

„Защита на морския бряг на град Балчик от абразия и ерозия в участъка между буни 204 и 208 – община Балчик”

*Доклад за хидрографската и литоложката характеристика на акваторията
Анализ на състоянието и функционалната ефективност на съществуващите брегоукрепителни
съоръжения
Възложител: Община Балчик*

**ОБЕКТ: ”ЗАЩИТА НА МОРСКИЯ БРЯГ НА ГР. БАЛЧИК ОТ АБРАЗИЯ И ЕРОЗИЯ
В УЧАСТЪКА МЕЖДУ БУНИ 204 И 208 – ОБЩИНА БАЛЧИК”**

**ЧАСТ 1. ДОКЛАД ЗА ХИДРОГРАФСКАТА И ЛИТОЛОЖКАТА ХАРАКТЕРИСТИКА
НА АКВАТОРИЯТА**

**ЧАСТ 2. АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕТО И ФУНКЦИОНАЛНАТА ЕФЕКТИВНОСТ
НА СЪЩЕСТВУВАЩИТЕ БРЕГОУКРЕПИТЕЛНИ СЪОРЪЖЕНИЯ**

УВОД

Настоящите проучвания са изпълнени от интегриран колектив с ръководител **н.с. инж. Красимир Маринов Маринов** - строителен инженер, проектант ППП №05056, специалност "Хидротехническо строителство на водни пътища и пристанища", диплом №208215/17.06.1981 г. от ОИИМФ - УССР, лицензиран експерт по ОВОС /удостоверения от МОСВ №№137 и 1208/, тел. 052 – 680163, GSM 0887-934272. Те третираат хидрографските и литоложките характеристики на акваторията между буни 204 и 208 в град Балчик и състоянието и функционалната ефективност на съществуващите брегоукрепителни съоръжения.

1. ДОКЛАД ЗА ХИДРОГРАФСКАТА И ЛИТОЛОЖКАТА ХАРАКТЕРИСТИКА НА АКВАТОРИЯТА

Върху ситуационните и конструктивно-технологичните решения на брегозащитните съоръжения съществено влияние оказват съществуващите природни условия и процеси (вълнение, течения, геоморфология, геоложки строеж, литодинамика и др.).

1.1. Ветрови режим

Ветровият режим оказва влияние върху вълновия режим, ветро-вълновите течения и свързания с тях наносен транспорт и общ водообмен на прилежащата на брега акватория. Освен това изследването на ветровия режим е необходимо за определяне на параметрите и продължителността на действие на вълнението от различните посоки, когато липсват преки измервания за тях. В резултат на това изследване се определя вълновият климат в района, който от своя страна е основният силов фактор, обуславящ еволюцията на бреговата линия и въздействието върху ХТС. Той е определящ и за условията за строителство и експлоатация на обекта. В настоящата разработка ветровият режим е определен на база данните от бреговете хидрометеорологични станции.

Най-близките хидрометеорологични станции са в Балчик и Калиакра. Представени са лятна и зимна „рози на вятъра” (**Приложение 3**). За морския вятър по-представителни са данните от ХМС "Калиакра". Данните са взети от Климатичния справочник и се отнасят за 40-годишен период. Те са класифицирани по посока, скорост и продължителност.

При решаване на литодинамични задачи вятърът се третира като вълнообразуващ фактор, на базата на което по скорост той се класифицира в три категории: първата включва вятър със скорост до 5 m/s, който няма практическо вълнообразуващо действие, втората включва вятър със скорост от 5 m/s до $W_{1/1}$ ($W_{1/1}$ - максимална скорост на вятъра с обезпеченост един път на една година), за които се приема, че формира средногодишно (ежегодно) вълнение; третата включва щормовия вятър със скорост $W > W_{1/1}$.

Разглежданият район е с юг-югоизточна експозиция и е естествено защитен от силните североизточни ветрове и вълнения от нос Калиакра. Това обуславя относително по-тихо море и благоприятства извършването на строителни работи в акваторията.

В качеството на вълноопасни посоки са приети E, SE, S и SW. Първите три посоки са с голям разгон, а последната – с ограничен разгон.

1.2. Вълнови режим

Вълновия режим играе основна роля в хидродинамиката на бреговата зона в изследвания район. Преки натурни режимни измервания на параметрите на ветровото вълнение в него не са извършвани. Поради това за изясняване на вълновия режим е приложен традиционният подход, базиращ се на определяне на вълновите параметри в дълбоководието в зависимост от вълнообразуващите фактори: скорост, посока и продължителност на действието на вятъра и вълновия разгон. За целта са използвани данни от ИО-БАН-Варна (Табл.1.2-1.).

Таблица 1.2-1. Обобщени вълнови параметри за дълбоководната зона.

Посока	P, %	V, m/s	H, m	T, s	L, m
E	2	33	4,9	9,2	132
	4	30	4,50	8,9	124
	99	19	2,75	7,3	83
SE	2	21	3,1	7,7	92
	4	20	2,9	7,3	88
	99	15	2,15	6,6	68
S	2	29	3,3	7,5	88
	4	28	3,2	7,4	85
	99	20	2,25	6,4	64

Забележка: p- обезпеченост; v - скорост на вятъра, H, T, L - средна височина, период и дължина на вълната в дълбоководието .

При подхода към брега вълнението претърпява трансформация и рефракция, а в зоната на нос Калиакра и Калиакренския вал и дифракция. Южната експозиция на разглеждания участък, вълновата сянка на нос Калиакра и особеностите на подводния брегови склон (Калиакренския вал) предопределят сложната вълнова картина в акваторията на обекта.

Трансформацията и рефракцията на вълнението в района е изследвана с математически модел за основните вълноопасни посоки: E, SE и S /както е известно нос Калиакра защитава района от североизточното вълнение/ при два вълнови режима с обезпеченост 4 и 99% /Маринов и к-в, 1990 г./.

Моделирането на трансформацията и рефракцията на вълнението в моделните изследвания от 1990 г. е извършено по карти в мащаб 1:200 000 [19] и 1:10 000 с "изгладени" изобати. Всички изследвания са проведени с вълни с обезпеченост 13% в системата, която е еквивалентна на Hs. Моделът за изчисляване на рефракцията и трансформацията на вълнението се базира на метода на вълновите ортогонали, който е нормативен у нас.

Резултатите от изчисленията се получават в табличен и графичен вид (**Приложение №1**). Изходните параметри за детайлното моделиране (в М 1:10000) за изобата 18 са дадени в табл. 1.2-2.

Таблица 1.2-2. Вълнови параметри на изобата 18.

