МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра екології та охорони довкілля

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Природні фактори деградації міського пляжу Миколаєва»

Виконав студент 2 курсу групи МОС-19(з/ф)
спеціальності 101 Екологія
Камінський Євген Вікторович

Керівник к.т.н., доц.
Юрасов Сергій Миколайович

Рецензент д.геогр.н., проф.
Лобода Наталія Степанівна

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *магістерської підготовки*
Кафедра *екології та охорони довкілля*
Рівень вищої освіти *магістр*
Спеціальність *101 – Екологія*
Освітньо-професійна програма *Охорона навколишнього середовища*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *екології та охорони довкілля*

Т.А.Сафранов
“ *26* ” *жовтзня 2020* року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Камінському Євгену Вікторовичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи «*Природні фактори деградації міського пляжу Миколаєва*»
керівник роботи *Юрасов СергійМиколайови, к.т.н., доцент*
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від “*16*” *жовтня* 20*20р.* *№ 194«С»*

2. Строк подання студентом роботи *08 грудня 2020 р.*

3. Вихідні дані до роботи *звіти проектних організацій про стан розглядуваної ділянки, нормативна та технічна література з питань охорони довкілля та проектування технічних засобів захисту узбережжя.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити
1) Загальна характеристика водного об’єкту
2)Відомості про ділянку дослідження
3) Загалні уявлення про фактори впливу на стан пляжу
4) Гранулометричний склад ґрунтів
5) Хвилювання
6) Вітровий нагін
7) Профіль динамічної рівноваги
8) Аналіз результатів, висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)
1) Розташування об.єкту досліджень
2) Проміри глибин

3) Розрізи
4) Гранулометрична крива
5) Хвиленебезпечні напрямки
6) Розташування розрізів
7) Профілі берегового силу й динамічної рівноваги
8) профілі відсипки

6.Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання *26 жовтня 2020 року*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	*Збір даних по загальній характеристиці водного об'єкту*	*26.10.20-30.10.20*	85	4 (добре)
2	*Збір даних про ділянку досліджень, статистична обробка цих даних.*	*31.10.20-08.11.20*	85	4 (добре)
3	*Обробка результатів гранулометричного складу, розрахунок критичних швидкостей розмиву, параметрів вітрового хвилювання.*	*09.11.20-15.11.20*	85	4 (добре)
	Рубіжна атестація	*16.11.20-21.11.20*	85	4 (добре)
5	*Розрахунок профілю динамічної рівноваги, побудова профілів берегового схилу і динамічної рівноваги*	*22.11.20-24.11.20*	85	4 (добре)
6	*Аналіз отриманих результатів, розробка висновків й рекомендацій*	*25.11.20-29.11.20*	85	4 (добре)
8	*Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.*	*30.11.20-05.12.20*	85	4 (добре)
9	*Підготовка остаточної версії магістерської кваліфікаційної роботи та презентаційного матеріалу до публічного захисту в екзаменаційній комісії.*	*06.12.20-08.12.20*	85	4 (добре)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		85,0	

Студент _____ *Камінський Є.В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ *Юрасов С.М.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Камінський Є.В. Природні фактори деградації міського пляжу Миколаєва.

В роботі розглядається проблема руйнування узбереж під впливом природних факторів на прикладі пляжу міста Миколаєв. Ця проблема є актуальною через втрату рекреаційної привабливості деградованих пляжів і пов'язані з цим збитки в туристичної діяльності.

Об'єкт дослідження – пляжна смуга узбережжя під впливом природних факторів.

Предмет дослідження – вплив природних факторів на стан пляжу.

Мета дослідження – оцінка стана пляжу міста Миколаєв у перспективі, пропозиція заходів його захисту від деградації.

Елементи наукової новизни полягають у детальному аналізі факторів, під впливом яких відбувається деградація пляжу м. Миколаєв, і прогноз стана пляжу.

В результаті досліджень встановлено, що пляж міста Миколаєв складений неоднорідним піском з кутом внутрішнього тертя 30° і з 50% діаметром частинок 0,25 мм. В період весняної повені або при сильних згінно-нагінних вітрах швидкість течії може перевищувати критичні швидкості руху наносів. Тому можливе вздовжберегове переміщення пісків у великих обсягах в залежності від тривалості впливу сильної течії.

Вітри зі швидкістю 15 м/с в секторі північ-захід-південь створюють в глибоководній зоні (>4,5 м) хвилювання з параметрами: висота хвиль забезпеченістю 5% в системі – 0,80?0,86 м; середня довжина – 10,5?11,3 м; середній період – 2,6?2,7 с. Придонна швидкість при такому хвилювання може буті до 2,0 м/с, що сприяє вздовжбереговому переміщенню наносів.

В умовах Бузького лиману в приурізовій зоні процес розмиву берегового схилу під впливом хвиль переважає процес накопичення наносів в наслідок закруту русла. Хвилювання визначає процес руйнування берегового схилу й переміщення наносів вздовж берега. Пляж міста Миколаєв з часом

буде руйнуватися (деградувати) без прийняття спеціальних заходів щодо його захисту.

Захист пляжу від деградації можливий шляхом будівництва наскрізних бун, яки не перекривають транспорт наносів уздовж берегу, але сприяють накопиченню піску на пляжі у просторі між бунами. Для захисту корінного берегу пляжу від руйнування необхідно побудувати підпірну стінку.

Робота складається зі вступу, 3 основних розділів, висновків, переліку посилань і додатку. Обсяг роботи складає 73 с., у тому числі 32 рис., 9 табл. і 15 літературних джерел.

За темою кваліфікаційної магістерської роботи було опубліковано тези доповіді на XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2020» 17–18 грудня 2020 року, м. Харків, Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна.

Ключові слова: природні фактори, деградація пляжу, режим рівню води, параметри хвилювання, швидкість вітру, гранулометричний склад ґрунту, профіль динамічної рівноваги.

–

ANNOTATION

Kaminsky E.V. Natural factors of degradation of a city beach of Nikolaev.

The problem of destruction of coasts under the influence of natural factors on an example of a beach of the city of Nikolaev is considered in work. This problem is relevant due to the loss of recreational attractiveness of degraded beaches and the associated losses in tourism.

The object of research is the beach strip under the influence of natural factors.

The subject of research – the influence of natural factors on the condition of the beach.

The purpose of research – an assessment of a condition of a beach of the city of Nikolaev in the future, the offer of measures of its protection against degradation.

Elements of scientific novelty consist in the detailed analysis of the factors under the influence of which there is a degradation of a beach of Nikolaev, and the forecast of a condition of a beach.

As a result of researches it is established that the beach of the city of Nikolaev is made of inhomogeneous sand with an angle of internal friction of 30 ° and with 50% of diameter of particles of 0,25 mm. During the spring flood or strong winds, the flow velocity may exceed the critical velocities of sediments. Therefore, longitudinal movement of sands in large volumes is possible depending on the duration of exposure to strong currents.

Winds with a speed of 15 m/s in the north-west-south sector create excitement in the deep-water zone (>4.5 m) with the following parameters: wave height with 5% security in the system – 0.80?0.86 m; average length – 10.5?11.3 m; the average period is 2.6?2.7 s. The bottom velocity at such excitement can be up to 2.0 m/s, which contributes to the coastal movement of sediments.

In the conditions of the Bug estuary in the priuriz zone the process of erosion of the coastal slope under the influence of waves prevails over the process

of sediment accumulation as a result of the torsion of the channel. Excitement determines the process of destruction of the coastal slope and the movement of sediments along the coast. The beach of the city of Nikolaev in due course will be destroyed (degraded) without acceptance of special measures for its protection.

Protection of the beach from degradation is possible by building through gullies, which do not block the transport of sediments along the shore, but contribute to the accumulation of sand on the beach in the space between the gullies. To protect the root shore of the beach from destruction, it is necessary to build a retaining wall.

The work consists of an introduction, 3 main sections, conclusions, a list of references and an appendix. The volume of work is 73 pages, including 32 figures, 9 tables. and 15 literary sources.

Abstracts of the report were published at the XXIII International Scientific and Practical Conference "Ecology, Environmental Protection and Sustainable Environmental Management: Education - Science - Production - 2020" December 17-18, 2020, Kharkiv, Kharkiv National University. V.N.Karazin.

Key words: natural factors, beach degradation, water level regime, excitation parameters, wind speed, granulometric composition of soil, dynamic equilibrium profile.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ..... 10
ВСТУП 12
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО ОБ'ЄКТА 14
1.1 Географічна характеристика..... 14
1.2 Метеорологічна характеристика 16
1.3 Гідрологічний режим 19
1.4 Гідрохімічна характеристика 24
1.5 Гідробіологічна характеристика 25
2 ВІДОМОСТІ ПРО ДІЛЯНКУ ДОСЛІДЖЕННЯ 28
3 ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА СТАН ПЛЯЖУ І ВИХІДНІ ДАНІ 40
3.1 Загальні уявлення про природні фактори впливу на стан пляжу 40
3.2 Вихідні дані 43
3.3 Гранулометричний склад ґрунтів..... 45
3.4 Хвилювання..... 49
3.5 Вітровий нагін..... 54
3.6 Крітичні швидкості розмиву..... 55
3.7 Профіль динамічної рівноваги берегового схилу і аналіз результатів..... 57
ВИСНОВКИ..... 69
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 71
ДОДАТК А..... 73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БС	–	балтійська система височин;
W	–	природна вологість ґрунту;
P	–	щільність вологого ґрунту;
ρ_d	–	щільність сухого ґрунту;
ρ_s	–	щільність часток ґрунту;
e	–	коефіцієнт пористості ґрунту;
Sr	–	ступінь вологості ґрунту;
φ	–	кут внутрішнього тертя;
C	–	питоме зчеплення частинок ґрунту;
E	–	модуль деформації;
Ro	–	розрахунковий опір;
d_p	–	діаметр частинок з частковим вмістом P;
P	–	сумарний частковий вміст частинок;
a и b	–	параметри залежності;
$r(P;Y)$	–	коефіцієнт кореляції;
$\sigma(Y)$ и $\sigma(P)$	–	середньоквадратичні відхилення рядів Y и P;
Y_{CP} и Y_{CP}	–	середні значення рядів Y и P;
d_{50}	–	діаметр частинок з 50% вмістом;
$v_{доп}$	–	допустима середня швидкість потоку;
R	–	гідравлічний радіус;
n_y	–	коефіцієнт умов роботи;
η	–	відносна глибина потоку;
$H_{от}$	–	глибина потоку на укоси;
m_2	–	коефіцієнт закладення укосу;
ρ_1	–	щільність ґрунту зваженого водою;
f	–	коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту в воді;
C_p	–	розрахункове зчеплення ґрунту при розриві в воді;

d – глибина;

A – параметр форми;

X – відстань від берега (уріза);

W_s – гідравлічна крупність наносів;

$i_П$ – середній ухил надводної частини профілю динамічної рівноваги;

g – прискорення свобідного падіння;

h_d – середня висота хвиль на глибокої воді;

V_w – швидкість вітру на висоті 2 м над рівнем моря;

L – довжина розгону;

T_d – період хвилювання;

λ_d – середня довжина хвиль на глибокої воді;

h_i – висота хвиль забезпеченістю i% в системі на розглянутій глибині;

k_t – коефіцієнт трансформації;

k_r – коефіцієнт рефракції;

k_l – коефіцієнт узагальнених втрат;

k_i – перехідний коефіцієнт від середньої висоти хвиль в системі до i%;

th – гіперболічний тангенс;

d_{cr} – глибина першого обвалення хвиль;

$d_{cr,u}$ – глибина останнього обвалення хвиль;

η – перевищення вершини хвилі над розрахунковим рівнем;

η_w – висота вітрового нагону.

ВСТУП

Актуальність проблеми. Приурізова зона водних об'єктів піддається впливу великої кількості природних і антропогенних факторів. Їх Дія призводить до зміни планових обрисів лінії берега і висотних відміток берегового схилу. Часто ци зміни носять негативний характер і можуть вплинути на рекреаційну привабливість узбережжя. Тому дослідження природних факторів деградації рекреаційних ділянок для запобігання їх негативних змін є актуальним.

У цьому дослідженні антропогенні фактори не розглядаються.

Основними природними факторами, що визначають стан пляжів в перспективі, являються: режими рівнів води, течії і вітрового хвилювання; обрис підводної і надводної частин берегового схилу, його позначки і механічні властивості ґрунтів; вздовжбереговий транспорт наносів. Від цих факторів залежить буде чи ні відбуватися накопичення пляжного матеріалу, стабілізація берегової лінії або деградація пляжу.

Об'єкт дослідження – пляжна смуга узбережжя під впливом природних факторів.

Предмет дослідження – вплив природних факторів на стан пляжу.

Мета дослідження – оцінка стана пляжу міста Миколаєв у перспективі, пропозиція заходів його захисту від деградації.

Завдання дослідження.

1. Аналіз нормативної і технічної літератури з питання прогнозу стана і захисту пляжів.

2. Характеристика об'єкту дослідження і району його розташування.

3. Аналіз природних факторів впливу на стан пляжу.

4. Аналіз гранулометричного складу ґрунтів пляжу і берегового схилу.

5. Розрахунки критичних швидкостей течій переносу пляжного матеріалу.

6. Аналіз режиму рівнів води, швидкості вітру і течій..

7. Розрахунки режиму вітрового хвилювання різних напрямків і оцінка його впливу на пляж.

8. Оцінка профілю динамічної рівноваги підводної частини берегового схилу і оцінка стану цього схилу у перспективі.

9. Пропозиція заходів захисту пляжу від деградації.

10. Розробка висновків дослідження.

Елементи наукової новизни полягають у детальному аналізі факторів, під впливом яких відбувається деградація пляжу м. Миколаєв, і прогноз стана пляжу.

Матеріали і методи дослідження.

Інформаційною базою досліджень послужили відібрані й опрацьовані матеріали і звіти державних й приватних підприємств, нормативна та технічна література з питань оцінки стану й захисту пляжів.

Основними *методами досліджень* – є методи математичної статистики і математичного моделювання, порівняльний аналіз, картографічні і графоаналітичні дослідження.

За темою кваліфікаційної магістерської роботи було опубліковано тези доповіді на XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Освіта – Наука – Виробництво – 2020» 17–18 грудня 2020 року, Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна.

Обсяг і структура роботи. Кваліфікаційна магістерська робота викладена на 73 сторінках комп’ютерного тексту. Вона складається із вступу, переліку умовних скорочень, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку. Робота проілюстрована 9 таблицями і 32 рисунками. Список використаної літератури налічує 15 найменувань.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО ОБ'ЄКТА

1.1 Географічна характеристика

Південний Буг займає серед річок Чорноморсько-Азовського басейну сьоме місце по протяжності і площі водозбірного басейну. Це найбільша річка, басейн якої повністю розташований в межах України. Її загальна довжина становить 806 км, а площа водозбору - 63700 квадратних кілометрів. Річка протікає по території Хмельницької, Вінницької, Кіровоградської та Миколаєвської областей, будучи до того ж на ділянці протяжністю близько 50 км природним кордоном між Кіровоградською та Одеською областями. [1].

Починається Південний Буг на Волино-Подільської височини біля с.Холодец Хмельницької області на висоті 321 м над рівнем моря. Середнє падіння річки – 39,8 см на 1 км шляху.

У верхній течії Південний Буг має рівнинний характер, ширина річки не перевищує 15 м, глибина становить від 0,2 до 2,5 м. Нижче припливу Іква річка приймає гірський характер, порожисте русло шириною 60-80 м, закладене в кристалічних породах, має середню глибину 2,5 м. У 62 км нижче від Первомайська Південний Буг знову набуває рівнинний характер, русло річки розширюється спочатку до 150 м, нижче Нової Одеси річка поступово переходить в Бузький лиман. Поблизу Миколаєва ширина русла досягає 2-3 км, глибини зростають до 5-6 м.

В Південний Буг впадають численні притоки, більшість з яких відноситься до категорії дуже малих (протяжність менше 25 км). Основні притоки мають протяжність понад 100 км. Найбільш примітні притоки річки: по протяжності – Інгул (354 км), по площі водозбору – Синюха (16,7 тис.км^2). У формуванні річного стоку П.Бугу на частку цих приток припадає відповідно 0,29 і 0,96 км^3.

Річки в басейні Південного Бугу основне харчування отримують від

талих вод (у верхній течії річки – близько 50%, в нижньому – до 80%) і дощових опадів.

Для басейну Південного Бугу характерна висока ступінь зарегульованості. З більш ніж 1100 водосховищ на території України на басейн цієї річки доводиться 197 загальним обсягом 0,86 км^3. Близько 40% цього обсягу становить ємність чотирьох основних водосховищ.

Південний Буг є магістральною річкою для областей України, за якими він протікає, а його притоки - важливі джерела енерго- і водопостачання.

Численні водосховища басейну П.Бугу, що забезпечують роботу малих ГЕС, є водоймами-охолоджувачами для розташованих біля них ТЕС. Вони забезпечують в ряді випадків регулювання сезонного стоку річок і використовуються для інших народногосподарських потреб, в т.ч. в комунальному господарстві і для промислових потреб.

Економічне використання води в басейні Південного Бугу в 90-х роках характеризується наступними показниками (км^3 в рік): забір води – 1,07-2,53; використання – 1,04-2,46; безповоротне споживання – 0,19-0,69; скидання в басейн – 0,88-1,84. Максимальні показники відповідають початку, мінімальні – кінця 90-х років.

Основний споживач води - промисловість (у 1998 р – 79% загального обсягу споживання, при цьому тільки одна Південно-Українська АЕС споживає щорічно 40 млн. м^3), на другому місці комунальне господарство (12%). Частка води, споживаної на зрошення, в останні роки стала мінімальною.

Важливо значення Південного Бугу як джерела рибних запасів. У нижній течії річки і в Дніпровсько-Бузькому лимані розвинений промисловий лов риби, в основному судака, ляща, осетрових, сома та ін. В водах лиману зустрічається більше 80 видів риб.

