



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 **Современные методы**

**выполнения топографо-геодезических  
съемок для обеспечения  
дноуглубительных работ**

Исполнитель \_\_\_\_\_ Кондратьев Дмитрий Сергеевич

Руководитель \_\_\_\_\_ Исаев Дмитрий Игоревич

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

(подпись)

к. г. н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич

(фамилия, имя, отчество)

«16» июня 2025 г.

Санкт-Петербург

2025 г.

## Оглавление

Введение.....	4
1. Физико-географическое описание местности.....	6
1.1 Рельеф и геоморфологическая характеристика района.....	7
1.2 Характеристика климата прилегающей территории .....	8
1.3 Геологическая характеристика района .....	12
1.4 Почвенный покров и растительность.....	13
1.5 Гидрография .....	15
1.6 Общая характеристика водного режима.....	16
2. Методы углубления дна искусственных водоемов .....	18
2.1 Метод углубления дна водоема с откачкой воды .....	19
2.2 Метод углубления дна без откачки воды .....	20
3. Методы измерения дна водоема.....	23
3.1 Гидрографическая съемка классическим методом.....	23
3.2 Гидрографическая съемка при помощи GNSS-оборудования .....	25
3.3 Гидрографическая съемка с помощью эхолотов и картплоттеров .....	26
3.4 Геодезическая съемка с помощью беспилотного гидрографического комплекса (БПВА).....	29
3.6 Подводная гидрографическая съемка с применением БПА .....	33
4. Выбор методики проведения гидрографических работ и его обоснование .....	34
5. Технология выполнения работ .....	35
6. Этап выполнения полевых работ .....	36
6.1 Рекогносцировочное обследование участка изысканий .....	36
6.2 Планово-высотное обоснование .....	37
6.3 Топографическая съемка местности .....	38
6.4 Промерные работы.....	39
7. Этап выполнения камеральных работ .....	40
8. Анализ проделанной работы.....	43
Заключение .....	44
Список использованной литературы.....	46

Приложение 1 .....	48
Приложение 2 .....	49
Приложение 3 .....	50

## Введение

В настоящей работе производится сравнительный анализ классических и современных геодезических методов съемки дна искусственного водоема, выполняемых для его углубления. В качестве методов выбраны съемка методом гидроакустического сканирования эхолотом в комбинации с методом спутниковых измерений посредством GNSS-оборудования (Global Navigation Satellite System) и с методом тахеометрической съемки.

Их различия состоят в методике измерения, стоимости, удобстве исполнения работ, скорости, а также точности измерения. GNSS-оборудование определяет свою позицию, измеряя расстояние до уже точно позиционированных спутников. Точность измерения тахеометра, в свою очередь, характеризуется среднеквадратической погрешностью измерения углов и расстояний. Чем меньше погрешность, тем ближе определенное положение точки к истинному значению. Эхолот определяет глубину и расстояние до объектов под водой, измеряя расстояние до них через отражение ультразвуковых волн.

**Цель работы** заключается в сравнении современного и классического методов съемки дна водоема (метод съемки с помощью геодезических спутниковых приемников с методом гидроакустического сканирования; метод тахеометрической съемки с методом гидроакустического сканирования) для выявления наибольшей эффективности выполняемой работы, заключающейся в характере проведения съемки, быстроте на примере конкретного водного объекта – Нижнего Буферного пруда.

### **В задачи работы входит:**

- 1) Дать характеристику и ход выполнения съемочных работ посредством эхолота и GNSS-оборудования, а также эхолота и тахеометра;

- 2) По данным результатов съемки методом спутниковых измерений и гидроакустического сканирования сделать расчет донных отложений в исследуемом водоеме;
- 3) Сделать сравнительный анализ полученных результатов и выявить наиболее пригодный метод съемки донного рельефа для исследуемого водного объекта.

**Объектом исследования** был выбран Нижний Буферный пруд (координаты местоположения  $60^{\circ}01'13''$  с. ш.  $30^{\circ}13'27''$  в. д.), с площадью зеркала  $47\,120\text{ м}^2$ , длиной  $982\text{ м}$  и максимальной глубиной –  $1,62\text{ м}$ .

## 1. Физико-географическое описание местности

Буферный Нижний пруд расположен на территории Приморского района, в прибрежной болотистой части Невской губы, примыкающей к Лахтинскому разливу. Площадь зеркала составляет 47 120 км<sup>2</sup>, длина 982 м, а максимальная глубина достигает 1,67 метров. Водоем входит в систему искусственных водных объектов, созданную в 70-х годах прошлого столетия (1973-1975 гг.).

Изначально система включала в себя Верхний, Средний и Нижний Буферные пруды, Восточный канал Юнтоловской дачи, водоток Глухарку, озеро Долгое, а также водовод из озера Долгое в Восточный канал Юнтоловской дачи [8] [9].

Постоянное заболачивание водоема происходит по многим причинам: быстрое замусоривание, осыпание берегов и их подтопление, не предоставление должного ухода за берегами (устранение погибших деревьев, стоящий в воде), некачественное проведение очистки дна в 2019-2020 годах [9].

На рисунке 1.1 представлено местоположение Нижнего Буферного пруда на карте.

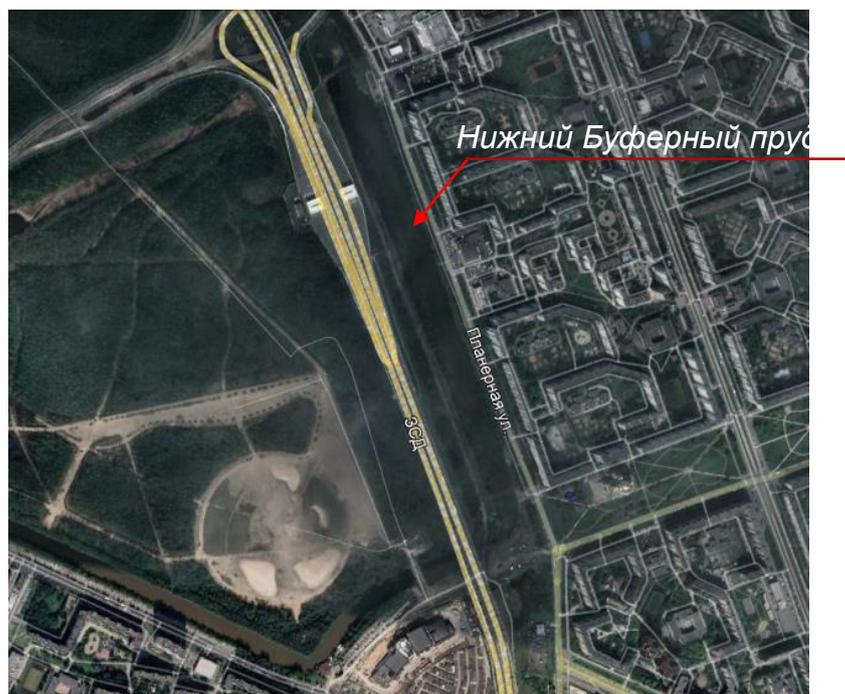


Рисунок 1.1 – Местоположение Нижнего Буферного пруда

### 1.1 Рельеф и геоморфологическая характеристика района

Исследуемый водный объект расположен на территории Прибалтийской низменности Северо-Запада, в Приморском районе города Санкт-Петербург.

Прибалтийская низменность – довольно однообразная слабоволнистая равнина, на которой отчетливо выделяется ряд возвышенностей и понижений. Абсолютные отметки поверхности в среднем составляют 50-100 м, однако наиболее значительные возвышенности достигают 200-300 м. Система высот – Балтийская.

Прибалтийская низменность пересечена густой сетью рек, расходящейся в различных направлениях. Долины рек, как правило, врезаны неглубоко и лишь при пересечении склонов водораздельных возвышенностей они врезаются на глубину от 20 до 40 м и иногда до 50 м. Характерно развитие болот в низинах и на плоских междуречных пространствах.

Территория Приморского района включает в себя болота Юнтоловского заказника, с абсолютной высотой 1 м выше уровня моря, переходящие ближе

к Выборгскому району в возвышенности Поклонной горы (абсолютная высота до 40 м над уровнем моря).

В формировании рельефа города Санкт-Петербурга выделяют три основных этапа отложений:

- 1) Дочетвертичный (кайнозойский). Этот этап характеризуют деятельностью подледниковых потоков талой воды, сформировавших палеодолины, крупные структурно-денудационные равнины и ордовикское плато, с абсолютной высотой до 100 м на западе и до 60 м на востоке, ограниченное с севера Балтийско-Ладожским уступом (глинт). Севернее глинта происходит понижение рельефа.
- 2) Четвертичный. В процессе данного этапа шло формирование ледникового денудационно-аккумулятивного рельефа Карельского перешейка. Этап складывается образованием морены, камы (преимущественно север Санкт-Петербурга) и озы. Частично морены были преобразованы Балтийско-Ледниковым озером в холмистую морену, холмисто-напорный рельеф и конечно-моренные гряды.
- 3) Голоценовый. Этап связан с образованием абразионно-аккумулятивного рельефа террасированных равнин Привнезской низменности (высота 5-10 м), а также бары, косы и морские отмели, сформированные в акватории Финского залива.

Почвы рассматриваемой территории варьируют от торфино-болотных до сильно подзолистых. Большие площади занимают антропогенные пейзажи (городская застройка, западный скоростной диаметр (ЗСД) и т.п.) [5].

