока, следовательно летняя межень отсутствует. Наименьший сток наблюдается в конце января – начале февраля. В эти же даты отмечены наименьшие уровни воды на реке. Максимальный сток достигается в конце мая – начале июня.

Минимальные расходы всегда наблюдаются зимой. Это обусловлено истощением запаса влаги в бассейне реки к моменту ледообразования, также

из-за сокращения водного сечения рек в период ледообразования, поступающих в бассейн.

Расходы начинают возрастать в период весеннего снеготаяния и освобождением реки от ледостава. Из-за естественной зарегулированности Невы обилием озер в ее бассейне половодье растянуто во времени.

#### 1.4.2. Распределение стока Невы по рукавам и каналам дельты

Вопросом о том, как распределяются расходы воды по рукавам и каналам дельты реки занимались многие авторы. Распределение происходит в результате взаимодействия многих факторов. Сюда относятся гидрологические характеристики (уровень, расход в вершине дельты, сгоны и нагоны), морфологические и гидравлические характеристики (уклон водной поверхности, ширина, площадь живого сечения и другие). Все эти характеристики одновременно воздействуют на распределение стока.

Уклон водной поверхности определяется уровнями в вершине и устье дельты, однако, на уровень в вершине оказывает влияние сток реки, а уровень в устье зависит от сгонно-нагонных явлений и от приливом (отливов).

Влияние морфометрических особенностей на распределение стока определяется строением бара в дельте, дно рукавов повышается к устью дельты.

Влияние Финского залива на характер распределения стока выражается в создании переменного подпора, под действием которого резко изменяется уклон водной поверхности. Действие подпора сильнее всего оказывает свое влияние на рукавах Малой Невы, Малой Невке и Средней Невке.

## 2. Распределение расходов по рукавам дельты

### 2.1. Исследования Р. А. Нежиховского

Исследования Нежиховского о распределении расхода по рукавам дельты реки Невы выполнялись по полученным результатам расходов воды Г. В. Ардашевой [5,6]. Методика работы состояла в применении обобщения натурных материалов, а именно:

- для получения распределения стока использовались все измеренные расходы, как синхронные в нескольких рукавах, так и одиночные. Несмотря на место измерения расхода, они объединялись в группы и относились к гидрометрическому створу с наибольшим числом измерений или же к створу в верхней части бесприточного участка;

- строилась и устанавливалась графическая зависимость расхода воды в рукаве или в канале от уровня в створе у Шлиссельбурга, а не от расхода реки Невы выше дельты. Следовательно, исключалась ошибка измерения общего расхода воды;

- На графиках связи расхода от уровня средние линии проводились так, чтобы обеспечить увязку водного баланса. Например, сумма расходов Большой и Малой Невки была равна расходу в истоке Большой Невки.

Результаты, полученные Ардашевой по основным рукавам дельты были уточнены и дополнены Нежиховским.

Средние многолетние расходы воды по нескольким рукавам и каналам невской дельты, рассчитанные Р. А. Нежиховским представлены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1. Средние многолетние расходы воды по рукавам невской дельты.

Водоток (пункт наблюдений)	Расход воды, м <sup>3</sup> /с
Р. Нева (Новосаратовка)	2500
Р. Большая Нева (мост Лейтенанта Шмидта)	1500
Р. Малая Нева (Тучков мост)	475
Р. Ждановка (исток)	14
Р. Большая Невка (исток)	475
Р. Большая Невка (после истока Малой Невки)	245
Р. Большая Невка (после истока Средней Невки)	63
Р. Малая Невка (между реками Ждановкой и Карповкой)	224
Р. Малая Невка (после устья р. Ждановки)	239
Р. Средняя Невка (исток)	144
Р. Средняя Невка (после устья р. Крестовки)	188
Р. Карповка (исток)	2
Р. Крестовка (исток)	10

По полученным данным из результатов Нежиховского видно, что большая часть стока распределяется между Большой Невой, Малой Невой и Большой Невкой. Поток воды, который движется в Большой Невке, ниже по течению разделяется на три потока – Малую Невку, которая забирает в себя около 9% от общего стока в дельте и Среднюю Невку (8%), сама Большая Невка после отделения от себя Средней Невки становится наименьшей из трех потоков и забирает на себя около 3% стока. Также сток распределяется по коротким протокам (р. Ждановка, р. Крестовка и р. Карповка), соединяющих рукава между собой.

## 2.2. Исследования С. С. Байдина

К решению вопроса о распределении стока по рукавам невской дельты используются синхронные измерения расходов воды [4]. Синхронные

измерения производились в системах Большой Невы, Большой Невки и в фарватерах взморья.

Если при измерениях существовал разрыв во времени, иногда доходивший до нескольких часов, то соблюдение синхронности измерения оценивалось по совмещенным графикам хода уровня в устье на водомерных постах Горный институт и Кронштадт. На кривые колебания уровня воды наносилось время измерения каждого расхода.

Полученные измерения позволили сделать анализ, что расход основных трех рукавов (Большой Невы, Малой Невы и Большой Невки) составляет 98% от общего стока, остальные 2% процента приходятся на Фонтанку.

Расход воды в системе рукава Большая Невка составляет порядка 17% от общего стока. Расход между рукавами Большая и Малая Невка распределяется примерно поровну и составляет 9%. По данным измерений в Среднюю Невку поступает около 6%, в реку Карповку 0.1%.

### 3. Расчет распределения расходов воды по рукавам правобережной дельты реки Невы

#### 3.1. Математическая постановка задачи

Решением системы уравнений при сложных разветвлениях русла реки, требует достаточно сложных математических вычислений.

Способом решения является метод редукции максимальной невязки [3,10,12]. Методика расчета состоит в следующем.

На первом этапе выделяются узлы деления и слияния потоков. На отдельных участках при резком изменении морфологических характеристик назначаются дополнительные узлы в месте резкого изменения. На каждом узле определяются его морфометрические характеристики (ширина, площадь живого сечения) – эти характеристики получены по лоции реки Невы.

На следующем этапе определяются длины рукавов, соединяющих узлы невской дельты. На каждом узле назначается отметка уровня воды.

Затем, считаются модули расходов по формуле (1):

$$K = F \times C \times \sqrt{h} \quad (1)$$

После, для каждого узла считается расход по каждому из рукавов, при этом, средний модуль расхода считается как среднее значение модуля самого узла и его соседнего. Расход воды в рукаве рассчитывается по формуле (2):

$$Q = K_{\text{ср}} \times \sqrt{\frac{\Delta z}{L}} \quad (2)$$

Считается суммарный расход в узле. Подобная операция проводится для всех узлов дельты. Решением системы уравнений является равенство нулю всех суммарных расходов в узлах.

На начальном этапе нам неизвестно распределение отметок свободной поверхности по узлам, поэтому  $\sum Q$  в узлах на начальном этапе не будет равняться нулю.

Для уравнивания  $\sum Q$  в узлах выбирается значение с максимальной невязкой. Далее, для узла с максимальной невязкой по расходам подбирается

такая отметка свободной поверхности в узле, чтобы сумма приходного стока в узел равнялась сумме вытекающего стока. Иначе  $\sum Q \leq \varepsilon$ ,  $\varepsilon$  – маленькая наперед заданная величина, в нашем случае,  $\varepsilon = 0.1 \text{ м}^3/\text{с}$ . Расчет для всех узлов повторяется и по результатам расчета уравнивается следующий узел с максимальной невязкой. Операция продолжается до тех пор, пока  $\sum Q$  во всех узлах не станет меньше  $\varepsilon$ .

### 3.2. Исходные данные

Для выполнения исследования использовалась карта-лоция невиской дельты из Атласа единой глубоководной системы европейской части РФ [2].

Для задачи начального расхода воды по гидропосту «р. Нева – д. Новосаратовка» использовались архивные материалы за 1859-1981 годы [1,7,9]. В таблице 3.2.1 представлены характерные расходы воды р. Невы у Новосаратовки.

