

УДК 624.131.1
DOI 10.17513/use.38413

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ НАБЕРЕЖНОЙ ПРАВОГО БЕРЕГА РЕКИ НЕВЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Лебедева Я.А., Алексеев И.В., Котюков П.В., Ланге И.Ю., Уксусова Е.С.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Санкт-Петербург,
e-mail: Lebedeva_YaA@pers.spmi.ru

В статье изучен исторический аспект освоения прибрежной территории в Невском районе Санкт-Петербурга. Описаны основные этапы формирования современного облика Октябрьской набережной. Рассмотрены методы и методики изучения горных пород и подземных вод в соответствии с действующими нормативными документами. На основе полевых наблюдений проведена оценка технического состояния конструкций набережной, требующей проведения капитального ремонта. Выявлены ключевые виды деформаций откосной части, верхнего и нижнего банкетов: дефекты диабазовой кладки, коррозия металлических элементов и смещение блоков нижнего банкета. Двухэтапный мониторинг (2024–2025 гг.) подтвердил прогрессирующий характер повреждений. Произведена оценка инженерно-геологической и гидрогеологической специфики рассматриваемого участка. Проанализирован химический состав водоносных горизонтов в разрезе набережной и поверхностных вод р. Невы. Выявлена повышенная минерализация подземных вод (до 1985 мг/дм³) и установлено их агрессивное воздействие на материалы конструкций, обусловленное техногенным загрязнением. В статье систематизированы опасные инженерно-геологические процессы: подтопление, тиксотропия, псевдопучинистость, суффозия, оползневые смещения, биохимическая коррозия и газообразование. Выполнен расчет устойчивости откоса с учетом гидродинамического давления, показавший критическое значение коэффициента запаса (1,0–1,2). В качестве меры противодействия предложено заглубление железобетонных свай в моренные отложения (глубина > 25 м), обладающих повышенной несущей способностью.

Ключевые слова: набережная, откос, песчано-глинистые грунты, инженерно-геологические процессы, химический состав воды, оползневые деформации, устойчивость

ENGINEERING-GEOLOGICAL ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE EMBANKMENT STRUCTURES OF THE RIGHT BANK OF THE NEVA RIVER IN SAINT PETERSBURG

Lebedeva Ya.A., Alekseev I.V., Kotyukov P.V., Lange I.Yu., Uksusova E.S.

Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, e-mail: Lebedeva_YaA@pers.spmi.ru

The article studies the historical aspect of the development of the coastal territory in the Nevsky district of St. Petersburg. The main stages of the formation of the modern appearance of Oktyabrskaya Embankment are described. The methods and techniques for studying rocks and groundwater in accordance with current regulatory documents are considered. Based on field observations, an assessment of the technical condition of the embankment structures requiring major repairs was carried out. The key types of deformations of the slope part, upper and lower banquettes were identified: defects in diabase masonry, corrosion of metal elements and displacement of the lower banquet blocks. Two-stage monitoring (2024–2025) confirmed the progressive nature of the damage. An assessment of the engineering-geological and hydrogeological specifics of the site under consideration was made. The chemical composition of aquifers in the section of the embankment and surface waters of the Neva River was analyzed. Increased mineralization of groundwater (up to 1985 mg/dm³) was revealed, and its aggressive impact on structural materials caused by technogenic pollution was established. The article systematizes dangerous engineering and geological processes: flooding, thixotropy, quicksand formation, suffusion, landslide displacements, biochemical corrosion and gas formation. The slope stability calculation was performed taking into account hydrodynamic pressure, which showed a critical value of the safety factor (1.0–1.2). As a countermeasure, it was proposed to deepen reinforced concrete piles into moraine deposits (depth > 25 m), which have an increased bearing capacity.

Keywords: embankment, slope, sandy-clay soils, water chemical composition, engineering-geological processes, landslide deformations, stability

Введение

Город Санкт-Петербург, признанный объект всемирного наследия ЮНЕСКО, славится уникальным архитектурным ансамблем, где набережные рек и каналов играют ключевую роль в формировании городского ландшафта. Их общая протяженность превышает 150 км, а безопасность функционирования исторических конструкций, создан-

ных в XVIII–XX вв., сегодня определяется возрастающими техногенными нагрузками и естественным старением [1; 2]. В рамках программы «Водный каркас», инициированной администрацией города, ведется масштабная реконструкция и капитальный ремонт набережных города, направленный на сохранение культурного наследия и адаптацию инфраструктуры к современ-

ным требованиям [1]. К 2025 г. в городе уже обустроено более 40 км набережных, 60 км планируется реконструировать в ближайшее время [1]. Обсуждается необходимость разработки проекта непрерывной линии благоустроенных набережных и прилегающих к ним общественных пространств [1–3]. В настоящий момент ряд объектов характеризуется критическим состоянием несущих конструкций, неудовлетворительным качеством облицовки, что ставит под сомнение их устойчивость и безопасность дальнейшей эксплуатации.