## 1.2 Характеристика климата прилегающей территории

Климат рассматриваемого района умеренно холодный, переходный от морского к континентальному. Интенсивная циклоническая деятельность, сопровождающаяся переносом воздушных масс с Атлантического океана, смягчает этот климат. Вторжение холодного Арктического воздуха

приближает их к суровым условиям более высоких широт. Для климата района исследования характерны небольшие колебания температуры воздуха в течение года, повышенная влажность, частая облачность, значительное количество осадков [7].

Ближайшая к району исследования метеорологическая станция – Санкт-Петербург. Информация о метеорологической станции представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Сведения о метеорологической станции

Индекс WMO	Название метеостанции	Тип*	Координаты		Высота метеоплощадки, м	Год начала наблюдений
			Широта	Долгота		
26063	Санкт-Петербург (ИЦП)	ОГМС	59°58'12.00"	30°18'0.01"	3	1881

Ниже, в таблицах представлены климатические параметры м.ст. Санкт-Петербург по данным нормативного документа СП 131.13330.2020.

Таблица 1.2 – Климатические параметры холодного периода года, м.ст. Санкт-Петербург (ИЦП) [1]

Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		0,98	-31
		0,92	-28
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		0,98	-27
		0,92	-24
Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94			-11
Абсолютная минимальная температура воздуха, °С			-36
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С			5,8
Продолжительность, сут., и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха	≤ 0 °С	продолжительность	130
		средняя температура	-4,4
	≤ 8 °С	продолжительность	211
		средняя температура	-1,2
	≤ 10 °С	продолжительность	230
		средняя температура	-0,4
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %			86
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %			84
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/с			3,2
Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 С			2,4

Таблица 1.3 – Климатические параметры теплого периода года, м.ст. Санкт-Петербург (ИЦП) [1]

Барометрическое давление, гПа	1013
Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,95	+22
Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,98	+25
Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, °С	+23,2
Абсолютная максимальная температура воздуха, °С	+37
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, °С	8,2
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца, %	71
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее теплого месяца, %	59
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	2,3

Таблица 1.4 – Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С), м.ст. Санкт-Петербург (ИЦП) [1]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
-6,5	-6,1	-1,4	+4,6	+11,3	+15,8	+18,6	+16,9	+11,6	+5,8	+0,5	-3,6	+5,6

Среднегодовая температура воздуха в районе проектирования за период 1881-2023 гг. составляет + 5,0°С. Холодный период года (температура воздуха ниже 0°С) в районе изысканий продолжается в среднем 4,5 месяца – с середины ноября до конца марта. Минимумы температур приходятся на январь-февраль. Средняя многолетняя температура самого холодного месяца (январь-февраль) составляет «минус» 7,0°С. Абсолютный минимум температуры воздуха был зарегистрирован на м.ст. Санкт-Петербург (ИЦП) в январе 1883 г. и составил «минус» 35,9°С.

Весна в районе проектирования наступает в среднем 30 марта. Во второй половине апреля – в начале мае с выносом воздуха из южных широт на некоторое время может установиться летняя жара с температурой до 25–30°С, а при вторжениях арктического воздуха, даже в конце мая – начале июня, наблюдаются заморозки

Лето умеренно теплое, длится в среднем от начала июня до конца первой декады сентября. Максимальная среднемесячная температура воздуха в

районе изысканий приходится на июль. Средняя многолетняя температура воздуха в июле составляет +18,3°C. Абсолютный максимум температуры воздуха наблюдался в августе 2010 г. и составил +37,1°C (м.ст. Санкт-Петербург (ИЦП)).

Осень наступает со второй декады сентября и длится до начала декабря. Морозная погода и устойчивый снежный покров иногда устанавливаются в конце октября, особенно в годы с интенсивными и частыми вторжениями арктического воздуха.

Средняя годовая влажность воздуха составляет в среднем 77%. Минимальное значение средней месячной относительной влажности воздуха отмечается в мае и составляет 64%, а максимальное – в декабре и составляет 87%.

Район исследований относится к зоне избыточного увлажнения. Это объясняется сравнительно небольшим приходом тепла и хорошо развитой здесь циклонической деятельностью, которая активно проявляется во все сезоны года.

Среднемноголетнее количество осадков по данным метеорологической станции Санкт-Петербург составляет 661 мм. В течение года осадки выпадают неравномерно. Большая часть их (примерно 60–70%) годовой суммы, выпадает в теплый период года. Наименьшее количество осадков обычно выпадает в феврале (в среднем 34 мм), наибольшее – в августе (в среднем 84 мм).

На испарение в климатических условиях Северо-Запада Европейской части России затрачивается 50–70% атмосферных осадков, поступающих на поверхность водосборов.

Снежный покров в конце октября – начале ноября. Первый снег обычно сходит при оттепелях. Средняя дата появления снежного покрова – 2 ноября. Самая ранняя дата появления снежного покрова на м.ст. Санкт-Петербург (ИЦП) была зарегистрирована 9 октября. Самая поздняя дата появления снега – 27 ноября.

Устойчивый снежный покров образуется в первую неделю декабря. Средняя дата образования устойчивого снежного покрова – 06 декабря. Самая ранняя дата установления – 27 октября, самая поздняя – 20 января.

Снежный покров достигает наибольшей высоты в конце февраля – начале марта. Средняя мощность снежного покрова составляет 34 см, наибольшая наблюденная высота снежного покрова за зиму составляет 73 см (м.ст. Санкт-Петербург (ИЦП)).

Снежный покров держится в среднем 122 дня в году. Весеннее снеготаяние начинается в третьей декаде марта. Средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова – 21 марта. Самая ранняя дата разрушения устойчивого снежного покрова – 6 февраля, самая поздняя – 11 апреля.

Полностью снежный покров сходит к середине апреля. Средняя дата схода снежного покрова – 13 апреля. Самая ранняя дата схода снежного покрова – 25 марта, самая поздняя – 13 мая [1][6][7].

### 1.3 Геологическая характеристика района

Территория Северо-Запада сложена в основном комплексом осадочных дочетвертичных отложений, залегающих под четвертичными на архейском или протерозойском кристаллическом основании. Лишь самая северная окраина территории – север Карельского перешейка – относится к южной оконечности Балтийского щита и сложена древнейшими кристаллическими породами архейско-протерозойского комплекса, представленного различного рода гнейсами и сланцами.

Осадочные коренные образования области представлены преимущественно отложениями палеозоя: толщами нижнего кембрия, нижнего, среднего и верхнего ордовика, среднего и верхнего девона, нижнего и среднего карбона.

Особенностью геологического строения территории рассматриваемого водного объекта, находящегося в Приморском районе является наличие

значительной толщи слабых водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов. Их появление связано с несколькими стадиями оледенения.

Геологическое строение Приморского района Санкт-Петербурга можно разделить на два этажа: нижний – магматические и морфометрические породы архей-протерозойского возраста, верхний – четвертичные отложения [5].

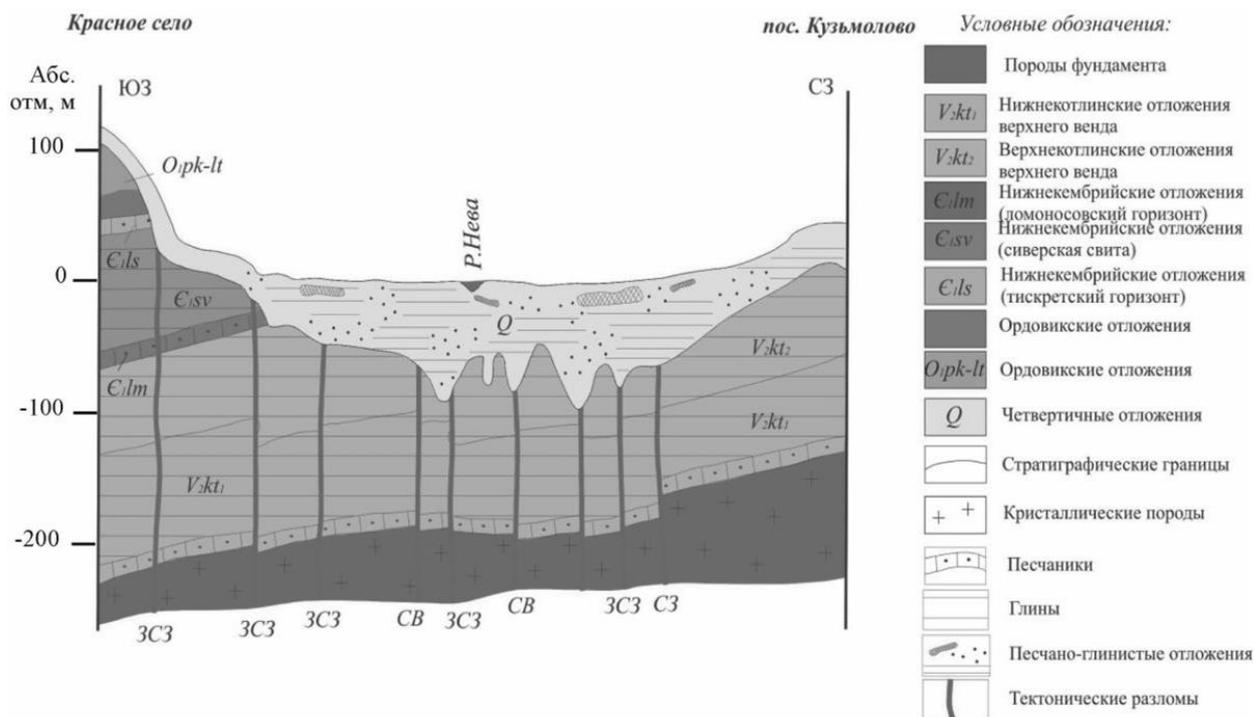


Рисунок 1.2 – Геологическое строение Санкт-Петербурга

#### 1.4 Почвенный покров и растительность

Основными процессами почвообразования на территории Северо-Запада являются подзолообразование и заболачивание, что обусловлено положением территории в зоне с холодным, влажным климатом, а также преобладанием лесной, преимущественно хвойной растительности [5].