Таблица 3.2.1. Характерные расходы воды р. Невы у Новосаратовки

Характерный расход воды	Наименьший		Средний	Наибольший	
	м <sup>3</sup> /с	год		м <sup>3</sup> /с	м <sup>3</sup> /с
Средний годовой	1340	1940	2500	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

Для задачи исходных расходов, притекающих в невискую дельту, усреднялись репрезентативные среднемесячные расходы воды по гидропосту «р. Нева-Новосаратовка». Усредненные значения представлены в таблице 3.2.2.

Таблица 3.2.2. Многолетние среднемесячные расходы воду по гидропосту «р. Нева-Новосаратовка»

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	1660	1600	1780	2520	2970	3070	2990	2870	2750	2660	2470	1940

Для задачи уровней воды в замыкающем створе использовались данные по гидропосту, расположенного около Горного института. На рисунке 4 представлен внутригодовой ход уровней воды по гидропосту.

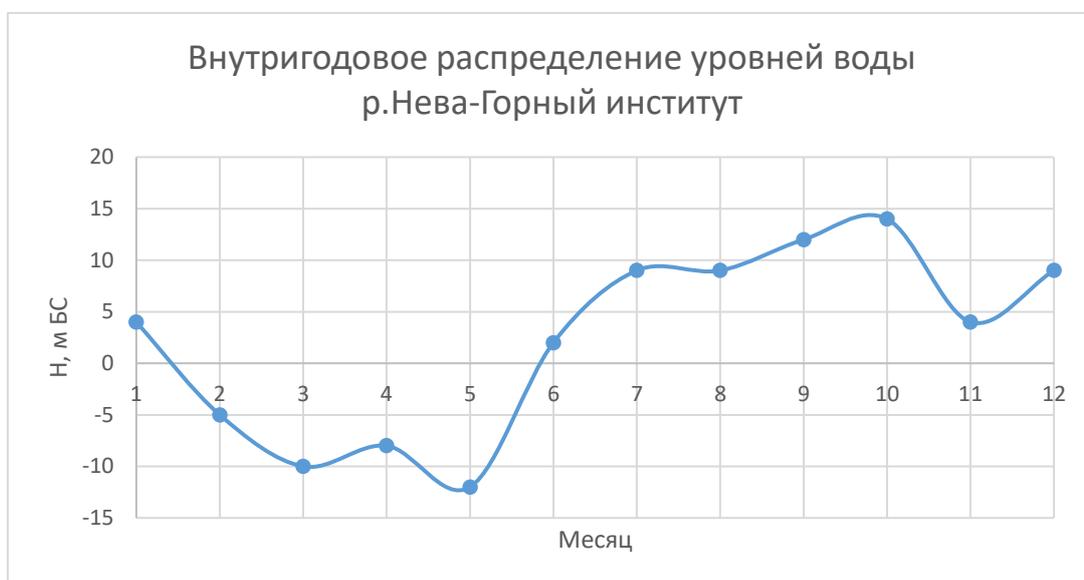


Рисунок 4. Внутригодовой ход уровней воды

### 3.3. Результаты исследования

Для вычисления распределения стока воды по рукавам невской дельты в первую очередь намечались расчетные створы, их расположения представлено на рисунке 4.

По ним были рассчитаны основные гидравлические и морфологические характеристики, такие как ширина, площадь живого сечения и средняя глубина. Результаты представлены в таблице 3.3.1.



$$Q = K_{\text{ср}} \times \sqrt{\frac{\Delta z}{L}} \quad (2)$$

$K_{\text{ср}}$  – среднее значение модуля расхода самого узла и его соседнего;

$\Delta z$  – разница в отметках уровня воды узла и соседнего;

$L$  – длина рукава.

Для каждого узла считается суммарный расход в узле, решением является равенство нулю всех сумм расходов в узлах.

После этого для всех  $\sum Q$  выбирается максимальное значение. Далее, для узла с максимальной невязкой подбирается такая отметка свободной поверхности в узле, чтобы суммарный расход притекающего стока в узел равнялась суммарному вытекающему расходу из узла. Расчет для всех узлов повторяется и по результатам расчета уравнивается следующий узел с максимальной невязкой. Операция продолжается до тех пор, пока  $\sum Q$  во всех узлах не станет меньше наперед заданной малой величины равной  $\varepsilon = 0,1$ .

Таким образом, в результате проведенного расчета было получено процентное распределение стока воды по рукавам дельты реки Невы. Результаты представлены в таблице 3.3.1.

Таблица 3.3.1. Процентное распределение стока воды по узлам дельты реки Невы.

№ узлов	Название узлов	%
1-13	р. Нева (Литейный мост-Троицкий мост)	82.78
1-12	р. Нева (Литейный мост)-р. Большая Невка (до истока р. Карповки)	17.22
13-14	р. Нева (Троицкий мост)-р. Нева (Стрелка Васильевского острова)	82.78
14-6	р. Нева (Стрелка Васильевского острова)-р. Большая Невка (Галерный остров)	48.64

14-7	р. Нева (Стрелка Васильевского острова)-р. Малая Нева (до истока р. Ждановка)	34.15
5-2	р. Большая Нева (Галерный остров)-замыкающий створ (Невская губа)	42.82
7-4	р. Малая Нева (до истока р. Ждановка)-р. Малая Нева(яхт-клуб)	31.20
7-8	р. Ждановка(исток)-р. Ждановка(устье)	2.95
8-4	р. Малая Невка (после устья р. Ждановка)-р. Малая Невка(яхт-клуб)	10.60
4-2	слияние р. Малая Невка и р. Малая Нева-замыкающий створ (Невская губа)	41.80
12-11	р. Большая Невка (Гренадерский мост)-р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)	16.33
12-15	р. Карповка (исток)-р. Карповка (устье)	0.88
11-10	р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)-р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)	8.98
11-16	р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)-р. Малая Невка (до истока р. Крестовка)	7.36
10-3	р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)-р. Большая Невка (слияние с р. Средней Невкой)	3.07
10-9	р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)-р. Средняя Невка (после устья р. Крестовка)	5.91
16-15	р. Малая Невка (после истока р. Крестовка)- р. Малая Невка (Большой Крестовский мост)	6.76
16-9	р. Крестовка(исток)-р. Крестовка(устье)	0.59

Анализируя данные из таблицы 3.3.1 видно, что наибольший сток распределяется между Большой Невкой (17.22%), Малой Невой (34.15%) и Большой Невой (48.64%). Малые рукава, такие как Крестовка, Карповка и Ждановка имеют наименьшее процентное распределение стока, не превышая 3% от общего количества поступающего стока в невскую дельту.

При движении к Невской губе Большая Невка разделяется на 3 рукава – Малую Невку (7.36%), Среднюю Невку (5.91%) и Большую Невку (3.07%). Таким образом, Большая Невка отделив от себя Малую и Среднюю Невки становится наименьшей из 3 рукавов.

Полученные данные по процентному распределению позволяют рассчитать внутригодичное распределение по рукавам невской дельты. Используя полученное процентное распределение стока из таблицы 3.3.1, рассчитывается внутригодичное распределение расходов воды по рукавам дельты реки Невы. По полученным значениям построены гидрографы по рукавам.

В качестве примера расчета в таблице 3.3.2 и на рисунке 6 представлено внутригодичное распределение в узле 7-8 (от истока до устья р. Ждановки) и в узле 16-9 (от истока до устья р. Крестовки). Остальные внутригодичные распределения расходов по рукавам невской дельты представлены в приложение А, гидрографы – в приложение Б.