Посока	P, %	H, m	T, s	$\theta, ^\circ$	A, $^\circ$
E	4	3,80	8,9	55	100
	99	2,50	7,3	51	96
SE	4	2,85	7,3	89	134
	99	2,15	6,6	89	134
S	4	2,70	7,4	-50	175
	99	1,95	6,4	-47	178

Забележка: θ – ъгъл между вълновия лъч и оста O_x , A – азимут.

Резултатите за прибойната зона са приведени в табл. 1.2-3 и 1.2-4. Обрушването на вълната е от типа "гмуркащ се бурун" (plunging breaker), а броят на обрушванията обикновено е 2.

Табл. 1.2-3. Характеристики на прибойната зона (първо обрушване).

Посока	p, %	D, m	H _{13%} , m	L, m	T, s	$\Theta_{br}, ^\circ$	A, $^\circ$
E	4	4,80	4,00	70	8,9	26	142
	99	3,60	3,00	50	7,3	20,8±34,8	146
SE	4	3,80	3,10	51	7,3	18,9±22,5	149
	99	2,80	2,30	40	6,6	24,1±15,9	152
S	4	3,30	2,75	49	7,4	5,1±20,8	169
	99	2,30	1,90	36	6,4	20±12	170

Пояснение: D – дълбочина на първото обрушване; H_{13%} – височина на вълната с обезпеченост 13% при първо обрушване; L, T – съответно средна дължина и период на вълната, A – азимут на вълновия лъч, $\Theta_{br}, ^\circ$ – ъгъл между вълновия лъч и изобатата в зоната на прибоя.

Табл. 1.2-4. Характеристики на прибойната зона (второ обрушване).

Посока	p, %	D ₂ , m	H _{2 13%} , m	L ₂ , m	T, s
E	4	-	-	-	-
	99	1,70	1,40	35	7,3
SE	4	2,10	1,75	38	7,3
	99	1,85	1,50	33	6,6
S	4	1,80	1,50	37	7,4
	99	1,40	1,15	28	6,4

Пояснение: D_2 - дълбочина на второто обрушване; $H_{2\ 13\%}$ - височина на вълната с обезпеченост 13% при второ обрушване; L_2 , T - съответно средна дължина и период на вълната.

Вижда се, че влиянието на нос Калиакра се изразява в защитеност на обекта за вълнение от североизточната четвърт, силно изразена рефракция на източното вълнение, следствие на която вълновите параметри на прибойта падат и се увеличава скоростта на надлъжно-бреговото вълново течение. Следва да се отбележи, че въпреки южната експозиция на района в определени случаи вълнението в района на обекта е с голяма интензивност. Това вероятно се дължи на интерференцията на вълнови системи, генерирани от ветрове от различни посоки. Южното вълнение подхожда почти фронтално към района и може да предизвика в определени участъци от брега слаби течения насочени към н. Калиакра. Параметрите на прибойната зона и по-специално дълбочината на първото обрушване при обезпеченост на щорма минимум 99% /т.е. повторемост един път на година/ са един от факторите, определящи водообмена и движението на наносите в района на обекта.

Вълнението от SW е определено по графиците от нашите норми, еквивалентни на СНиП 2.06.04-83* при ограничена дълбочина и разгон (средна дълбочина 18 m и разгон 8,3 km) – табл. 1.2-5. Югозападното вълнение е с малки параметри и оказва незначително влияние върху хидро- и литодинамичните процеси.

Таблица 1.2-5. Вълнови параметри на вълнението от югозапад.

Посока	P, %	D, km	t, h	V, m/s	H, m	T, s	L, m
SW	4	8,3	12	30	1,45	4,4	30
	99	8,3	12	20	1,00	3,9	23

Забележка: p - обезпеченост; D – разгон, t – продължителност на действие на вълнообразуващия вятър, v - скорост на вятъра, H , T , L - средна височина, период и дължина на вълната в дълбоководието.

Отчитайки експозицията на изследвания район са определени меродавните посоки за изчисляване на вълновото въздействие в района на буните и на еволюцията на изкуствения плаж. Третират се два вълнови режима: средногодишен и щормови с повторемост един път на 25 години, което съответства на изискванията на нашите норми за брегозащита III - IV клас (по задание съоръженията са IV клас). Реалното нерегулярно вълнение в изследванията е заменено с "еквивалентно" регулярно, характеризиращо се с височина на "значителната" (H_s - significant wave height). Според някои автори тя съответства на височината на вълна с обезпеченост 13% в системата, каквато е приета и в настоящата разработка. Коефициентите за преход от една в друга

обезпеченост на височината на вълната в дълбоководието са дадени в Табл. 1.2-6.

Табл.1.2-6. Преходни коефициенти в дълбоководието

i, %	1	5	13	17	33
Ki	2.42	1.95	1.61	1.50	1.19

Данните за продължителността на вълнението (в часове) са приведени в табл. 1.2-7.

Табл. 1.2-7.

посока	Средногодишно вълнение		Щормово вълнение	
	Обща продължит.	Единична продължит.	Обща продължит.	Единична продължит.
E	665	48	36	36
SE	140	24	18	18
S	640	36	24	24
SW	490	24	24	24

На тази база са определени 3 схеми за моделиране на вълновия режим:

Схема 1. E 1/1 (48 h); SE 1/1 (24 h); S 1/1 (36h); E 1/25 (12 h) Общо: 120 h

- Ежегодно вълнение от изток;
- Ежегодно вълнение от югоизток;
- Ежегодно вълнение от юг;
- Щорм от изток.

Схема 2. E 1/1 (48 h); E 1/25 (12 h); SE 1/1 (24 h); S 1/1 (36h) Общо: 120 h

- Ежегодно вълнение от изток;
- Щорм от изток;
- Ежегодно вълнение от югоизток;
- Щорм от югоизток.

Схема 3. S 1/1 (36 h); S 1/25 (6 h); SE 1/1 (24h); SE 1/25 (6 h) Общо: 72 h

- Ежегодно вълнение от юг;
- Щорм от юг.
- Ежегодно вълнение от югоизток;
- Щорм от югоизток;

Данните за вълновите параметри в зоната на ХТС са взети от моделните изследвания от 1990 г. за съответните меродавни вълнови лъчи (**Приложение №1**).

1.3. Колебания на морското ниво

Режимът на морското водно ниво се формира от взаимодействието на приливно-отливните, сгонно-нагонните и метеорологични колебания. Приливните вълни в Черно море са с височина 3-15 cm и период 12-13 часа. Сгонно-нагонните изменения на нивото достигат 30-40 cm и период на няколко часа до две денонощия. Сейшовите колебания са най-изразени в заливите /амплитудата им е от 1 до 50 cm, а периодът от 10 до 180 min/.

За акваторията пред разглеждания обект с най-голямо значение са щормовите изменения на нивото, които са представени в следната таблица:

Табл. 1.3-1. Екстремални водни нива в cm.

