



***Литодинамическая активность
береговой зоны
Болгарского побережья и
рекомендуемые эффективные
технические решения
берегозащиты***

***Институт океанологии
Болгарская Академия Наук***



Lythodynamical activity of Bulgarian coastal zone and recommended efficient technical solutions for coastal stabilization

Assoc.prof. Veliko Dachev
Institute of Oceanology
Bulgarian Academy of Sciences



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Весьма краткое определение литодинамики, как «движение материала литосферы по ее поверхности», сформулированное проф. В.В. Лонгиновым (Лонгинов, 1973), достаточно подробно и точно характеризует ее суть.

Основным разделом литодинамики являются процессы в береговой зоне моря. Из них приоритетное место бесспорно занимает движение наносов.

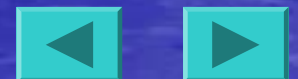
Литодинамическая активность, особенно, вдольбереговое перемещение наносов, активно влияет на динамику и морфологию морских берегов и соответственно на решение ряда практических задач берегозащиты, портового и курортного строительства.



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

В том случае, когда существует необходимость определения направления и сравнительной интенсивности вдольберегового перемещения наносов, а специальные исследования отсутствуют, применяются косвенные методы. Преимущественно такими являются гидрометеорологические методы (Лонгинов, 1966). Для них характерны некоторые общие черты:

- стремление при расчете функций использовать выражения для энергии волн, известные как волноэнергетические или для энергии ветра, которая передается морской поверхности (ветроэнергетические);
- недостаточная обоснованность предлагаемых расчетных формул, которые часто не имеют физического смысла.



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Предпочтения к предложенному В.В Лонгиновым методу (Лонгинов, 1966а) основаны на возможности составить выражение для энергетической функции, характеризующей вдольбереговое перемещение наносов, с использованием достаточно строгих и надежных физических зависимостей.

Сохранена размерность использованных величин и обоснован выбор функции $f(\alpha_{a,b})$ для проектирования энергетической функции F_a данного румба к касательной к берегу.

В качестве исходной энергетической функции принята величина секундного потока энергии волн в открытом море на линейный метр параллельно береговой линии ($\text{kW/m}'$), проходящий по внешней границе береговой зоны.



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

В качестве исходных величин при расчете энергетических функций использованы данные береговых метеорологических станций „Шабла“, „Калиакра“ и „Емине“, сравнительно равномерно расположенных по исследуемой части Болгарского Черноморского побережья (Рис. 1).

Из анализа роз ветра за двадцатилетний период использованы данные о ветре за 1974 г, являющиеся представительными за двадцатилетний период, включая указанный год. Они отражают многолетний характер ветрового режима и соответственно вдольбереговых процессов перемещения наносов в береговой зоне.

Исследованная часть Болгарского Черноморского побережья разделена на 20 участков (Рис. 1). Основным критерием для выделения участка является его экспозиция, а любое существенное изменение в направлении береговой линии, принято границей между двумя соседними участками.



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Направление и интенсивность
вдольберегового компонента
волновой энергии.



ЛЕГЕНДА

- 1. Составляющие вдольбереговых компонентов по румбам (длина соответствует интенсивности).
- 2. Суммарная вдольбереговая составляющая по отношению к нормали (длина соответствует интенсивности).
- 3. Результирующая вдольберегового компонента энергии потока.
- 4. Населенный пункт.
- 5. Граница между участками.
- 6. 20-м изобата

Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Исследуемые характеристики рассчитаны для точек, лежащих на месте пересечения нормали к береговой линии и двадцатиметровой изобаты. В расчетные румбы включены ветры с двух сторон к нормали, под углом $\pm 120^\circ$ со стороны моря.

Рассчитаны следующие характеристики (Лонгинов, 1966а, Юркевич, 1968),:

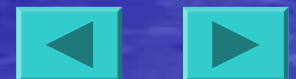
- Вдольбереговые компоненты потока энергии на один линейный метр в отношении нормали к береговой линии.

$$t^+ = \Sigma(t_a + t_b) \text{ при } [(\pm t_a) + (\pm t_b)] > 0$$

$$t^- = \Sigma(t_a + t_b) \text{ при } [(\pm t_a) + (\pm t_b)] < 0$$

здесь $t_{a,b}$ тангенциальные составляющие потока энергии для каждого румба, а

$$\pm t_{a,b} = F_a \cdot K_{a,b} \cdot f(\alpha_{a,b}) \cdot \sigma_{a,b}$$



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Положительным знаком обозначены величины направленные вправо от нормали при взгляде в направлении моря, и отрицательным – направленные влево.