1.2 Метеорологічна характеристика

Температура повітря.

Найбільш холодними є січень і лютий, середньомісячна температура їх відповідно дорівнює -1,2 і -1,4°С за багаторічними даними [2].

Найтепліший місяць – липень, середньомісячна температура якого становить + 22,4°С.

Мінімальна зафіксована температура повітря склала -29,7°С, а максимальна + 39,1°С.

В даному районі середньодобова температура повітря переходить до від'ємних показників 22-27 грудня, а навесні до позитивних температур – в кінці лютого - початку березня.

Число днів з мінусовою температурою повітря коливається від 59 до 119.

Середній багаторічний температура повітря становить + 10,1°С.

Вологість повітря.

Найбільші значення відносної вологості відзначаються в холодну пору року. У грудні і січні її середньомісячні значення рівні 87-86%. Найменші її значення в липні і серпні складають 68-70%, а абсолютний мінімум відносної вологості спостерігався в червні і склав всього 22%.

Абсолютна вологість повітря має найбільші значення в теплі літні місяці - липні та серпні, коли її середньомісячні значення рівні відповідно 18,4 і 18,1 мб. Взимку величини абсолютної вологості мінімальні і в січні-лютому їх середньомісячні значення складають 5,0 і 4,8 мб.

Опади.

Середня багаторічна сума опадів за рік становить 442 мм (теплий період – 270 мм, холодний – 172 мм).

Найбільша кількість опадів випадає в літні місяці (46-53 мм), найменша кількість опадів припадає на зимові місяці (25-28 мм).

У літній період характерні зливи з інтенсивністю до 2 мм/хв. Добова

норма опадів може досягати 60-90 мм.

У весняні місяці середньомісячні кількості опадів мало відрізняються між собою і близькі до 30 мм, восени ці відмінності значні. Так, якщо в жовтні випадає в середньому за місяць 26 мм, то в листопаді – 44 мм, а у вересні – 34 мм.

Місячні суми опадів з року в рік можуть сильно коливатися: у червні 1969 р випало 128 мм опадів, в червні 1965 році всього 6,9 мм, в вересні 1971 р випало 134 мм, в вересні 1983 році всього 1,4 мм.

Найбільша кількість днів з опадами спостерігається взимку. У році число днів з дощем коливається від 60 до 110, а зі снігом - від 22 до 43.

Перший сніг не утворює зазвичай снігового покриву і швидко тане. Сніговий покрив з'являється в другій половині грудня, дуже нестійкий і зберігається нетривалий час. Остаточно сніг сходить на початку або в середині березня. Найбільша товщина снігового покриву сягає 30-39 см.

Небезпечні атмосферні явища.

Грози можливі протягом всього року. Так, в останні роки вони реєструвалися в грудні і січні. Однак найбільш часті грози в літній період [2].

В окремі роки влітку число днів з грозою досягає 10-15 в місяць, найбільше зареєстроване число днів з грозою склало за даними Одеси - 35, а за даними Іллічівська – 37 днів на рік.

Середня безперервна тривалість грози в день з грозою незначна і становить 1,7 години. 40% всіх гроз триває менше години, 45% випадків припадає на грози з тривалістю від одного до 3 годин, а в 15% випадків їх тривалість змінювалася від 3 до 6 годин.

Найчастіше грози спостерігаються в другій половині дня між 12 і 18 годинами.

Град. Випадки випадання граду відзначаються не щороку. Зазвичай він буває в теплу пору року [2].

Випадання граду пов'язане з циклонічної діяльністю при розвитку

внутрішньомасовій хмарності в умовах вторгнення холодного повітря і наявності вертикальної нестійкості атмосфери.

В середньому протягом року спостерігається 1,3 дня з градом, а в окремі роки це число може досягати 6. Град випадає окремими плямами. Площа таких плям змінюється від десятків гектар до десятків квадратних кілометрів.

Заметілі спостерігаються з листопада по квітень, однак на початку і кінці цього періоду вони бувають вельми рідко [2].

В середньому протягом року буває 9 днів з хуртовиною, максимально – 20 днів. Тривалість хуртовини в день з хуртовиною становить в середньому 7 годин.

Найбільш часто хуртовини реєструються в січні і лютому; від 2 до 11 випадків на місяць. Заметіль виникає, коли під час снігопаду або при наявності сухого снігового покриву відбувається посилення вітру до 12-17 м/с.

Під час хуртовини видимість погіршується і складає 0,2-1,0 км.

Тумани і серпанок в СЗ частини Чорного моря тумани найбільш часто спостерігаються в холодну пору року. У цю пору року можливі тривалі тумани, що тривають по кілька діб [2].

В середньому протягом року буває близько 35 днів з туманом, максимальне зареєстроване кількість склала 51 день.

Вітер.

Вітер - найважливіший елемент, який визначає такі гідрологічні явища, як хвилювання, протягом, наганянь зганяння коливання рівня і т.д [2].

Переважним напрямком вітру в Бузькому лимані протягом всього року, і особливо в зимовий час, є північний і північно-східне.

Середньомісячна швидкість вітру коливається в межах від 4,4 до 5,7 м/с. У зимово-осінній період вона трохи вища, ніж навесні і влітку.

Штормовими вітрами прийнято вважати вітри, швидкість яких перевищує 15 м/с.

Для Бузького лиману нагінними є вітри західної, південно-західній, південній та південно-східній чверті, згінними - вітри північній і північно-східній чверті горизонту.

1.3 Гідрологічний режим

Середньорічний стік річки Південний Буг становить 2,9 кубічних кілометрів. У маловодні роки стік річки знижується до 0,9 кубічних кілометра. Середня витрата води в річці протягом року становить 92 $м^3$/сек. Половина річного стоку річки припадає на період весняної повені. В цей час витрата води в річці підвищується до 200 $м^3$/сек [3].

Мінімальні добові витрати води в р.Південний Буг у водпосту Олександрівка зареєстровані:

24 лютого 1956 року – 2,6 $м^3$/сек;

19 липня 1959р. – 5,0 $м^3$/сек;

29 липня 1963 року – 5,4 $м^3$/сек.

Відбір води на комунальні та господарські потреби становить близько 60 млн.$м^3$/рік. З урахуванням інших водоспоживачів рибного і сільського господарства, санітарних пропусків, загальні витрати на водоспоживання в басейні Південного Бугу становлять близько 1600 млн.$м^3$.

Течія.

У Бузькому лимані спостерігаються градієнтні, компенсаційні, стічні та вітрові течії, кожне з яких спостерігається в тому чи іншому середовищі [3].

Градієнтні течії, обумовлені різницею щільності води лиману та північно-західної частини Чорного моря, спостерігаються в усі сезони року і захоплюють тільки придонні шари води, поширюючись в лиман, в основному, по судноплавному каналу. У багатоводні роки вони не проникають далі Кінбурнського протоки, в середні за водністю роки досягають траверзу м. Аджіголь (Дніпровський лиман) і коси Волоській (Бузький лиман), а в маловодні роки простежуються до Миколаєва і гирла

Дніпра. Швидкості градієнтних течій змінюються від 5 до 15 см/с, зменшуючись у міру проникнення їх в лиман.

Компенсаційні течії обумовлені змінами рівня. При нагінних вітрах вони проявляються слабо і по напрямку збігаються зі стічними течіями. При зганяючи вітрах різниця в рівнях досягає 1 м, що призводить до виникнення стійких компенсаційних течій, які проникають далеко вглиб лиману, а іноді і в гирла Дніпра і П.Бугу, осолоняя води цих річок. Компенсаційні течії при зганяннях повторюються в 2,5 рази частіше, ніж такі ж течії при нагонах. Швидкості компенсаційних течій не перевищують 5-10 см/с.

Стічні течії є постійно діючим видом течій і обумовлені надходженням річкових вод. У період повені (середина березня - середина червня) цей вид течій стає переважаючим. При відносно великій стоці Дніпра і Ю. Бугу (витратах води 1 700 м^3/с і 95 м^3/с, відповідно) 1795 м^3/с, середньої швидкості вітру для регіону 5 м/с, північному напрямку вітру поверхневий потік розділяється на дві гілки. Одна частина потоку зі швидкістю до 0,5 м/с прямує уздовж північно-східного берега лиману в Бузький лиман, інша - вздовж південного берега лиману. На траверзі м. Аджіголь (місце звуження) гілки з'єднуються в один потік, який з дещо більшою швидкістю рухається у напрямку протоки, і впадає в північно-західну частину Чорного моря.

На горизонті 2,5-3,0 м напрямок течії аналогічно напрямками на поверхні, але швидкості трохи менше і складають 0,2-0,3 м/с.

На горизонті 4,5-5,0 м картина течій зберігається (швидкість 0,2 м/с), але іноді, особливо в зоні судноплавного каналу, спостерігаються зворотні течії, які є або градієнтними, або компенсаційними.

На горизонті 6,0-7,0 м течії направлені в лиман уздовж судноплавного лиману. Їх швидкості (траверс мису Аджіголь) досягають 0,15-0,20 м/с і зменшуються в міру проникнення течії в Бузький і Дніпровський лимани.

На горизонті 8,0-10,0 м течії вздовж каналу проникають далеко в Бузький лиман. Швидкості придонних течій не перевищують 0,1-0,2 м/с.

На підставі вищевикладеного можна зробити наступні висновки: в

період повені течія в лимані до глибини 3,0-5,0 м по всієї товщині направлена в сторону моря з завихреннями в Бузький лиман. На глибинах 7,0 м і більше течії по каналу і приглубих місцях лиману мають зворотну течію. Істотне збільшення стокової течії відбувається при сильних і тривалих згінних вітрах СВ і В напрямків. Зменшення швидкості стічних течій настає при нагінних вітрах через кілька годин після дії вітру.

Вітрові течії особливо помітні в меженний період.

При нагінних вітрах Пд і З напрямків з швидкостю від 5 до 12 м/с течії на поверхні в південній частині Бузького лиману спрямовані на північ і при зустрічі зі стокових стають нестійкими. На горизонті до 2-3 м швидкості течій досягали 0,5 м/с і картина течій така ж, як на поверхні. На горизонті 4,5-5,0 м вплив Ю і С вітру не позначається. Течії нестійкі і, мабуть, позначається компенсаційні і градієнтні течії. На глибинах 6,0-10,0 м простежуються тільки градієнтні течії зі швидкістю до 0,2 м/с і спрямовані на північ.

При згінному вітрі ПнС і С напрямків внаслідок складання стічних і дрейфовий течій в вузькість їх швидкості на поверхні досягають значних величин (0,4-0,5 м/с) і спрямовані на захід. На глибині 2,5-3,0 м вплив північних вітрів позначається слабо, і по всій акваторії лиману течії нестійкі у напрямку і по швидкості. На глибині 4,5-5,0 м вплив зганяючи вітрів майже не виявляється, уздовж судноплавного каналу з'являються градієнтні і компенсаційні течії, спрямовані в лиман. На глибині 6,0-10,0 м струменя компенсаційних і градієнтних течій проникають по судноплавним каналам, їх швидкості в Бузькому лимані досягають 0,2-0,3 м/с. Течії простежуються до Волоської коси. Тут спостерігається підвищена солоність глибинних вод.

Таким чином, течії в лимані, крім стічних, вельми непостійні і характеризуються великою мінливістю. Під час високих повеней і сильних згону і нагінних вітрах вони можуть досягати 0,6-0,8 м/с, але повторюваність таких швидкостей мала.

Температура води.

Коливання температури води в розглянутому районі носять сезонний характер і з деяким запізненням повторюють хід температури повітря [3].

Середня багаторічна температура води дорівнює плюс 10°С, максимальна - плюс 25,8°С спостерігалася в липні, мінімальна - мінус 1,8°С відзначена в лютому.

Взимку перехід через 0°С у бік негативних температур спостерігається в середньому 20-25 січня. Сама рання дата цього переходу – 3 січня, найпізніша – 28 лютого.

Навесні перехід через 0 у бік позитивних температур відбувається 20-25 лютого, найраніша дата такого переходу 1 лютого, найпізніша – 31 березня. Кількість днів в році з температурою води нижче 12°С становить в середньому 190 днів.

Льодовий режим.

Зима в розглянутому районі, як і по всьому півдню України, нестійка з частими відлигами, тому льодовий режим так само відрізняється великою нестійкістю. У 28 з 36 зим лід був відсутній, або з'являвся в початкових формах (сало, зберігає, блінчатий лід). В помірні і суворі зими (в середньому одна зима з п'яти-семи) утворюється припай – нерухомий лід. При цьому період, коли він поширюється від берега на 20 км і далі, в суворі зими дорівнює в середньому 30 днів, в помірні – 20 [3].

Льодовий покрив в лимані відрізняється наступними особливостями:

- льодоутворення починається в мілководній північно-східній частині лиману;

- в першу чергу освіту у берега і на мілководді крижаних голок, з яких формуються плями крижаного сала, а при легкому хвилюванні - шуги;

- поява заберегів з крижаної кірки і нілас, ширина заберегів зростає до 50-60 м і у разі подальшого зростання суми негативних температур утворюється припай;

- повне замерзання лиману.

Проміжок часу від появи льоду до повного замерзання від року до року може змінюватися у великих межах: від декількох днів до 1,5 місяця.

Сумарна кількість днів з льодовими явищами може досягати 100. Наприклад, в 1985 році було зареєстровано 96 днів з льодом різних форм.

Число днів з льодом дуже мінливе в залежності від фактора суворості зими від (1 до 60 днів). Середня кількість днів з льодом в останні роки склало 30 днів.

Максимальна зафіксована товщина льоду спостерігалася в січні 1977 року і склала (без подсовов) 55 см, а при підсовах і торошенні може досягати 1,5 м.

Наноси, каламутність води.

Каламутність, прозорість і колір води характеризуються великою мінливістю і залежать від величини твердого та водного стоку, течій, вітру і маси фітопланктону [3]. Середнє значення каламутності в розглянутому районі становить 19,1 мг/дм^3.

Роль стоку наносів р. Дніпро і р. Інгулець у формуванні рельєфу дна і заносимості судноплавних каналів Бузького лиману невелика. Значну частину площі дна лиману займають мули, а ближче до берега - піски з домішкою черепашнику. Походження піщаних грунтів пов'язано не стільки зі стоком річок, скільки з розмивом берега, складеного дрібними пісками. Максимальні витрати зважених наносів - на підйомі весняного паводку, мінімальний - в зимову межень. Сток наносів р. Південний Буг та р. Інгулець становить дуже малу величину і особливого впливу на заносимість каналу не має.

Наноси на ділянці каналу від Волоської коси до Очакова є результатом винесення вод Дніпра і Південного Бугу. Сток Дніпра приблизно в 15 разів більше стоку Південного Бугу. Тому наноси в цьому районі переважно Дніпровського походження.

1.4 Гідрохімічна характеристика

Гідрохімічний режим водойм і водотоків Дніпро-Бузької гирлової області відрізняється складністю формують його внутріводоемнимі процесів і специфічними особливостями, пов'язаними з проміжним положенням в системі річка-море. Основними факторами формування режиму є місцеві гідрометеорологічні умови.

У весняний період кількісні характеристики гідрохімічних показників знаходилися на рівні середніх багаторічних. Кисневий режим на досліджуваних акваторіях був типовим для початку літа завдяки ранній теплій весні. Проби відбиралися при температурі води +16°С. Значення даного показника становили 6,7-9,2 мг/дм^3. Високі значення вмісту розчиненого у воді кисню були також обумовлені раннім початком цвітіння мікроводоростей.

Найменші значення кисневого показника спостерігалися на досліджуваних акваторіях в літній період. Лише в досвітні години вміст розчиненого у воді кисню періодично знижувався до 4,2 мг/дм^3, але потім швидко підвищувався. У морі при штилі і високій температурі спостерігалося зниження кисневого показника до 4,0 мг/дм^3.

На початку осені показники кисневого режиму Дніпровсько-Бузького лиману поліпшуються і мало відрізняється від багаторічних в цю пору року. Це звичайне явище при настанні осіннього похолодання, що продовжувало спостерігатися при подальшому похолоданні в грудні.

У весняний період величина pH змінювалася в межах 7,6-8,0 і не виходила за рамки середніх багаторічних значень. У серпні та вересні в лимані залишалося в межах норми. У грудні цей показник також не виходив за рамки середніх багаторічних.

Прозорість води з березня по грудень становила в лимані від 0,4 до 0,9 м по диску Секкі. Води цієї акваторії взагалі не відрізняються високою

прозорістю через сильний річкового стоку.

Концентрації біогенних елементів в період спостережень знаходилися на досить низькому рівні для всіх досліджуваних точок. Це свідчить, по-перше, про великій швидкості деструкційних процесів у водоймі, а по-друге, про відносно низькому евтрофування даних акваторій. Значення змісту нітритів і фосфатів не відрізнялися від середніх багаторічних.

Солоність води в Дніпро-Бузькому лимані може дуже сильно коливатися, і залежить, з одного боку від напрямку і швидкості вітру, з іншого – від попусків опріснених вод Каховського водосховища. Максимальні значення солоності, як і в попередні роки, відзначені в Бузькому лимані – 1,0‰.

В цілому, гідрохімічний режим району складування ґрунту можна вважати благополучним. Спостереження на акваторії Бузького лиману не виявили істотного впливу демпінгу ґрунтів на якість водного середовища. В цілому, значення показників не виходили за межі середніх багаторічних і не перевищували ГДК.

1.5 Гідробіологічна характеристика

Гідробіологічні спостереження проводилися в різні періоди року на тих же станціях, що і гідрохімічні дослідження.

Бузький лиман є рибогосподарським водоймою першої категорії; тому гідробіологічна складова відіграє важливу роль у формуванні його рибопродуктивності. Проводяться роботи в першу чергу матимуть певний негативний вплив на гідробіологічний комплекс.