К одному из таких объектов относится Октябрьская набережная, расположенная на правом берегу р. Невы в юго-восточной части Санкт-Петербурга, которая является самой протяженной (9 км) в городе и имеет статус объекта культурного наследия регионального значения. Свое современное название набережная получила в 1973 г. в честь Октябрьской революции. Вдоль набережной размещены жилые, общественные здания, а также промышленные сооружения.

Освоение правого берега Невы относится еще к допетровскому периоду и ведет свой отсчет с XV в. В это время в непосредственной близости от набережной размещались поселки и сельскохозяйственные угодья. Позднее, в XVIII–XIX вв., в рассматриваемом районе возникли предприятия легкой промышленности, заводы стройматериалов [4]. В начале XX в. на обоих берегах Невы располагалось фабричное производство, кирпичные и деревообрабатывающие заводы.

Промышленное назначение Октябрьской набережной предопределило ее облик, формирование которого относится к 1930-м гг. Уникальная криволинейная конструкция, разработанная архитектором К.М. Дмитриевым и инженером Г.К. Усовым, отличается от типовых решений того периода (вертикальных стенок): наклонная стенка построена на нижнем бетонном банкете и опирается на деревянный свайный фундамент с низким ростверком (рис. 1) [4–6].

Однако многовековая эксплуатация в условиях высокой антропогенной нагрузки (промышленные предприятия, транспорт, инженерные коммуникации) привела к появлению ряда дефектов, связанных с разрушением бетонного защитного слоя, коррозией металлических элементов, смещением откосной части [7].

Вместе с тем обеспечение длительной устойчивости набережных должно базироваться на комплексной оценке особенно-

стей инженерно-геологических условий изучаемой территории, в том числе: состава, состояния и показателей физико-механических свойств грунтов в разрезе основания, содержания компонентов в подземных водах и степени агрессивности по отношению к конструкционным материалам.

Целью исследования является анализ причин разрушения конструкций Октябрьской набережной на основе комплексной оценки сложности инженерно-геологических и гидрогеологических условий разреза при высокой контаминации подземной среды.

Материалы и методы исследования

Исследование Октябрьской набережной выполнено на основе комплекса полевых и расчетных методов. Для оценки физико-механических свойств грунтов летом 2024 г. были отобраны образцы пород в соответствии с требованиями ГОСТ 12071-2014 («Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов»). Лабораторные исследования проводились по стандартам ГОСТ 5180-2015 (определение плотности и влажности грунтов), ГОСТ 12248-2020 (испытания на сдвиг). Изучение химического состава подземных и поверхностных вод осуществлялось согласно ГОСТ Р 59024-2020 («Вода. Общие требования к отбору проб») и ГОСТ 31954-2012 (анализ химического состава воды). Обоснование возможности развития оползневых процессов проводилось на основе расчетов устойчивости по методу алгебраического суммирования с учетом гидростатического давления и гидродинамического воздействия воды.

Кроме того, летом 2023 г. производился осмотр конструкций Октябрьской набережной, который выявил их неудовлетворительное состояние, сформировавшееся уже после проведения последнего капитального ремонта в 1999 г. Полевые обследования включали визуальный осмотр состояния наземных конструкций набережной с последующей фотофиксацией их разрушения. Исследованиям подвергался участок протяженностью 700 м. Визуальные наблюдения зафиксировали следующие виды разрушений: 1) трещины и сколы в бетонном защитном слое нижней стенки; 2) деформации чугунных решеток; 3) разрушение расшивки швов диабазового мощения с образованием провалов; 4) следы коррозии и биокоррозии конструкционных материалов; 5) искри-

вление перильного ограждения в профиле и в плане вследствие дефектов бетонных блоков основания. Асфальтовое покрытие тротуара характеризовалось сеткой трещин и локальными выбоинами. Выполненное обследование подтвердило необходимость проведения капитального ремонта, включающего работы по восстановлению внешнего облика набережной: демонтаж и замену облицовки и блоков перильного ограждения, реконструкцию силовых элементов подпорной стенки совместно со сваями и ростверком [7; 8].