Обезпеченост, %	99	10	4	2
максимални	26	66	75	80
минимални	-31	-46	-51	-54

Според изследвания на ИО-БАН в годишен разрез високите нива преобладават в периода март-април, а ниските - през септември-ноември. Средното многогодишно ниво е (-0,28) по Балтийската система.

В настоящата разработка при решаването на хидро- и литодинамичните задачи е работено с глобално постоянно ниво с обезпеченост 99,9 % и допълнително изчислени локални изменения на нивото от вълнови характер, за задачите, които изискват това. Изчислителното водно ниво за оразмеряване на ХТС е прието според изискванията на СНиП 2.06.04 с обезпеченост 50% (максимално 38 cm, кота +0,10 БС).

1.4. Вълнови течения и наносотранспортираща способност на вълнението.

Крайбрежни вълнови течения

На практика хидро- и литодинамичните процеси се обуславят от широк вълнов ъглов спектър, включващ следните вълноопасни направления: E, SE, S и SW. Източното вълнение е с най-големи параметри, но подхожда най-косо и изпитва най-силно влиянието на рефракцията и дифракцията. Югоизточното вълнение също подхожда косо и генерира едноточностно течение в западна посока, способно да транспортира наноси по дъното и в плаващо състояние. Южното вълнение е оразмерително за създаването на защитени акватории и за определяне на профила на динамично равновесие на изкуствените плажове (заедно с югоизточното вълнение). Въпреки малкия разгон при решаването на литодинамични задачи не трябва да се пренебрегва вълнението от SW, особено при прогнозиране на процесите около водната линия, но внимателно трябва да се оценява неговата продължителност, особено при направа на баланса на насосите.

Резултатите от цитираните по-горе моделни изследвания (**Приложение №1**) показват, че при щормово източно вълнение се формира надлъжно-брегово

течение със средна скорост, намаляваща от 2 до 0,4 m/s съответно от н. Калиакра до м. “Фиш-фиш”. При това вълнение надлъжнобреговите течения в района на обекта са насочени само към Албена. При обикновено източно вълнение с обезпеченост 99%, посоката е аналогична, а средната скорост е 0,25 m/s. Интензивността на надлъжнобреговото течение намалява в посока към Двореца, в района на който дори се формира микрозона на конвергенция. Югоизточното щормово вълнение в района на обекта поражда разнопосочни течения и формира зона на конвергенция. Това създава условия за генериране на разливни течения, които изнасят наносите в дълбочина. Ежегодното югоизточно вълнение поражда еднопосочно вълново течение, насочено към Албена със скорост 0,01-1,2 m/s. Интензивността му намалява от изток на запад. При южното вълнение се формира зона на конвергенция, изместена към яхтеното пристанище. Следователно може да се задържи плаж стига да няма напречнобрегови пренос. Средната скорост на южното течение варира около 0,005-0,20-0,49 m/s, но с големи вариации. В района на буните е възможен обратен пренос – към Тузлата. При ежегодното южно вълнение се формират разнопосочни течения с малка интензивност и редуващи се микрозони на конвергенция и дивергенция без особено практическо значение.

Разглежданите течения играят основна роля в преноса на наноси. Зоната им на интензивно действие се ограничава до линията на прибой /първо обрисуване на вълната/.

Тези течения формират общата схема на **вълнова циркулация** на водата в бреговата зона. В местата на среща на разнопосочни течения с по-висока интензивност, се формират разливни течения, които са в състояние да изнасят периодично значителни количества водни маси извън линията на прибой, като по този начин “компенсират” притока на водни маси в бреговата зона. Такива явления могат да се проявят при определени условия и в района на обекта и по всяка вероятност те са причина за изнасяне на плажообразуващия материал от междубунните пространства..

В дивергентните зони /напр. между Балчик и Тузлата/ при южно вълнение, е възможен мас-пренос от морето към брега. Той се осъществява в значително по-широк участък и е трудно да се оцени количествено. Изградените в района на Балчик множество напречни съоръжения /буни и пристанищен мол/, пресичат надлъжно бреговете вълнови течения и променят съществено крайбрежната циркулация.

Невълнови течения

Към тези течения се отнасят предимно ветровите течения, невълновите градиентни течения, приливно-отливните и др. течения с невълнов характер. Те обуславят в значителна степен общата повърхностна циркулация в Черно море, която е циклонична с два централни кръговрата. В глобален мащаб /районът на цялото Българско Черноморско крайбрежие/ средногодишните течения формират три зони: първата, разположена непосредствено до водната линия е заета от поток насочен на юг; във втората, до 50-та изобата на изток, е развито

противотечение; третата, разположена над континенталния склон, е представена от западния клон на основното черноморско течение /Дяволското/. Последното е с ширина на основната струя 40-80 km и скорост 0,35 - 0,4 m/s. Това течение минава твърде далеч от обекта и в случая не представлява никакъв интерес.

По-съществено значение имат ветровите течения в района, които са проучвани с натурни и моделни изследвания. Общата схема на циркулация през различните сезони е изследвана от Станев /1992 г./: зимна циркулация - при СЗ-вятър със скорост 6 m/s; лятна циркулация – при източен вятър със същата скорост. Характерен е антициклоналният им характер в крайбрежната зона пред Варненския залив, при който се образуват крайбрежни вихри. Вихрите пренасят повърхностна вода от шелфовия ръб до крайните райони и обратно. В крайбрежните води повърхностните течения зависят от бреговата топография и ветровия режим. В първия случай (зимна циркулация) в района на акваторията пред обекта течението е с посока към н. Калиакра със средна скорост 0,10 m/s, а във втория (лятна циркулация) – на изток със същата скорост.

При западни ветрове, предизвикващи понижение на водното ниво, се наблюдава двуслойна циркулация на водните маси: в повърхностния слой - към морето, в придънния слой - към брега. Максималните значения на скоростта на придънното течение в този случай достигат 1 m/s и са два пъти по-големи от тези на повърхността. Характерът на тези течения е пулсиращ по посока и скорост.