Таблица 3.3.2. Внутригодичное распределение расходов воды в рукавах дельты реки Невы (р. Ждановка и р. Крестовка)

№ узла	Название узлов	Расходы по месяцам											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7-8	р. Ждановка(исток)-р. Ждановка(устье)	48.919	47.150	52.455	74.262	87.523	90.470	88.112	84.576	81.040	78.388	72.788	57.170
16-9	р. Крестовка(исток)-р. Крестовка(устье)	9.803	9.449	10.512	14.882	17.540	18.130	17.658	16.949	16.240	15.709	14.587	11.457

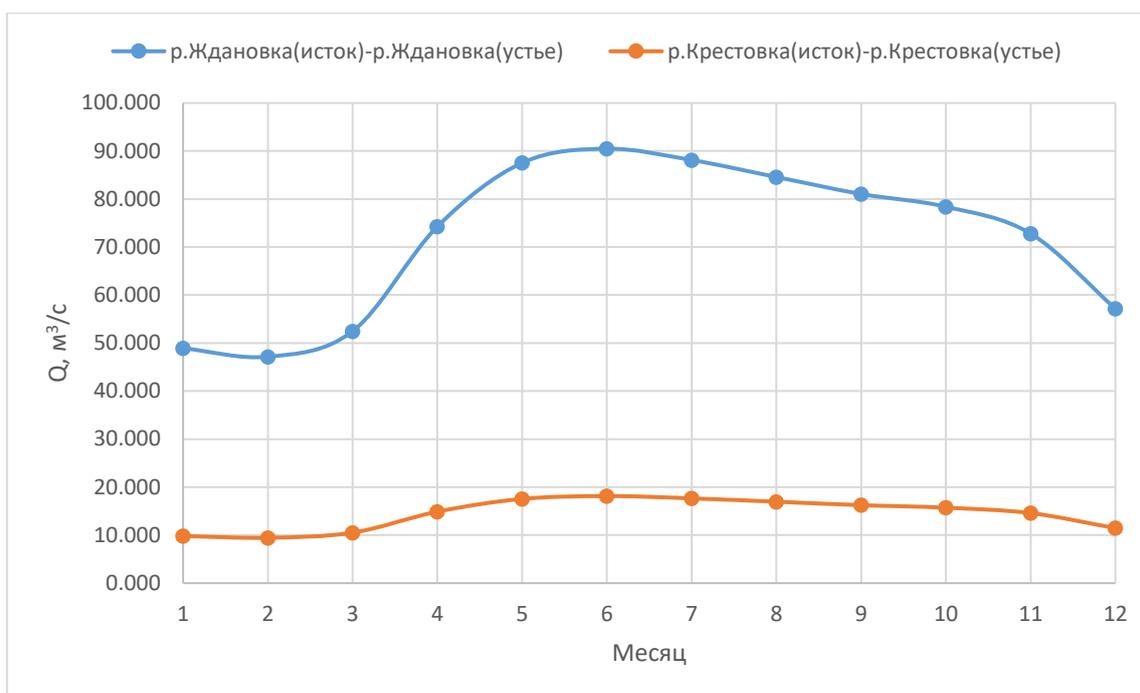


Рисунок 5. Гидрографы в рукавах дельты реки Невы (р. Ждановка и р. Крестовка)

Внутригодовое распределение расходов воды и гидрографы по остальным рукавам невской дельты представлены в приложении.

По полученным значениям расходов воды и их площадям водных сечений были рассчитаны средние скорости воды в рукавах невской дельты. Расчеты характеристик представлены в таблице 3.3.3.

Таблица 3.3.3. Скорости воды в рукавах Невской дельты.

№ узлов	Название узлов	$Q_{ср}$ , $m^3/c$	F, $m^2$	V, $m^2/c$
1-13	р. Нева (Литейный мост-Троицкий мост)	2019.948	3927	0.514
1-12	р. Нева (Литейный мост)-р. Большая Нева (до истока р. Карповки)	420.052	1190	0.353
13-14	р. Нева (Троицкий мост)-р. Нева (Стрелка Васильевского острова)	2019.948	3927	0.514
14-6	р. Нева (Стрелка Васильевского острова)-р. Большая Нева (Галерный остров)	1186.780	1740	0.682
14-7	р. Нева (Стрелка Васильевского острова)-р. Малая Нева (до истока р. Ждановка)	833.168	1669	0.499
5-2	р. Большая Нева (Галерный остров)-замыкающий створ (Невская губа)	1044.786	2952	0.354
7-4	р. Малая Нева (до истока р. Ждановка)-р. Малая Нева(яхт-клуб)	761.264	1766	0.431

7-8	р. Ждановка(исток)-р. Ждановка(устье)	71.904	147	0.489
8-4	р. Малая Невка (после устья р. Ждановка)- р. Малая Невка(яхт-клуб)	258.547	896	0.289
4-2	слияние р. Малая Невка и р. Малая Нева- замыкающий створ (Невская губа)	1019.810	3312	0.308
12-11	р. Большая Невка (Гренадерский мост)-р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)	398.469	1085	0.367
12-15	р. Карповка (исток)-р. Карповка(устье)	21.583	60	0.360
11-10	р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)- р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)	219.000	919	0.238
11-16	р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)- р. Малая Невка (до истока р. Крестовка)	179.469	919	0.195
10-3	р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)-р. Большая Невка (слияние с р. Средней Невкой)	74.868	314	0.238
10-9	р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)-р. Средняя Невка (после устья р. Крестовка)	144.132	314	0.459
16-15	р. Малая Невка (после истока р. Крестовка)- р. Малая Невка (Большой Крестовский мост)	165.059	606	0.272
16-9	р. Крестовка(исток)-р. Крестовка(устье)	14.410	85	0.170

## Заключение

Составлено краткое описание района исследования. Дана климатическая характеристика, оценена изученность природной среды.

Особое внимание уделено исследованиям С. С. Байдина и Р. А. Нежиховским по вопросу распределения расходов воды по рукавам невской дельты.

В рукавах системы дельты реки Невы разбиты расчетные створы и узлы. В них определены основные морфологические и гидрологические характеристики.

По методу редукции максимальной невязки рассчитано процентное распределение стока по рукавам невской дельты.

По осредненным данным многолетних расходов воды по гидропосту «р.Нева-Новосаратовка» получено внутригодовое распределение расходов воды и построены гидрографы по рукавам правобережной дельты.

Рассчитаны средние скорости воды по полученным площадям живого сечения и расходов воды.

## Список использованной литературы

1. Гидрологическая изученность. Т. 2, Карелия и Северо-Запад, 1965
2. ГБУ «Волго-Балт». Атлас единой глубоководной системы европейской части РФ Том 3, часть I Волго-Балтийский водный путь (Река Нева). – Санкт-Петербург: ГБУ «Волго-Балт», 2007 год. – 61 с.
3. Караушев А.В. Речная гидравлика.-Л.: Гидрометеиздат, 1969.
4. Московское отделение Гидрометиздата. Гидрология устьевой области Невы под редакцией С. С. Байдина. – Москва. 1965 год. – 382 с.
5. Нежиховский Р.А. Река Нева и Невская губа. Л., Гидрометеиздат, 1981, 109 с
6. Нежиховский Р.А. Вопросы гидрологии реки Невы и Невской губы. Л. Гидрометеиздат, 1988, 224 с.
7. Основные гидрологические характеристики. Т. 2 Карелия и Северо-Запад, Л., Гидрометеиздат, 1966.
8. Почвы СССР. Т.В.Афанасьева, В.И.Василенко, Т.В.Терешина, Б.В.Шеремет; Отв. ред. Г.В.Добровольский. - М.: "Мысль", 1979. 380 с.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2 Карелия и Северо-Запад. Ч. 3 Гидрографическое описание рек и озер. Л., Гидрометеиздат, ГУГМС, 1970.
10. Спицын И.П., Соколова В.А. Общая и речная гидравлика. Гидрометеиздат, Л., 1990, 358 с.
11. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология», М., 2020
12. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Энергоиздат. 1982, 672 с.

Приложение А. Внутригодовое распределение по стока рукавам невской дельты.