Непосредственно авторами статьи был выполнен мониторинг состояния конструкции набережной осенью 2024 г. и весной 2025 г. с последующей фотофиксацией. Обследование фрагмента набережной показало, что деформации берегозащитного сооружения продолжают развиваться, приводя к постепенному разрушению ее несущих конструкций. При осмотре были отмечены:

1) наклон парапета, для устранения которого выполнены металлические подпоры к ограждению надводной части (рис. 1, а); 2) высолы цементного раствора (рис. 1, б); 3) фильтрация воды через разрушенный нижний банкет (рис. 1, в); 4) горизонтальные смещения диабазовой кладки и выдавливание грунтов в нижней части откоса (рис. 1, г); 5) разрушение и неравномерные деформации верхнего банкета (рис. 1, д); 6) формирование трещин в асфальтовом покрытии тротуара (рис. 1, е).

Специализированная съемка, выполненная для оценки состояния существующего свайного поля, выявила снижение несущей способности деревянных свай в нижней части набережной ввиду их частичного разрушения. В связи с этим необходима разработка новых конструктивных решений для обеспечения устойчивости откоса и безопасного функционирования берегозащитного сооружения [9; 10].

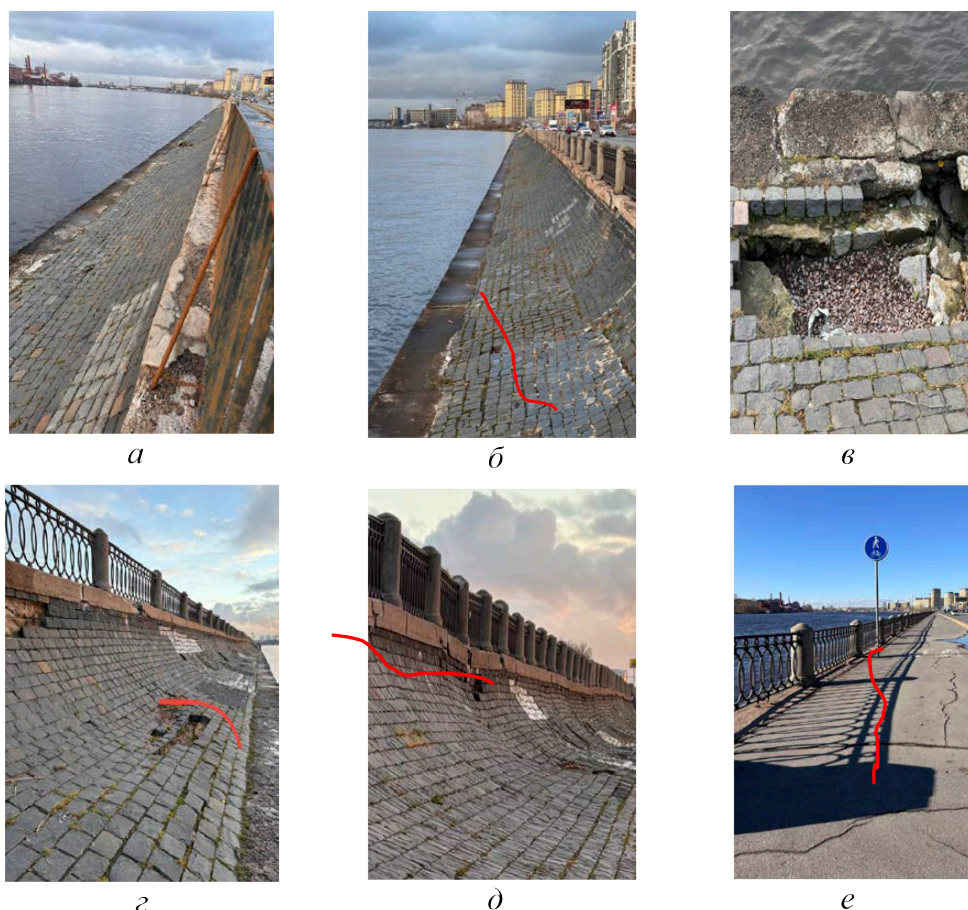


Рис. 1. Виды разрушений несущих конструкций откоса набережной:
а – подпорный раскос ограждения; б – высолы цементного раствора на кладке набережной;
в – фильтрация воды через разрушенный нижний банкет, г – горизонтальные смещения диабазовой
кладки; д – неравномерные деформации верхнего банкета; е – трещины в асфальтовом покрытии
Источник: составлено авторами в 2024–2025 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассматривая неудовлетворительное состояние конструкций набережной, необходимо проанализировать возможные причины ее прогрессирующего разрушения. Как показывают исследования профессора Санкт-Петербургского горного университета докт. геол.-мин. наук Р.Э. Дашко, выполненные в начале XX в. в рамках реконструкции Петровской набережной, для подобных объектов необходимо, прежде всего, изучать специфику инженерно-геологических и гидрогеологических условий с учетом исторического аспекта освоения территории [11; 12].

Октябрьская набережная располагается в пределах низкой Литориновой террасы, абсолютные отметки которой до инженерной подготовки территории не превышали 1 м. Ввиду ее постоянного затопления производилась отсыпка техногенных грунтов в приоткосной части: в нижней – супесями, в верхней – песками крупно- и среднезернистыми. В результате инженерной подготовки территории современные отметки дневной поверхности достигли 3,6–4,0 м.