По принцип характерни за нашето крайбрежие са възвратно-постъпателните движения, ориентирани паралелно на генералното направление на бреговата линия. Дори при ветрове, духащи фронтално към брега, генерираните ветрови течения се стремят да се насочат успоредно на брега. Констатирано е, че средната скорост на повърхностното течение нараства с отдалечаване от брега и достига максималната си стойност над горната част на континенталния склон. Съществена особеност на теченията в плитководната зона е смяната на посоката им /през около 3-4 часа/ до обратна на тази на крайбрежните ветрове, което се свързва с влиянието на макромасщабни барични образувания или периодични течения. Установено е, че теченията в условията на преход от летен към есенен период се генерират от няколко основни фактора: инерционни колебания с период 2-4 денонощия и бризова циркулация с пик, съответстващ на период около 24 часа. От съществено значение за възникване на течения е наличието на халоклин, разположен на дълбочина 100-200 m. Той разделя морето на два слоя: повърхностен и дълбочинен, съществено различаващи се по динамичен режим и хидрохимични параметри. В случая интерес представлява горният слой, който от своя страна се разделя на повърхностен квазиеднороден слой, сезонен термоклин, хладен промеждутъчен слой и халоклин. Повърхностният однороден слой е най-активен, т.к. в него протичат процесите на топлообмен, вълнообмен и обмен на количество движение между атмосферата и морето. Дебелината на повърхностния слой варира от 10 до 40 m, като през зимата хладният промеждутъчен слой се открива на повърхността. При тези условия за плитководни шелфови области като разглежданата, ветровото въздействие може да стане основен фактор при формиране на

динамиката на басейна. Според проведени през 1992 г. натурни и моделни изследвания в близост до района на обекта, при малък градиент на баричните полета, циркулацията се генерира от преобладаващите ветрове. Теченията на повърхността са паралелни на бреговата линия, а в дълбочина на изобатите. Сгонно-нагонните процеси пораждат градиентни течения. Резултатите от натурните измервания и числените пресмятания при различни гранични условия показват следното:

- За представителния случай /входящ поток по източната граница/ са проведени изчисления по основните ветрови румбове за 3 градации на ветровите скорости /15, 10 и 5 m/s/. Характерен за този случай е пренос на запад-югозапад, който се усилва или редуцира от ветровото въздействие. Максималните скорости на теченията са между 0,11- 0,28 m/s;
- Разгледан е и входящ поток по южната граница, съответстващ на случаите, когато е формиран антициклонален вихър между носовете Емине и Калиакра, което се наблюдава сравнително рядко в Балчишкия залив /главно през есента/. Независимо от посоката на вятъра интегралният пренос е ориентиран покрай западния бряг и след това на И-СИ. Теченията се интензифицират до 1,47 m/s при силен вятър;
- През лятото е възможен входящ поток от юг, променящ синусоидално границата си. Максималните скорости на теченията са 0,15 - 0,39 m/s.

Наносотранспортираща способност на вълнението

Първата оценка на наносотранспортиращата способност на надлъжнобреговите течения за разглеждания район е извършена от В. Дачев и Ж. Чернева по ветро-вълноенергетичния метод на В.В.Лонгинов. Изходните хидрометеорологични величини при изчисленията са взети от ХМС-Балчик за 1974 г. Определени са следните наносодвижещи характеристики: надлъжнобрегова компонента на потока на енергията на л.м. $t^+ = 20,75$ и $t^- = 6,51$ (знак + означава пренос към Албена); резултантна тангенциална съставляща на енергията $Tr = 1424$, размах на миграцията $A = (t^+) + (t^-) = 2726$, относителна интензивност на преместване $i = Tr/A = 0,52$, степен на миграция $1/i = 1,92$ и $\beta = (t^+)/ (t^-) = 3,19$. Според тези резултати преобладава преносът към Албена, която се явява зона на конвергенция на т.н. Калиакренски и Аладжа манастирски надлъжнобрегови потоци. Усиленото вълново въздействие предизвиква размиване на брега и активен надлъжнобрегови транспорт в югозападна посока.

Оценка на наносотранспортиращата способност е дадена и от Филиппов, базирана на метода на Vijker и на данни от ХМС-Балчик. Според това вълнение резултатните течения са насочени към Тузлата. При обезпеченост 1 ден/год средната скорост на течението е 0,79 m/s, а в обратна посока – 0,48 m/s. Средната скорост за целия район е 0,30 m/s към Тузлата, а резултатният пренос е 4500 kg/s.

Очевидни са различията в двете разработки, които се дължат на различия в изходната информация и в методите за оценка. Оценката на Филиппов не се потвърждава от натурните данни. И двете разработки твърде грубо отчитат естествения дънен релеф и разчлененост на брега. Всичко това налага провеждане на допълнителни изследвания, базирани на математическо моделиране на наносотранспортиращата способност на вълнението.

Надлъжнобреговите течения, генерирани от косо подхождащото вълнение, са най-важният фактор, определящ транспорта на наносите в бреговата зона. В качеството на основен параметър за това е избрана усреднената по дълбочина скорост на течението. При определянето на нелинейното разпределение на скоростта по вертикала в използваната програма за моделиране се отчитат радиалните напрежения, дънното триене и напречното смесване. При отчитането на дънното триене е приет среден диаметър на наносите $D_{50}=0,5$ mm. Програмата се базира на модела на Longuet-Higgins. Напреженията на дънното триене се определят с параметъра на Bijker и с коефициента на Джонсън. Приема се, че е постигнат напречен профил на динамично равновесие на плажоформиращите наноси.

Надлъжнобреговото движение на наносите се извършва по два основни начина: в плаващо състояние и чрез влачене по дъното. За оценка на наносотранспортиращата способност на вълнението се използват множество формули, базирани на два основни подхода. Първият подход използва количеството вълнова енергия за индикатор на наносния транспорт, като с помощта на емпирично определени коефициенти се вземат под внимание физико-механичните характеристики на наносите, характера на движението им и вълновия режим. Вторият подход се базира на определяне полето на теченията, върху което се "налага" вертикалното разпределение на плаващите и дънните наноси.

В проведеното изследване наносотранспортиращата способност на вълнението е изчислена за пясък с $D_{50}=0.5$ mm и 0,2 mm по всеки вълнови ортогонал. Анализът на резултатите е извършен по опростена формула на Леонтиев, която отчита движението както на дънните, така и на плаващите наноси:

$$Q = Q_s + Q_b$$

$$Q_s = 0.00066 d_0^3 \sin\theta \text{ [m}^3/\text{s]}$$

$$Q_b = 0.00168 d_0^{2.5} \sin\theta \text{ [m}^3/\text{s]}$$

където

d_0 - дълбочина на началото на разрушаването на еднопроцентната вълна;

θ - ъгъл между линията на прибоя и вълновия фронт.

Изходните условия за моделиране са възприети от трансформационно-рефракционната програма за всеки вълнови лъч. Напречнобреговото разпределение на надлъжнобреговите скорости е представено по характерни лъчи. В приложените материали са изчертани и диаграмите на надлъжнобреговото разпределение на скоростите на крайбрежните вълнови течения. Обобщени резултати са дадени в таблиците в **Приложение №1** (меродавен е участък №3 –

Вълнолома – Двореца). Пояснения: В таблиците L_s - ширина на прибойната зона, V -средна скорост на надлъжнобреговото течение, Q , Q_b , Q_s - наносотранспортираща способност на вълнението съответно обща, за дънни наноси и за плаващи наноси.