Бузький лиман є одним з найбільш продуктивних природних водойм півдня України. Збільшення видового складу основних таксономічних груп водоростей даного водойми пов'язано з інтенсивним проникненням планктонних водоростей з північно-західної частини Чорного моря внаслідок сгонно-нагінних явищ і скороченням річкового стоку, а збагачення видового

складу зелених і синьо-зелених водоростей (в основному прісноводними формами) - з досить високим евтрофірованія Бузької гирлової області. Однак результати багаторічних спостережень свідчать про те, що деякі, навіть масові види не можуть бути виявлені через те, що їх інтенсивний розвиток спостерігається раз на кілька років.

У фітопланктоні Бузького лиману, поряд з формами з Південного Бугу, присутні і масово-розвиваються солоноватоводні і морські форми планктонних водоростей. Ранньою весною в співтоваристві домінують золотисті і діатомові водорості.

Видовий склад фітопланктону за період спостережень практично не відрізнявся від середніх багаторічних. Як і раніше, співтовариство налічувало близько 60 основних видів, з яких прісноводні в період спостережень становили 57%.

Як правило, високі температури навесні сприяли ранньому початку «цвітіння» синьо-зелених водоростей. У фітопланктоні Дніпровсько-Бузького лиману провідну роль мали діатомові і перідинієві водорості. Біомаса фітопланктону співтовариства відчувала звичайні сезонні коливання з підвищенням в літній період. У районі каналу БДЛК вона була дещо нижчою, ніж в дніпровському лимані. Весняне підвищення температури сприяло ранньому початку «цвітіння» водоростей в лимані, що особливо простежувалося в східному районі. Влітку показники біомаси також залишалися на високому рівні.

Слід зазначити, що як в місцях проведення днопоглиблення, так і в місцях звалища ґрунту, де відзначалася підвищена каламутність води, продукційні процеси були найбільш інтенсивними.

У зоопланктоне досліджуваних акваторій з 29 визначених тут видів 9 видів становлять коловертки, 7 - ветвістоусие, 8 - весільного. У співтоваристві переважали прісноводні форми - до 60%. Як і фітопланктону співтовариство, зоопланктон лиману також відрізняється деякою неоднорідністю. Зоопланктон пріустьевие узмор'я і гирлової частини лиману

таксономически бідний, переважають представники евригалінних і морських видів. У західному районі видове різноманіття зоопланктону спільноти зростає, що обумовлено більш стабільною солоністю на цій акваторії. У центральній частині водойми присутній типовий солоноватоводний («лиманний») комплекс зоопланктеров, який характеризується високою чисельністю, але відносно низькою біомасою. Тут розвиваються більш дрібні форми планктону.

У період досліджень в зоопланктоне за чисельністю домінували коловертки і весільного. Основу біомаси зоопланктону в останні роки становили ветвістоусие, хоча за чисельністю вони становили не більше 15%.

У зообентосі лиману видове різноманіття залишилося на рівні минулих років - в центральній частині було визначено 49 видів, з яких 51% представлений прісноводними. Основу чисельності бентосной спільноти складали олігохети (32%), молюски (23%) і поліхети (11%).

Дві з перерахованих груп бентосних організмів - олігохети і поліхети - відрізняються рухливістю і коротким життєвим циклом, а також відносяться до кормового зообентосу. Дослідження останніх років показали, що біомаса кормового зообентосу знаходиться на рівні середніх багаторічних значень, крім тих точок, де безпосередньо в період спостережень проводилися роботи.

2. ВІДОМОСТІ ПРО ДІЛЯНКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розглядувана ділянка – пляж м. Миколаєв уздовж вул. Лазурної (АВ на рис. 2.1) довжиною 1,35-1,40 км.

Рисунок 2.1 – Міський пляж (АВ)

Частина річки Південний Бут від м.Миколаєва (нижче впадання

р. Інгул) до Дніпровського лиману з гідрологічної точки зору відноситься до категорії лиману (рис. 2.2). Протяжність його 47 км, середня ширина близько 3 км. Фарватер розташований ближче до західного берега.

Рисунок 2.2 - Бузький лиман

Ширина фарватеру приблизно 1,5 км, глибини, що переважають, 7 м. У середині фарватеру, на відстані 2,0-2,3 км від лівого берега проходить судноплавний Бузько-Дніпровський лиманний канал шириною 100 м і глибиною 10,4 м.

Бузький лиман характеризується дуже складною динамікою водних

мас, при цьому спостерігаються різні типи течій. Гідрологічні умови і рівневий режим лиману визначається стоком річкових вод і, головним чином, сгонно-нагонними явищами. В лимані існує три типи потоків: прямий (з Бузького лиману), зворотний (в лиман) і нестійкий. До прямого потоку відносяться потоки, при яких течії повністю орієнтовані зі Бузького лиману в Дніпровський або коли потік такого напрямку становить більше 80% від загальної витрати води. В основному переважають нестійкі потоки.

При прямому і зворотному потоках течія по всьому перетину – одношарова, тільки на глибині (в судноплавному каналі) система течій двошарова. Нестійкий потік характеризується складною системою змінних за напрямками течій.

Найбільш важливу роль у формуванні гідродинамічного режиму Бузького лиману грають вітрові течії. Навіть при незначних вітрах дотичне напруження на велику водну поверхню лиману призводять до руху верхніх шарів води. При середніх вітрах швидкості вітрових течій можуть досягати 0,05-0,1 м/с; а при посиленні вітру до 10-15 м/с водні маси лиману на верхніх горизонтах дрейфують зі швидкістю до 0,3 м/с. Максимальна вітрова течія при штормовому південно-східному вітрі може досягати швидкості 0,8 м/с. Максимальна швидкість стокового течії в період водопілля може досягати 0,7-0,8 м/с.

Нагони спостерігаються рідко. Це пов'язано з тим, що вітри південної чверті (наганяння для Бузького лиману) в загальному слабкі (до 5,0 м/с), і їх повторюваність складає 86% в рік. На частку потужних вітрів цього напряму (до 10-15 м/с) припадає лише 2-3%. Повторюваність нагонів значно менше сгонів, в загальному відзначаються у весняний період (березень – травень). Як правило, коливання рівня води в лимані не перевищує 0,4-0,5 м.

Висота хвиль зазвичай не перевищує 0,5 м, але при сильних північно-східних вітрах хвилі досягають висоти 1,0 м.

На рис. 2.3-2.6 наведені результати зйомки висотних відміток берегового схилу розглядуваної ділянки (за даними ТОВ «Інженерний центр

«Геобест») і наведено розрізи.

На рис. 2.7 наведено профілі берегового схилу за розрізами перпендикулярними берегової лінії 1-1 – 4-4, на рис. 2.8 – профілі під кутом 45° до берегової лінії 1а-1а – 4а-4а.

Аналіз розташування свердловин на розглядуваної ділянки і геологічного розрізу (рис. 2.9, 2.10) показує:

- нижня межа шару супіску змінюється від «мінус»9,5 м БС на північної частині пляжу до «минус»10,9 м БС на південної, верхня межа – від «минус»6,0 м БС на Пн частині до 0,0 м БС на Пд частині, тобто на межі впливу вод Бузького лиману береговий схил представлено супіском;

- ґрунти пляжу складені мілким сірим піском, середньої щільності з включеннями битої черепашки.

Характеристики пісків пляжу наведені далі у п. 3.2.

Супісок відноситься до піщано-глинистих порід, яки складається з пісчаних (70-90%) та глинистих (10-30%) частинок, супісок це осадова порода континентального походження. Легко руйнується під впливом води.

Корінний берег пляжу м. Миколаєв складений супіском. Тобто, при високому стоянні рівню, коли уріз води досягає корінного берегу, будь-яке хвилювання буде розмивати його.

Рисунок 2.3 – Проміри глибин на відрізку 1 (підводний каньйон)

(за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

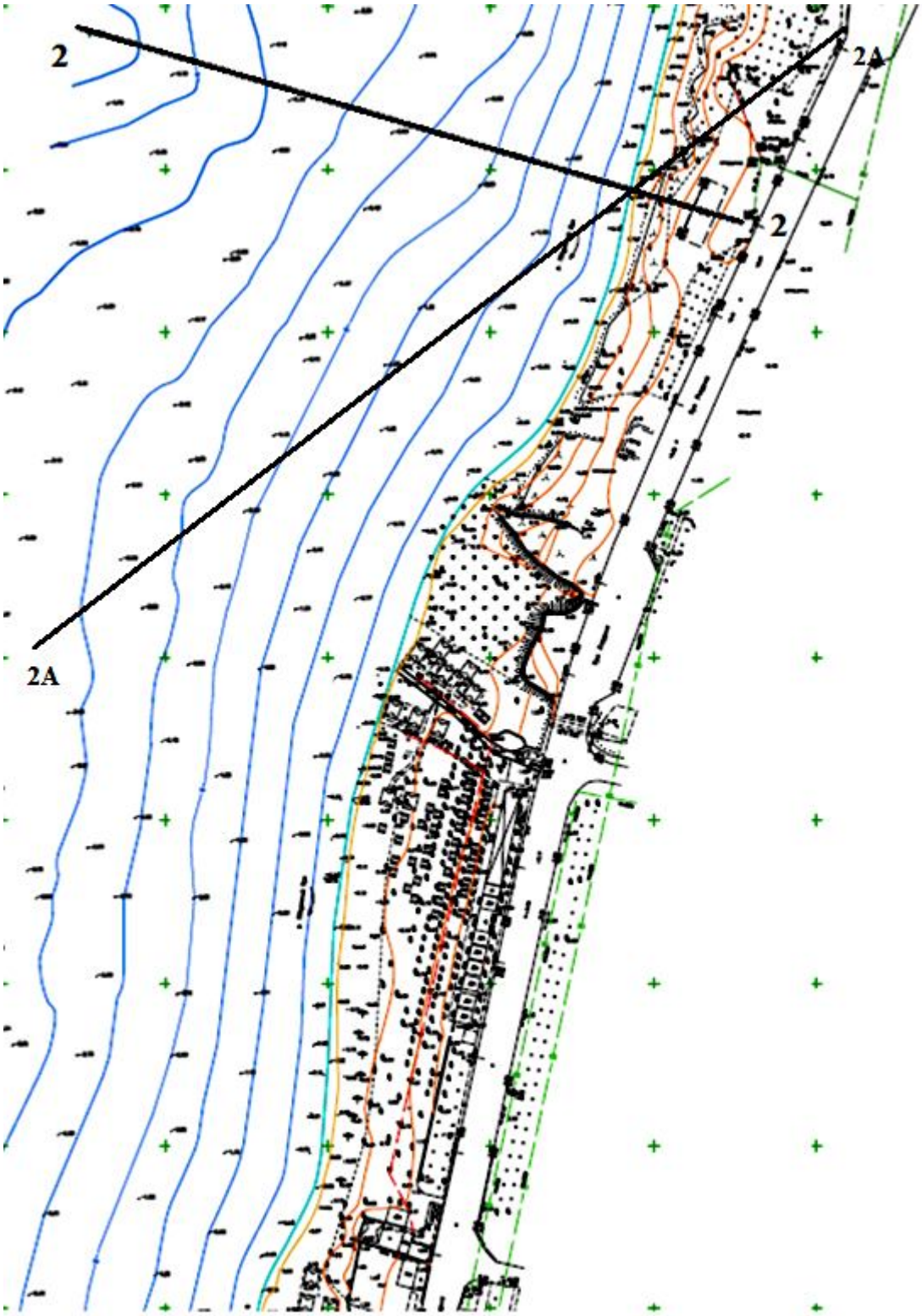


Рисунок 2.4 – Проміри глибин на відрізку 2

(за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

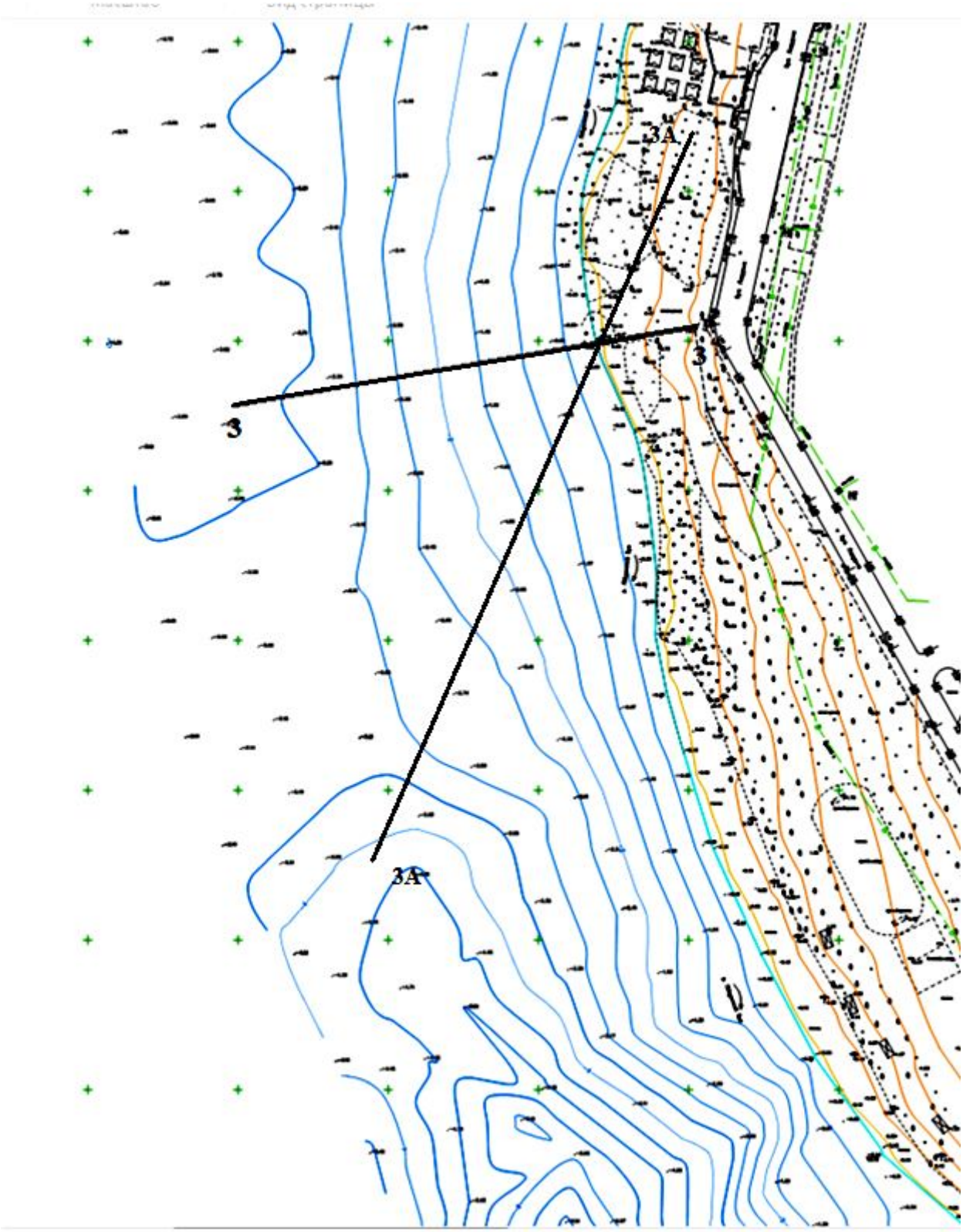


Рисунок 2.5 – Проміри глибин на відрізку 3

(за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

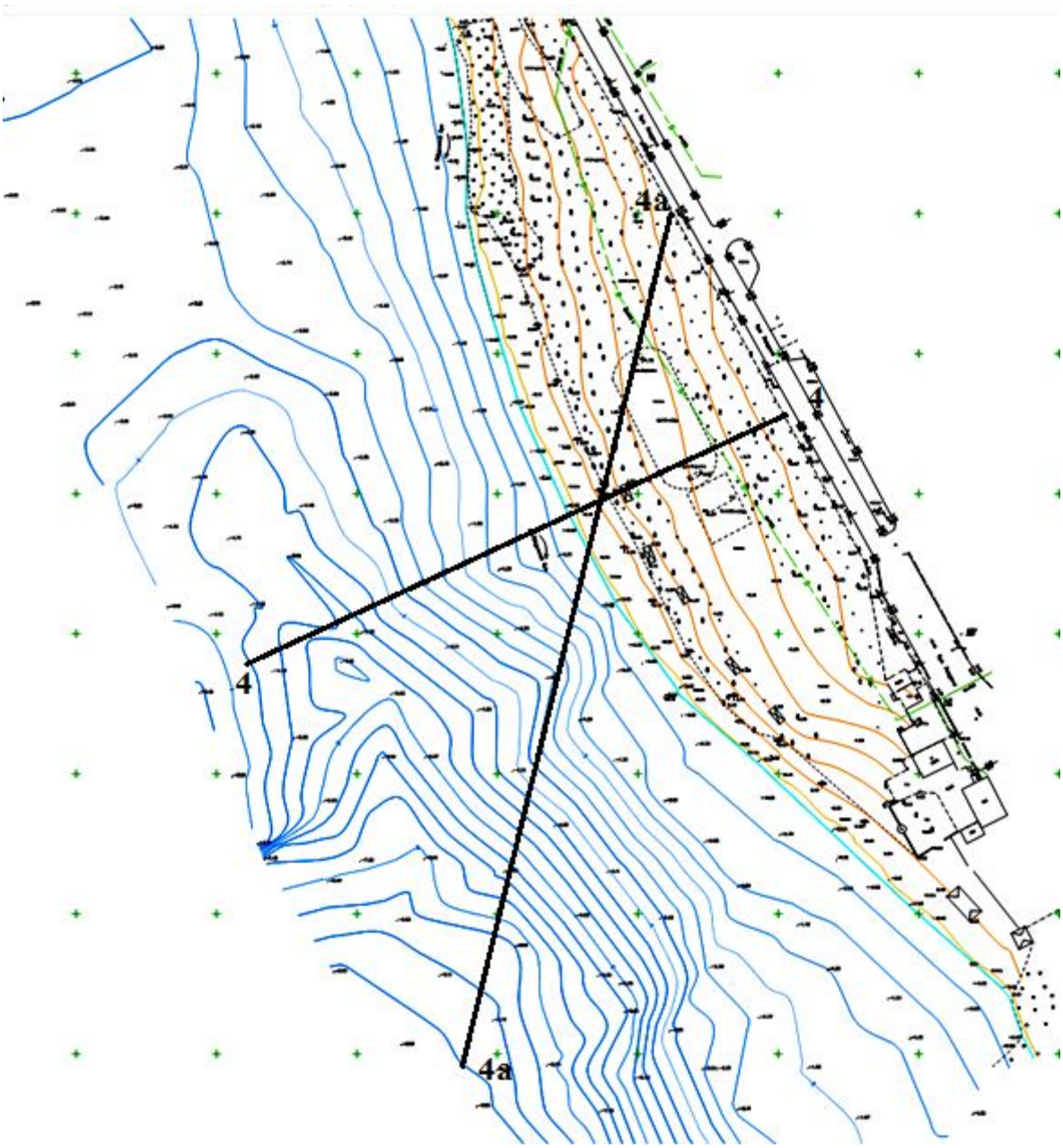
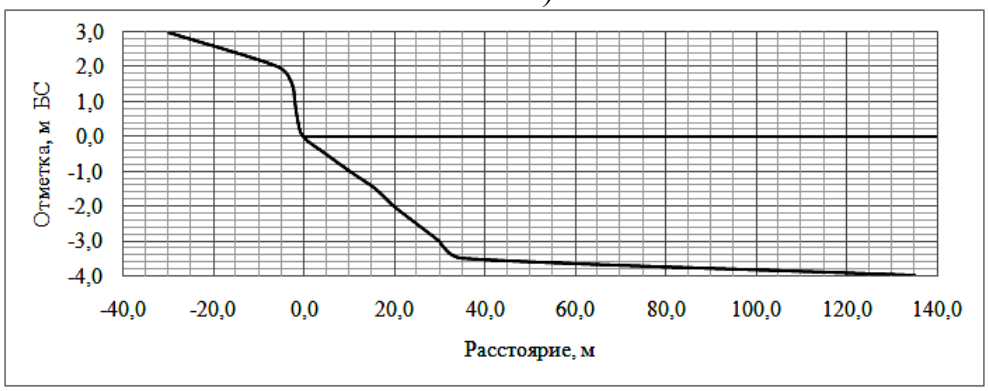