В геологическом строении рассматриваемой территории принимают участие четвертичные и дочетвертичные образования различного генезиса. Грунты дочетвертичной толщи залегают на глубине более 40 м [13]. Выше вскрываются отложения москов-

ской морены, нерасчлененные флювиогляциальные и озерно-ледниковые грунты, микулинские разности, ошашковская морена, перекрытая озерно-ледниковыми и озерно-морскими отложениями. Завершают разрез техногенные разности, представленные песками средней крупности и супесями с включением щебня, строительного мусора и примесью органических остатков.

Гидрогеологические особенности рассматриваемой территории характеризуются наличием нескольких водоносных горизонтов. Наибольшее значение в вопросах устойчивости откоса играют грунтовые и поверхностные воды. Водоносный горизонт грунтовых вод приурочен к техногенным пескам и супесям. Вода пресная, по величине минерализации близкая к ультрапресной от 248,7 до 250,7 мг/дм³, имеет гидрокарбонатный кальциевый состав (табл. 1).

Результаты химического анализа показывают схожесть состава грунтовых вод с водами р. Невы, что указывает на гидравлическую связь, обусловленную дефектами существующей конструкции набережной (рис. 1, в) или некорректным отбором проб. Повышение концентрации иона кальция Ca^{2+} и сульфат-иона SO_4^{2-} связано с их поступлением из материалов разрушенных конструкций, в том числе бетона и цемента диабазовой кладки, что подтверждается многочисленными наблюдениями высолов на откосе (рис. 1, б).

Таблица 1

Результаты химического состава воды в пределах Октябрьской набережной

Компонентный состав	Октябрьская набережная, д. 44			Октябрьская набережная, д. 8 (1976 г.)
	Грунтовые воды		р. Нева	
Mg^{2+} , мг/дм ³	8,0	9,0	8,0	178
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$, мг/дм ³	15,4	16,4	22,6	253
Ca^{2+} , мг/дм ³	39,8	37,0	31,6	292
HCO_3^- , мг/дм ³	145,6	142,0	128,5	500
SO_4^{2-} , мг/дм ³	18,4	19,7	21,8	1179
Cl^- , мг/дм ³	20,8	21,6	25,1	71
NO_3^- , мг/дм ³	1,15	1,22	1,1	3,0
NO_2^- , мг/дм ³	0,02	0,02	0,02	2,5
NH_4^+ , мг/дм ³	0,2	0,16	0,24	сл.
$\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$, мг/дм ³	1,4	1,6	1,5	0,5
Минерализация, мг/дм ³	250,7	248,7	240,4	2479
Общая жесткость, мг-экв/дм ³	2,65	2,59	2,24	14,7
Окисляемость, мг O_2 /дм ³ (перм.)	30,9	32,6	35,1	32
CO_2 агрес., мг/дм ³	15,4	10,7	10,3	нет
pH	7,1	7,3	6,9	7,1

Источник: составлено авторами.