На территории Северо-Запада широко распространены слабо-и среднеподзолистые почвы, подзолистые и болотные. Изредка встречаются дерново-карбонатные и аллювиальные почвы.

По механическому составу различаются почвы глинистые, тяжелосуглинистые, средне- и легкосуглинистые, супесчаные и песчаные. Преобладают суглинистые почвы на валунных суглинках, но много почв и

супесчаных. Встречаются почвы, формирующиеся на двучленных наносах, когда почвы, суглинистые на валунных суглинках и супесчаные.

По генетическому составу Санкт-Петербург находится на границе между двумя типами почв: торфяно-подзолисто-глеевые (подзолисто-глеевые) и подзолистые (подзолы). По механическому составу – глинистые и тяжелосуглинистые.

Почвы в Приморском районе г. Санкт-Петербурга относятся к наиболее скудным по концентрации в них питательных веществ.

Влагозапасы в почво-грунтах находятся в прямой зависимости от механического состава и глубины залегания грунтовых вод.

Влагонасыщенность почв за теплый период сначала уменьшается и в июле-августе падает до минимума. Затем начинается повышение влажности почвы вследствие увеличения количества осадков и одновременно уменьшение потерь влаги на испарение и транспирацию.

Влагозапасы в почве в зимнее время зависят от промерзания почвы. Влагонасыщенность почвы резко увеличивается за счет капиллярного подсосывания при ледообразовании, а также за счет парообразной воды, поднимающейся из теплых нижних слоев почвы к верхним холодным, где она конденсируется и замерзает.

Глубин промерзания почвы зависит от многих факторов и, в первую очередь, от интенсивности нарастания отрицательных температур воздуха и наличия снежного и растительного покрова, а также от рельефа местности, механического состава почвы и ее увлажнения. Сухие и легкие почвы промерзают обычно больше, чем влажные и тяжелые.

Оттаивание почвы, как правило, происходит сверху и идет сначала медленно (до схода снежного покрова), а затем быстро под влиянием солнечных лучей. При наличии мощного снежного покрова оттаивание почвы весной происходит также и снизу-вверх под влиянием тепла, поступающего из нижних талых слоев. Бывают случаи, когда почва оттаивает раньше, чем начинается весеннее снеготаяние.

Распределение растительности по территории определяется климатом, рельефом, почво-грунтовыми условиями и фитоценоотическими взаимоотношениями растений. Господствующим типом растительности являются леса, состоящие преимущественно из хвойных пород – сосны и ели.

Территория Северо-Запада расположена в основном в южной подзоне тайги; лишь небольшая северо-восточная часть ее находится в подзоне средней тайги, а крайняя юго-западная – в зоне смешанных лесов.

Наиболее характерны темнохвойные (еловые) леса, покрывающие в прошлом большую часть территории Северо-Запада. Они приурочены водоразделам с суглинистыми и частично супесчаными почвами. Основная группа – ельники-зеленомошники характеризуются хорошо развитым древостоем из ели и обильным напочвенным покровом из мхов. Широко распространены заболоченные еловые леса (сфагновые ельники).

На более легких песчаных и супесчаных почвах широко распространены сосновые леса. На песках развиты лишайниковые боры-беломошники с редким травяным покровом. Нередко лес приобретает характер смешанного елово-соснового с некоторой примесью березы.

Состав лиственных лесов представлен главным образом мелколиственными породами (березой, осиной, ольхой). По побережью Финского залива встречаются небольшие дубравы [5].

### 1.5 Гидрография

Большая часть рек Северо-Запада берет начало на главном водоразделе между Балтийским и Каспийским морями, который проходит по Валдайской возвышенности и простирающейся на северо-восток от нее Вепсовской возвышенности [5].

Почти все реки Северо-Запада относятся к равнинным. Однако близость основного водораздела к главному базису эрозии рек – Балтийскому морю и к отдельным базисам эрозии, которыми для многих рек являются озера:

Ладожское, Онежское, Ильмень, Чудское, Псковское, придала рекам довольно значительные падения. Большинство из них, в особенности в верховье и в среднем течении, порожи́сты, а в местах размыва твердых пород имеют значительное сосредоточенное падение.

Главной артерией района является река Нева с площадью водосбора 281 тыс. км<sup>2</sup>. Густота речной сети ее притоков колеблется от 0,70 (р. Мга) до 1,29 км/км<sup>2</sup> (р. Охта) [5].

На территории Приморского района Санкт-Петербурга расположено около 50 водных объектов. Питание водотоков смешанное (наибольшую долю занимает снеговое). Водоемы на территории преимущественно ледникового происхождения.

Наиболее крупными водотоками исследуемого района являются реки Глухарка и Юнтоловка.

Исток реки Юнтоловки находится в историческом районе «Конная Лахта». Длина Юнтоловки составляет 3048 м. По берегам наблюдается боковая эрозия. Ручей Хайзовый (длина 3344 м) - правый приток реки Юнтоловки.

Истоком реки Глухарки являются болота, находящиеся к западу от озера Долгое. Длина реки Глухарки составляет 1798 м.

Устьем рек Глухарка и Юнтоловка является Лахтинский разлив, представляющий собой озеро лагунно-лиманного типа (площадь зеркала составляет 1,8 км<sup>2</sup>; средняя глубина – 4,3 м, наибольшая – 8,3 м).

## 1.6 Общая характеристика водного режима

Реки Приморского района принадлежат к типу равнинных рек, для которых характерно смешанное питание с преобладанием снегового.

В годовом ходе уровня воды четко выражены четыре фазы: весеннее половодье, летне-осенняя межень, почти ежегодно нарушаемая дождевыми паводками, затем короткий осенне-зимний период с несколько повышенной

водностью рек и, наконец, устанавливается зимняя межень, в некоторые годы прерываемая подъемами уровней в периоды оттепелей [5].

Весеннее половодье начинается во второй половине марта-начале апреля, достигает пика к концу апреля и затихает в конце апреля-начале мая. Продолжительность половодья составляет 1-2 месяца.

В конце мая-первой декаде июня устанавливается летне-осенняя межень. Продолжительность ее варьируется от 60 до 120 дней, прерываемая дождевыми паводками. Минимальные значения уровней воды наблюдаются в июле, иногда в августе [5].

Зимняя межень устойчиво формируется в середине ноября-начале декабря. Минимальные значения уровней воды наблюдаются в феврале-марте. В периоды зимних оттепелей на реках может отмечаться повышение уровня воды.

## 2. Методы углубления дна искусственных водоемов

Искусственным водоемом называют скопление воды с замедленным течением или полным его отсутствием, которое создается в искусственных или естественных углублениях земной поверхности. Искусственные водоемы нужны в целях хозяйственной деятельности, разведении рыбы, орошении, а также в санитарных, противопожарных и спортивных мероприятиях.

В связи с антропогенной деятельностью, засорением растительностью, примыкающей к берегам водоемов, продуктов жизнедеятельности организмов, приносимых подземными водами, а также застоем воды в водоемах, в процессе гниения образуются донные отложения (ил), которые со временем ведут к обмелению водоема. Из-за уменьшения глубины водоема, а также повышения поверхности дна за счет сползания неукрепленного берега в пруд, водоем нуждается в очистке [10].

В целях поддержания экосистемы и пригодности пруда необходимо проводить дноуглубительные работы. Водоемы, зарастающие камышом (уменьшение глубины и прогрев солнцем верхнего слоя приводит к разрастанию растительности), издаваемые неприятный запах (рост бактерий и грибов за счет понижения кислорода в воде) нуждаются в дноуглубительных работах.

Проведение дноуглубительных работ начинается с анализа состояния берегов водоема, выбора способа выполнения работ, а также составления плана. Эти пункты изменяются в зависимости от задач и особенностей водного объекта [11].

Существует два основных способа углубления водоема:

- углубление дна с откачкой воды;
- углубление дна без откачки воды.

Цена работы по дноуглублению формируется за счет оценки объема и степени сложности, технического задания и выбранного способа выполнения

дна водоема. На стоимость выполненной работы влияет составленный проект, включающий в себя площадь работы, перепад глубины водоема, состояние и глубину водоема по факту и места скопления ила. Состояние водоема оценивается благодаря топографической съемке дна [12] [13].

## 2.1 Метод углубления дна водоема с откачкой воды

Данный метод углубления дна водоема проводится с помощью специальной строительной техники: землечерпательных снарядов, дренажных (зачистных) ковшей, бульдозеров, драглайнов и другого оборудования. Для откачки ила используют насосные станции. Водоемы с площадью до 100 м<sup>2</sup> могут очищаться вручную (Рисунок 2.1) [10] [11].