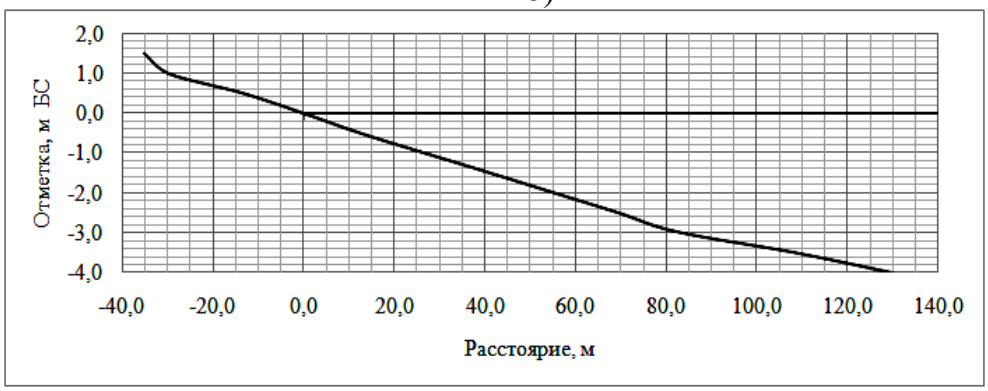
Рисунок 2.6 – Проміри глибин на відрізку 4

(за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

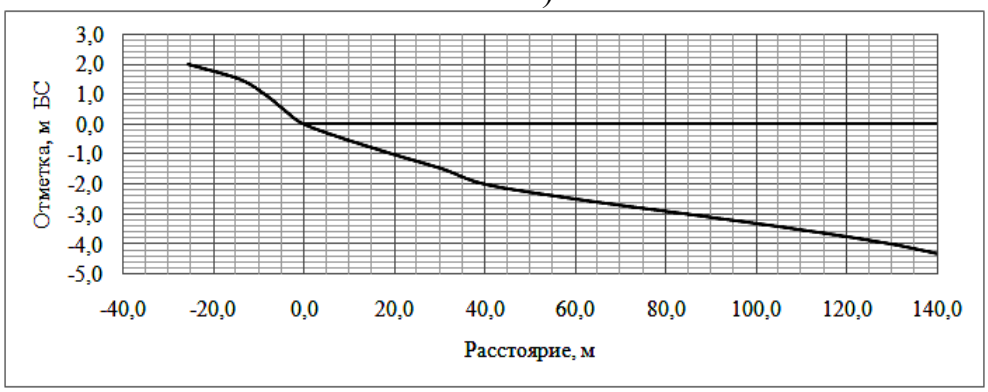
а)



б)



в)



г)

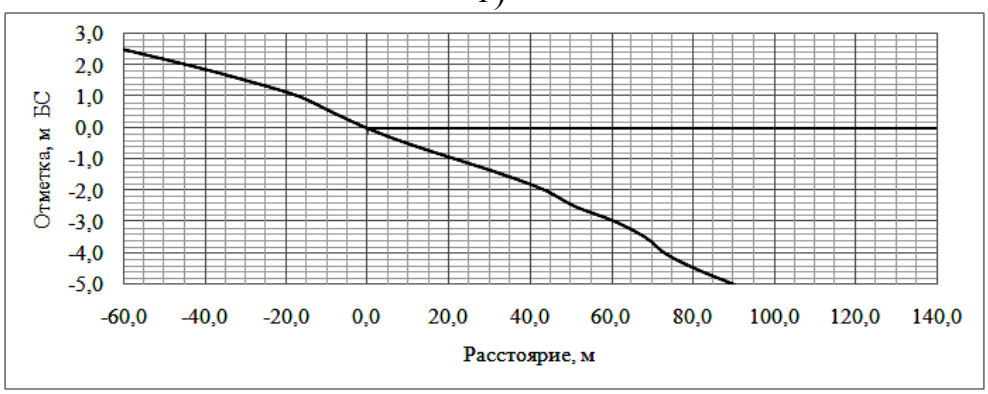
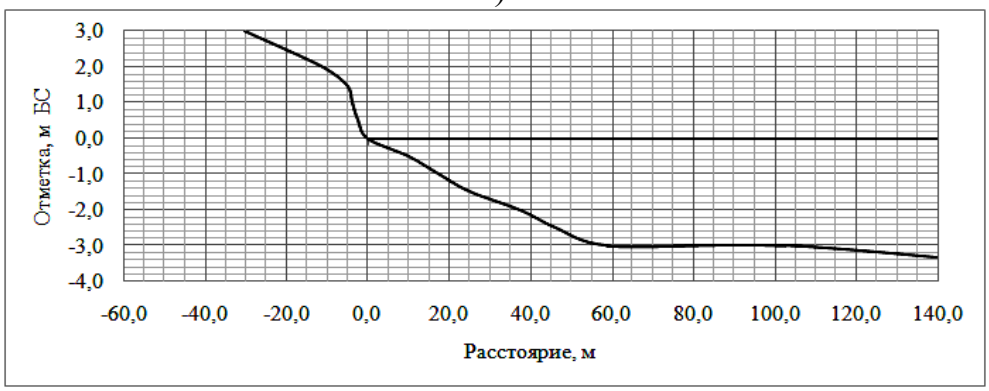
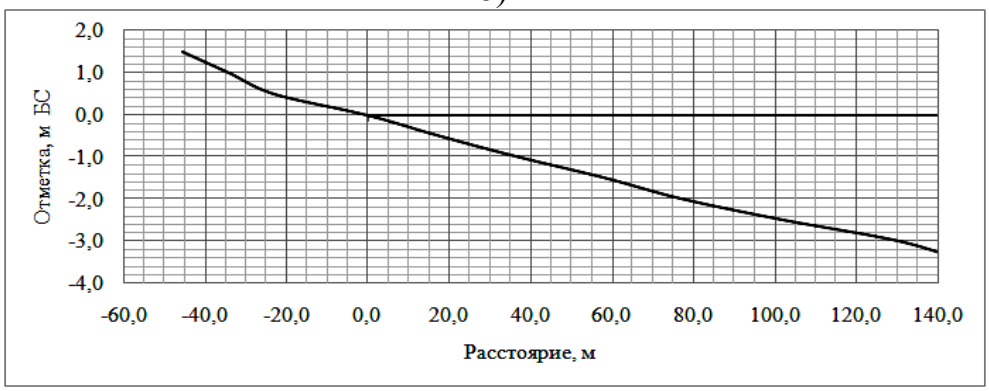


Рисунок 2.7 – Розрізи: а – 1-1; б – 2-2; в – 3-3; г – 4-4

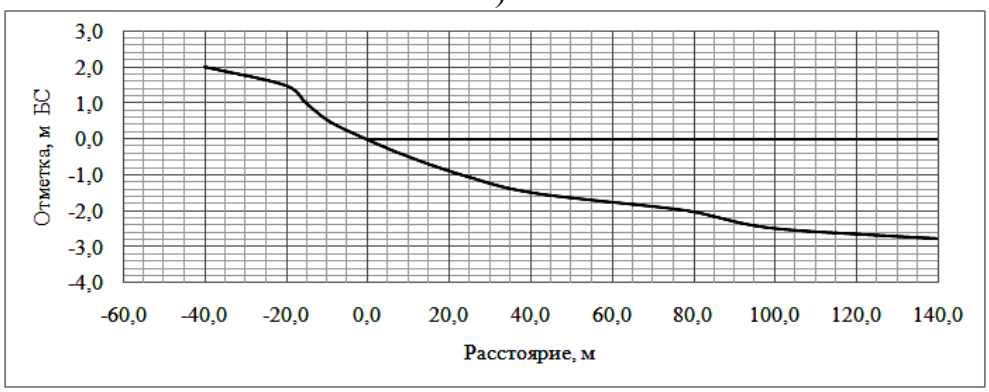
а)



б)



в)



г)

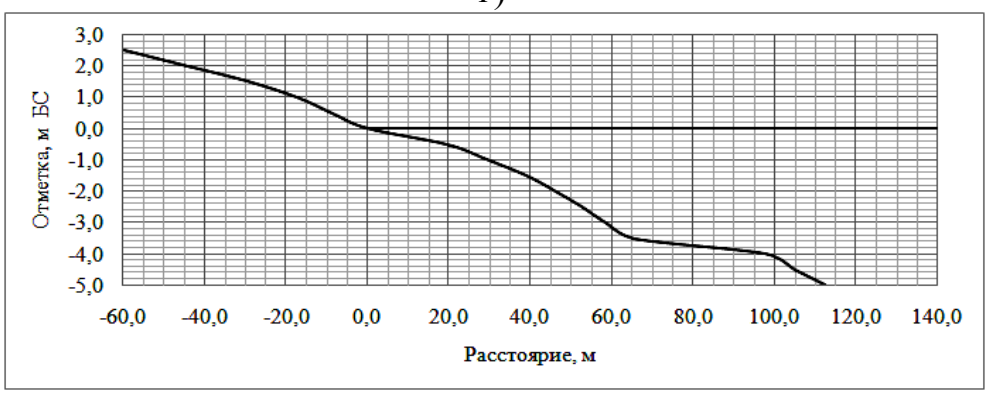


Рисунок 2.8 – Розрізи: а – 1а-1а; б – 2а-2а; в – 3а-3а; г – 4а-4а

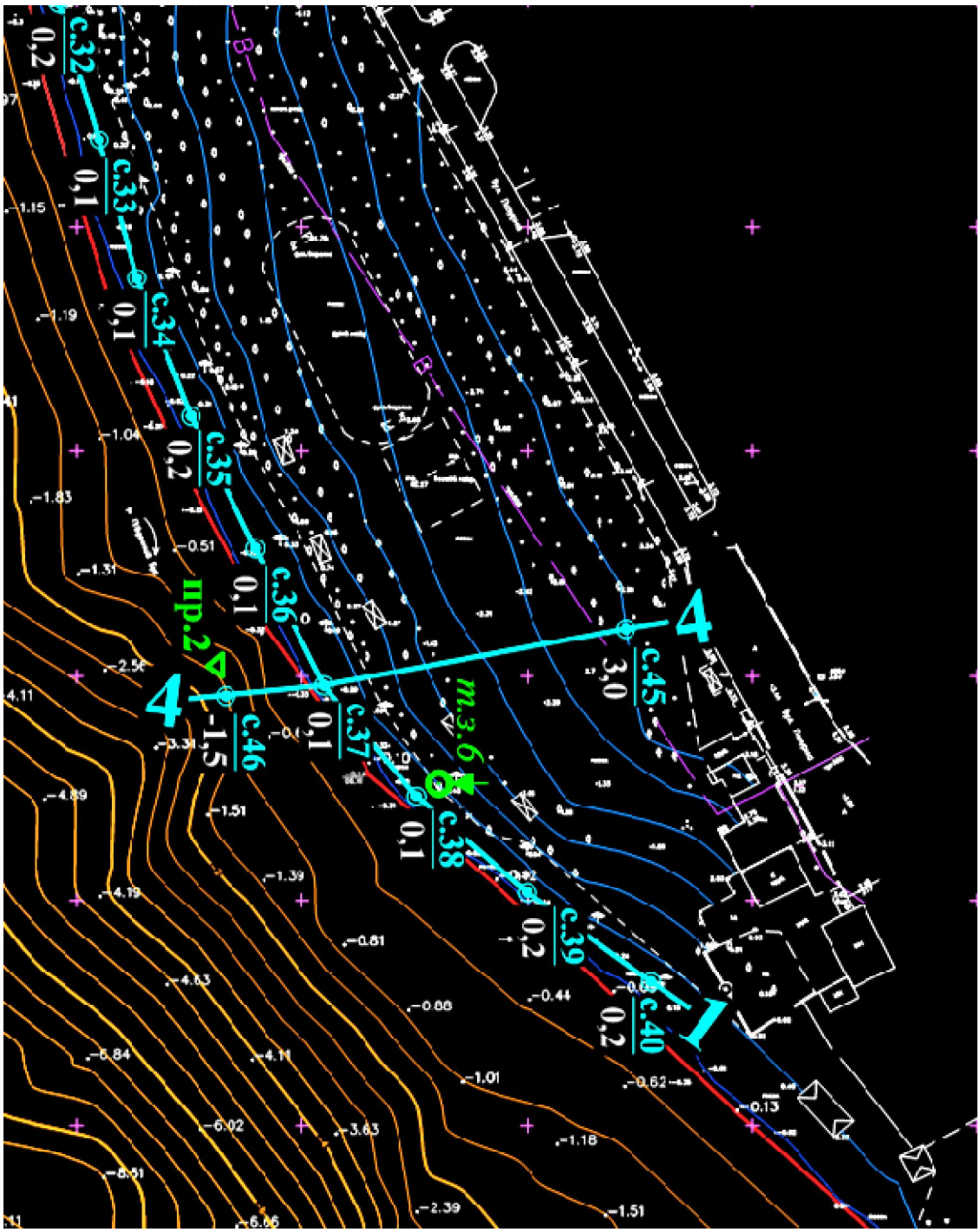


Рисунок 2.9 – Розташування свердловин на південному краю пляжу м. Миколаєв (за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

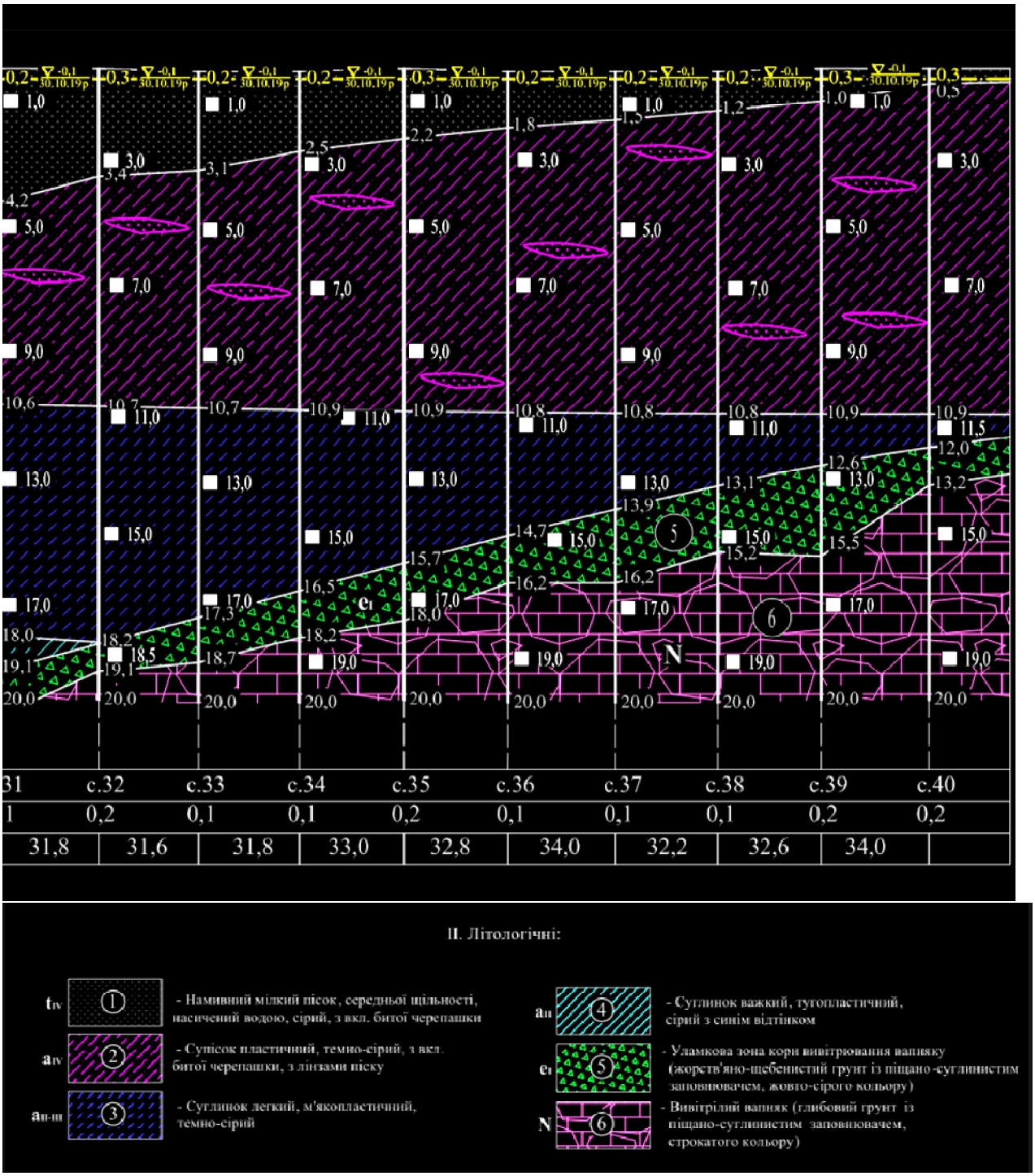


Рисунок 2.10 – Фрагмент геологічного розрізу пляжу м. Миколаєв (за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

3 ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА СТАН ПЛЯЖУ І ВИХІДНІ ДАНІ

3.1 Загальні уявлення про природні фактори впливу на стан пляжу

Руйнування (зниження і вирівнювання) берегової смуги водних об'єктів під впливом хвиль називають абразією. Її інтенсивність залежить від частоти і сили вітрового хвилювання, коливань рівня води, властивостей гірських порід, що складають берегової схил. При абразії створюються особливі форми рельєфу – абразійні береги: платформи або тераси, нахилені до води, підводні похилі поверхні, надводні уступи в твердих породах, ніші, бухти.