№ узлов	Название узлов	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднее
1-13	р. Нева (Литейный мост-Троицкий мост)	1374. 227	1324. 556	1473. 569	2086. 176	2458. 707	2541. 492	2475. 264	2375. 922	2276. 581	2202. 074	2044. 783	1606. 024	2019. 948
1-12	р. Нева (Литейный мост)-р. Большая Невка (до истока р. Карповки)	285.7 73	275.4 44	306.4 31	433.8 24	511.2 93	528.5 08	514.7 36	494.0 78	473.4 19	457.9 26	425.2 17	333.9 76	420.0 52
13-14	р. Нева (Троицкий мост)-р. Нева (Стрелка Васильевского острова)	1374. 227	1324. 556	1473. 569	2086. 176	2458. 707	2541. 492	2475. 264	2375. 922	2276. 581	2202. 074	2044. 783	1606. 024	2019. 948
14-6	р. Нева (Стрелка Васильевского острова)-р. Большая Невка (Галерный остров)	807.3 99	778.2 16	865.7 66	1225. 691	1444. 564	1493. 203	1454. 292	1395. 925	1337. 559	1293. 785	1201. 371	943.5 87	1186. 780
14-7	р. Нева (Стрелка Васильевского острова)-р. Малая Невка (до истока р. Ждановка)	566.8 28	546.3 40	607.8 03	860.4 85	1014. 143	1048. 289	1020. 972	979.9 97	939.0 21	908.2 90	843.4 12	662.4 37	833.1 68
5-2	р. Большая Невка (Галерный остров)-замыкающий створ (Невская губа)	710.7 97	685.1 05	762.1 80	1079. 041	1271. 727	1314. 546	1280. 291	1228. 908	1177. 525	1138. 988	1057. 631	830.6 90	1044. 786
7-4	р. Малая Невка (до истока р. Ждановка)-р. Малая Невка(яхт-клуб)	517.9 09	499.1 89	555.3 48	786.2 23	926.6 20	957.8 20	932.8 60	895.4 21	857.9 82	829.9 02	770.6 24	605.2 67	761.2 64
7-8	р. Ждановка(исток)-р. Ждановка(устье)	48.91 9	47.15 0	52.45 5	74.26 2	87.52 3	90.47 0	88.11 2	84.57 6	81.04 0	78.38 8	72.78 8	57.17 0	71.90 4
8-4	р. Малая Невка (после устья р. Ждановка)-р. Малая Невка(яхт-клуб)	175.8 96	169.5 39	188.6 12	267.0 24	314.7 06	325.3 03	316.8 26	304.1 10	291.3 95	281.8 58	261.7 25	205.5 66	258.5 47
4-2	слияние р. Малая Невка и р. Малая Невка-замыкающий створ (Невская губа)	693.8 05	668.7 28	743.9 60	1053. 247	1241. 327	1283. 122	1249. 686	1199. 531	1149. 377	1111. 761	1032. 349	810.8 33	1019. 810
12-11	р. Большая Невка (Гренадерский мост)-р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)	271.0 90	261.2 91	290.6 86	411.5 34	485.0 22	501.3 52	488.2 88	468.6 91	449.0 94	434.3 97	403.3 68	316.8 15	398.4 69
12-15	р. Карповка(исток)-р. Карповка(устье)	14.68 4	14.15 3	15.74 5	22.29 1	26.27 1	27.15 6	26.44 8	25.38 7	24.32 5	23.52 9	21.84 8	17.16 0	21.58 3
11-10	р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)-р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)	148.9 92	143.6 07	159.7 62	226.1 80	266.5 70	275.5 45	268.3 65	257.5 94	246.8 24	238.7 46	221.6 93	174.1 23	219.0 00
11-16	р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)-р. Малая Невка (до истока р. Крестовка)	122.0 98	117.6 85	130.9 24	185.3 53	218.4 52	225.8 07	219.9 23	211.0 97	202.2 70	195.6 51	181.6 76	142.6 93	179.4 69
10-3	р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)-р. Большая Невка (слияние с р. Средней Невкой)	50.93 5	49.09 4	54.61 7	77.32 3	91.13 1	94.19 9	91.74 4	88.06 2	84.38 0	81.61 9	75.78 9	59.52 7	74.86 8
10-9	р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)-р. Средняя Невка (после устья р. Крестовка)	98.05 7	94.51 3	105.1 45	148.8 57	175.4 39	181.3 46	176.6 20	169.5 32	162.4 43	157.1 27	145.9 04	114.5 96	144.1 32
16-15	р. Малая Невка (после истока р. Крестовка)- р. Малая Невка(Большой Крестовский мост)	112.2 94	108.2 36	120.4 12	170.4 71	200.9 12	207.6 77	202.2 65	194.1 48	186.0 30	179.9 42	167.0 89	131.2 36	165.0 59
16-9	р. Крестовка(исток)-р. Крестовка(устье)	9.803	9.449	10.51 2	14.88 2	17.54 0	18.13 0	17.65 8	16.94 9	16.24 0	15.70 9	14.58 7	11.45 7	14.41 0

Приложение Б. Гидрографы рукавов невской дельты.

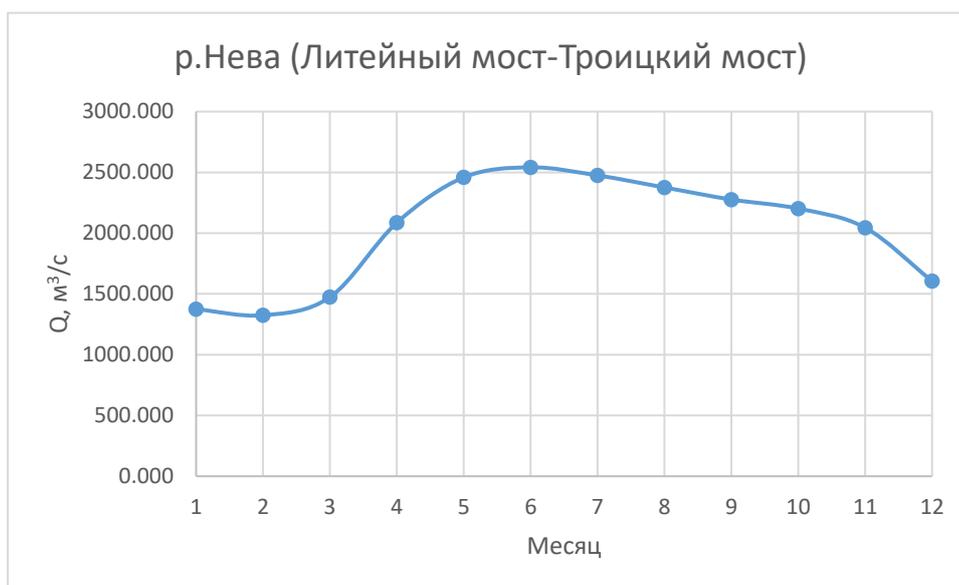


Рисунок Б.1. – Гидрограф р. Нева (Литейный мост-Троицкий мост)

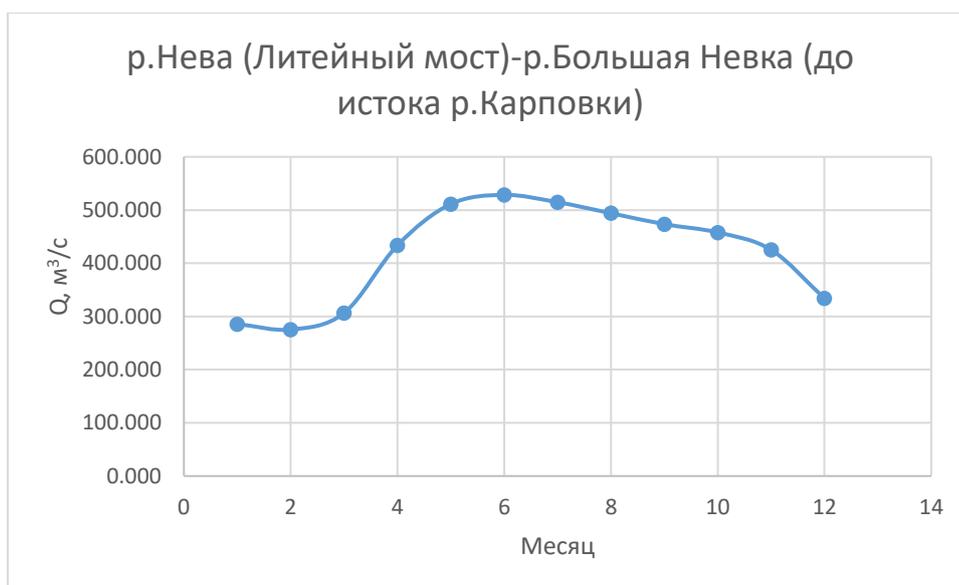


Рисунок Б.2. – Гидрограф р. Нева (Литейный мост)-р. Большая Невка (до истока р. Карповки)