Такой метод дноуглубления считается самым простым, эффективным и недорогим [12].



Рисунок 2.1 – Углубление дна водоема с откачкой воды

Однако для метода есть ограничения. При рассмотрении следует учесть несколько факторов:

- грунты, подстилающие поверхность;
- близость расположения грунтовых вод;

- объем поступления воды в водоем;
- возможность подъезд техники;
- возможность вывоза или складирования грунта.

Принцип действия метода: откачка воды из водоема в заранее подготовленное место, просушка дна (длится несколько дней), а затем снятие поверхностного слоя грунта вместе с донными отложениями и вывод к месту назначения при помощи спецтехники.

После окончания работ на дно водоема могут выкладывать несколько слоев глины для защиты от размыва, а также фильтр для грунтовых вод, затем песок и гальку. Берега укрепляют щебнем, валунами, габионами и прочим. После того, как все работы по очистке и укреплению завершены, в водоем вновь запускают воду [10] [11].

## 2.2 Метод углубления дна без откачки воды

Дноуглубление водоема без откачки воды проводится с помощью плавающих агрегатов с механизмами отбора грунта и его транспортировки – земснаряды, землесосные машины, гидромониторы и другие.

Такой метод наиболее сложен и трудоемок, поскольку отсутствует видимость дна [10] [11].

Принцип работы земснаряда: разрыхление дна с помощью металлических фрез или шнеков, последующее засасывание ила, грунта и воды в пульпопровод и сопровождение его до водных отстойников. Очищенная вода поступает в сбросные колодцы, находящиеся в иловых картах (участки земли, огражденные земляными валами). Оставшийся в отстойниках ил и грунт вывозятся спецтехникой (Рисунок 2.2).

Эффективность метода составляет около 70%, поскольку часть ила, поднятого со дна, оседает и вновь заполняет очищенное пространство [13].

Преимущества использования земснаряда:

- свободный доступ техники к водоему;

- маневренность и транспортабельность;
- низкий расход в процессе эксплуатации;
- экологическая безопасность при использовании.



Рисунок 2.2 – Углубление дна водоема без откачки воды земснарядом

Еще одним способом очистки дна без откачки воды является илосос. Прибор предназначен для откачки ила со дна, однако не используется в заселенных водоемах (Рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Илососная машина ОМЗ-509и

### 3. Методы измерения дна водоема

Для определения объема донных отложений проводят промерные работы, направленные на определение отметок поверхности ила, а также самого дна.

Данный этап важен, так как включает в себя расчет и планирование бюджета, необходимого для проведения работ по дноуглублению.

Классические и современные методы проведения гидрографических работ [14][15][16]:

- гидрографическая съемка при помощи теодолита, тахеометра;
- гидрографическая съемка с помощью эхолотов и картплоттеров;
- геодезическая съемка с помощью беспилотного гидрографического комплекса;
- подводная геодезическая съемка с применением беспилотного подводного аппарата (БПА).

Ниже рассмотрены существующие методы проведения гидрографических съемок дна акваторий.

#### 3.1 Гидрографическая съемка классическим методом

Использование теодолита или тахеометра в гидрографической съемке является классическим методом.

Такой вид съемки предполагает установление прибора (тахеометра или теодолита) на берегу, а отражатель - в лодке. На дно водоема ставится специальная веха. Если расстояние от судна до прибора большое, то выполнение работ производится с помощью спутниковых измерений.

Отличие гидрографической съемки тахеометром или теодолитом от геодезической на суше заключается в том, что при гидрографической съемке невозможно видеть участки съемки, а также непрерывное движение поверхности воды [14].

В условиях отсутствия GNSS-сигнала и невозможности использования гидроботов, промерные работы выполняются посредством эхолота и электронного тахеометра.

Немного более современным способом проведения промеров является использование роботизированного электронного тахеометра и эхолота, к которому на штангу крепится 360-градусная призма для взаимодействия с тахеометром (Рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Призма круговая RGK CRZ4 360°

На качество проведения работ с использованием комплекса тахеометр-эхолот сказывается состояние погодных условий (должна быть ясная погода без ощутимого волнения судна на поверхности водоема).

Для достижения высокой точности, данные эхолота и тахеометра синхронизируются в пост-обработке по шкале времени. Полученные координаты и высоты, снятые с тахеометра, заменяют данные с GNSS.

Для проверки точности работы эхолота перед началом промерных работ в заранее известную точку опускается лот на стальном тросе. Полученные значения сверяются с данными эхолота и при необходимости система

корректируется. Допустимое расхождение не должно превышать 0,5% от глубины.

### 3.2 Гидрографическая съемка при помощи GNSS-оборудования

Global Navigation Satellite System (GNSS) – «Глобальная навигационная спутниковая система». Это прибор, позволяющий определить положение объекта в пространстве на местности (Рисунок 3.2). Выполнение происходит за счет обработки поступающего радиосигнала со спутников [14].

Обработка сигналов осуществляется принимающим устройством. GNSS-приемник, являющийся частью пользовательского сегмента, приходит в действие. Система GNSS состоит из трех сегментов:

- Космического (составленного из спутников, расположенных на различных орбитальных плоскостях и постоянно передающих радиосигналы);
- Наземного (сети базовых станций, осуществляющих наблюдение за спутниками и корректирующих их положение);
- Пользовательского (включающего приемник).



Рисунок 3.2 – Комплект GNSS-приемник RGK SR1 с контроллером RGK SC100 и вехой RGK GLS 18

В работе GNSS выделяют режим «статики», режим «кинематики с постобработкой» и «режим кинематики в реальном времени (RTK)».

С помощью опорных конструкций, таких как штативы и вехи, GNSS-приемники можно использовать для измерения глубин мелких водоемов. Точность геодезических измерений повышается за счет того, что сама конструкция проходит через донные отложения, в отличие от эхолотов [14].

Работа с GNSS-приемником основана на принципе триангуляции, где местоположение объекта определяется путем измерения расстояний до нескольких уже известных точек-спутников.

Известными пунктами в этом случае являются спутники, координаты которых известны с высокой точностью. [14]

Расстояние до спутника определяется из-за временной задержки, которая возникает на пути прохождения радиосигнала от приемника до спутника и обратно (Рисунок 3.3).

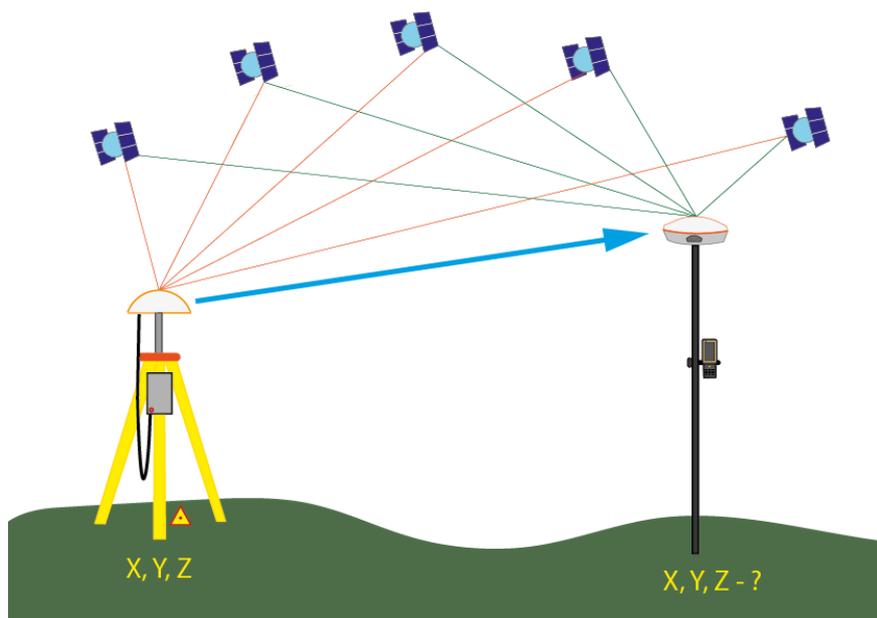


Рисунок 3.3 – Принцип действия системы GNSS

### 3.3 Гидрографическая съемка с помощью эхолотов и картплоттеров

Эхолот – это гидроакустический прибор, предназначенный для измерения глубин.

Принцип работы эхолота заключается в вычислении глубины путем измерения времени прохождения радиосигнала от эхолота до дна и обратно. Так как прибор работает автоматически, на выходе получается непрерывный профиль дна. Однако при отражении сигнала от слоев отложений (или др.), покрывающих дно, точность работы прибора снижается [14].

Эхолоты делят на однолучевые и многолучевые (Рисунки 3.4- 3.5).



Рисунок 3.4 – Многолучевой эхолот Рисунок 3.5 – Однолучевой эхолот

Однолучевые эхолоты работают на основе излучения ультразвуковых импульсов в конусообразном луче и последующего приема отраженных от дна сигналов. Обе операции - излучение и прием - выполняются одной антенной. Глубину определяют по времени, прошедшему между излучением импульса и возвратом отраженных импульсов (Рисунок 3.6).

Многолучевые эхолоты применяются для обследования больших площадей при промерных работах. Отличием их от однолучевых эхолотов является повышенная производительность, детальность и гарантированное полное покрытие дна.