Механізм цього процесу полягає в тому, що продукти руйнування берега несуться в глибину, де вони осідають, формуючи тераси.

В результаті абразії створюються специфічні форми рельєфу: абразійні уступи (кліфи), хвилеприбойні ніші, кекури («отпрядиші»), підводні абразійні тераси або платформи (бенчи) та ін. Цей процес часто називають абразією механічної. Чим менш стійкі гірські породи, більше ухил прилеглої зони дна і значніше сила хвиль, тим вище швидкість абразії [13].

Можна виділити наступні природні фактори, що впливають на інтенсивність абразії, виключаючи далеку перспективу геологічного масштабу:

1) режим ветрового хвилювання і рівня води;

2) морфометричні характеристики надводної та підводної частин берегового схилу – ухил поверхні і позначки;

3) властивості ґрунтів берегового схилу – гранулометричний склад, щільність, пористість.

Фактори антропогенного впливу на абразійні процеси:

1) зміна режиму транспорту наносів (будова гідротехнічних споруд в приурезовій зоні;

2) зміна морфометричних характеристик берегового схилу (добування будівельних матеріалів, днопоглиблення тощо.)

3) знищення рослинності, що зміцнює схил.

Режим вітрового хвилювання і рівня води. Формування берегової смуги під впливом штормів залежить не тільки від сили самого шторму, але також від кута підходу фронту хвиль до лінії берега, стояння рівня води та частоти виникнення штормів.

Чим вище рівень води, тим далі поширюється дія хвиль на береговий схил. Від напрямку дії хвиль на берег залежить, чи будуть ґрунти берегового схилу переміщатися тільки в поздовжньому напрямку з формуванням профілю відносної динамічної рівноваги, або поширюватися уздовж берега. Від частоті виникнення штормів різніх напрямків й сили залежить інтенсивність переформування абрису берегового схилу.

Фронтальні до берегової лінії шторми рідкісної повторюваності при високому стоянні рівня мають найбільш сильний вплив на берег і здатні привести до значних змін його обрисів. При них часто відбувається руйнування корінного берега.

Залежно від напрямку вітру по відношенню до берегової лінії виникають згінні або нагінні зміни рівня моря.

Вирішальним фактором розвитку нагінних явищ є вітер, але впливають також рельєф дна, гідрологічні умови і конфігурація берегової лінії. Про частоту і висоту нагонів можна судити за повторюваністю. Нагони мають різну тривалість залежно від швидкості та тривалості вітру.

В глибоких областях нагони відбуваються повільніше, ніж у мілководних. В північно-західній та північно-східній частинах Чорного моря середня швидкість зміни рівня 2-8 см/год, в інших його районах – 1-2 см/год. Максимальна швидкість досягає 25 см/год [14].

Епізодичне підвищення рівнів морських узбереж, головним чином, відбувається під дією нагінних вітрів, припливів і барических утворень. Вирівнювання рівня відбувається або у вигляді донної протитечії, або у вигляді стічної течії, спрямованої уздовж берега, або у вигляді розривних течій.

Коливання рівню беспрілівних морів, к яким відноситься Чорне море, визначаються складовими водного балансу і тектонічними коливаннями земної кори.

Внутрішньорічної хід рівня моря залежить від стоку річок, атмосферних опадів та випаровування з поверхні мор. Ци фактори змінюються по сезонах, мають періодичний характер і повторюються з року в рік, викликаючи його періодичні коливання. Вони мають такий режим [14]: в жовтні–листопаді середні позначки рівня моря мають найменші значення, починаючи з грудня, вони починають підвищуватися, досягаючи найвищих значень в червні–липні місяці, після чого починається його спад.

Мілководдя служить хорошим гасителем енергії хвиль, своєрідним захистом берега. При широкому пляжу (понад 35-40 метрів) абразія нейтралізується. Активна абразія, найчастіше, відбувається на берегах без пляжів, з крутими обривами. Втрата енергії хвиль відбувається не тільки за рахунок ширини пляжу, але й за рахунок шорсткості поверхні схилу (крупності пляжного матеріалу). З огляду на цю обставину, можна вважати, що при ширині пляжу більш 40 м при будь-якому его складі буде відбуватися гашення штормів будь-якої бальності, при 20-40м – 6-8 балів, при 10-20 м – 4-6 балів, при 0-10м – 2-4 балів [14].

При цьому треба враховувати, що штучні пляжі мають і негативні сторони: при відсипанні піску гинуть бентосні угруповання, які є природними біофільтрами здатними очищати прибережні води.

Відповідно до нормативними документами берегозахисні споруди II класу капітальності розраховуються на вплив штормів забезпеченістю 2% (1 раз в 50 років) в режимі, а III – 4% (1 раз в 25 років). Як правило, спостереження за хвилюванням відсутні, і параметри хвилювання розраховують за вітром, в якості розрахункової приймається швидкість вітру забезпеченістю 2% в режимі (1 раз в 50 років) й в ньому береться хвиля 1% в системі [2, 3, 10]. Для споруд III класу капітальності: шторм – 4% в режимі (1 раз в 25 років); хвиля – 5% в системі.

Склад і будова порід.

Береги, складені дрібнокристалічними магматичними породами, іноді взагалі не виявляють скільки-небудь помітних ознак зміщення. Швидкість зміщення берегів, складених цими породами, не перевищує кількох сантиметрів в сторіччя, вони виділяються у тип берегів, які не змінюються морем.

Береги ж, складені глинами, мергелями, суглинками, пісками або слабозцементованими пісковиками, можуть відступати на кілька метрів на рік. За даними, наведеними в роботі [14], швидкість розмиву зсувних накопичень – 1,8 м/рік, пухких делювіальних суглинків – до 8 м/рік.

Суттєве значення має характер нашарування. Так, найбільш швидко руйнуються береги, складені породами з кутом падіння до моря, але менш швидко, якщо кут падіння в бік моря дуже пологий. В цьому випадку хвилі ковзають по поверхні шарів, завдаючи їм незначні руйнування. У разі глинистих порід таке залягання шарів нерідко призводить до утворення зсувів. Досить стійкі берега з горизонтальним заляганням шарів [14]. В цьому випадку розмивання йде інтенсивно, тільки якщо нижні горизонти берегового обриву, схильні до ударам хвиль, представляють більш слабкі, легко Розмиті породи, чим вище лежачі шари.

3.2 Вихідні дані

В табл. 3.1-3.3 наведено вихідні дані за режимами вітру і рівню. Ці дані використовуються далі при розрахунках.

Таблиця 3.1 – Вітер (за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

Переважний напрямок вітру	С; СВ; Ю
Переважний напрямок вітру в зимовий період	СВ; С; СЗ; В
Переважний напрямок вітру в літній період	С; СЗ; СВ; ЮЗ
Повторюваність сильного вітру зі швидкостями, %: більше 10 м/с більше 15 м/с	 10 6
Переважний напрямок сильного вітру	С; СВ
Найбільш штормовий період	зима
Найбільш штормовий місяць	лютий
Найбільша тривалість сильного вітру: напрямок середня швидкість, м/с	 СВ; В (12-28 год.) 15 м/с
Найбільша швидкість вітру, м/с напрямок	20-28 Сх.

Таблиця 3.2 – Загальні відомості пост

(за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

Система височин, яка прийнята в цьому документі	Відносно «0» морського порту Миколаєв
Позначка “0” порту, м БС, відносно “0” Кронштадтського футштока (Балтійська система височин)	-0.75
Забезпеченість “0” порту, %	97
Розташування водомірного поста	Морський порт Миколаєв
Позначка ”0” водомірного поста, м: відносно “0” порта відносно “0” Кронштадтського футштока (Балтійська система височин)	 -4.25 -5.00
Тривалість дії водомірного поста, роки: відкритий закритий	 1963
Період спостережень	1963-2017
Відомча приналежність поста	Миколаєвський обласний центр гідрометеорології

Таблиця 3.3 – Режим рівню (за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

Причини коливання рівня	Згінно-нагінні явища, сезонні коливання річного стоку
Середній рівень, см	+43
Максимальний рівень, см (місяць)	+169
Мінімальний рівень, см (місяць)	-76
Амплітуда коливання рівня, см	245
Амплітуда явищ згону-нагону, см	до 86
Амплітуда коливання рівня під час заторів криги, см	161
Критичні відмітки рівня, см: верхня межа нижня межа	 - -
Рівень 50 % забезпечення, см*	+43
Рівень 3 % забезпечення, см*	+155
Рівень 1 % забезпечення, см*	+169

3.2 Гранулометричний склад ґрунтів

Характеристики донних відкладень району проектування прийняті за результатами досліджень в [1] (табл. 3.4).

Результати проб верхнього шару грунтів (піски) за даними геологічних вишукувань в районі проектування (табл. 3.4) були усереднити і зіставлені з нормативними характеристиками (табл. 3.5) дрібних пісків. З табл. 3.4 і 3.5 видно, що осредненних характеристики пісків збігаються з нормативними.

Для розрахунків в подальшому прийняті нормативні показники дрібних пісків (табл. 3,5): щільність вологого і сухого ґрунту; щільність частинок; коефіцієнт пористості; кут внутрішнього тертя; питоме зчеплення частинок.

Таблиця 3.4 – Обробка даних досліджень

(за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

№ проб	Гранулометрический состав в %, фракции мм							*Cv*	*W, %*	Плотность, г/см^3			*e*
	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01			ρ	ρ_d	ρ_s	
1	2,6	4,8	7,5	21,3	46,0	12,2	5,6	3,5	22,5	2,00	1,63	2,66	0,629
4	0,0	8,0	4,8	21,8	46,4	8,8	10,2	4,7	24,9	1,97	1,58	2,66	0,686
7	1,8	5,6	15,6	19,6	39,9	11,6	5,9	4,2	24,1	2,00	1,61	2,66	0,651
10	0,0	11,2	12,0	17,8	44,3	14,3	0,4	3,2	23,0	1,85	1,50	2,66	0,769
13	1,8	9,2	19,0	14,7	38,8	11,8	4,7	4,6	24,8	2,00	1,60	2,66	0,660
16	0,2	12,4	12,6	16,9	43,9	11,4	2,6	3,4	22,0	2,02	1,66	2,65	0,600
19	1,1	10,2	16,9	16,9	36,6	10,6	7,7	5,3	27,4	1,80	1,41	2,66	0,883
22	0,0	16,9	9,6	11,2	40,9	20,5	0,9	3,3	17,8	2,09	1,77	2,66	0,499
25	2,6	15,8	11,8	15,3	33,5	18,4	2,6	4,8	22,8	1,90	1,55	2,66	0,719
28	3,4	5,8	10,6	21,0	37,3	11,5	10,4	5,4	26,9	1,90	1,50	2,66	0,777
31	0,0	6,9	15,5	18,7	42,8	11,3	4,8	3,6	20,9	2,00	1,65	2,66	0,608
34	6,9	12,3	15,8	14,7	30,9	10,0	9,4	7,8	26,4	1,95	1,53	2,66	0,733
37	0,0	9,6	14,7	15,4	35,6	18,0	6,7	4,2	18,8	1,99	1,68	2,66	0,588
40	1,5	12,3	11,4	16,9	38,1	12,8	7,0	4,6	22,9	1,95	1,59	2,66	0,676
43	0,0	12,3	12,6	20,0	35,5	12,6	7,0	5,0	22,9	1,90	1,55	2,66	0,721
45	2,3	12,6	10,3	21,6	30,7	15,8	6,7	5,4	21,4	1,94	1,60	2,66	0,665
47	2,8	6,9	16,9	4,7	52	10,2	6,5	3,3	22,5	1,98	1,62	2,66	0,646
48	0,4	7,8	10,7	10,6	54,3	11,4	4,8	3,0	23,0	1,90	1,54	2,66	0,722
49	0,0	14,8	6,9	12,3	46,7	10,6	8,7	4,1	24,2	1,95	1,57	2,66	0,694
50	0,0	10,2	8,7	14,7	53,6	6,9	5,9	2,9	12,7	1,92	1,70	2,66	0,561
54	0,0	12,6	14,7	19,8	35,3	11,9	5,7	5,0	21,5	1,92	1,58	2,65	0,667
57	0,0	10,6	10,5	20	45,2	8,9	4,8	3,3	13,2	1,98	1,75	2,66	0,521
58	0,0	0,9	11,7	17,8	57,1	6,8	5,7	2,8	23,6	1,94	1,57	2,66	0,695
Ср.	**1,2**	**10,0**	**12,2**	**16,7**	**42,0**	**12,1**	**5,9**	**4,2**	**22,2**	**1,95**	**1,60**	**2,66**	**0,668**

Таблиця 3.5 – Нормативні значення показників фізико-механічних властивостей ґрунтів (за даними ТОВ «Інженерний центр «Геобест»)

Найменування показника		ІГЕ-1	
		Насипний (намивний) пісок	
Природна вологість, %		W	22,2
Щільність вологого ґрунту, г/см^3		ρ	**1,96**
Щільність сухого ґрунту, г/см^3		ρ_d	1,60
Щільність часток ґрунту, г/см^3		ρ_s	**2,66**
Коефіцієнт пористості		e	**0,662**
Ступінь вологості		Sr	0,90
Гранулометричний склад, %	>2,0		**1,6**
	1,0-2,0		**9,4**
	0,50-1,0		**13,0**
	0,25-0,50		**17,4**
	0,10-0,25		**40,2**
	0,05-0,10		**12,0**
	0,01-0,05		**6,4**
	0,005-0,01		-
Кут внутрішнього тертя, градус		φ	**30**
Питоме зчеплення, кПа		C	1
Модуль деформації, МПа		E	24
Розрахунковий опір, кПа		Ro	

При апроксимації залежності «діаметр частинок - частковий вміст» (рис. 3.1) використана експоненціальна залежність

$$d_p = a * exp(bP),$$

где d_p – діаметр частинок з частковим вмістом P, мм;

P – сумарний частковий вміст частинок, %;

a и b – параметри залежности.

Виконано вирівнювання вихідних даних

$$ln(d_p)=ln(a)+bP \rightarrow \{Y=ln(d_p);\ a^*=ln(a)\} \rightarrow Y=a^*+bP.$$

Методом найменших квадратів знайдені параметри лінії регресії

$$\boldsymbol{b=r(P;Y)\sigma(Y)/\sigma(P),}$$

$$\boldsymbol{a^*=Y_{CP}-bP_{CP} \rightarrow a=e^{a^*},}$$

де $r(P;Y)$ – коефіцієнт кореляції;

$\sigma(Y)$ и $\sigma(P)$ – середньоквадратичне відхилення рядів Y і P;

Y_{CP} и Y_{CP} – середні значення рядів Y і P.

Зв'язок щільний (рис. 3), коефіцієнт кореляції дорівнює 0,98:

результати досліджень – $d_P=0{,}0411*exp(0{,}0358*P)$;

нормативні значення – $d_P=0{,}0404*exp(0{,}0363*P)$.

За отриманими залежностями (рис. 3) розраховані значення характерних діаметрів частинок:

результати досліджень –

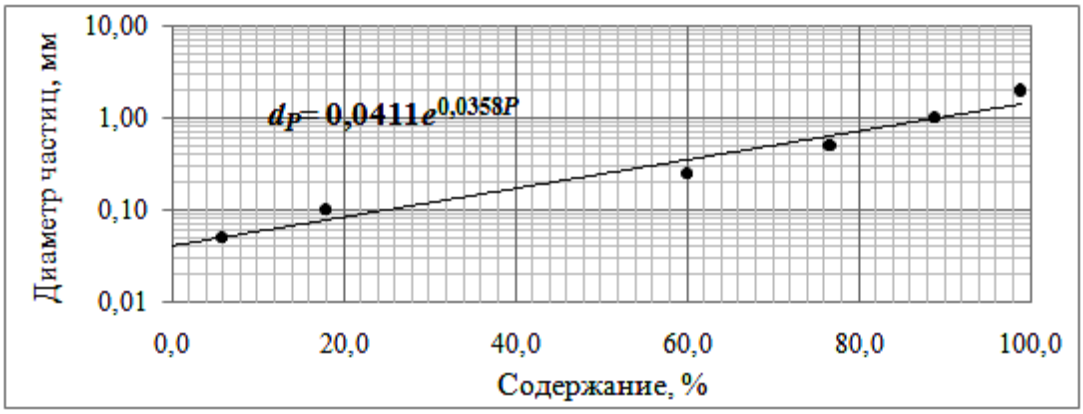
d_{50}= 0,25 мм; d_{10}= 0,059 мм; d_{60}= 0,35 мм; d_{85}= 0,86 мм; Cv= 6,0 (грунт неоднородный: Cv>3);

нормативні значення –

d_{50}= 0,25 мм; d_{10}= 0,058 мм; d_{60}= 0,36 мм; d_{85}= 0,88 мм; Cv= 6,1 (грунт неоднорідний: Cv>3).