Обращает на себя внимание величина перманганатной окисляемости ($30 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ при фоновых значениях $15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$) [14, с. 169–165; 15], повышенное содержание иона аммония, сульфатов и хлоридов, свидетельствующих о загрязнении утечками канализационных стоков.

Известно, что откос набережной вмещает значительное количество инженерных сетей и коммуникаций, которые в пределах исторического центра характеризуются неудовлетворительным состоянием. Утечки из систем водоотведения являются одним из основных техногенных источников поступления органики и приводят к формированию анаэробных условий, вызывающих преобразование свойств грунтов, трансформацию химического состава воды и рост агрессивности подземной среды [16]. Негативная роль канализационной системы подтверждается данными химического состава воды в пределах Октябрьской набережной, д. 8.

Безопасность функционирования и длительная устойчивость набережной определяется спецификой состава, состояния и физико-механических свойств грунтов,

которые служат основанием для ее конструкций. Согласно проекту сваи располагаются на глубине 5 м в разных геолого-литологических типах грунтов: озерно-морских, озерно-ледниковых и локально в моренных отложениях.

Разрез основания весьма изменчив, что подтверждается неодинаковой глубиной положения кровли четвертичных пород. Так, толща озерно-морских грунтов залегает на глубинах от 3,5 до 4,2 м, озерно-ледниковых – от 1,8 до 6,6 м, моренных отложений – от 0,4 до 12,0 м. Отложения характеризуются неустойчивым физическим состоянием и пестрым гранулометрическим составом.

Анализ физико-механических свойств грунтов позволил выявить участки с наибольшими деформациями откоса, сопровождающимися формированием трещин в асфальтовом покрытии тротуара. Такие зоны оказались приурочены к областям развития мощной толщи слабых глинистых грунтов. Описание геологического строения и показателей свойств типового участка приведено в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2

Показатели свойств глинистых грунтов
в разрезе потенциально оползнеопасного участка склона

Генезис отложений	Тип грунта	Влажность, W	Плотность, ρ , г/см ³	Коэффициент пористости, e	Параметры прочности	
					Угол внутреннего трения, град	Сцепление, МПа
техногенные грунты t IV	Пески средней крупности со строительным мусором	0,07	1,97	–	11	0,002
	Супеси песчанистые пластичные со строительным мусором, с примесью органических веществ	0,24	1,96	–	12	0,002
озерно–морские m, l H	Суглинки легкие пылеватые тугопластичные	0,282	1,97	0,770	19	0,017
	Суглинки легкие пылеватые текучепластичные	0,287	1,95	0,786	16	0,011
	Суглинки легкие пылеватые текучие	0,322	1,93	0,884	9	0,011
моренные g III	Суглинки легкие пылеватые тугопластичные с гравием 5%	0,208	2,06	0,585	22	0,074

Источник: составлено авторами.