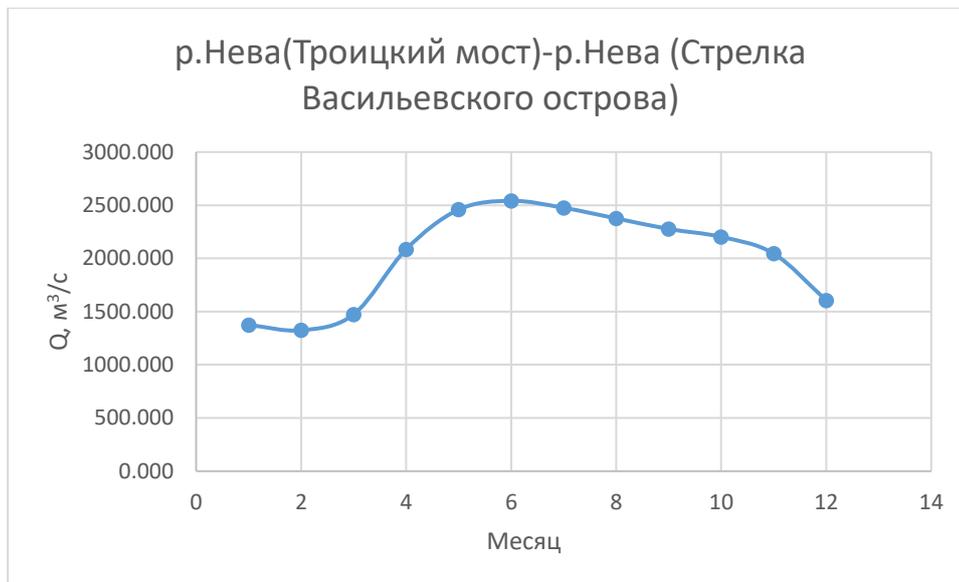


Рисунок Б.3. – Гидрограф р. Нева (Троицкий мост)-р. Нева (Стрелка Васильевского острова)

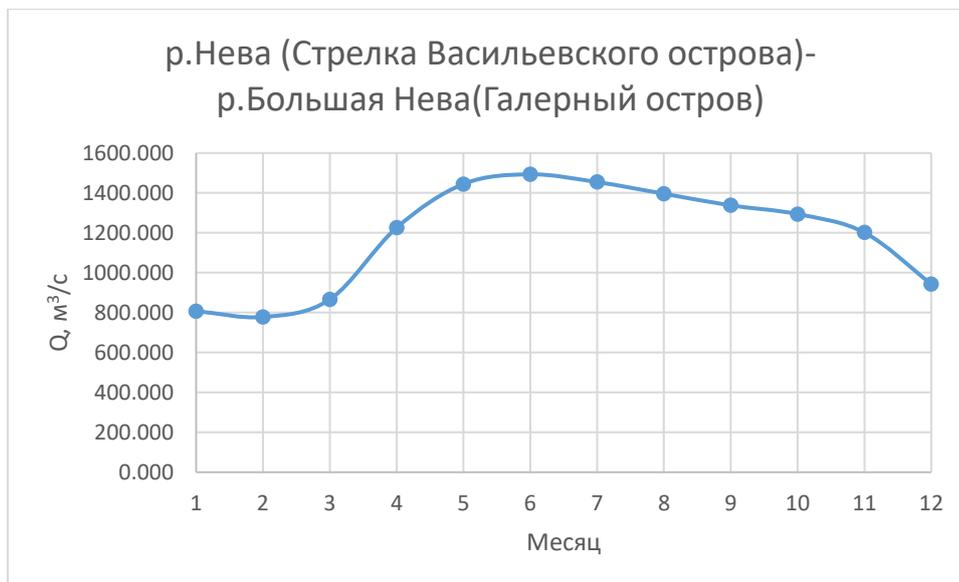


Рисунок Б.4. – Гидрограф р. Нева (Стрелка Васильевского острова)-р. Большая Нева (Галерный остров)

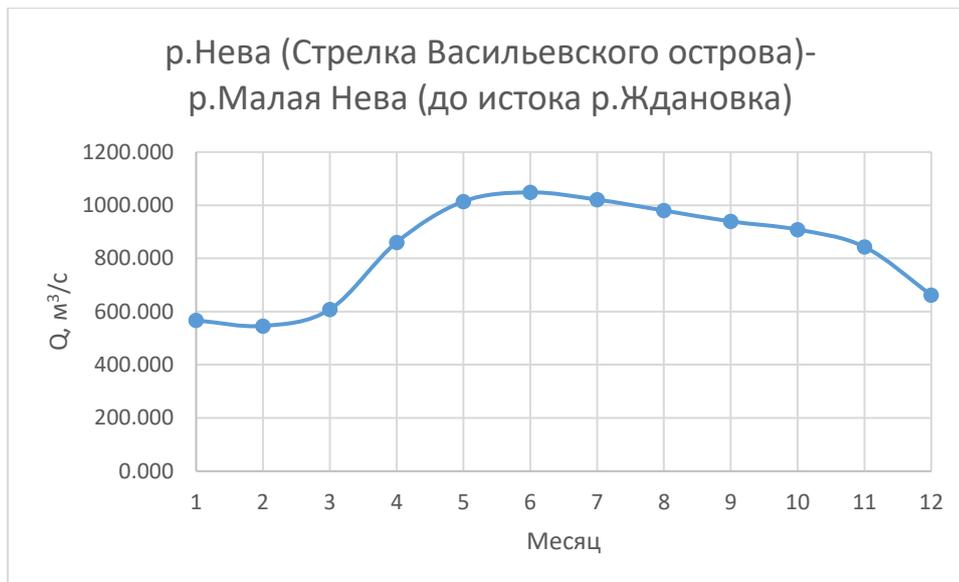


Рисунок Б.5. – Гидрограф р. Нева (Стрелка Васильевского острова)-р. Малая Нева (до истока р. Ждановка)

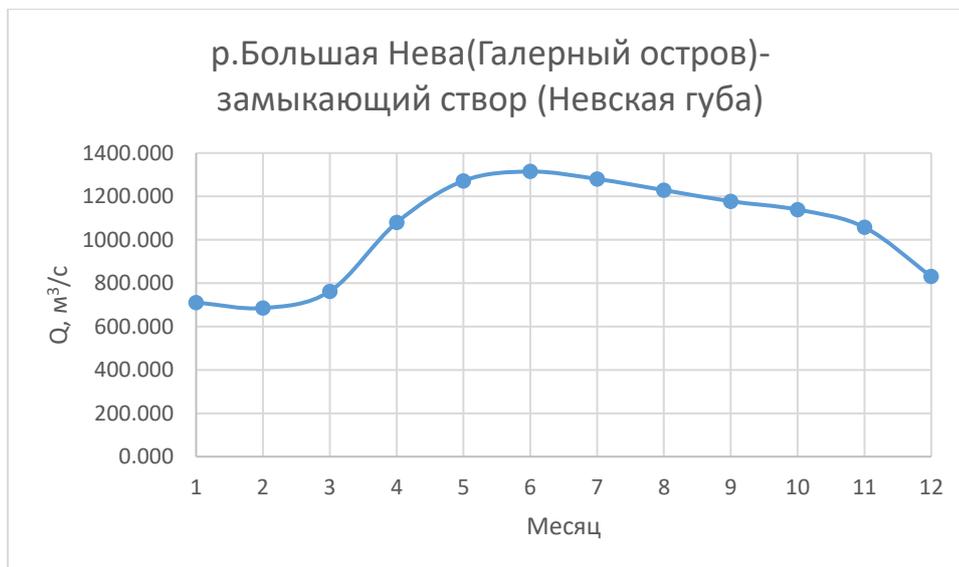


Рисунок Б.6. – Гидрограф р. Большая Нева (Галерный остров)-закрывающий створ (Невская губа)