Прийнято: пісок дрібний; неоднорідний; щільність 1,96 кг/дм^3; щільність частинок 2,66 кг/дм^3; кут внутрішнього тертя 30°.

а)



б)

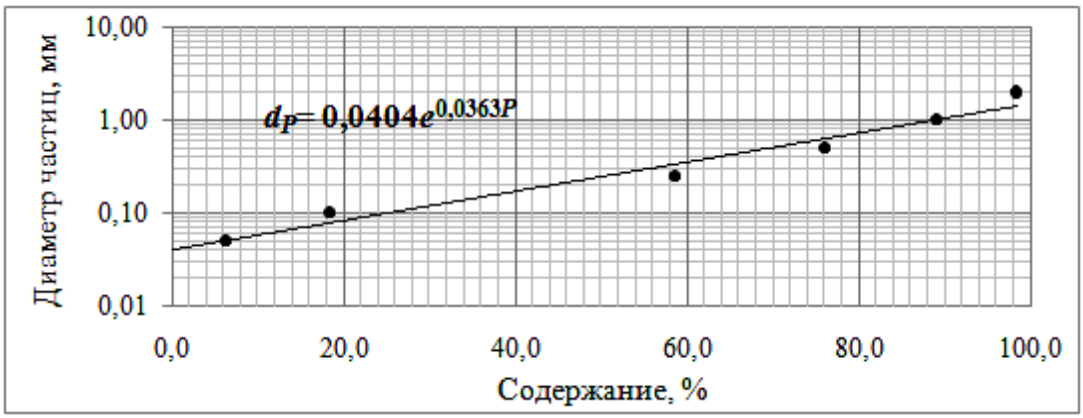


Рисунок 3.1 – Гранулометричний склад піску (пляжного матеріалу) за результатами досліджень (а) і нормативний (б)

3.3 Хвилювання

Досліджувану ділянку умовно можна розбити на дві частини по їх фронтальному розташуванню в плані (рис. 3.2): захід-північно-західну (ЗПнЗ) і захід-південно-західну (ЗПдЗ). Кут АСВ приблизно дорівнює 140°.

На ЗПнЗ частину впливає хвилювання (відрізок АС на рис. 3.2) в секторі Пн-З, на ЗПдЗ (відрізок ВС на рис 3.2) – в секторі З-Ю.

Розрахункові розгони хвиль 2,4 км і 2,6 км відповідно.

Розрахункова швидкість вітру – 15 м/с.

Рисунок 3.2 – Хвиленебезпечні напрямки

Хвилювання західного напрямку в секторі ± 22,5° (292,5°-247,5°) може бути фронтальним для обох частин. Однак, через те, що відрізки АС і ВС

знаходяться під кутом приблизно 140° один до одного, хвилювання від заходу з азимутом 290° для ділянки АС є фронтальним, в той же самий час це хвилювання має косий підхід для ділянки СВ (рис. 3.2). І навпаки, при хвилюванні від заходу з азимутом 250°, фронт хвиль паралельний відрізку ВС, але підходить під кутом до АС. Звідси випливає, що при сильних штормах одного напрямку на одному з відрізків даної ділянки відбувається переформування берегового схилу без вздовжберегового транспорту наносів, а на іншому відрізку цей процес присутній. При слабких штормах на одному з відрізков хвилі не призводять до змін, на другому – переміщують наноси вздовж берегу. Тобто, відбувається його розмив.

Більш того, хвилювання південного напрямку (рис. 3.2), переміщуючи наноси вздовж відрізку ВС, сприяє їх відкладанню на відрізку АС, біля точки С. При хвилюванні північного напрямку картина протилежна: відкладання наносів на відрізку ВС біля точки С.

Розрахунок висоти і періоду розвинутого вітрового хвилювання в глибоководній зоні (d>0,5λ_d) виконаний за формулами [6, 7]:

$$gh_d/V_w^2 = 0{,}16\{1-[1/(1+0{,}006(gL/V_w^2)^{0.5})]^2\},$$

$$gT_d/V_w = 2\pi*3{,}1(gh_d/V_w^2)^{0{,}625},$$

$$\lambda_d = gT_d^2/(2\pi).$$

где h_d – середня висота хвиль, м;

V_w – швидкість вітру на висоті 2 м над рівнем моря, м/с;

L – довжина розгону, м;

T_d – період хвилювання, с;

λ_d – середня довжина хвиль, м.

Елементи несталого вітрового хвилювання визначаються з урахуванням тривалості дії вітру, яка в безрозмірному вигляді виражається

залежністю:

$$gt/V_w = 16(gL/V_w^2)^{0,785},$$

$$gL/V_w^2 = [(gt/V_w)/16]^{1,274},$$

де t – тривалість дії вітру, с.

Висота хвиль розраховується [6, 7] по $(gh_d/V_w^2)_L$ й по $(gh_d/V_w^2)_t$ і з двох значень приймається мінімальне.

Розрахунок трансформації хвиль переміщаються з глибоководної зони в мілководну ($0,5\lambda_d \geq d > d_{cr}$) виконаний відповідно до [6, 7] за формулою:

$$h_i = k_t * k_r * k_l * k_i * h_d ,$$

де h_i – висота хвиль забезпеченістю i% в системі на розглянутій глибині;

k_t – коефіцієнт трансформації, розраховується методом послідовного приближення за співвідношеннями:

$$k_t = \{C_N[1+4\pi/C_N * d/\lambda_d(sh[4\pi/C_N * d/\lambda_d])^{-1}]\}^{-0,5},$$

$$C_N = th(2\pi/C_N * d/\lambda_d);$$

k_r – коефіцієнт рефракції [6];

k_l – коефіцієнт узагальнених втрат [6];

k_i – перехідний коефіцієнт від середньої висоти хвиль в системі до i%.

Глибина першого обвалення хвиль розраховується методом послідовного приближення згідно [7] по залежностям, що визначають трансформування хвиль, які прямують з глибоководної зони в мілководну зону (наведено раніше).

Глибина останнього обвалу ($d_{cr,u}$) розраховується підбором по

залежності:

$$d_{cr,u} = k_u^{n-1} * d_{cr},$$

де k_u – коефіцієнт, що визначається в залежності від ухилу дна;

n – число обвалень, включаючи перше.

Розрахунок припиняється при

$$k_u^{n-2} \geq 0{,}43 \text{ і } k_u^{n-1} < 0{,}43.$$

При ухилах дна більше 0,05 приймають – $d_{cr} = d_{cr,u}$.

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта k_u в залежності від ухилу дна i [6]

i	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
k_u	0,75	0,63	0,56	0,50	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35

Перевищення вершини хвилі над розрахунковим рівнем при ухилах дна $0{,}01 < d_{cr}/\lambda_d \leq 0{,}1$ визначають за формулою:

$$\eta/h_i = 2{,}28 - 1{,}28(1 + 0{,}61(d_r/\lambda_d)^{0,5}).$$

У мілководній зоні розрахунок виконується по співвідношенням [7]:

$$gh/V_w^2 = 0{,}1(gd/V_w^2)^{0,8},$$

$$T(d/g)^{-0,5} = 4{,}6,$$

$$gh/V_w^2 = 0{,}16\{1 - [1 + 0{,}006(gL/V_w^2)^{0,5}]^{-2}\} * th[0{,}625(gd/V_w^2)^{0,8} *$$

$$*\{1 - [1 + 0{,}006(gL/V_w^2)^{0,5}]^{-2}\}^{-1}].$$

$$gT_d/V_w = 2\pi*3{,}1(gh_d/V_w^2)^{0{,}625},$$

$$\lambda_d = gT_d^2/(2\pi).$$

Параметри розрахункового хвилювання на глибині більше 4,5 м (глибоководна зона):

- середня висота – 0,41 м;
- висота 1% в системі – 0,99 м;
- середня довжина хвилі – 9,1 м;
- середній період – 2,4 с.

Глибина першого обвалення хвиль – **1,1 м**, останнього – 0,10 м.

На глибині першого обвалення:

- середня висота хвиль – 0,36 м;
- висота 1% в системі – **0,79 м**;
- перевищення вершини хвилі 1% над рівнем – 0,58 м;
- середня довжина хвиль – **6,9 м**;
- середній період – **2,4 с**.

3.4 Вітровий нагін

Під впливом вітру на водному об’єкті можливий підйом рівню води. Цей підйом називається вітровим нагоном, залежить він від швидкості вітру, його тривалості, конфігурації берегової лінії та уклонів дна на ділянки впливу вітру. Розрахунок висоти вітрового нагону виконується методом послідовного приближення за формулою [6]

$$\eta_w = k_w V_w L\cos\alpha/g/(d+\eta_w),$$

де η_w – висота вітрового нагону, м;

k_w – коефіцієнт, залежить від швидкості вітру;

V_w – швидкість вітру, м/с;

L – довжина розгону, м;

α – кут між поздовжньою віссю водойми і напрямком вітру, град.;

d – глибина, м.

У розглядуваному випадку становить 0,01 м.

3.5 Критичні швидкості розмиву

Критичні швидкості потоку, при яких починають відбуватися зміни дна, становлять:

відрив окремих частинок – 0,53 м/с (швидкість початку переміщення наносів);

початок руху грядок – 0,64 м/с;

початок змулювання – 0,86 м/с (швидкість початку розмиву донних відкладень).

Розрахунок виконаний за формулами [2, 3]:

$$v_{доп}=a(K/d_p)^x[n_y\eta P_в/\rho_в]^{0,5},$$

де $v_{доп}$ – допустима середня швидкість потоку, м/с;

a – коефіцієнт дорівнює: для стадії початку потягу ґрунту дорівнює 2,06; для стадії початку освіти гряд - 3,18; для стадії початку зважування частинок ґрунту – 5,96;

K – коефіцієнт дорівнює: для стадії початку потягу ґрунту дорівнює 2,06; для стадії початку освіти гряд - 3,18; для стадії початку зважування частинок ґрунту;

d_p – розрахунковий діаметр частинок ґрунту, м, для однорідних піщаних ґрунтів приймають рівним d_{50}, для неоднорідних – d_{85};

x – показник ступеня дорівнює: для стадії початку потягу ґрунту

дорівнює 0,17; для стадії початку освіти гряд - 0,14; для стадії початку зважування частинок ґрунту – 0,10;

n_y – коефіцієнт умов роботи (прийнятий рівним 1,0);

$\eta=H/H_{от}$ – відносна глибина потоку;

$H_{от}$ – глибина потоку на схилі, м, для дна $H_{от}=H$;

$\boldsymbol{P_s= g\rho_1 d_p\{f^2-(1/m_2)+[C_p/(g\rho_1 d_p)][2f+C_p/(g\rho_1 d_p)]\}^{0,5}}$ – показник міцності ґрунту, Па;

m_2 – коефіцієнт закладення укосу;

$\boldsymbol{P_s= g\rho_1 d_{50} f+C_p}$ – показник міцності ґрунту для дна (дорівнює 0,739), Па;

$\boldsymbol{\rho_1=(\rho_s-\rho_в)(1-n_s)}$ – щільність ґрунту зваженого водою (прийнято 561), кг/м^3;

ρ_s – щільність частинок ґрунту (прийнята 2660), кг/м^3;

$\rho_в$ – щільність води, кг/м^3;

n_s – пористість ґрунту (прийнята рівною 0,662);

d_{50} – ефективний діаметр частинок, м, (прийнято рівним – 0,00086);

f – коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту в воді (прийнятий рівним – 0,577);

$\boldsymbol{C_p=0,0032/(d_{50})^{0,5}}$ – розрахункове зчеплення ґрунту при розриві в воді (для ґрунту розглядуваної ділянки дорівнює 0,109), Па.

Грядковий рух піску починається при швидкості течії 0,64 м/с. Під час проходження весняних повеней або при сильних сгінно-нагінних вітрах, коли швидкість течії становить понад 0,65 м/с, можливо вздовжберегове переміщення пісків у великих обсягах в залежності від тривалості впливу сильної течії.

3.6 Профіль динамічної рівноваги берегового схилу і аналіз результатів

При фронтальному підході хвиль до берега частинки ґрунту на береговому схилі, який знаходиться під впливом хвиль, переміщаються перпендикулярно урізу води. Тривала дія хвиль на підводну і надводну частини берегового схилу утворює профіль відносної динамічної рівноваги, при якому переміщення частинок на поверхні профілю не призводить до зміни його абрису.

Ухил поверхні в різних точках профілю виробляється в залежності від гранулометричного складу ґрунтів і співвідношення параметрів вітрового хвилювання з глибиною. Це співвідношення характеризується глибиною першого обвалення хвиль ($d_{cr1\%}$).

Від урізу води до глибини першого обвалення хвиль профіль описується наступними залежностями [8, 9, 10]:

$$d=AX^{2/3},$$

$$A=2{,}25(W_s^2/g)^{1/3},$$

де d – глибина, м;

A – параметр форми;

X – відстань від берега (урізу), м;

W_s – гідравлічна крупність наносів, см/с.

Гідравлічна крупність визначається для частинок з характерним діаметром d_{50} (з медіанним розміром).

Відстань від урізу води до глибини першого обвалення хвиль X_C знаходиться зворотним розрахунком:

$$X_C=(d_{cr}/A)^{3/2}.$$

При $X>X_C$ розрахунок виконується за формулами

$$d=d_{cr1\%}+exp[a(X-X_C)]-1;$$

$$a=2A/(3X^{1/3}).$$

Середній схил $i_П$ надводної частини берегового схилу визначається в залежності від d_{50} за табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Залежність середнього ухилу надводної частини берегового схилу від характерного діаметра частинок [10]

d_{50}	$i_П$	d_{50}	$i_П$
0,2-0,3	0,03	0,5-0,6	0,09
0,3-0,4	0,06	0,6-0,8	0,11
0,4-0,5	0,07	0,8-2,0	0,12

В табл. 3.7 і 3.8 наведені дані для побудови профілів берегового схилу і динамічної рівноваги для трьох розрізів.

На рис. 3.4 і 3.5 побудовані профілі берегового схилу і динамічної рівноваги при рівні 0,0 м БС й розрахунковому рівні 50% забезпеченості з максимальних річних рівнів, що дорівнює – «+»0,43 м БС. Профілі є показовими для фронтального підходу хвиль. Профіль динамічної рівноваги позначено пунктирною лінією.

На рис.3.6 побудовані профілі берегового схилу й динамічної рівноваги при підході хвиль під кутом 45° до лінії берега.

Профіль динамічної рівноваги зміщений відносно урізу берега так, щоб площі фігур, обмежені лініями профілів, праворуч і ліворуч від точки їх перетину були приблизно рівні. Ці площі показують обсяг розмиву і

відкладення ґрунтів при формуванні профілю динамічної рівноваги.

Далі проаналізуємо можливі зміни берегового схилу при різному стоянні рівню й підході хвиль

Таблиця 3.7 – Профілі берегового схилу

Відмітка, м БС	Відстань від урізу води до відмітки на профілі, м			
	1-1	2-2	3-3	4-4
3,0	-30,0			-75,6
2,0	-5,6		-25,6	-43,9
1,5	-2,5	-35,2	-14,2	-29,3
1,0	-1,9	-29,5	-8,5	-17,1
0,5	-1,3	-13,6	-4,5	-8,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-0,5	5,0	11,9	9,7	9,8
-1,0	10,0	26,7	19,9	22,0
-1,5	15,6	41,5	30,7	34,1
-2,0	20,0	55,1	40,3	43,9
-2,5	25,0	69,3	60,2	51,2
-3,0	30,0	82,4	84,1	61,0
-3,5	35,0	108,0	109,7	68,3
-4,0	135,0	130,0	130,1	73,2
-4,5			146,6	80,5
-5,0				90,2

Середнє стояння рівню (рис. 3.4).

На північному відрізку пляжу у районі підводного каньйону (розріз 1-1 на рис. 3.3) відстань від урізу воді до корінного берега (рис. 3.4а) складає декілька метрів. Фронтальні шторми (від заходу) будуть руйнувати корінний берег складений супіском. Об’єм руйнування (змиву) за декілька років може

скласти приблизно 130 м^3/м. Але при цьому уріз води може зміститися (відступити) не більш ніж на 5 м. Така картина характерна для відрізку *de* на рис. 3.3.