Принцип работы многолучевого эхолота основан на формировании пучка узких лучей, расходящихся веером в плоскости, перпендикулярной направлению движения судна, с помощью антенной решетки и/или электронным способом (Рисунок 3.7).

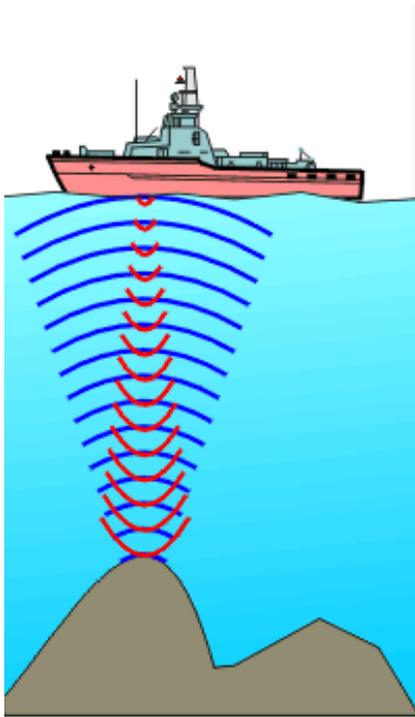


Рисунок 3.6 – Принцип работы однолучевого эхолота

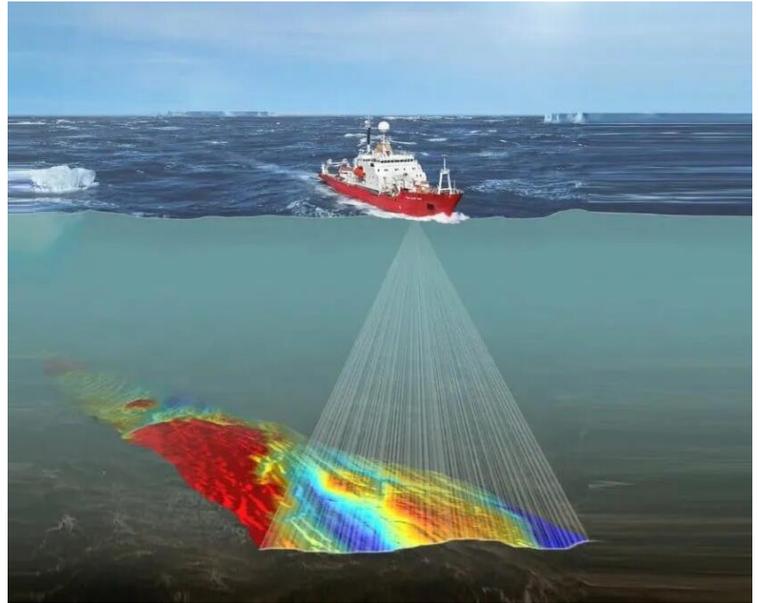


Рисунок 3.7 – Принцип работы многолучевого эхолота

GPS-картоплоттер – это многофункциональный дисплей, оснащенный GPS-модулем, картографическим картриджем и вычислительным блоком (Рисунок 3.8).

Главная задача – отображать на карте местоположение судна. Кроме того, он позволяет сохранять важные точки (рыбные районы, путевые точки, пройденное расстояние).

По сути, это навигационно-картографическая система, подобная «Яндекс Картам» или «Google Maps».

Картоплоттеры оснащены набором функций, которые делятся на две категории:

Встроенные данные: производителем закладываются справочные и навигационные данные, такие как информация о навигационной обстановке, опасностях, глубинах, названиях портов и т. п.

Пользовательские функции: функции отображения показателей навигации, фиксации времени и даты, пройденного расстояния, просчета глубины [14].



Рисунок 3.8 – Картоплоттер LOWRANCE Hook Reveal 9 TripleShot (ROW)

Картоплоттеры по техническому исполнению можно разделить на несколько групп:

- 1) Стандартные: базовое исполнение с обширным набором функций;
- 2) С эхолотом: встроенный эхолот для определения глубины и обнаружения объектов под водой;
- 3) Радар-картоплоттеры: интегрированный радар для отображения обстановки на воде и обнаружения объектов;
- 4) Навигационные комплексы: разделенные на дисплей, процессор и блок управления, обеспечивающие полный контроль над навигацией.

### 3.4 Геодезическая съемка с помощью беспилотного гидрографического комплекса (БПВА)

Беспилотный гидрографический комплекс представляет собой быстроходную лодку с автопилотом для выполнения полевых промерных

работ, таких как топографическая съемка русла, промеры глубин на малых водоемах, батиметрическая съемка. Управление происходит одним человеком.



Рисунок 3.9 – Беспилотный гидрографический комплекс EFT Boat 4

Современные гидроботы имеют разную конфигурацию и могут установить на своем корпусе эхолот, доплеровский профилограф, гидролокатор бокового обзора и прочее оборудование [15].

Для полной автоматизации работы комплекса необходимо задать маршрут его движения по водному объекту. Например, безэкипажное судно АРАСНЕ 3 Pro оснащено автопилотом, который следует заранее определенному курсу даже при сильном встречном или боковом течении (Рисунок 3.10).

Обработка данных осуществляется с помощью программного обеспечения, которое входит в комплект поставки комплекса. [15].



Рисунок 3.10 – Беспилотный гидрографический комплекс Apache 3 Pro

Особенности гидрографического комплекса АРАСНЕ 3 Pro [16].:

- управляется одним оператором;
- небольшой вес и компактный размер (длина 1 м, масса менее 10 кг без батарей и приемника);
- автопилот;
- имеет ГНСС-приемник и инерциальную систему;
- защищен от посадки на мель и водной растительности;
- задана система распознавания мусора и прочих поверхностных препятствий:
- высокая курсовая устойчивость.

Связь БПВА с береговой станцией осуществляется через интернет подключение. Дальность радиосвязи достигает 1-2 км при прямой видимости.

Тип корпуса-тримаран. Он позволяет выполнять измерения при скорости ветра до 9 м/с и высоте волны до 1 м. Максимальная скорость движения беспилотного гидрографического комплекса Apache 3 Pro составляет 7 м/с.

Задачи, выполняемые беспилотным гидрографическим комплексом:

- определение глубины водоемов, создание карт и планов рельефа дна водоемов или прибрежных участков;
- проведение инженерно-гидрографических изысканий при строительстве и эксплуатации любых гидротехнических сооружений;
- проведение мониторинга состояния дна в акватории гидротехнических сооружений;
- создание и обновление навигационных карт для безопасного плавания;
- проведение русловых съёмок для определения геоморфологии русла водоёма;
- удаление ила, дноуглубительные работы для восстановления и очищения природных водных объектов [16].

На Apache 3 Pro может устанавливаться приемник для получения местоположения в режиме RTK (Real Time Kinematic), а также инерциальная система, которая позволяет проводить полностью автоматизированные измерения даже в условиях временного прерывания сигнала. [16].

RTK (Real Time Kinematic) – это технология, которая позволяет получать точные координаты объектов на поверхности земли в реальном времени. Она компенсирует ошибки, которые возникают при измерениях с использованием сигналов GNSS. Причины этих ошибок многочисленны: задержки в атмосфере, многолучевое отражение сигналов, орбитальные ошибки спутников и другие факторы [14].

Технология Real-Time Kinematic использует два типа приёмников: референсный (базовый) и подвижный (ровер). Базовый приёмник, установленный в точке с известными координатами, принимает сигналы от

спутников GNSS и, анализируя их, вычисляет свои координаты, а также определяет ошибки, возникающие в сигнале. Эти ошибки, предоставляемые через радиоканал или интернет, используются для коррекции координат ровера. Ровер, получая сигналы от спутников и поправку на ошибки от базового приёмника, вычисляет свои координаты с высокой точностью [14].

### 3.6 Подводная гидрографическая съемка с применением БПА

БПА – беспилотный подводный аппарат, на борту которого размещают эхолот совместно лазерным сканером, включающим в себя камеру высокого разрешения. В результате можно быстро получить точную информацию о рельефе дна и узнать геометрические параметры интересующих объектов с точностью до миллиметра (Рисунок 3.11) [14].