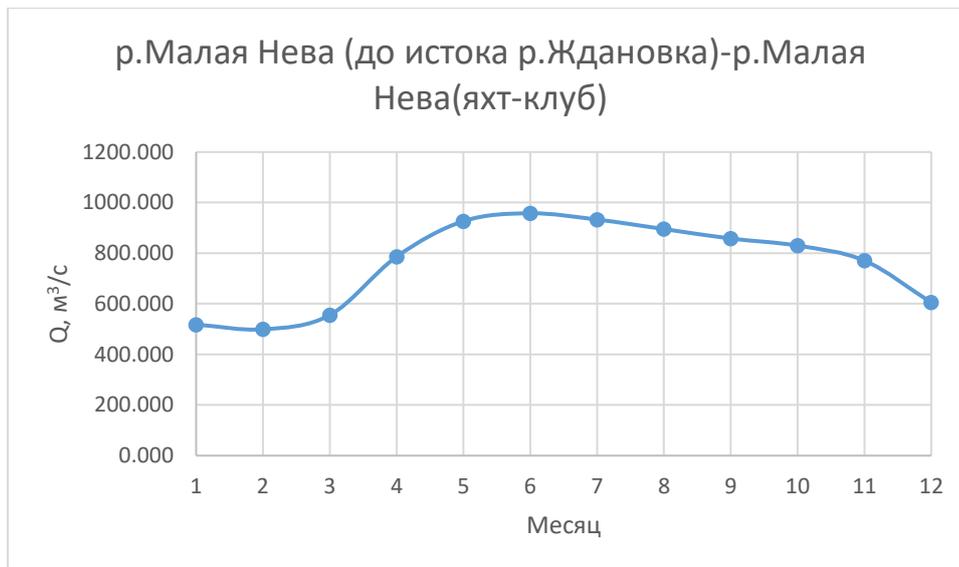


Рисунок Б.7. – Гидрограф р. Малая Нева (до истока р. Ждановка)-р. Малая Нева(яхт-клуб)

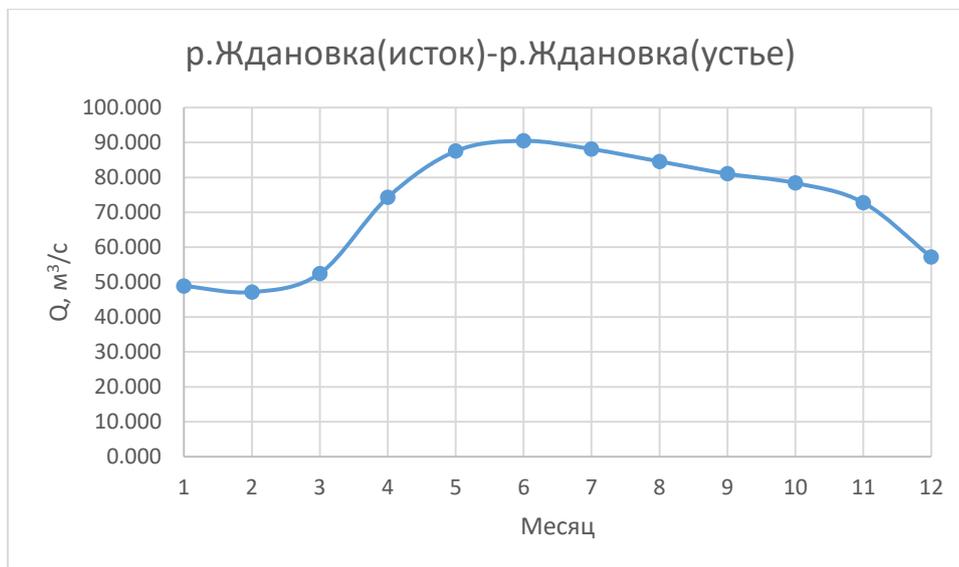


Рисунок Б.8. – Гидрограф р. Ждановка(исток)-р. Ждановка(устье)

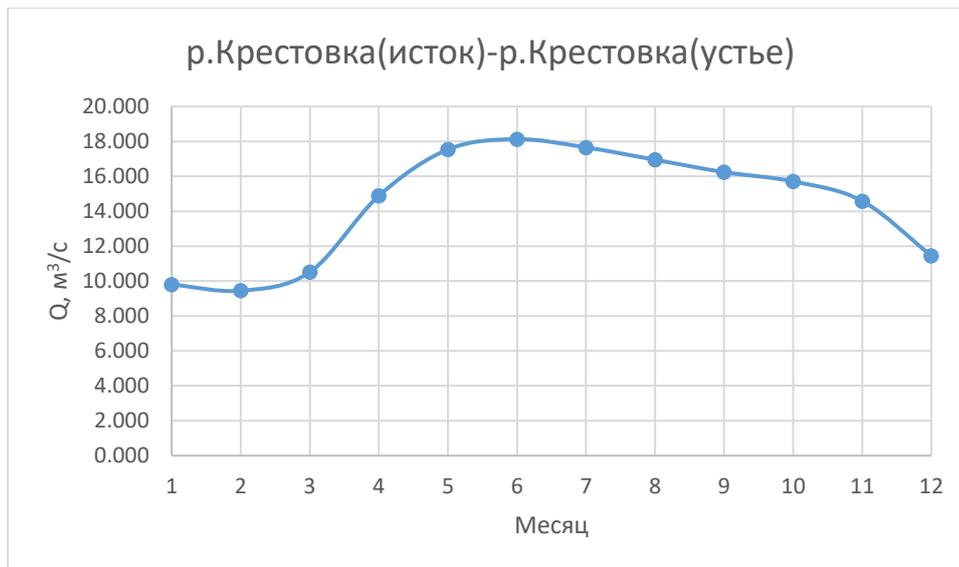


Рисунок Б.9. – Гидрограф р. Крестовка(исток)-р. Крестовка(устье)

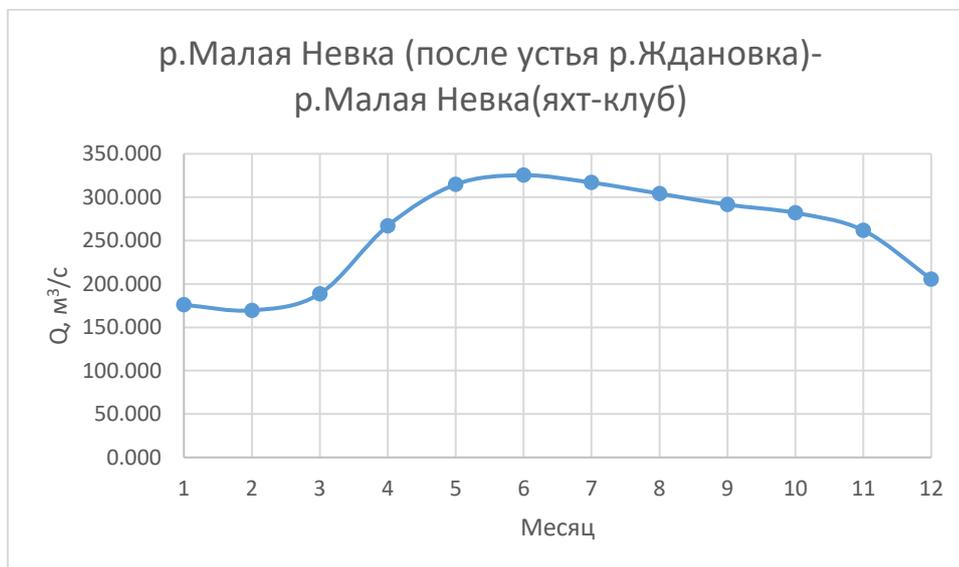


Рисунок Б.10. – Гидрограф р. Малая Невка (после устья р. Ждановка)-р. Малая Невка(яхт-клуб)