Рисунок 3.3 – Розташування розрізів на ділянки

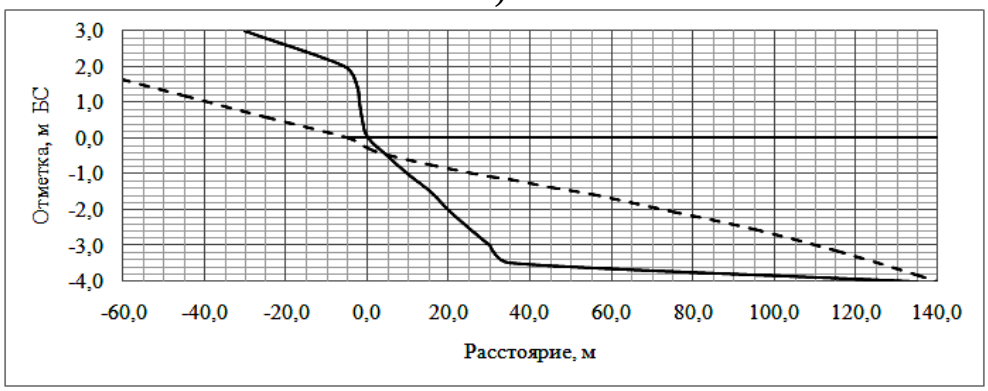
Таблиця 3.8 – Профіль динамічної рівноваги

Від рівня 0,0 м БС (без зміщення)		Від рівня 0,0 м БС (зі зміщенням 20 м)		Від рівня «+»0,43 м БС (зі зміщенням 35 м)	
Відстань, м	Відмітка, м БС	Відстань, м	Відмітка, м БС	Відстань, м	Відмітка, м БС
-60	1,8	-80	1,80	-95	2,23
-40	1,2	-60	1,20	-75	1,63
-20	0,6	-40	0,60	-55	1,03
0	0,00	-20	0,00	-35	0,43
5	-0,29	-15	-0,29	-30	0,14
10	-0,46	-10	-0,46	-25	-0,03
20	-0,73	0	-0,73	-15	-0,30
30	-0,96	10	-0,96	-5	-0,53
35	-1,06	15	-1,06	0	-0,63
40	-1,16	20	-1,16	5	-0,73
50	-1,35	30	-1,35	15	-0,92
60	-1,52	40	-1,52	25	-1,09
80	-1,84	60	-1,84	45	-1,41
100	-2,14	80	-2,14	65	-1,71
120	-2,41	100	-2,41	85	-1,98
140	-2,67	120	-2,67	105	-2,24
160	-2,92	140	-2,92	125	-2,49
180	-3,16	160	-3,16	145	-2,73
200	-3,39	180	-3,39	165	-2,96

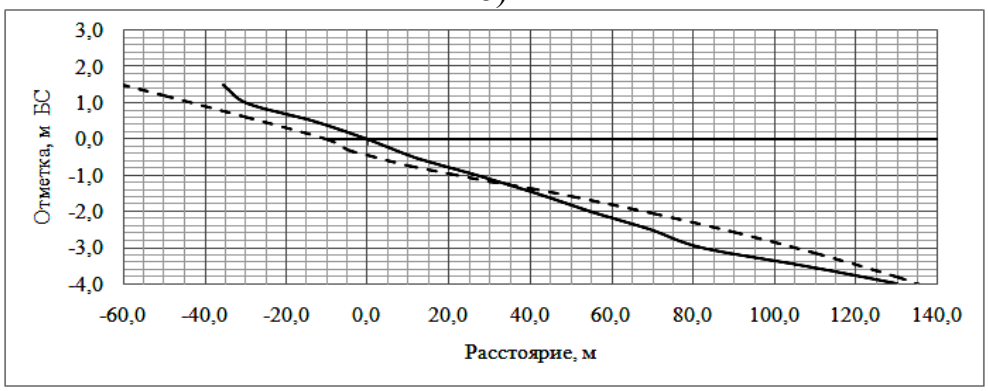
Праворуч і ліворуч каньйону, для відрізків пляжу (рис. 3.3) *Ad* й *ef* характерним є профіль розрізу 2-2 (рис. 3.4б), де видно, що профілі динамічної рівноваги й існуючого берегового схилу не сильно відрізняються один від одного, але при переформуванні пляжу і у цьому випадку можливий відступ урізу води до 10 м.

На відрізку пляжу *fg* (рис. 3.3) можливий відступ урізу на відстань до 5 м при об’ємі змиву до 30 $м^3$/м.

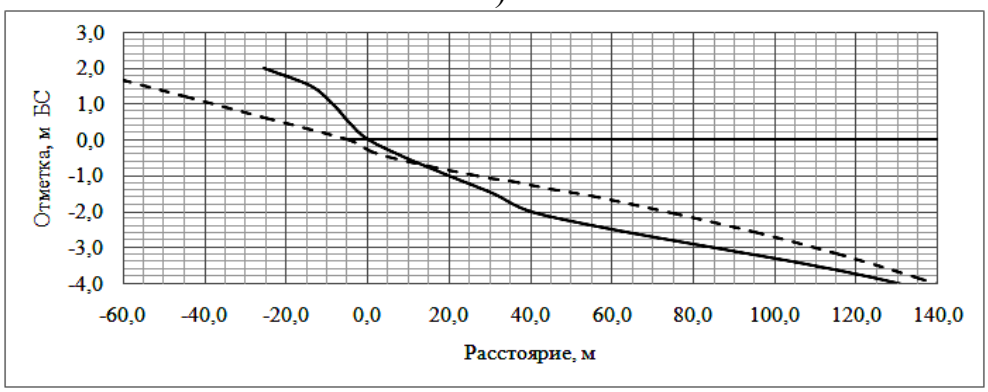
а)



б)



в)



г)

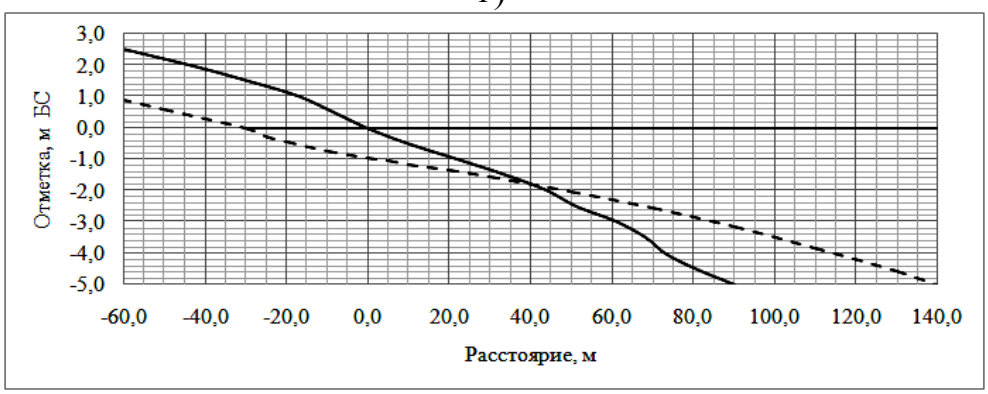
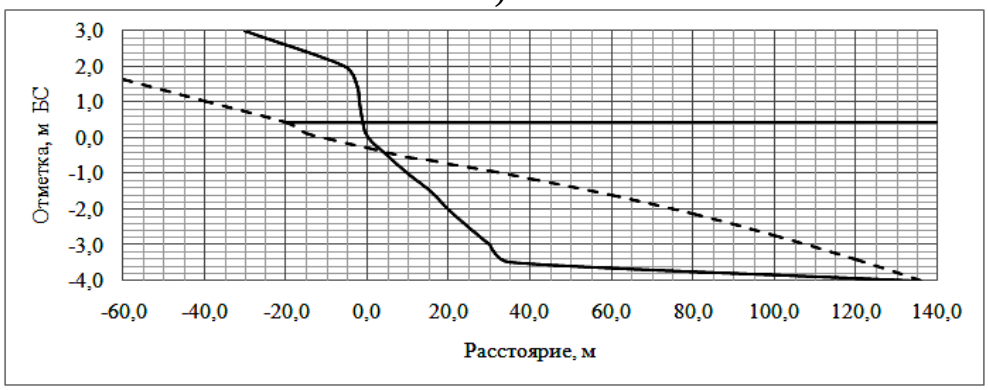
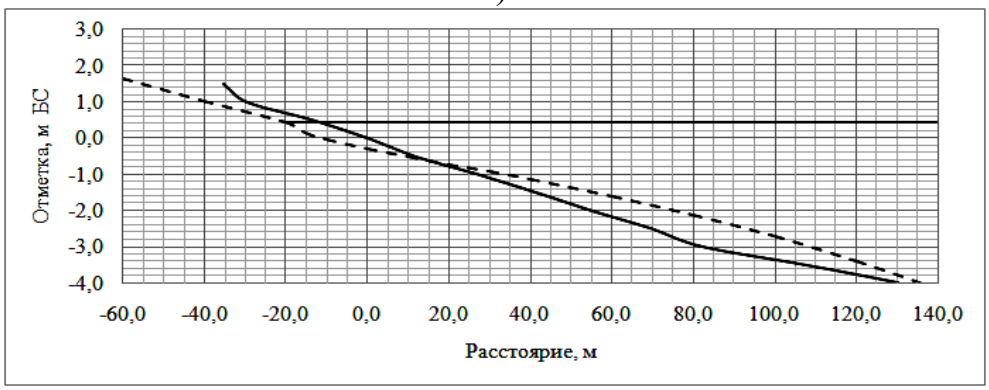


Рисунок 3.4 – Берегові схили і профілі динамічної рівноваги при рівні – **0,0 м БС**: а – розріз 1-1; б – розріз 2-2; в – розріз 3-3; г – розріз 4-4

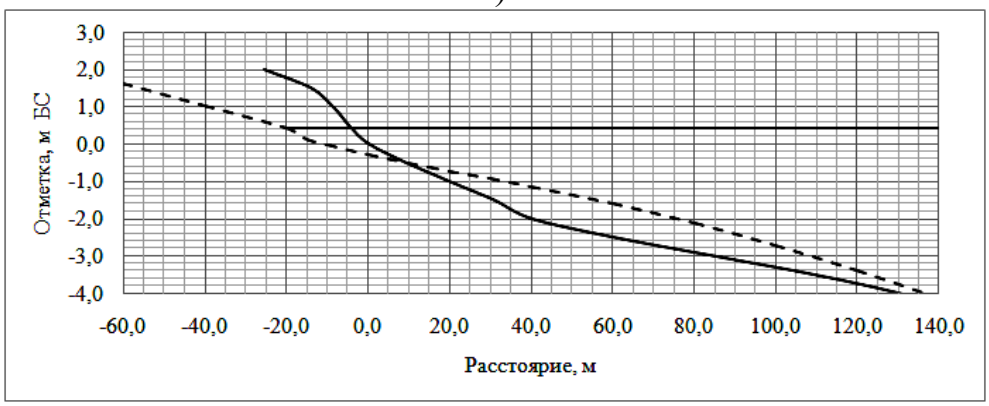
а)



б)



в)



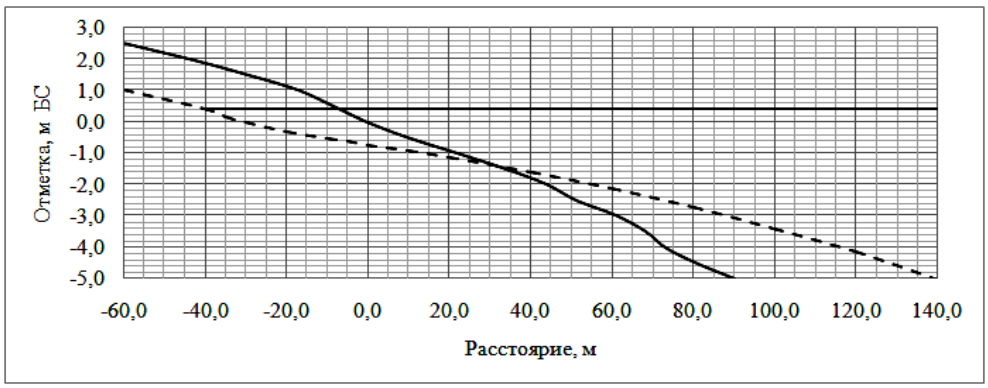
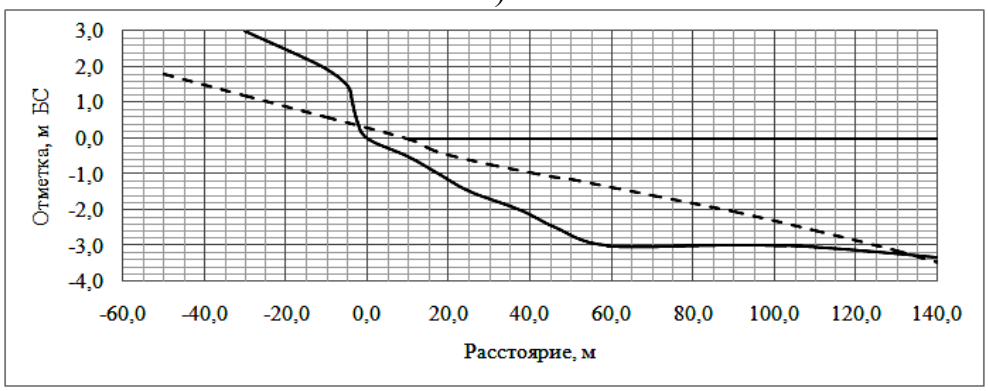
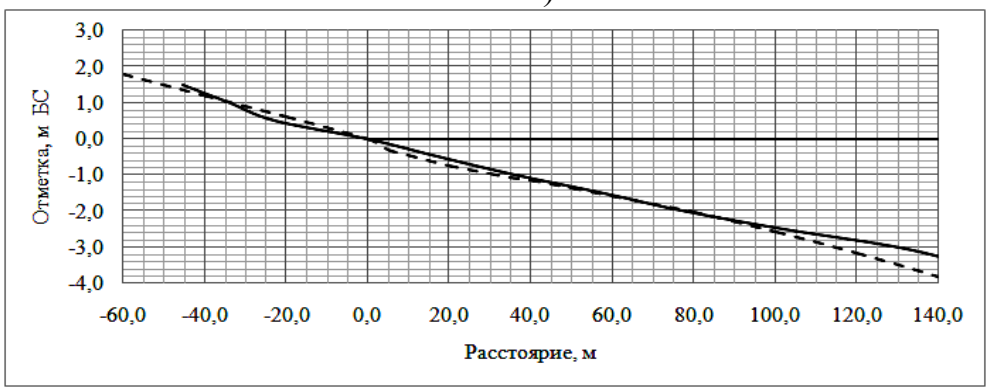


Рисунок 3.5 – Берегові схили і профілі динамічної рівноваги при рівні – **«+»0,43 м БС**: а – розріз 1-1; б – розріз 2-2; в – розріз 3-3; г – 4-4

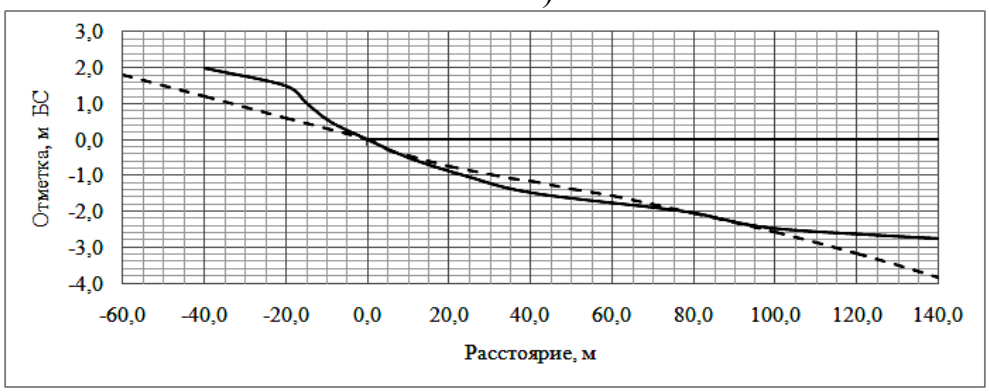
а)



б)



в)



г)

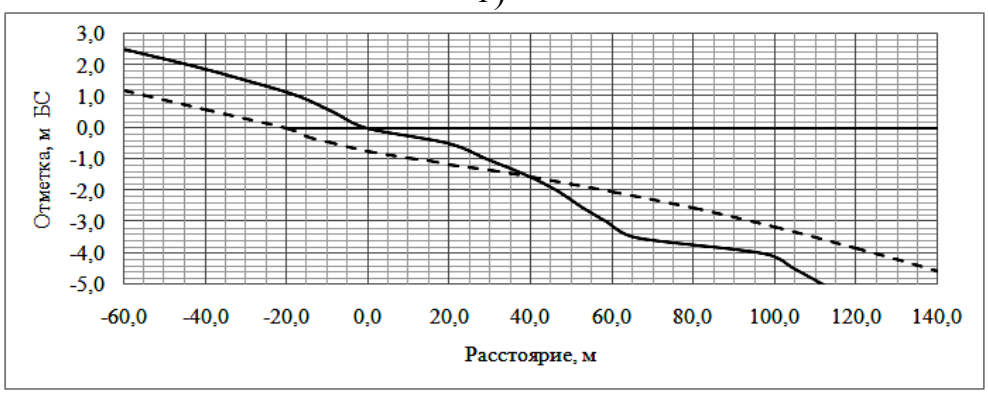


Рисунок 3.6 – Берегові схили і профілі динамічної рівноваги при рівні – 0,0 м БС й косому підході хвиль: а – розріз 1а-1а; б – розріз 2а-2а; в – розріз 3а-3а; г – розріз 4а-4а

Руйнування з найбільшім відступом урізу води можливо на відрізку *gB* (рис. 3.3). Ухил підводної частини берегового схилу на цьому відрізку пляжу крутий (рис. 3.4г) і сильно відрізняється від профілю динамічної рівноваги, тому вплив штормів призведе до поступового переміщення урізу води до 30 м з об'ємом руйнування приблизно таким же як і на відрізку *de* (рис. 3.3а).

Високе стояння рівню (рис. 3.5).

При підвищенні рівню вплив хвилювання поширюється на більш дальні ділянки берегового схилу. І якщо при низькому стоянні рівню накат хвиль не досягав корінного берега, то підвищення рівню в деяких випадках може привести до того, що цей берег вже буде руйнуватися під впливом хвиль.

На рис. 3.5 суміщені профілі берегового схилу і динамічної рівноваги при стоянні рівню з відміткою «плюс»0,43 м БС.

На відрізку пляжу *de* (рис. 3.3) при підвищенні рівню фронтальні шторми руйнують берег зі зміщенням урізу до 18 м, уріз на відмітки 0,0 м БС зміститься до 10 м. Об'єм змиву – до 150 м^3/м.

На відрізках *Ad* й *ef* (рис. 3.3) вплив штормів при підвищеному рівні не буде суттєво відрізнятися від їх впливу при низькому стоянні: зміщення урізу води до 10 м. Об'єми змиву ґрунтів приблизно однакові.