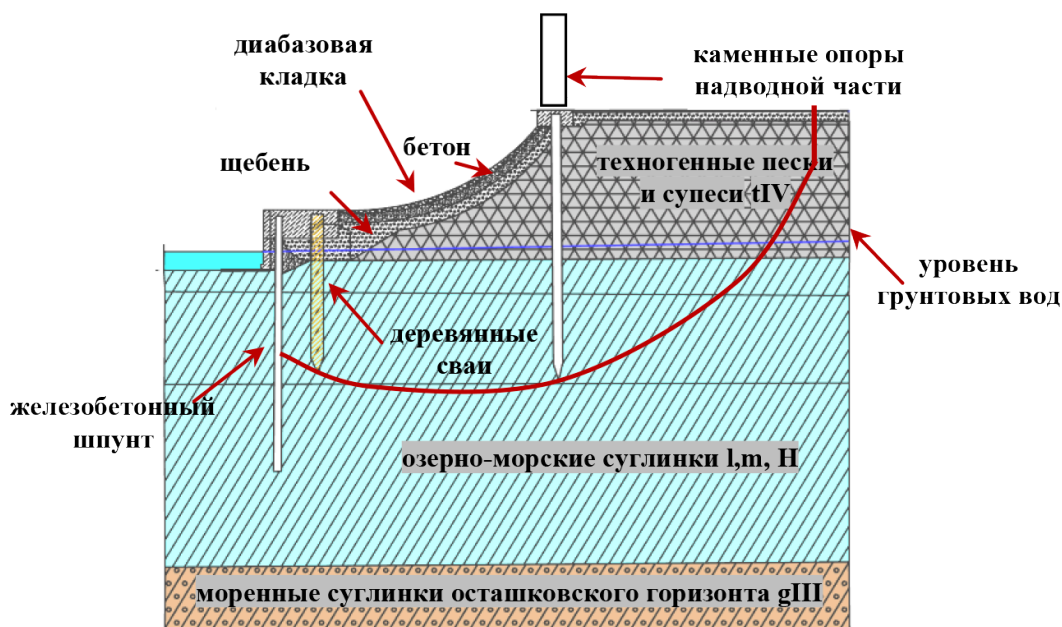


Рис. 2. Схематический геолого-литологический разрез типовой конструкции откоса набережной с обозначением поверхности скольжения
Источник: составлено авторами

В верхней части разрез представлен суглинками легкими пылеватыми, содержащими органику в количестве от 0,3 до 0,5%. С глубиной отмечается возрастание их влажности (от 0,282 до 0,322), снижение плотности и увеличение коэффициента пористости. Такая зависимость свидетельствует о разуплотнении грунтов в нижней части толщи. Показатели прочности озерно-морских отложений закономерно уменьшаются с глубиной при переходе от тугопластичной консистенции к текучей: угол внутреннего трения снижается с 19 до 9°, сцепление уменьшается от 0,017 до 0,011 МПа. Следует учитывать, что озерно-ледниковые суглинки текучей консистенции ($e = 0,884$) обладают склонностью к тиксотропному разупрочнению при динамических нагрузках.

Нижняя часть разреза сложена мореными грунтами ошашковского горизонта, которые, несмотря на высокое сцепление (0,074 МПа), подвержены биохимической деградации, что подтверждается микробиологическими исследованиями (микробный белок – до 344 мкг/г). Показатели их механических свойств значительным образом зависят от окислительно-восстановительных условий и микробной пораженности. В условиях анаэробной среды происходит разрушение цементационных связей, и морены переходят в неустойчивое состояние

[16]. Это приводит к снижению их прочности, что должно быть принято во внимание при решении вопросов, связанных с устойчивостью откоса набережной [7].

Большое значение для устойчивости конструкций имеют различные инженерно-геологические процессы, развивающиеся в пределах набережной [17]. Среди потенциально опасных в пределах исследуемого участка можно выделить: тиксотропное разжижение грунтов, плывунообразование, подтопление, суффозию, оползневые деформации, биохимическое газообразование, коррозию и биокоррозию. На основании анализа возможности развития процесса составлена табл. 3.

Наиболее значимый процесс, формирование которого отмечается в пределах всего откоса набережной, – оползневые деформации [18]. Как показали визуальные наблюдения, дорожное полотно в пределах тротуарной зоны покрыто многочисленными трещинами, присутствуют локальные проседания поверхности, в дорожном покрытии формируются выбоины. Наиболее заметно изменилась конфигурация диабазовой кладки. Исходя из анализа мониторинговых наблюдений, можно сделать вывод, что в пределах набережной продолжается развитие неравномерных деформаций глинистых грунтов, залегающих в основании откоса. Это дает возможность полагать, что состояние набережной в целом неудовлетворительное.

Таблица 3

Сводная таблица опасных инженерно-геологических процессов в откосе набережной

Процесс	Грунты		Результат процесса
	Генезис	Описание	
Тиксотропное разжижение	Озерно-морские (m, l H), озерно-ледниковые (lg III),	Суглинки легкие пылеватые с растительными остатками слоистые, а также суглинки, супеси ленточные	Снижение прочности и устойчивости при динамическом воздействии
Плывунообразование	Озерно-морские (m, l H)	Пески пылеватые плотные серые, насыщенные водой	При вскрытии выработками переходят в неустойчивое состояние, развитие неравномерных деформаций дневной поверхности
Суффозия	Техногенные (t IV)	Пески средне- и крупнозернистые, насыщенные водой	Не реализуется ввиду низких градиентов фильтрации и $C_u < 5$
	Озерно-морские (m, l H)	Пески пылеватые плотные серые, насыщенные водой	
Подтопление	Техногенные (t IV), озерно-морские (m, l H)	Пески средне- и крупнозернистые, насыщенные водой	Подъем уровня грунтовых вод, изменение НДС грунтов
Оползневые деформации	Озерно-морские (m, l H), озерно-ледниковые (lg III), морены ошашковского горизонта (g III)	Суглинки легкие пылеватые с растительными остатками, слоистые, а также суглинки, супеси ленточные, суглинки легкие пылеватые тугопластичные с гравием 5%	Потеря устойчивости конструкций набережной с последующим разрушением
Коррозия и биокоррозия	Озерно-морские (m, l H), озерно-ледниковые (lg III), морены ошашковского горизонта (g III)	Вся толща песчано-глинистых пород в разрезе	Преждевременное разрушение материалов конструкций в основании откоса набережной и ее облицовки
Биохимическое газообразование	Морские микулинские (m III mk)	Суглинки легкие пылеватые твердые темно-серые слоистые с примесью органических веществ	При вскрытии может отмечаться выделение газов с редкими газо-грязевыми выбросами