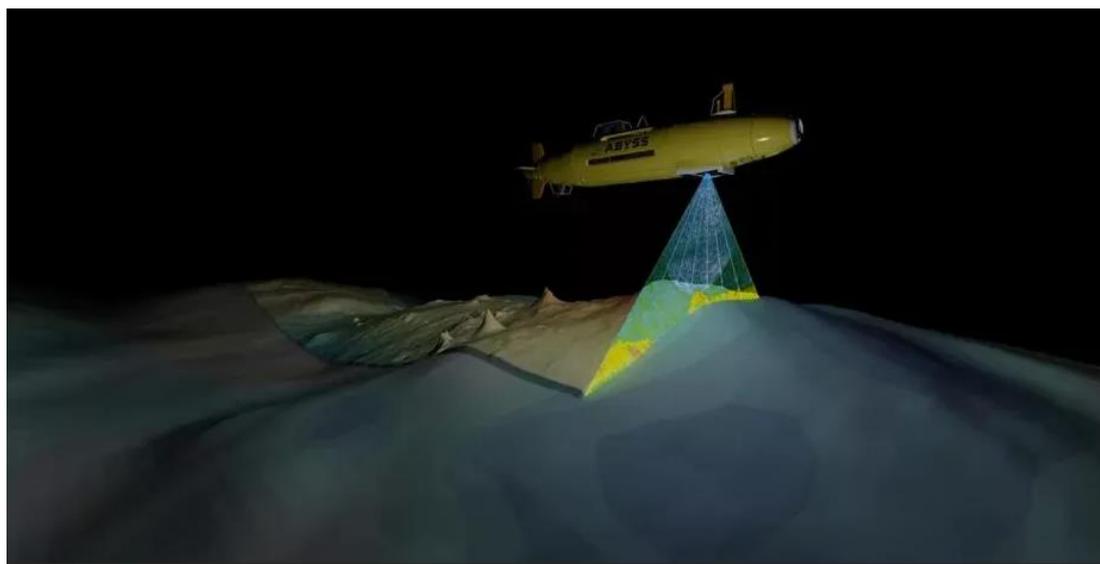


Рисунок 3.11 – Процесс сканирования морского дна

#### 4. Выбор методики проведения гидрографических работ и его обоснование

Преимущественным методом работы с поставленной задачей по измерению объемов донных отложений Нижнего Буферного пруда является применение беспилотного гидрографического комплекса. Сокращение времени, затрачиваемой на проведение промерных работ, а также рабочей силы делает его наиболее выгодным и доступным. Однако технология БПВА пока не достигла совершенства, имеет плохую окупаемость, дороговизну. Постепенное внедрение автономных аппаратов позволяют сокращать риски и повышать эффективность при работе на сложных труднодоступных для человека участках.

В настоящей работе приводятся результаты полевых и камеральных работ, основанных на гидрографической съемке дна Нижнего Буферного пруда методами геодезических спутниковых измерений и гидроакустического сканирования. А также его сравнение с классическим методом выполнения промерных работ посредством тахеометра и эхолота.

## 5. Технология выполнения работ

Настоящая выпускная квалификационная работа включает в себя два основных этапа:

1. Полевые изыскания – рекогносцировочное обследование участка работ, создание планово-высотного обоснования и выполнение гидрографической съемки водного объекта при помощи оборудования GNSS и эхолота;
2. Камеральная обработка включает в себя построение поверхности дна водоема и расчет объемов донных отложений относительно проектных отметок, продольного профиля, а также анализ полученных материалов.

Приборы и оборудование:

- Комплект спутниковых геодезических GNSS-приемников SOKKIA GRX2 в количестве 4 шт.;
- GNSS-приемник спутниковый геодезический многочастотный TRIUMPH-1-G2T;
- Эхолот Lowrance Elite 4.

## 6. Этап выполнения полевых работ

### 6.1 Рекогносцировочное обследование участка изысканий

Рекогносцировочное обследование исследуемой территории было выполнено методом маршрутной съемки.

Исследуемым водным объектом является искусственный водоем – Нижний Буферный пруд (Приморский район г. Санкт-Петербург), возведенный на месте болот в 1973-1975 гг. Площадь зеркала составляет 47 120 м<sup>2</sup>, длина – 982 м и максимальная глубина доходит до 1,62 м.

Берега пологие, подтопленные, заросшие лиственными деревьями и кустарником.

Из-за того, что озеро Долгое, откуда по коллектору поступал сток поверхностных и подземных вод в пруд, было частично засыпано в 2013 году, а в 2021 году засыпали перепускной коллектор между Буферным прудом и Восточным каналом, водоем потерял проточность и возможность регулирования уровня воды. Берегоукрепление со стороны Планерной улицы отсутствует, вследствие чего откос размывается и сползает в воду.

Также между прудами был поднят рельеф, что остановило естественный водоток из Нижнего в Средний.

Последующие измерения GNSS-оборудованием и эхолотом были произведены в южной части Нижнего Буферного пруда, представленного на рисунке 6.1.



Рисунок 6.1 – Участок исследования (Южная оконечность Нижнего Буферного пруда)

## 6.2 Планово-высотное обоснование

Работа по созданию планово-высотного обоснования соответствовала требованиям инструкции по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением ГЛОНАСС и GPS (ГКИНП (ОНТА)-02-262-02) [4].

Геодезические работы были выполнены с использованием базовых станций "Геоспайдер".

Геодезические работы завершились определением положения девяти ключевых пунктов. В соответствии с нормативными документами ГКИНП (ОНТА)-02-262-02 [4] методом развития съемочного обоснования была выбрана быстрая статика (построение сети методом спутниковых определений).

Обработка спутниковых данных и создание уравнивающей сети для навигации осуществлялись с помощью программного пакета Trimble Business Centre.

Для проверки в приложении 1 прикреплена схема расположения реперов.

### 6.3 Топографическая съемка местности

Топографическая съемка выполнялась с помощью GNSS-приемника в режиме RTK (реального времени) согласно СП 74.13330.2016 [2] и СП 317.1325800.2017 [3]. Масштаб съемки был выбран 1:500, сечение рельефа – 0,5 м.

Для привязки к системе координат был выбран пункт опорной сети, который заранее был привязан к исходным пунктам триангуляции.

Время на каждом пикете составляло не менее 15 секунд при количестве спутников не менее 10. При получении фиксированного значения (допуск 5 см в плане), измерение было записано в память прибора. Чтобы минимизировать погрешности при съемке, координаты репера были соотнесены с эталонным значением, полученным в ходе статических измерений.

Погрешность в определении планово-высотного положения объектов и контуров местности на инженерно-топографическом плане не превышает:

- 0,5 мм на незастроенных участках с открытой местностью;
- 0,7 мм в лесных районах.

Эти значения были установлены в масштабе плана и относятся к ближайшим геодезическим точкам.

Точность определения взаимного расположения точек и углов капитальных зданий (сооружений) на плане, разделенных расстоянием до 50 метров, гарантируется и не превышает 0,4 мм в масштабе плана.

Средние погрешности представления рельефа на инженерно-топографических планах, измеренные относительно ближайших точек съемочного обоснования, зависят от угла наклона поверхности и составляет:

- 1/4 при углах наклона до 2°;
- 1/3 при углах наклона от 2° до 6°.

Система координат СК 64 г. Санкт-Петербург.

#### 6.4 Промерные работы

Промеры выполнялись двухлучевым эхолотом Lowrance Elite 4 посредством проложения поперечных галсов, прокладываемых нормально осям пруда. Шаг между поперечниками не превышал 10 метров, расстояние между точками на створе составляло 5 метров.

Замеры мощности слоя донных отложений производились стальным телескопическим измерительным шестом, а затем расстояние измерялось рулеткой для получения глубины между поверхностью воды и верхним слоем отложений.

Точность измерения прибором составила 0,1 м. В некоторых точках на поперечниках выполнялся контроль измерений ручным лотом.

Точность планового положения промерных точек не превысила 1,5 мм в масштабе оформления плана (в соответствии с СП 317.1325800.2017 [3]).

## 7. Этап выполнения камеральных работ

Основным этапом обработки информации, полученной при полевых изысканиях, является вычисление объемов донных отложений в южной части Нижнего Буферного пруда. Отметки дна и верхнего слоя донных отложений были получены при помощи эхолота. А координаты точек – GNSS-приемником. Обработка поля точек осуществлялась в программном обеспечении Autodesk Civil 3D.

В ходе работы был создан проект с импортированными точками, снятыми GNSS-приемником. По выгруженным данным были организованы группы точек, а по ним построена поверхность с названием «Дно факт.», что отражало снятый прибором уровень донных отложений. На созданной поверхности были откорректированы и отражены изолинии, автоматически проведена осевая линия и поперечники через каждые 10 метров, начиная от южного уреза Нижнего Буферного пруда. Затем на чертеж были нанесены проектные точки пруда, равные «минус» 1,40 м и точки уреза воды (0,70 м). Связав их в группу точек, была выстроена новая поверхность с названием «Проект». Объемы донных отложений рассчитывались автоматически как разница поверхностей «Дно факт.» и «Проект» с учетом сведений о пикетаже. Полученные результаты расчетных объемов насыпей и выемок представлены в таблице 7.1. Схема рельефа дна и разбивка пикетажа с осевой линией представлены на рисунке 7.1. План рельефа донной поверхности прикреплен в приложении 2.