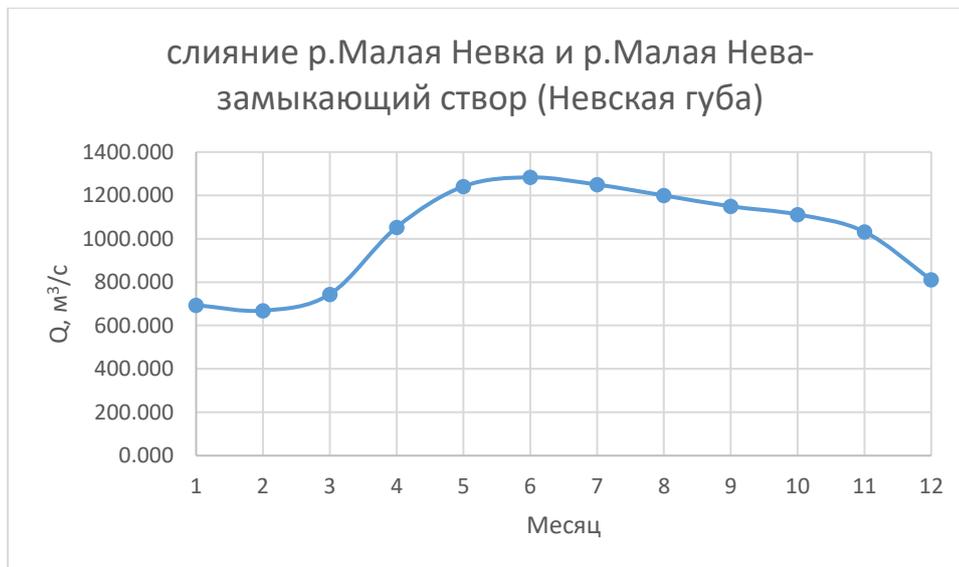


Рисунок Б.11. – Гидрограф слияние р. Малая Невка и р. Малая Нева-  
закрывающий створ (Невская губа)

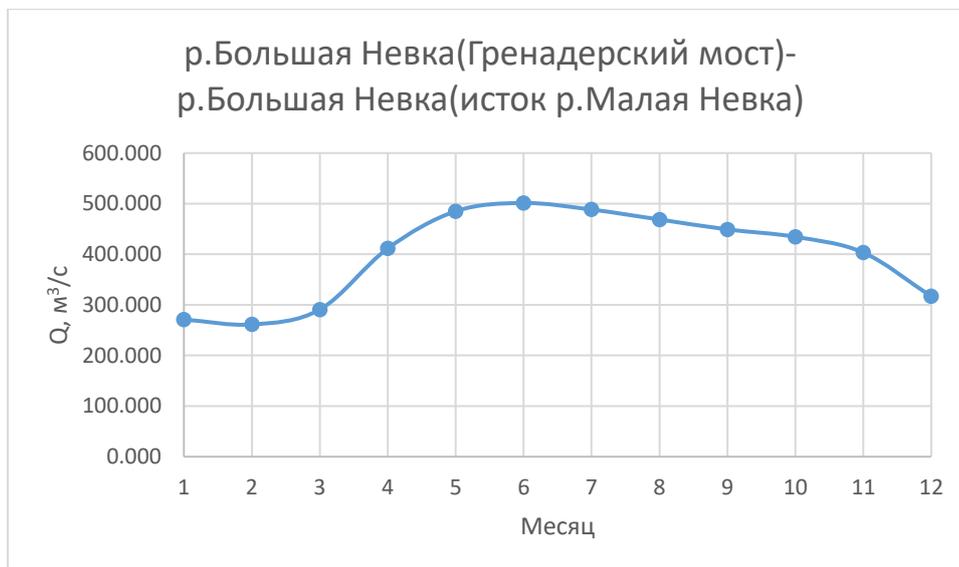


Рисунок Б.12. – Гидрограф р. Большая Невка (Гренадерский мост)-р.  
Большая Невка (исток р. Малая Невка)

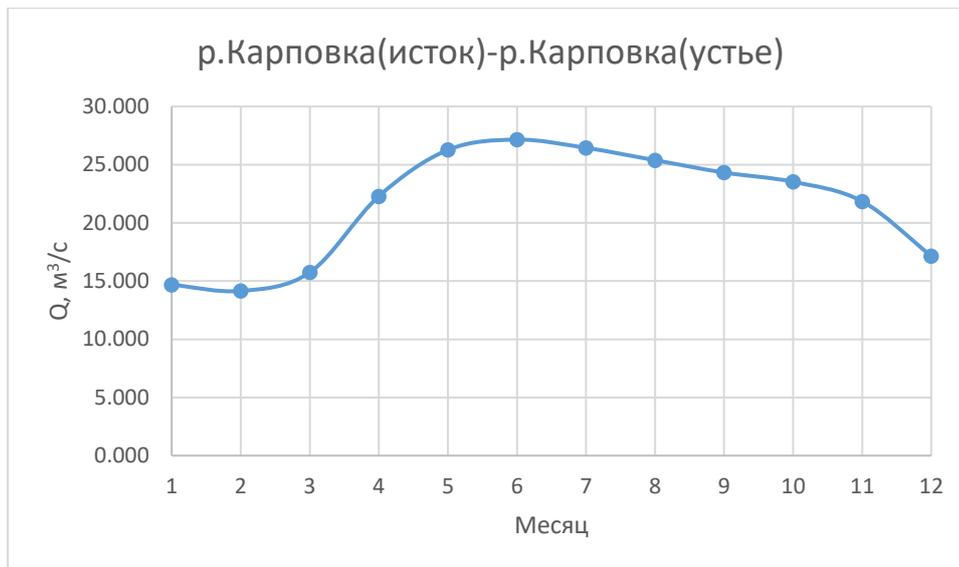


Рисунок Б.13. – Гидрограф р. Карповка(исток)-р. Карповка(устье)

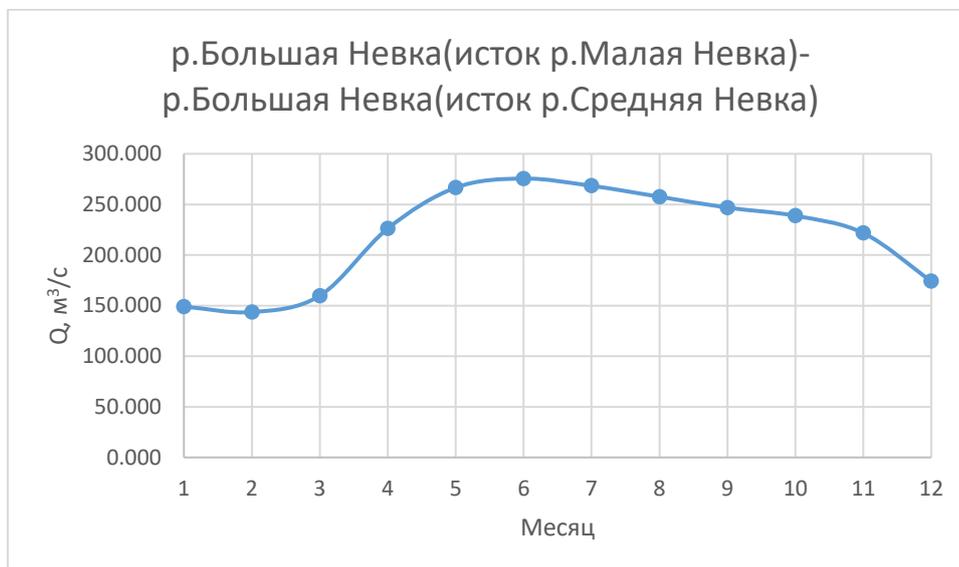


Рисунок Б.14. – Гидрограф р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)-  
р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)