- F_d - энергетическая функция ветра по румбам, зависящая от разгона (Dw), средняя скорость ветра (w), повторяемость ($P, \%$) и продолжительность ветра (t).
- $K_{a,b}$ - коэффициент, учитывающий неполноту расчетного румба.
- $f(a_{a,b})$ - функция направления ветра относительно берега, служащая для построения энергетической функции данного румба по касательной к берегу.
- $\sigma_{a,b}$ - функция, учитывающая геометрию водного бассейна.
- $T_p = t^+ + t^-$ - сумма, определяющая результирующую тангенциальную составляющую энергии потока.

Несмотря на ясный физический смысл расчетных величин, полученная функция является относительной характеристикой интенсивности перемещения наносов



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Кроме описанных выше общепринятых наносодвижущих характеристик интерес представляют еще:

- $A = /t^+ / + /t /$ - размах миграции, характеризующий интенсивность динамических процессов в противоположных направлениях.
- $i = [/Tr /] / A$ - коэффициент относительной интенсивности вдольберегового перемещения наносов. Этот коэффициент изменяется от 0 до 1. Значения близкие к 1 характеризуют повышенную интенсивность однонаправленного перемещения наносов и обратно – при значениях близких к 0 наносы мигрируют в противоположных направлениях.
- $1/i$ - степень миграции наносов.
- $\beta = [/t^+ /] / [/t /]$ – величина, характеризующая соотношение между вдольбереговым перемещением наносов в противоположном направлении

Вычисленные характеристики по участкам представлены в Табл. 1 и на Рис.1.



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Наносодвижущие характеристики по участкам



№ участка	Участок	t^{+10^2}	t^{-10^2}	$T_{p_2} \cdot 10$	$A \cdot 10^2$	i	i/t	β
1	м. Сиврибурун – с. Езерец	11.32	13.16	-1.84	24.48	0.08	12.50	0.86
2	с. Езерец – м. Шабла	7.15	13.06	-5.91	20.21	0.29	3.45	0.55
3	м. Шабла – м. Калиакра	12.02	8.32	3.70	20.34	0.18	5.56	1.44
4	м. Калиакра – с. Камен бряг	18.77	15.47	3.30	20.21	0.10	10.00	1.21
5	м. Калиакра – г. Каварна	8.00	2.35	5.65	10.35	0.55	1.82	3.40
6	г. Каварна – г. Балчик	10.01	4.95	5.06	14.96	0.34	2.94	2.02
7	г. Балчик – К.К. „Албена”	20.75	6.51	14.21	27.26	0.52	1.92	3.19
8	К.К.„Албена” – м. Св. Георги	8.06	8.85	-0.79	16.91	0.05	20.00	0.91
9	м. Св. Георги – г. Варна	10.98	0.53	10.45	11.51	0.91	1.10	20.72
10	г. Варна – м. Галата	0.08	3.63	-3.55	3.71	0.96	1.04	0.02
11	м. Галата – м. Иланджик	5.50	4.42	1.08	9.92	0.11	9.09	1.24
12	м. Иланджик – м. Черни нос	2.84	4.05	0.79	8.89	0.09	11.11	1.20
13	м. Черни нос – м. Св. Атанас	22.55	3.29	19.26	25.84	0.75	1.33	6.85
14	м. Св. Атанас – м. Кочан	22.83	2.96	19.87	25.79	0.77	1.30	7.71
15	м. Кочан – м. Емине	23.35	2.99	20.36	26.34	0.77	1.30	7.81
16	м. Емине – с. Св. Влас	4.19	0.48	3.71	4.67	0.79	1.27	8.73
17	с. Св. Влас – г. Несебр	0.21	3.81	-3.60	4.02	0.90	1.11	0.06
18	г. Несебр – р. Ахелой	6.27	0.27	6.00	6.54	0.92	1.09	23.22
19	р. Ахелой – г. Поморие	0.75	3.27	-2.52	4.02	0.63	1.59	0.23
20	г. Поморие – кв. Сарафово	2.14	0.47	1.67	2.61	0.64	1.56	4.55

Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Анализ энергетического воздействия ветрового волнения на вдольбереговое перемещение наносов по участкам за замкнутый цикл времени позволяет сформулировать следующие обобщения и выводы:

- В рассматриваемой части Болгарского Черноморского побережья выделены 5 границ дивергенции (м. Шабла, м. Св. Георги, м. Галата, м. Несебр и м. Поморие) и 4 границы конвергенции (пляж К.К. „Албена“, Аспаруховская коса в г. Варна, пляж К.К. „Солнечный берег“ и Поморийская коса).
- Между границами дивергенции и конвергенции выделяются динамические районы, для которых алгебраическая сумма энергетического волнового воздействия на песчаные наносы за замкнутый цикл времени в одном направлении, формирует соответственный береговой энергетический поток. У рассматриваемого участка Болгарского Черноморского побережья выделяются десять вдольбереговых энергетических потоков, наименованных по географическому признаку (Рис. 2): Крапецкий, Калиакренский, Аладжа-монастырский, Евксиноградский, Аспаруховский, Камчийско-Еминский, Несебрский, Ахелойский, Поморийский и Бургасский.
- Для генезиса и формирования Калиакренского и Еминского подводных валов существенную и трудно оспоримую роль сыграли, соответственно Калиакренский и Камчийско-Еминский наносно-энергетические потоки.