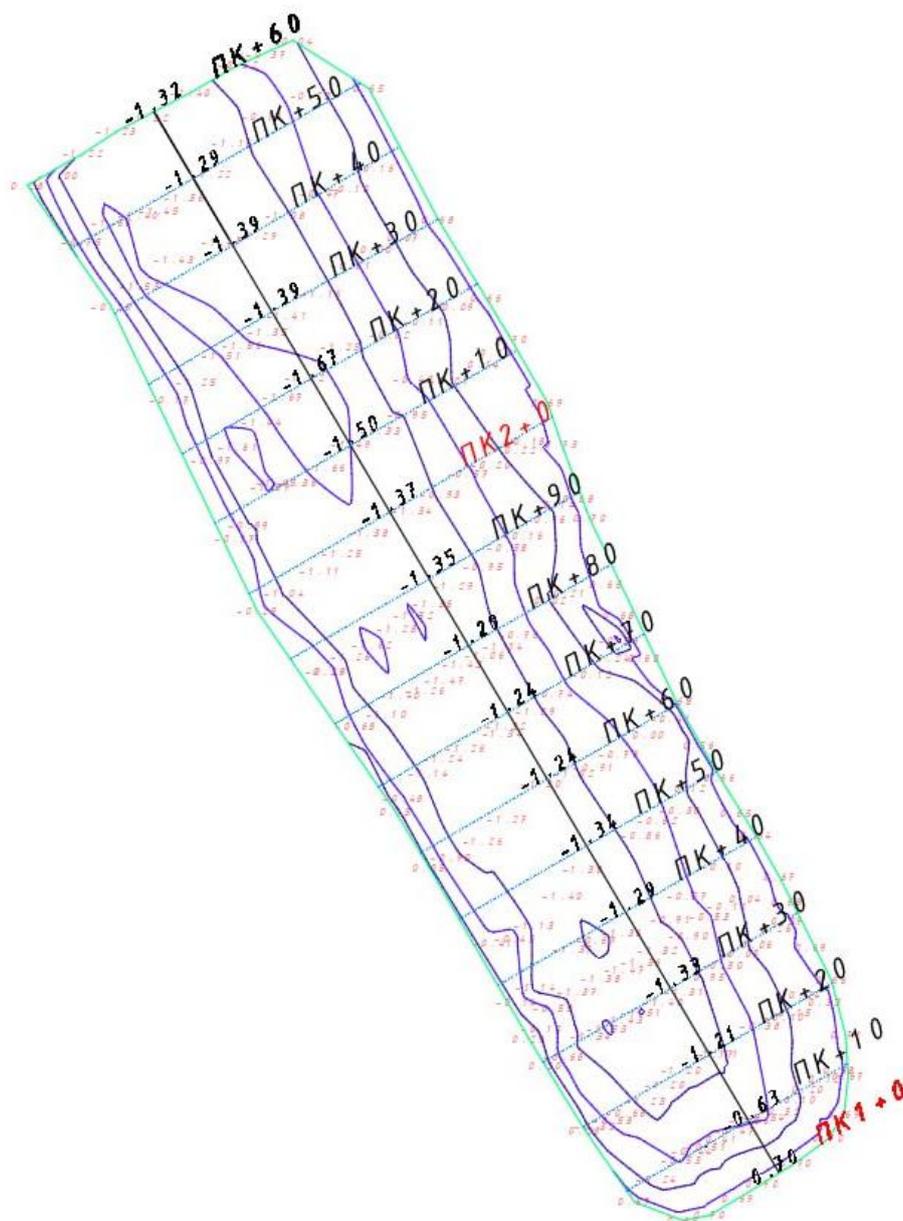


Рисунок 7.1 – Схема рельефа дна и разбивка пикетажа

Таблица 7.1 – Результирующие объемы насыпи и выемок по данным GNSS-приемника и эхолота

Пикет	Объем насыпи	Объем выемки
ПК1+0	5,12	0
ПК+10	47,6	0
ПК+20	114,8	-2,34
ПК+30	175,6	-4,52
ПК+40	186,3	-27,9
ПК+50	193,4	-99,3
ПК+60	198,6	-124,7
ПК+70	173,6	-133,3
ПК+80	168,2	-149,5
ПК+90	162,3	-158,2
ПК2+0	160	-134,6

ПК+10	149,5	-122,7
ПК+20	139,5	-98,3
ПК+30	95,6	-52,1
ПК+40	49,4	-31,2
ПК+50	27,6	-10,9
ПК+60	5,46	0
Результирующий объем, м <sup>3</sup>	2052,58	-1149,56

Также на основе промерных данных, осевой линии (выполнено при подсчете объемов в Civil 3D) и вычисленных отметок дна, был построен продольный профиль с помощью программных обеспечений: Trimble Business Center 2.3 (для обработки и уравнивания спутниковых измерений); CredoDat 4.1 (для обработки геодезических измерений); AutoCAD (система автоматизированного проектирования).

На продольном профиле отражены проектная и фактическая (измеренная) отметки дна. Проектный профиль отражает поверхность коренного берега при проектировании пруда, фактический – верхний слой донных отложений, который необходимо выкорчевать при проведении дноуглубительных работ. Разница отметок дает представление о толщине донных отложений в виде ила, мусора, листьев и прочего. Горизонтальный масштаб 1:500; вертикальный масштаб 1:50. Продольный профиль представлен в приложении 2.

## 8. Анализ проделанной работы

При сравнении полученных полевых результатов съемки с использованием GNSS-приемника+эхолота и теории о классическом методе выполнения промерных работ (тахеометр+эхолот), был сделан вывод о наибольшей эффективности проводимых методик решения поставленных задач.

Промерные работы, выполненные при помощи оборудования GNSS отражают положение точки в плане, привязывая ее к координатам посредством приема спутникового сигнала, в то время как тахеометр получает положение в пространстве и высоту, опираясь на специальный геодезический знак – репер. Измерения эхоакустическим оборудованием качественно фиксируют именно поверхность донных отложений, которые ухудшают прохождение сигнала эхолота к коренному дну за счет своей плотности (при взмучивании и рыхлении донных отложений сигнал улучшается). Такой метод более прост в исполнении, удобен и более доступен по стоимости. Однако у метода спутниковых измерений есть недостаток в непостоянстве работы сигнала в отличие от тахеометрической съемки, применение которой не зависит от сигнала и навигации.

При анализе камеральных материалов можно сделать вывод об отсутствии четкой закономерности накопления и распространения по всей южной части пруда донных отложений. Насыпи над проектной отметкой чередуются с выемками. Это связано с отсутствием водообмена между другими водными объектами системы, что приводит к заболачиванию.

## Заключение

В работе был произведен разбор современной и классической методик гидрографических съемок дна.

Работа включала в себя полевой этап, где первоначально была выполнена маршрутная рекогносцировка участка изысканий, работа по созданию планово-высотного обоснования, а также измерения толщины донных отложений на Нижнем Буферном пруду г. Санкт-Петербург при помощи GNSS-оборудования и эхолота.

Были даны описания используемых методик съемочных работ эхолотом и GNSS-приемником, а также тахеометром и эхолотом.

Камеральный этап представлен расчетом объемов донных отложений (работы по дноуглублению водоема). Объем насыпи при съемке эхолотом и GNSS-оборудованием составил 2052,58 м<sup>3</sup>, объем выемки «минус» 1149,56 м<sup>3</sup>.

Построен план рельефа дна, а также продольный профиль, отражающий фактическую поверхность дна (верх донных отложений) и проектную отметку. Их разность дает объем слоя ила, мусора и прочих накапливаемых в пруду донных отложений, которые приводят вместе с отсутствием водообмена между другими водными объектами системы к заболачиванию пруда.

На основе полученных данных был проведен анализ и выбран наиболее эффективный метод проведения полевых изысканий на изучаемом объекте с целью дноуглубительных работ – это комбинирование методик GNSS-оборудования и эхолота. При помощи GNSS-оборудования и эхолота удобно получать при съемке дна плановые и высотные координаты точек и отметки поверхности донных отложений. Однако иногда прохождению сигнала эхолота мешала плотность залегания донных отложений, что корректировалось посредством лота.

Данный метод является наиболее доступным среди других современных методов по проведению промерных работ. Его отличие от классического метода, выполняемого тахеометром и эхолотом, заключается в скорости и

удобстве выполнения, а также в стоимости материалов и рабочей силы. Однако недостатком является ограниченность применения, связанная с наличием или отсутствием сигнала.