Както се вижда в разглеждания участък най-голяма наносотранспортираща способност има източното щормово вълнение, защото подхожда косо и има сравнително големи параметри. Поради почти фронталния си подход южното вълнение има най-малка наносотранспортираща способност. Щормовото югоизточно вълнение поражда сравнително мощни течения към Балчик и Албена. Аналогично е и действието на ежегодното югоизточно вълнение. Резултатният годишен пренос е 4437 m^3 , а средногодишният и щормови усреднен потенциален надлъжнобрегови пренос по посоки е представен в табл. 1.4-1.

Табл. 1.4-1. Средногодишен и щормови усреднен потенциален надлъжнобрегови пренос (m^3)

Посока	p , %	Q , m^3/d	Q_b , m^3/d	Q_s , m^3/d
E	4	6116	3289	2828
	99	2194 ± 3782	1245 ± 2154	949 ± 1628
SE	4	3644 ± 3576	2022 ± 1950	1621 ± 1629
	99	1677 ± 1375	987 ± 794	689 ± 582
S	4	605 ± 2083	344 ± 1194	261 ± 889
	99	566 ± 349	400 ± 269	209 ± 130

Следва да се отбележи, че при естествени условия (преди направа на дамбата и буните) реален пренос на наноси няма, т.к. нанософормиращата способност на клифа е много малка и наноси практически няма, но при изкуствено насипване на пясъчен плаж без защитни съоръжения, той ще бъде транспортиран към Балчик и Албена доста интензивно. Дори след изграждане на буните надлъжнобреговият пренос не е прекратен, т.к. те са с непълен профил и са с гладка (невълногасяща) конструкция. Поради това насипаният в междубунните пространства пясък се събира първо в средата между буните, а след това се издърпва навътре в морето, след което се транспортира от крайбрежните течения основно в посока Албена. По принцип щормовите вълнения предизвикват големи скорости на крайбрежните течения и съответно по-интензивен наносен транспорт, но за по-кратко време. Вижда се, че литодинамичната роля на средногодишното вълнение е по-голяма, поради по-голямата му продължителност на действие. По отношение на начина на пренос на наноси преобладаващият транспорт е дънният.

При определени вълнения има условия за възникване на разривни течения, т.к. се появяват конвергентни точки в участъка. Именно в тези случаи става извличането на наноси от междубунните пространства на подводния брегови склон мористо от челата на буните.

Сравнението на средната скорост на надлъжнобреговото течение с неизравящите скорости, показва че най-интензивен наносен транспорт в разглеждания район се очаква при източно вълнение. Не трябва обаче да се пренебрегват напречнобреговите придънни вълнови скорости, които в прибойната зона са в състояние при всички разглеждани вълнови режими да вдигнат наносите в плаващо състояние, след което надлъжнобреговият им пренос се осъществява от крайбрежните течения.

Табл. 1.4-3. Неизравящи придънни скорости за пясък с $D=0,25$ mm

d,m	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
V,m/s	0,33	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46

Пояснение: d – дълбочина на водата

Табл. 1.4-4. Неизравящи придънни скорости за пясък с различен диаметър D (по СНиП 2.06.04-82*)

D, mm	0,1	0,2	0,25	0,3	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	20	50	100
V,m/s	0,1	0,15	0,17	0,19	0,24	0,34	0,46	0,66	0,87	1,1	1,42	1,75

1.5. Други характеристики

Средната **температура** на морската вода е около $13,3^{\circ}\text{C}$, а средният ѝ диапазон на изменение е $18,8^{\circ}\text{C}$. Най-ниска е средната температура през февруари $/4,1^{\circ}\text{C}/$, а най-висока - през август $/22,9^{\circ}\text{C}/$. Тези данни се отнасят за най-горния квазихомогенен слой. Под него на дълбочина 10-40 m се разполага сезонен термоклин - преходна компонента във вертикалното разпределение на температурата. Той е уязвим от процесите на турбулентно размесване при щорм. Студеният междинен слой се разполага обикновено на дълбочина 50-75 m, а горната му и долната му граници се определят от изотермата 8°C . Той е слой с минимална температура и се образува по време на зимната конвекция или при пренос на студени морски води чрез основното Черноморско течение. Дебелината му е 10-20 m.

Замръзване на морето е наблюдавано само в близост до брега през 1924, 1942 и 1954 г. При западни ветрове се наблюдава пренос на студени дълбоководни маси към брега /ъпуелинг/. Явлението се изразява особено силно в началото на есента и пролетта. Летният сезонен термоклин се формира от слънчевото греене на повърхностните води. При него слоеве с по-висока температура преминават над по-студените.

Средната **соленост** на повърхностния слой на морската вода е 17‰, а сезонните ѝ колебания не надхвърлят 2-2,5‰ с максимум през есента и минимум през пролетта. Горните 10-20 m воден стълб са добре смесени по вертикала и хоризонтала. Солеността бързо нараства от 60 до 100 m дълбочина, където

достига до 21‰ промили. Най-малката дълбочина на постоянния халоклин е ~50-60 m.

Слабата степен на смесване на дълбоките с плитките води води до значително удължаване на времето на обмяна. Най-неблагоприятни условия от екологична гледна точка съществуват през пролетта. Тогава вертикалният коефициент на турбулентна дифузия е минимален, а хоризонталният коефициент на турбулентна дифузия – максимален.

1.6. Геологогеоморфоложка и литоложка характеристика

В геолого-тектонско отношение районът се разполага в източната част на Мизийската платформа. Средногодишното издигане източно от Балчик е + 3,33 mm, а при Оброчище – 2,31 mm. В геоморфоложко отношение районът се отнася към приморската част на Дунавската равнина - Дунавска морфоструктурна зона, Добруджанско - Франгенски район, Балчишко - Франгенски подрайон. Геоложкият строеж включва сарматски варовици или алевроитни глини, глинести пясъци и мергели, отнасящи се към Евксиноградската свита.

Разглежданият участък е разположен западно от пристанището на гр. Балчик и попада в подрайон Балчишко-Франгенски на район Добруджанско-Франгенски според геоморфоложкото райониране на Българското Черноморско крайбрежие на Попов и Мишев.

Разглежданият район е част от Мизийската платформа. В района на обекта се разкриват седиментите на неогена и кватернера. Към тях се отнасят следните литостратиграфски единици:

Неогенска система /сармат/

Евксиноградска свита – evN_1^{kg-s}

Разкрива се в крайбрежната част на района. По-голямо площно разпространение има западно от гр. Балчик. Представена е от варовити диатомейни глини, прослоени от алевролити и глинести варовици. Възраст – горен караган – бесараб. Мощност 100 – 110 m.