На відрізку *fg* (рис. 3.3) відступ урізу до 15 м (рис. 3.5в), урізу на відмітки 0,0 м БС – до 10 м.

На останньому відрізку пляжу *gB* (рис. 3.3) буде відбуватися зміщення урізу води до 35 м при об'ємі змиву ґрунту до 100 м^3/м.

Косий підхід хвиль (рис. 3.6).

Косий підхід хвиль супроводжується вздовжбереговим переміщенням піску.

У цьому випадку під профілем динамічної рівноваги слід понімати такий профіль, абрис якого не змінюється при вздовжбереговому переносі ґрунтів схилу. Таке можливо, коли не порушується вздовжбереговий

транспорт наносів.

На відрізку пляжу *de* (рис. 3.3) проти підводного каньйону при косому підході хвиль розрахункового шторму (рис. 3.6а) руйнування берега буде супроводжуватися наступом урізу в бік моря до 10 м з об'ємом змиву піску до 100 м^3/м.

Профілі дна на відрізках *Ad, ef* та *fg* (рис. 3.6б і 3.6в) практично співпадають з профілем динамічної рівноваги, тому суттєвих змін їх підводних абрисів відбуватись не буде, але на відрізку *fg* хвилювання буде робити поверхню пляжу більш пологою (рис. 3.6в) практично без переміщення урізу води.

При розглядуваних умовах найбільші зміни будуть відбуватися на відрізку *gB* (рис. 3.3) з відступом урізу в бік берегу до 20 м і змивом піску в об'ємі до 80 м^3/м.

При напрямках хвилювання в секторі ПнЗ-Пн вздовж північної частині пляжу буде спостерігатися переміщення піску в південному напрямку і його накопичення на південної частині біля точки С. При напрямках хвилювання в секторі Пд-ПдЗ картина зворотна: накопичення піску на північної частині біля точки С. При фронтальних штормах західного напрямку пісок буде переміщуватися в глибину.

Розташування пляжу на вигнутому (опуклому) березі річкового закруту повинно сприяти накопиченню піску на ньому. Розмив ґрунтів повинен спостерігатися на протилежному увігнутому березі в наслідок того, що течія на закруті піджимається до увігнутого берега.

Течії в лимані з великою швидкістю до 0,8 м/с під час весняної повені або при сильних згінно-нагінних явищах теж будуть піджиматися до правого увігнутого берега. В такий час в районі пляжу течія буде меншою. Відсутність гідрологічних спостережень в районі пляжу не дозволяє точно встановити чи є тут рух наносів під впливом течії, чи його немає.

Але, якщо швидкість течії буде дорівнювати 0,55 м/с, почнеться переміщення донних наносів, а при швидкості 0,65 м/с буде відбуватися їх

грядковий рух. Таким чином, переміщення піску на пляжі під впливом течії можливо під час повеней і сильних згінно-нагінних явищах. Але, це не буде причиною деградації пляжу, якщо не буде перекритий їх природний вздовжбереговий транспорт.

Процес розмиву увігнутого берега і накопичення наносів на опуклому спостерігається на річках. Але, в умовах Бузького лиману, де ширина водного об'єкту більш 2,5 км важливу роль відіграє вітрове хвилювання. Тут, в приурізовій зоні процес розмиву берегового схилу під впливом хвиль переважає процес накопичення наносів в наслідок закруту русла. Хвилювання визначає процес руйнування берегового схилу й переміщення наносів вздовж берега.

Таким чином, пляж міста Миколаєв з часом буде руйнуватися (деградувати) без прийняття спеціальних заходів щодо його захисту.

Захист пляжу можливий пасивним та активним способами [10].

Пасивний спосіб полягає в епізодичному відсипанні піску на пляж у міру його розмиву для захисту берегового схилу від руйнування (рис. 3.7).

Відсипання виконується рівним шаром від відмітки «+»1,0 м БС на відстань 30-60 м з ухилом в сторону моря рівним куту природного укосу.

Перше відсипання орієнтовно складає 68 тис.м^3 піску.

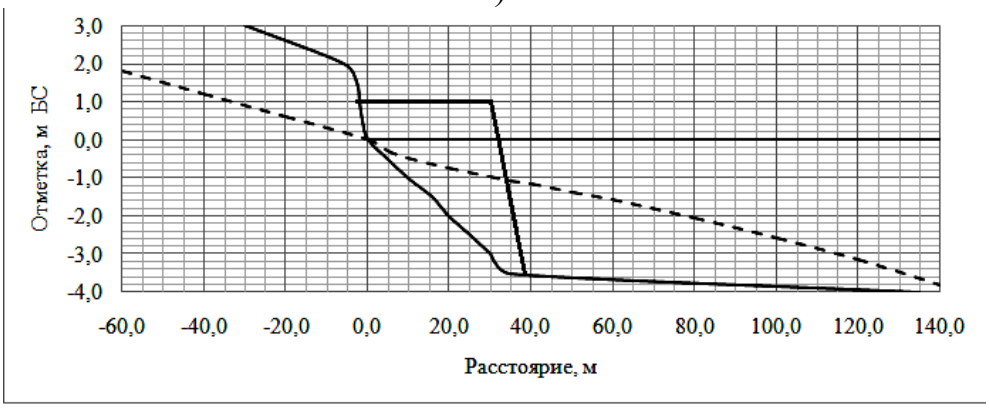
Необхідний об'єм наступних відсипань оцінюється після геодезичної зйомки пляжу.

Таблиця 3.9 – Розрахунок об'єму першого відсипання

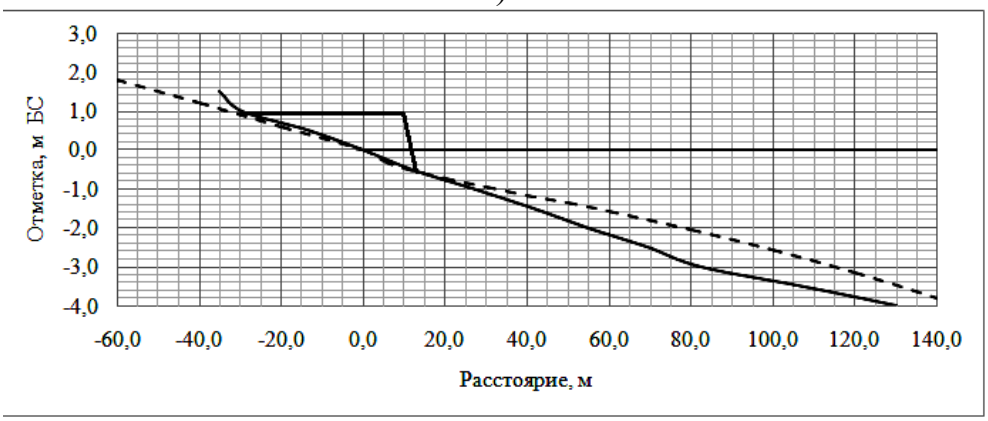
Відрізок	*de*	*Ad+ef*	*fg*	*gB*
Довжина, м	100	750	200	350
Одиничний об'єм, м^3/м	90	30	60	70
Об'єм відрізку, м^3	9000	22500	12000	24500
Загальний об'єм, м^3	68000			

Активний спосіб полягає у зведенні гідротехнічних споруд, яки утримують й накопичують пляжний матеріал. Для пляжів перевага віддається укісним накидним спорудам [10]. Пляж м. Миколаєв можна захистити наскрізними бунами з каменю однаковою крупності. Наскрізні буни не перекривають вздовж береговий транспорт наносів, але сприяють накопиченню піску у міжбуновому просторі. Вони будуються від урізу води до глибини деякої глибини. В розглядуваних умовах до глибини 1,0 м. Відстань між бунами складає до трьох їх довжин.

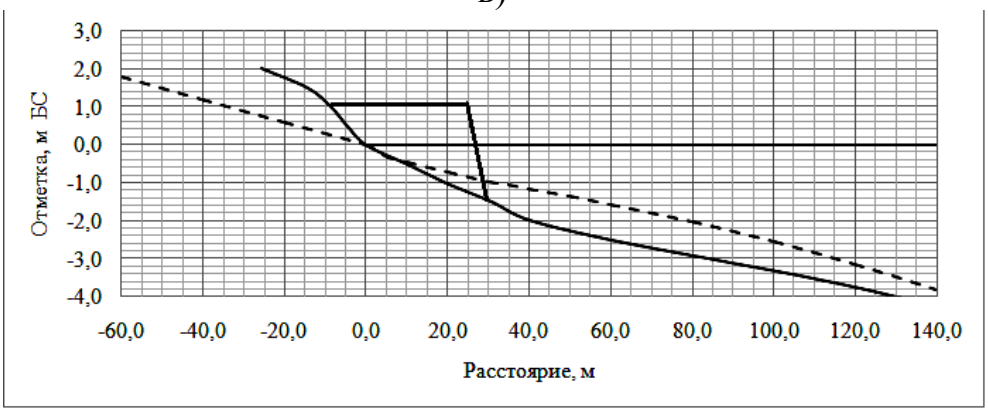
а)



б)



в)



г)

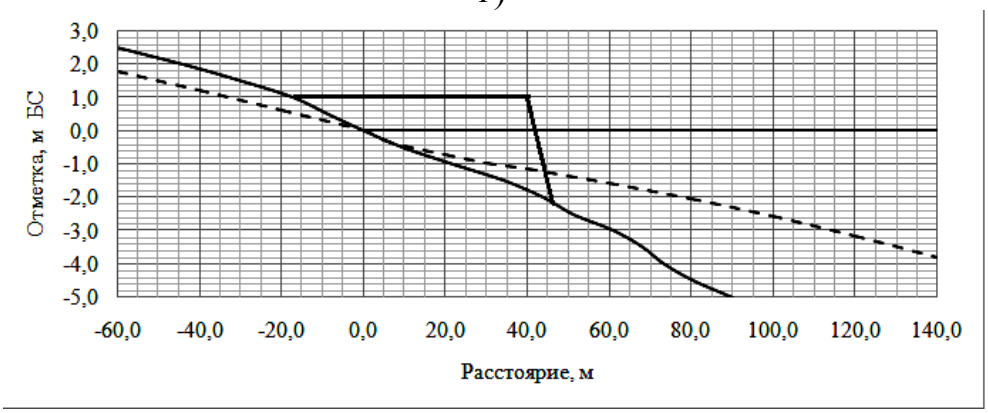


Рисунок 3.7 – Відсипка піску при пасивному захисті пляжу

ВИСНОВКИ

1. Пляжний ґрунт представлений дрібним неоднорідним піском з щільністю – 1,96 кг/дм^3; щільність частинок складає 2,66 кг/дм^3; кут внутрішнього тертя – 30°; d_{50} = 0,25 мм; d_{60} = 0,36 мм; d_{85} = 0,88 мм.

2. Критичні швидкості руху пісків пляжу складають: відрив окремих частинок – 0,53 м/с; початок руху гряд – 0,64 м/с; початок зважування – 0,86 м/с.

3. Стокові та вітрові течії при сгінно-нагінних явищах з максимальною швидкістю – 0,7-0,8 м/с перевищують критичну швидкість початку транспорту донних наносів (рівну 0,53 м/с). При цьому можливе вздовжберегове переміщення пісків в залежності від тривалості впливу сильної течії, але це не буде причиною деградації пляжу, якщо не буде перекритий їх природний вздовжбереговий транспорт.

5. Вітри зі швидкістю 15 м/с в секторі північ-захід-південь створюють в глибоководній зоні (>4,5 м) хвилювання з параметрами: висота хвиль забезпеченістю 5% в системі – 0,8?0,86 м; середня довжина – 10,5?11,3 м; середній період – 2,6?2,7 с; глибина першого обвалення хвиль – 1,1 м.

6. На північної частині пляжу при середньому стоянні рівня шторми західного напрямку з фронтальним підходом хвиль до лінії берега формують профіль динамічної рівноваги зі відступом урізу води від 5 м до 10 м, а на південному відрізку – до 30 м. В результаті чого відбувається поступове скорочення ширини пляжу. На тих ділянках, де відстань від існуючого урізу до корінного берега менше вказаних відстаней, буде відбуватися руйнування корінного берега.

7. При високому стоянні рівня – «+»0,43 м БС і штормах західного напрямку уріз берега може відступити від 10 до 35 м. При об’ємах змиву від 100 до 150 м^3/м.

8. При косому підході хвиль уріз може відступити на відстань від 10 до 20 м.

9. Процес розмиву увігнутого берега і накопичення наносів на опуклому зазвичай спостерігається на річках. Але, в умовах Бузького лиману, де ширина водного об'єкту більш 2,5 км важливу роль відіграє вітрове хвилювання. В приурізовій зоні лиману процес розмиву берегового схилу під впливом хвиль переважає процес накопичення наносів в наслідок закруту русла. Хвилювання визначає процес руйнування берегового схилу й переміщення наносів вздовж берега.

10. Пляж міста Миколаєв довжиною 1,35?1,40 км з часом буде руйнуватися (деградувати) без прийняття спеціальних заходів щодо його захисту. Укріплення пляжу можливо здійснити за допомогою пасивних й активних способів.

11. Пасивний спосіб полягає в епізодичному відсипанні піску на пляж у міру його розмиву для захисту берегового схилу від руйнування. Відсипання виконується рівним шаром від відмітки «+»1,0 м БС на відстань 30-60 м з ухилом в сторону моря рівним куту природного укосу. Перше відсипання орієнтовно складає 68 тис.м^3 піску.

12. Іншим способом зміцнення пляжу можна розглянути варіант з проникними бунами (з бунами, що не перекривають вздовжбереговий транспорт піску на глибинах понад 1,0 м). Така компоновка сприяє збільшенню ширини пляжу (накопиченню піску). Варіант передбачає зведення бун від урізу води до відміток дна 1,0 м.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технічний звіт про інженерно-геологічні вишукування на об’єкті: «Нове будівництво берегоукріплювальної споруди вздовж вул. Лазурної у м. Миколаєві». 1509/737. Дніпро: Виконавець: ТОВ «Інженерний центр «Геобест». Замовник: ТОВ «Альфа Форамен», 2019. 69 с.

2. Рекомендации по проектированию самопромывающихся ковшей у затопленных водоприёмников. Москва: изд. ВНИИ ВОДГЕО, 1984. 121 с. URL: https://pdf.standartgost.ru/catalog/Data2/1/4293764/4293764750.pdf. (дата звернення 20.11.2020).

3. ТКП 45-4.01-198-2010 (02250). Водозаборные сооружения из поверхностных источников. Правила проектирования. Минск: МАСРБ, 2011. 79 с. URL: https://www.twirpx.com/file/2153721/. (дата звернення 20.11.2020).

4. Гришанин К.В. Динамика русловых потоков. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1979. 311 с. URL: http://www.cawater-info.net/library/rus/hist/grishanin.pdf. (дата звернення 20.11.2020).

5. Барышников Н.Б. Гидравлическое сопротивление речных русел. Учебное пособие. Санкт-Петербург: изд. РГГМУ, 2003. 147 с. URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-504160857.pdf/. (дата звернення 20.11.2020).

6. СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)/Госстрой СССР. Москва: Стройиздат, 1983. 39 с. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200000256. (дата звернення 20.11.2020).

7. Лаппо Д.Д., Стрекалов С.С., Завьялов В.К. Нагрузки и воздействия ветровых волн на гидротехнические сооружения. Теория. Инженерные методы. Расчёты. Под ред. Лаппо Д.Д. Ленинград: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1990. 432 с. URL: https://www.twirpx.com/file/1461764/. (дата звернення 20.11.2020).

8. Игнатов Е.И., Землянов И.В., Санин А.Ю и др. Применение расчётных

методов для изучения динамики берегов Онежского озера и их развития. Труды Карельского научного центра РАН № 3. 2018, 84-93. URL: https://www.researchgate.net/publication/325203336. (дата звернення 20.11.2020).

9. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. М.: ГЕОС, 2001. 272 с. URL: https://www.twirpx.com/file/2166978/. (дата звернення 19.11.2020).

10. СП 277.1325800.2016. Свод правил. Сооружения морские берегозащитные. Правила проектирования. Утверждён приказом Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации № 963 пр от 16.12.2016. Москва: АО «НИИ транспортного строительства». 2017. URL: http://docs.cntd.ru/document/456055940. (дата звернення 20.11.2020).

11. Выхованец Г.В., Муркалов А.Б., Стоян А.А. Динамическая устойчивость размеров песчаных пляжей. Вісник ОНУ. Серія: Географічні та геологічні науки. 2014. Т. 19. Вип. 1. с. 53-68. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23918651. (дата звернення 21.11.2020).

12. Выхованец Г.В., Панкратенкова Д.О. Влияние антропогенного фактора на современное состояние аккумулятивных форм рельефа Северо-Западной части Черного моря. Вісник ОНУ. Серія: Географічні та геологічні науки. 2018. Т. 23. Вип. 1. с. 11-31. URL: https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://vdocuments.mx/google-reader?url%3D0134e884efae48a53203ad479588edc58d86e3d58408f6a8fb935a53a61c370b7badadefacf467661908920afd9b8c6cf089ceb4a31db14aa4aaffe008fd6fc3OIJ/GIaMoGEfa0onrl7wucaIt84ta/ClRzs1YPkJOwZzYJIKX3QGg+6xrJ4LRHPj. (дата звернення 20.11.2020).

13. https://geographyofrussia.com/abraziya/ (дата звернення 02.12.2020 р.)

14. Фокина Н.А. Прирдные факторы процессов абразии. http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/15100/6-Fokina.pdf (дата звернення 02.12.2020 р.)

ДОДАТОК А

Перелік публікацій за темою магістерської кваліфікаційної роботи

1. Камінський Є.В., кер. Юрасов С.М. Оцінка стана пляжу міста Миколаєв. «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Освіта – Наука – Виробництво». 17-18 грудня 2020, ХНУ ім. В.Н.Каразіна. 2020. Харків.