Источник: составлено авторами.

Согласно данным визуального осмотра набережной, идет активное формирование оползневой поверхности (рис. 2). В соответствии с СП 420.1325800.2018 Приложение Д, предполагается, что оползневой процесс находится на стадии начального периода проявления, так как образуются трещины растяжения и происходит оседание дневной поверхности [19].

Проведенные исследования выявили критическое состояние Октябрьской набережной, обусловленное комплексом инженерно-геологических, гидрогеологических и техногенных факторов. Расчеты устойчивости откоса показали, что коэффициент запаса варьируется в пределах 1,0–1,2, что соответствует его предельному равновесию. Основной причиной деформаций стали слабые глинистые грунты озерно-морского и озерно-ледникового генезиса, угол

внутреннего трения которых менее 5° в условиях тиксотропного+ разупрочнения при динамических нагрузках. Существенную роль в деградации конструкций играет высокая агрессивность подземных вод, характеризующихся высокой минерализацией и повышенным содержанием сульфатов, что интенсифицирует коррозию бетона и металлических элементов, способствует разрушению свай, цементного раствора диабазовой и бутовой кладки. Дополнительным фактором риска является прогрессирующая контаминация грунтов органическими и химическими загрязнителями, приводящая к снижению их прочностных свойств и активизации опасных процессов, таких как оползни и биохимическое газообразование. Кроме того, следует принимать во внимание отсутствие дренажной системы.

Учитывая планируемое строительство нового моста через р. Неву и ожидаемый рост транспортной нагрузки, ключевой мерой обеспечения устойчивости набережной является замена деревянных свай железобетонными с заглублением в моренные отложения московского горизонта (глубина > 25 м), обладающие повышенной несущей способностью ($\varphi = 22^\circ$, сцепление 0,074 МПа).

Заключение

Полученные результаты имеют практическую значимость для реконструкции аналогичных набережных Санкт-Петербурга в рамках программы «Водный каркас», а также могут быть использованы для разработки превентивных мер по сохранению объектов культурного наследия в условиях мегаполиса.