Тополска свита – toN_1^s

Изгражда стръмните склонове на брега. Представена е от тънкоивчести карбонатни глини (масивни арагонитни седименти в най-долната част с мощност около 40 m, масивни арагонитити с прослойки от здрави микритни варовици с мощност около 30 m над тях, финоламинирани арагонитити, варовити и чисти глини, прослоени от микритни варовици и варовити доломити с мощност 50 - 60 m и черупчести и оолитни варовици в горната част). В тях са развити характерните за района свлачищни процеси. Възраст – бесараб-херсон. Мощност – 45-80 m.

Карвунска свита – kvN_1^s

Широко разпространена и заема платовидната заравненост северно от Балчик. Представена е от плътни или шуплести често черупчести варовици. Възраст – херсон. Мощност 40-50 m.

Кватернерна система

Морски образувания – mQh

Изграждат плажовите ивици и представляват съвременни плажни пясъци. Установени са в тясна ивица край морския бряг. Възраст – холоцен.

Делувиални глинни – Q^{dl}

Делувиални глинни с прослойки от песъчливи глинни и глинести пясъци, нарушени сарматски материали (ламинирани варовити глинни, арагонитити, диатомейни глинни) и материали със запазена структура и текстура (пакети, блокажи от едрокъсови варовити материали с глинест запълнител). Мощност – от 6 до 21 m.

Между м. Тузлата и к.к. „Албена” според изследвания на ИО-БАН се наблюдава голямо разнообразие в пространственото разпространение на повърхностните отложения. Почти по цялото протежение пред бреговата линия с известно прекъсване се разкрива скалният цокъл, покрит с блокове, валуни, чакълест и едрозърнест (детритусов) материал. Между бреговата линия и скалния цокъл преимуществено са разпространени дребнозърнести пясъци. С увеличаване на дълбочината и намаляване на наклоните на подводния склон, дънните наслаги преминават в тинести отложения.

Характерна особеност на морското дъно в района е наличието на обширна подводна тераса на дълбочина около 20 m. Съществуват и други абразионни тераси на дълбочина 2-3, 3-4, 5-6, 7-8 m на разстояние до 800-900 m от бреговата линия.

В района на обекта подводният брегови склон е изграден от коренни скали, покрити с дребнозърнест пясък. Наклонът на подводния брегови склон е малък: от уреза до 2-ра изобата – 0,03, от 2-ра до 4-та изобата – 0,012, от 4-та до 8-а изобата – 0,013, от 8-а до 12-а – 0,05 и след 12-та изобата – 0,003. Дребнозърнестият пясък (на места примесен и с мидени черупки) се простира до 5-та изобата. След това до 7-ма изобата пясъкът е праховодребнозърнест. След 7-ма изобата се появява песъклива тиня, примесена с мидени черупки до дълбочина 12 m. Между 11-та и 13-та изобата на дъното се наблюдава тиня (с мидени черупки), а след 13-та изобата – само тиня.

В обсега на буните и пред тях до дълбочина около 6 m дъното е пясъчно. Мощността на пясъчните наноси на места достига 1,2 m. Между буни 206 и 207 има плочест камък 20-40 cm и по-голям с техногенен произход – насипан при неудачния опит през 1991 г. да се създаде изкуствен пясъчен плаж между тези две буни. Вземите през 1991 и 2010 г. проби от пясъка го характеризират като дребнозърнест. Резултатите от 1991 г. показват среден диаметър 0,38 mm, а от

2010 г. – 0,27 мм. Действителните стойности обаче са по-ниски защото в пробите има натрошени мидени черупки, които „изкуствено” вдигат стойностите.

Земната основа под наносния слой е здрава и неразмиваема и позволява гравитационно фундиране.

Бреговата линия е слабо разчленена. Плажните ивици в района са с незначителни размери и неравномерно разпределение, а на много места въобще отсъствуват. Причина за това е както геоложкият строеж /брегът е клифов, абразионен, но от материал с много ниска нанософормираща способност ~5%/ , така и експозицията на брега спрямо господстващото вълнение, което поражда мощни крайбрежни течения и отнася малкото плажообразуващи материали към к.к. Албена.

При естествени условия в миналото абразионни процеси са протичали по целия бряг. Скоростта на абразия е от порядъка на 0,5-1,0 m/a, а количеството абрадиран материал е около 76,4 хил.т/год. На настоящия етап абразията е фактор за дестабилизиране на склона само в незащитените участъци, източно от буна 211.

Ерозията е повсеместно разпространена в седиментните материали на сармата, особено по крайбрежните склонове, където нейното разрушително въздействие е съизмеримо или надхвърля абразионното. Изветрянето се проявява по високите и стръмни терени, изградени от сарматски варовикови материали. Оврагообразуването се проявява в древните свлачищни участъци с по-полегати склонове.

Съгласно сеизмичното райониране на Р.България от 1987 год. територията на обекта се намира в район с интензивност на сеизмичните процеси от IX степен по скалата на Медведев-Шпонхойер-Карник с коефициент на сеизмичност $K_s=0,27$.

За целите на настоящата разработка е важно определянето на профилите на динамично равновесие на несвързаните плажообразуващи материали.

Напречнобреговата устойчивост на естествените и изкуствените плажове зависи от параметрите на вълновия режим, морфологията на подводния брегови склон и характеристиките на наносите. В основата на динамичното равновесие е съотношението между вълновите скорости при дъното и критичната неизравняща скорост за дадените наноси.

Профилът на динамично равновесие е изчислен в с помощта на програма, съставена по методиката, изложена в [24]. Изходните данни за изчисленията са взети от изчисленията на рефракцията при характеристики на плажообразуващия материал $\rho=1,8 \text{ t/m}^3$, $D=0,5 \text{ mm}$. Резултатите са представени в проекта.

1.7. Техногенни условия

Разглежданият участък попада в Балчишкия брегоукрепителен район. В района са изградени множество буни и брегозащитна дамба. Буните са от

стоманобетонени рамки с каменен пълнеж, брегоукрепителната дамба е с откосен профил от насипано ядро от ВСМ и бронировка на откоса (с едри скални блокове и с фигурни блокове – предимно тетраедрони. Буните са в сравнително добро състояние с изключение на бетоновата повърхност на надстройката. Те са с гладки стени и ниска корона, поради което са преливаеми и практически почти не задържат пясъчни наноси. Дамбата в определени участъци е в лошо състояние с нарушена бронировка, корозия на ст/бетонения парапет и настилка, а в една зона последната дори е подкопана.

По принцип целия участък е изложен на интензивно вълново въздействие и се нуждае от ремонт на съществуващата и допълнителна защита.