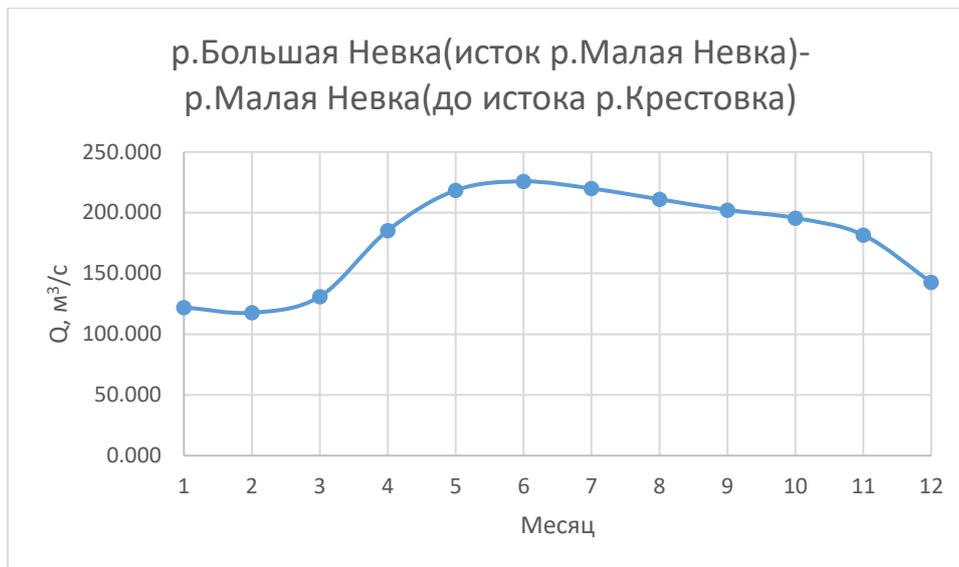


Рисунок Б.15. – Гидрограф р. Большая Невка (исток р. Малая Невка)-  
р. Малая Невка (до истока р. Крестовка)

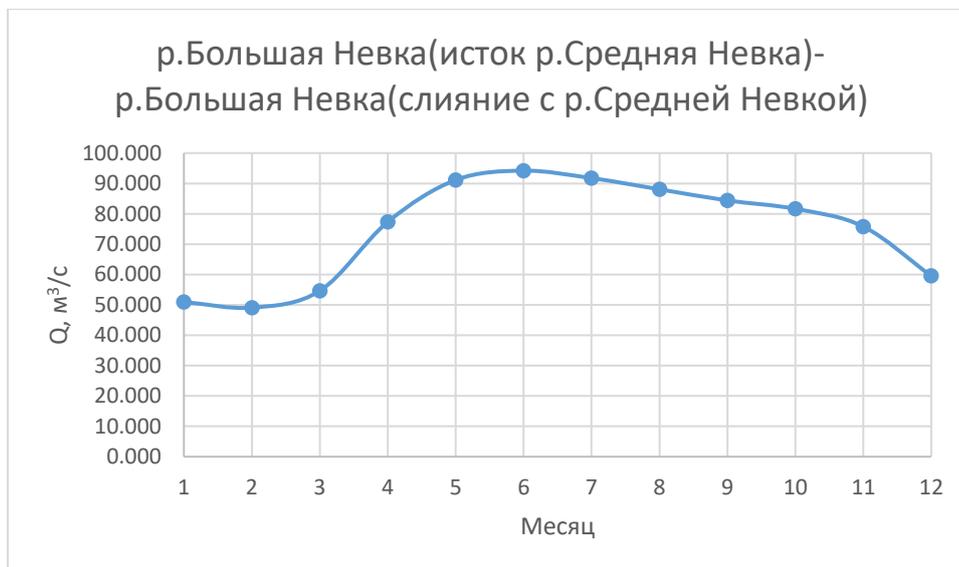


Рисунок Б.16. – Гидрограф р. Большая Невка (исток р. Средняя  
Невка)-р. Большая Невка (слияние с р. Средней Невкой)

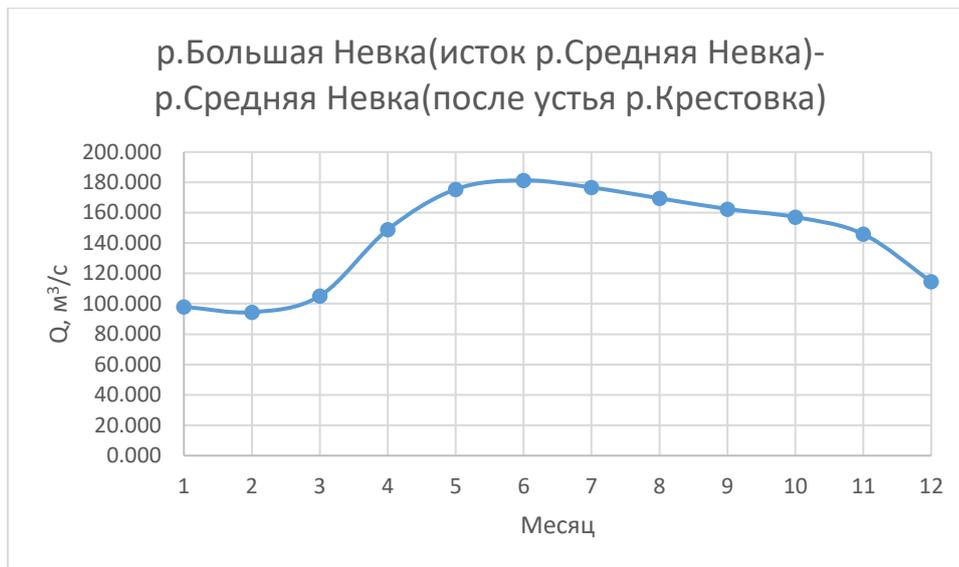


Рисунок Б.17. – Гидрограф р. Большая Невка (исток р. Средняя Невка)-р. Средняя Невка (после устья р. Крестовка)

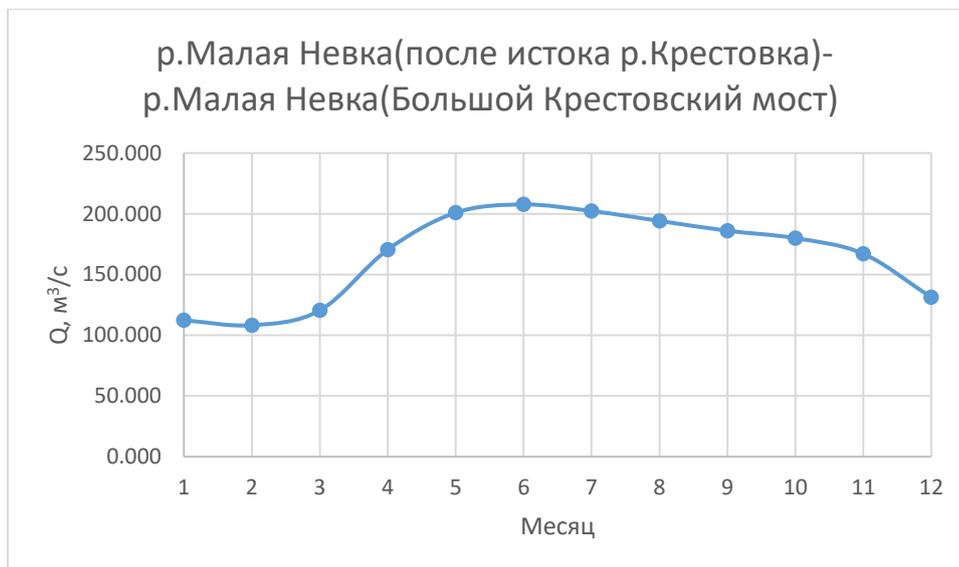


Рисунок Б.18. – Гидрограф р. Малая Невка (после истока р. Крестовка)- р. Малая Невка (Большой Крестовский мост)