Список литературы

1. Кузнецова Е. Как развивается «водный каркас» Петербурга: репортаж // Новостной канал «Санкт-Петербург». 20.07.2024. [Электронный ресурс]. URL: <https://tvspb.ru/news/2024/07/20/kak-razvivaetsya-vodnyj-karkas-peterburga?ysclid=ma3922pa1e181437269> (дата обращения: 20.05.2025).
2. Савельев М.В., Киселева Д.А., Бондарь Н.В., Пигин Ю.А. Принципы формирования городских общественных рекреационных зон набережных территорий // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2019. № 33. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiipy-formirovaniya-gorodskih-obschestvennyh-rekreatsionnyh-zon-naberezhnyh-territoriy> (дата обращения: 26.06.2025).
3. Сидорова В.В., Живица В.В., Суворов А.И., Эрайзер А.А. Принципы реконструкции общественных пространств в границах прибрежных территорий, на примере пгт. Черноморское республики Крым // Строительство и техногенная безопасность. 2021. № 22 (74). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiipy-rekonstruktsii-obschestvennyh-prostranstv-v-granitsah-pribeznyh-territoriy-na-primere-pgt-chemomorskoe-respubliki-krym> (дата обращения: 26.06.2025).
4. Кочедамов В.И. Набережные Невы. Л.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1954. 180 с.
5. Картунов П.А. Потенциал устройства контактных набережных вдоль акватории Санкт-Петербурга // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 12–2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/potentsial-ustroystva-kontaktnykh-naberezhnykh-vdol-akvatorii-sankt-peterburga> (дата обращения: 26.06.2025).
6. Подпорина П.С., Смолина О.О. Анализ современных подходов к функциональному зонированию набережных и их предметно-пространственному наполнению // Вестник ТГАСУ. 2024. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennykh-podhodov-k-funktsionalnomu-zonirovaniyu-naberezhnykh-i-ih-predmetno-prostranstvennomu-napolneniyu> (дата обращения: 26.06.2025).
7. Сарафанова О.Ю. Устранение физического износа стенков набережных Санкт-Петербурга // StudArctic forum. 2018. № 1 (9). С. 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustranenie-fizicheskogo-iznosa-stenok-naberezhnykh-sankt-peterburga> (дата обращения: 02.06.2025).
8. Хасанов Р.Р., Киносаян Н.С. Подходы к архитектурно-градостроительной организации набережной им. Табеева в набережных Челнах // Известия КазГАСУ. 2019. № 1 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-arhitekturno-gradostroitelnoy-organizatsii-naberezhnoy-im-tabeeva-v-naberezhnykh-chelnah> (дата обращения: 26.06.2025).
9. Акт по результатам государственной историко-культурной экспертизы раздела документации, обосновывающей меры по обеспечению сохранности объекта культурного наследия регионального значения «Октябрьская набережная» [Электронный ресурс]. URL: https://kgiop.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2023/06/16/1_kCluMcv.pdf (дата обращения: 13.06.2025).
10. Мотова Ю.О., Кулеева Л.М. Особенности современных приемов формирования набережных // Известия КазГАСУ. 2018. № 4 (46). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-sovremennykh-priemov-formirovaniya-naberezhnykh> (дата обращения: 14.05.2025).
11. Гельфонд А.Л. Архитектурные аспекты преобразования бывших портовых территорий // Academia. Архитектура и строительство. 2022. № 3. С. 40–50. DOI: 10.22337/2077-9038-2022-3-40-50.
12. Захарова Е.Г. Анализ деформации и расчет устойчивости набережной Петровского стадиона // Записки горного института. 2002. Т. 150. Ч. 1. С. 22–26. URL: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/9518> (дата обращения: 14.05.2025).
13. Дашко Р.Э., Лохматиков Г.А. Верхнекотлинские глины Санкт-Петербургского региона как основание и среда уникальных сооружений: инженерно-геологический и геотехнический анализ // Записки Горного института. 2022. Т. 254. С. 180–190. DOI: 10.31897/PMI.2022.13.
14. Горская В.А. Инженерно-геологический анализ исторического аспекта освоения и загрязнения подземного пространства Санкт-Петербурга: специальность 25.00.08 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»: дис. ... канд. геол.-мин. наук. Санкт-Петербургский горный университет. Санкт-Петербург, 2017. 250 с.
15. Дашко Р.Э., Карпенко А.Г. Современное состояние надземных и подземных конструкций Александровской колонны – интегральная основа ее устойчивости // Записки Горного института. 2023. Т. 263. С. 757–773. EDN: OSYENQ.
16. Дашко Р.Э., Горская В.А. Инженерно-геологические и экологические аспекты преобразования моренных грунтов в подземной среде Санкт-Петербурга для оценки их несущей способности // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12–1 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inzhenerno-geologicheskie-i-ekologicheskie-aspekty-preobrazovaniya-morenykh-gruntov-v-podzemnoy-srede-sankt-peterburga-dlya-otsenki-ih> (дата обращения: 26.06.2025).
17. Александрова О.Ю. Природные и природно-техногенные геологические процессы в подземном пространстве Санкт-Петербурга: закономерности развития, систематизация и возможности предотвращения: специальность 25.00.08 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Санкт-Петербургский горный университет. Санкт-Петербург, 2007. 21 с.
18. Глазунов В.В., Бурлуцкий С.Б., Шувалова Р.А., Жданов С.В. Повышение достоверности 3D-моделирования оползневого склона на основе учета данных инженерной геофизики // Записки Горного института. 2022. Т. 257. С. 771–782. DOI: 10.31897/PMI.2022.86.
19. СП 420.1325800.2018. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства в районах развития оползневых процессов: утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 21 декабря 2018 г. № 844/пр и введен в действие с 22 июня 2019: введен впервые: дата введения 2019-06-22. М.: Минстрой России, 2018. 60 с.