В съседство с бунната система на разглеждания участък (между буни 204 и 207) е изградено яхтено пристанище чрез модификация на буна 208, а източно от него е пристанище Балчик, включващо един Г-образен ограден мол. Източно от „вълнолома” започва друга бунна система – буни 209 ÷ 211. Западно от обекта в непосредствена близост е вълноломът на Двореца. Брегоукрепителната дамба продължава до к.к. Албена, като бронировката ѝ в тази зона е от едри скални блокове.

1.8.Проучване на условията и ограниченията, влияещи на избора на ситуационните и конструктивно-технологичните решения

Условията и ограниченията, влияещи върху избора на ситуационните и конструктивно-технологичните решения са:

- наличие на брегозащитни буни и дамба и на усложнен в някои участъци дънен релеф вследствие неадекватна техногенна намеса;
- наличие на т.н. Калиакренски вал и на нос Калиакра, които оказват влияние върху трансформацията на вълнението;
- преобладаващо косо силово въздействие, обуславящо едностранно насочен наносен транспорт към Албена – необходимост от напречнобрегови съоръжения за задържане на наносите;
- наличие на скално дъно, непозволяващо извършване на драгажни работи и на пилотно фундиране;
- опасност от развитие на гниlostни процеси при формиране на застойни зони;
- активни абразионни процеси (преди изграждане на дамата);
- ниска нанософормираща способност на клифа и липса на естествен плажоформиращ наносен поток – необходимост от доставка на материал за плаж от кариери;
- липса на подходящи близко разположени кариери за скални блокове и пясък, подходящи за морско строителство.

2. АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕТО И ФУНКЦИОНАЛНАТА ЕФЕКТИВНОСТ НА СЪЩЕСТВУВАЩИТЕ БРЕГОУКРЕПИТЕЛНИ СЪОРЪЖЕНИЯ

Българското черноморско крайбрежие представлява зона със значително народностопанско значение, поради което защитата на бреговете от морската абразия, планомерното им усвояване и облагородяване, съхраняването на съществуващите и формирането на нови плажни ивици са задачи, имащи първостепенно значение в практиката на морското брегоукрепително строителство. Необходимостта от ускоряване на това строителство през 70-те и 80-те години на м.в. предизвика приемането на недостатъчно обосновани проектни решения, несъобразени напълно с конкретните условия в подлежащия на укрепване район. Една от основните причини за неефективността на някои брегозащитни решения се дължи на недостатъчното познаване на процесите в бреговата зона и съответно на липсата на така необходимите за инженерната практика достоверни данни за вълновия режим, движенията на наносите, крайбрежните течения и др. От друга страна, неспазването на конструктивните изисквания и неправилното ситуиране на съоръженията води до неефективност при тяхната експлоатация. От тази гледна точка изследването на функционалната ефективност на вече изградените брегоукрепителни съоръжения, както и наблюденията над тяхното състояние са задачи, особено важни за недопускане в бъдеще на нецелесъобразни решения.

Функционалната ефективност е комплексно понятие, включващо редица показатели: степен на защита на брегови съоръжения и комуникации, премахване на срутищни и свлачищни процеси, степен на защитеност на плажа, наносозадържаща способност на брегоукрепителните съоръжения и др.

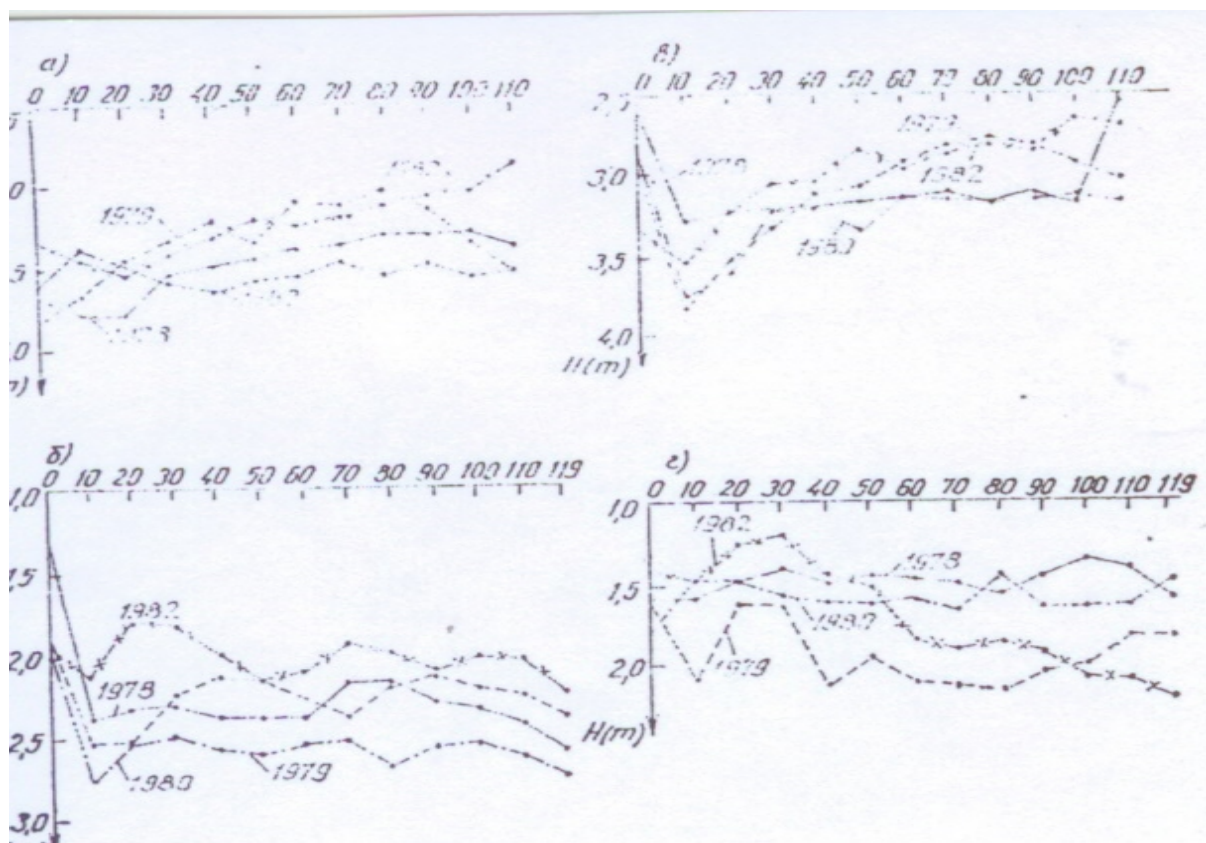
При защита на брега със системи от буни особено значение придобива тяхната наносозадържаща способност. С помощта на морфолитодинамични изследвания на подводния склон, започнати през 1978 г. от бившата Противосвлачищна станция – Варна, тази способност е изследвана от автора за района на буни №204, 205, 206 и 207, разположени западно от Пристанище Балчик в посока към Двореца.