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Схема береговых энергетических потоков



ЛЕГЕНДА

1. Береговой энергетический поток (ширина соответствует интенсивности)
2. Номер берегового энергетического потока
3. Граница дивергенции береговых потоков
4. Граница конвергенции береговых потоков
5. 20-м изобата



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

- На основе выполненной оценки литодинамической активности и основных морфологических особенностей (расчлененность и экспозиция береговой линии, наклона и рельефа подводного склона берега); литологического состава и строения берега, характера подводного склона берега; речной и овражной систем и основных параметров питающих провинций, предложена **Рекомендуемая схема** эффективных технических решений для защиты морского берега и сохранения, расширения и создания песчаных пляжей Болгарского Черноморского побережья.



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Анализ и оценка вышеуказанных критериев, отдельно и в комбинации, лежит в основе выбора двух основных типов инженерных решений:

А. Для расширения или создания песчаных полос без построения сооружений при максимальном использовании имеющихся природных особенностей (сильно расчлененная береговая линия, малый наклон подводного склона, сравнительно защищенные от активного волнового воздействия акватории, условия для приложения так называемого поперечного байпаса (Дачев, Леонтьев, 2005).

Б. Для сохранения, расширения пляжных полос с помощью специальных сооружений:

1. Поперечные к берегу сооружения (буны) – с естественной аккумуляцией песчаного материала и посредством искусственного заполнения межбунных акваторий.

2. Вдольбереговые сооружения (волноломы).

3. Комбинирование (поперечных и вдольбереговых) сооружений с естественными и (или) искусственными отсыпками песчаного материала в защищенные акватории.

Типы инженерных решений и их расположение по Болгарскому Черноморскому побережью показаны на разработанной рекомендуемой схеме (Рис. 3).



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Схема рекомендуемых инженерных решений для защиты болгарского черноморского побережья



ЛЕГЕНДА

1. Свободные песчаные пляжи
2. Поперечные к берегу ооружения (буны) и естественная аккумуляция песка в межбунных пространствах
3. Поперечные к берегу сооружения (буны) и искусственные отсыпки песка в межбунных пространствах
4. Вдольбереговые сооружения
5. Комбинированные (вдольбереговые и поперечные к берегу) сооружения с искусственными отсыпками в межбунных пространствах
6. Существующие песчаные пляжи
7. Направление и последовательность строительных работ

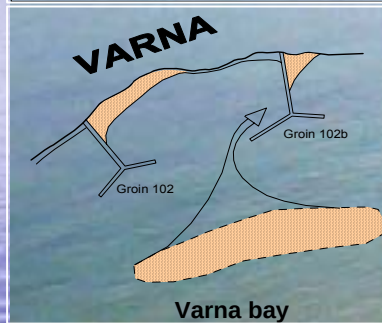
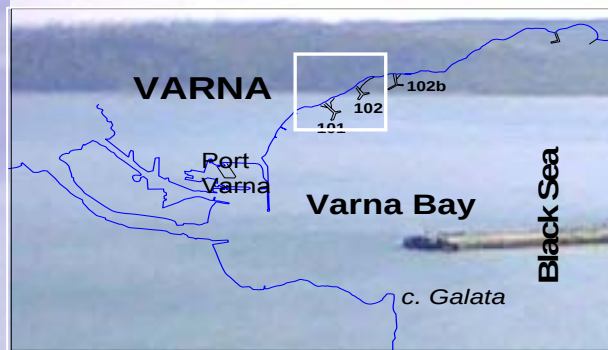


Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты

Серьезной проблемой для реализации предложенной схемы является необходимость наличия карьерного песка. Многолетние (более 30 лет), экспедиционные региональные исследования в береговой зоне моря, преимущественно с участием и под руководством автора, дают основания для оптимизма, что можно рассчитывать на прилежащую часть подводного склона берега. Обязательным условием должно быть максимальное соблюдение принципа, что изъятый материал отсыпается в прилежащей части берега (Рис.4).



Литодинамическая активность береговой зоны Болгарского побережья и рекомендуемые эффективные технические решения берегозащиты



Песчаный пляж северо-восточной стороны Буны 102, г. Варна, создан методом "Поперечный байпасс"



В заключение следует подчеркнуть, что предложенная обобщенная схема, хотя и имеет рекомендательный характер, является надежной основой для технических решений, особенно, на предварительных этапах проектирования сооружений для берегозащиты и (или) для сохранения и увеличения рекреационного песчаного ресурса пляжей.



**Спасибо за
внимание**