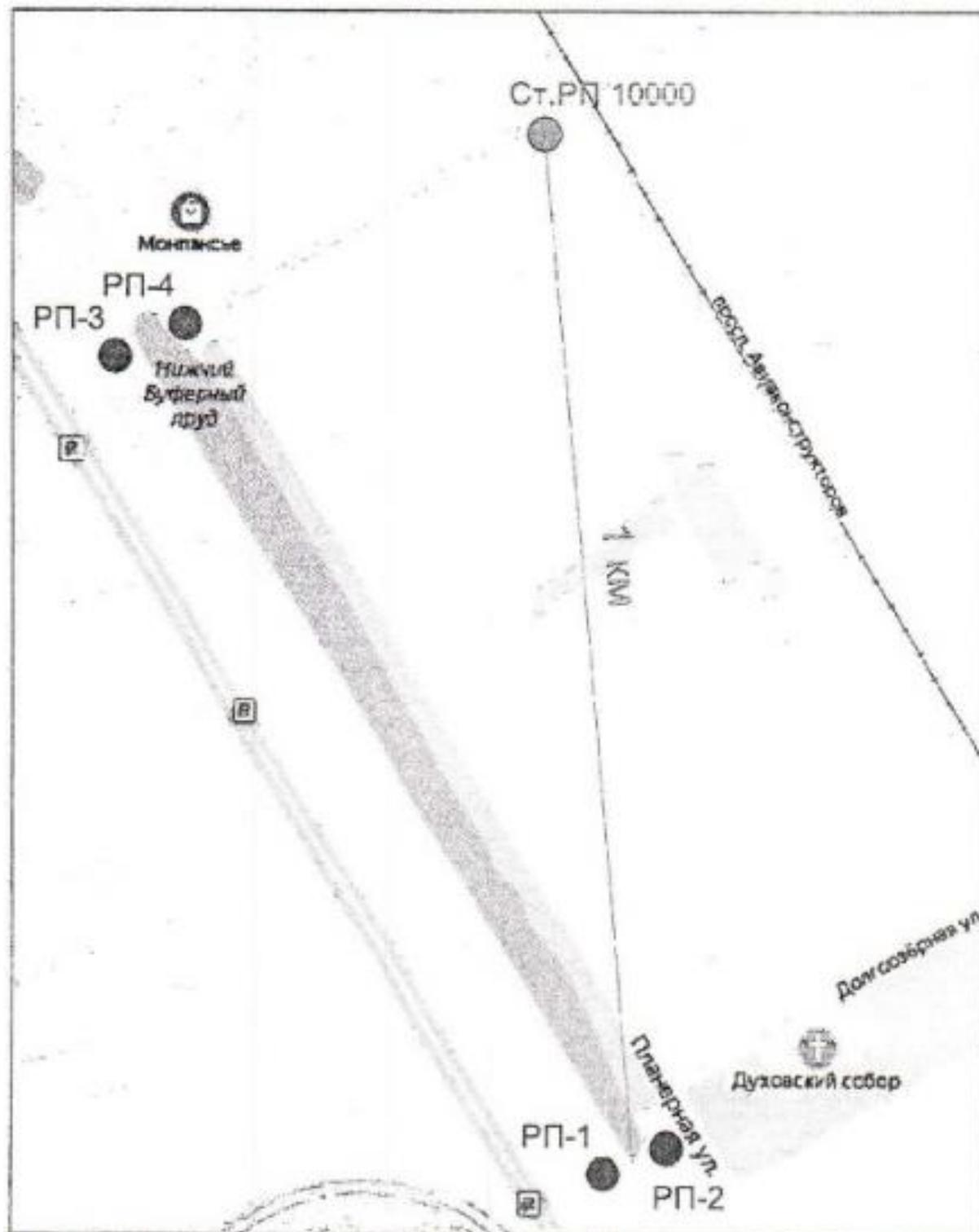
## Список использованной литературы

1. СП 131.13330.2020. Свод правил на тему «Строительная климатология»
2. СП 47.13330.2016. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96
3. СП 317.1325800.2017. Свод правил. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ
4. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем глонасс и GPS
5. Ресурсы поверхностных вод СССР — Том 2, Часть 1. Карелия и Северо-Запад. — Ленинград: Гидрометеоиздат, 1972 — 530 с.
6. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс]// Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных : [сайт]. — URL: <http://meteo.ru/>
7. Летопись погоды / [Электронный ресурс] // Погода и Климат : [сайт]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/?ysclid=m8adm1rbzt765420387>
8. Марина Шишкина Берега Нижнего Буферного пруда в Приморском районе могут стать зоной отдыха / Марина Шишкина [Электронный ресурс] // Законодательное собрание Санкт-Петербурга : [сайт].URL: <https://www.assembly.spb.ru/news/novosti-deputatov/marina-shishkina-berega-nizhnego-buferного-pruda-v-primorskom-rayone-mogut-stat-zonoy-otdykha/?ysclid=m8adosz1ib727861377>

9. Немного о Юнтоловском / [Электронный ресурс] // LiveJournal : [сайт]. URL:<https://popugaichik.livejournal.com/3214087.html?ysclid=m8adqwse9s646769284>
10. В.И. Сарченко, С.А. Хиревич Метод определения рационального варианта технологии дноуглубления мелководной территории / В.И. Сарченко, С.А. Хиревич [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»:[сайт]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-opredeleniya-ratsionalnogo-varianta-tehnologii-dnougлубleniya-melkovodnoy-territorii?ysclid=m8ad690kl6754140839>
11. Углубление дна земснарядом. Дноуглубление водоемов без осушения  
Источник: [https://chistim-prud.ru/dnougлубlenie-vodоемов-bez-osusheniya/](https://chistim-prud.ru/dnougлубlenie-vodоеmov-bez-osusheniya/)  
/ [Электронный ресурс] // Компания "Чистые пруды" : [сайт]. URL: <https://chistim-prud.ru/dnougлубlenie-vodоемов-bez-osusheniya/>
12. Отчистка водоемов и прудов / [Электронный ресурс] // Группа компаний "Чистые водоемы":[сайт]. URL:<https://rus-voda.ru/ochistka-vodoema.html>
13. Отчистка и дноуглубление водоемов / [Электронный ресурс] // "Чистый водоем":[сайт]. URL:<https://aqua-cleaner.ru/services/ochistka-idnougлубlenie-vodоемов>
14. С.Р. Горобцов, К.А. Функ Изучение рельефа дна акваторий геодезическими методами / С.Р. Горобцов, К.А. Функ [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» : [сайт]. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-reliefa-dna-akvatoriy-geodezicheskimi-metodami?ysclid=m7orl2ohe693936915>
15. EFT Boat 4 / [Электронный ресурс] // EFT GROUP : [сайт]. — URL: [https://eftgroup.ru/catalog/gidrografiya/bespilotnye\\_gidrograficheskie\\_kompleksy/eft\\_boat\\_4/](https://eftgroup.ru/catalog/gidrografiya/bespilotnye_gidrograficheskie_kompleksy/eft_boat_4/)
16. БПВА Apache 3 Pro / [Электронный ресурс] // ПРИН : [сайт]. — URL: [https://www.prin.ru/gidrografiya/bek/bpva\\_apache\\_3\\_pro/bpva\\_apache\\_3\\_pro/?ysclid=m8br4gqezd767075406#gallery45-2](https://www.prin.ru/gidrografiya/bek/bpva_apache_3_pro/bpva_apache_3_pro/?ysclid=m8br4gqezd767075406#gallery45-2)

# Приложение 1

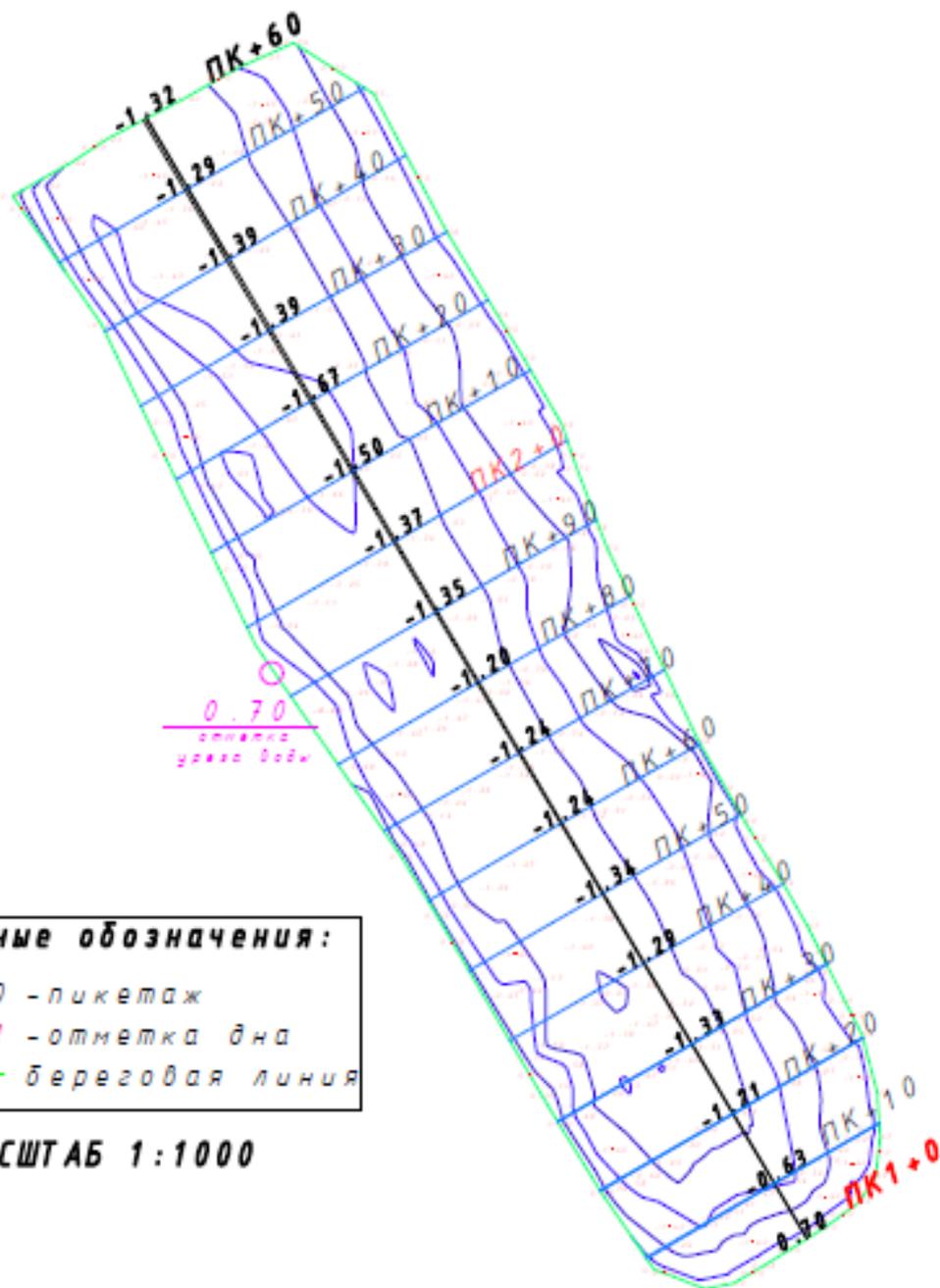
## Схема расположения реперов



## Приложение 2

### План рельефа донной поверхности

Участок от ПК1+0 до ПК2+60



### Приложение 3

#### Продольный профиль южной части Буферного пруда