Изследваният в Балчик район се характеризира с активна абразионна дейност. Неясно изразеният клиф е образуван от сарматски варовити глини и глинести мергели с нарушена текстура, които според класификацията на Леонтьев се отнасят към IV категория по устойчивост на абразия. За укрепване на брега през 1970 г. завършва изграждането на буна №204, а в периода до 1977 г. са изградени последователно и останалите буни. Дължината им варира от 140 до 170 м, а ширината им е 4 м. Разположени са нормално на водната линия.

Изследванията върху динамиката на наносите, вълновият режим и измененията на средния диаметър на пясъчните отложения в участъка между буни 204 и 205 и западно от буна 204 показват, че съществуват значителни премествания на неголям обем наноси и извличане на по-голямата част от тях, особено от централната и източната част на полето между буни 204 и 205.

Наблюденията на динамиката на наносите продължават специалистите от Противосвлачищна станция – Варна, съответно на 17.08.1978 г., 14.08.1979 г., 28.08.1980 г. и 22.08.1982 г. Прекарани са 6 профила, два от които са разположени между буни 204 и 205 и 206 и 207, а останалите четири – в средното междубунно поле. Началните и крайните точки на профилите са закрепени на самите съоръжения.

Необходимо е да се отбележи, че през 1979 г. в района на Стария плаж са насипани 25 000 м³ пясък, а през пролетта на 1982 г. между буни 205 и 206 – 20 000 м³ пясък. Резултатите от изследванията на динамиката на наносите по профили са показани на фиг. 2-1.

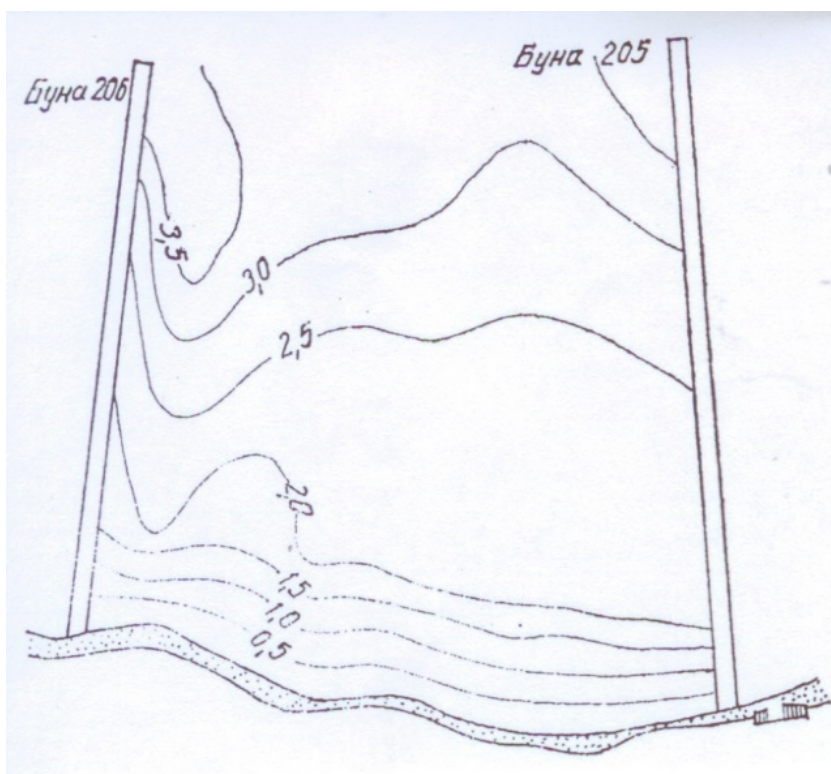


Фиг. 2-1.

Проведените изчисления за цялото междубунно поле (табл. 2-1) показват, че постъпване и задържане на наноси отвън няма, което се обуславя и от конфигурацията на бреговата линия в района и се потвърждава в изследванията. Изменението на наносните количества е незначително и се състои главно в пренасяне на материал към средата на междубунните пространства, откъдето

извличането му в дълбочина значително се улеснява. Анализът на получените резултати ни насочва към следните изводи:

- В района почти липсва естествено надлъжно преместване на наноси и изграждането на буни за тяхното задържане е нецелесъобразно решение;
- Изкуствено намитият плаж в междубунното поле е с недостатъчен обем, а гладките стени на буните не способствуват за неговото съхраняване;
- Получените профили и картосхеми показват наличието на сравнително мощни придънни течения, размиващи основата и видимата част на плажа (фиг. 2-2). Най-интензивно е размиването от източната страна на съоръжението, което по всяка вероятност е свързано с отразяването на вълнението от конструкциите;
- При щорм натрупаният в средата на междубунното поле пясък лесно се отнася на по-големи дълбочини или в надлъжнобрегово направление;
- Общата тенденция на извличане на материал се запазва и в трите полета, тъй като положителният баланс от 1202 м³ между буни 205 и 206 в сравнение с 1978 г. се дължи на допълнително внесения пясък. Резултатите от наблюденията показват добро съвпадение с изследванията на други автори.



Фиг. 2-2.

Таблица 2-1.

„Защита на морския бряг на град Балчик от абразия и ерозия в участъка между буни 204 и 208 – община Балчик”

Доклад за хидрографската и литоложката характеристика на акваторията
Анализ на състоянието и функционалната ефективност на съществуващите брегоукрепителни
съоръжения
Възложител: Община Балчик

Поле	Баланс на наносите спрямо 1978 г., м ³		
	1979	1980	1982
между пр. I и II	+188	-305	+426
между пр. II и III	+27	+251	+656
между пр. III и IV	-808	-692	+120
Общо	-593	-746	+1202

Забележка: Знакът “+” означава постъпване на наноси в полето, а “-” – изнасяне.

Впоследствие в изследвания участък е изграден брегозащитен насип (дамба), който засипа остатъците от съществуващия изкуствен плаж и наруши съществуващата картина в междубунните полета. Измерванията характеризират “лятната” динамика на наносите. Без съмнение след силно вълнение посочените дънни изменения ще бъдат по-ярко изразени.

Наносозадържащата способност на бунната система може да бъде повишена значително, ако се намали напречнобреговото изнасяне с помощта на подводен вълнолом и се насипят достатъчно количество плажоформиращи материали. Ефективни биха били и мерки по намаляване на отражението от стените на буните.

Следователно функционалната ефективност на буни 204-207 е ниска. Що се касае до дамбата може да се каже, че тя успешно изпълнява своите вълнозащитни и противоабразионни (изолационни) функции, но се нуждае от укрепване и естетизиране.

РЪКОВОДИТЕЛ КОЛЕКТИВ:

/н.с. инж. Кр. Маринов/