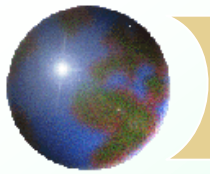


# *ИНЖЕНЕРНАЯ И ГЕОДИНАМИКА*

**Абразия**



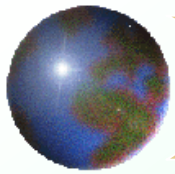
# *Процессы абразии и их оценка*



## **План лекции**

1. Определения и основные понятия
2. Природные факторы абразии
3. Техногенные факторы
4. Изучение и прогнозная оценка абразии
5. Инженерная защита от абразии



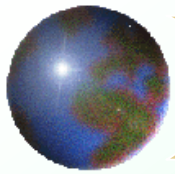


# Определения и основные понятия

- ❖ Формирование берегов рек, озер и морей происходит в результате процессов:
  - ❖ Абразии береговых пород
  - ❖ Переноса разрушенного материала
  - ❖ Его аккумуляции (образования наносов)



Морское побережье в Калифорнии, США

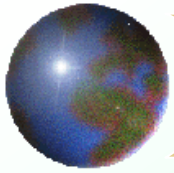


# Определения и основные понятия



Разрушение морского  
берега

- ✦ Абразия (*abrasio-* соскабливание, срезание) – процесс механического разрушения волнами и течениями коренных пород

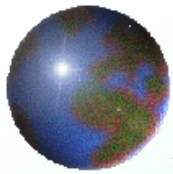


# Определения и основные понятия

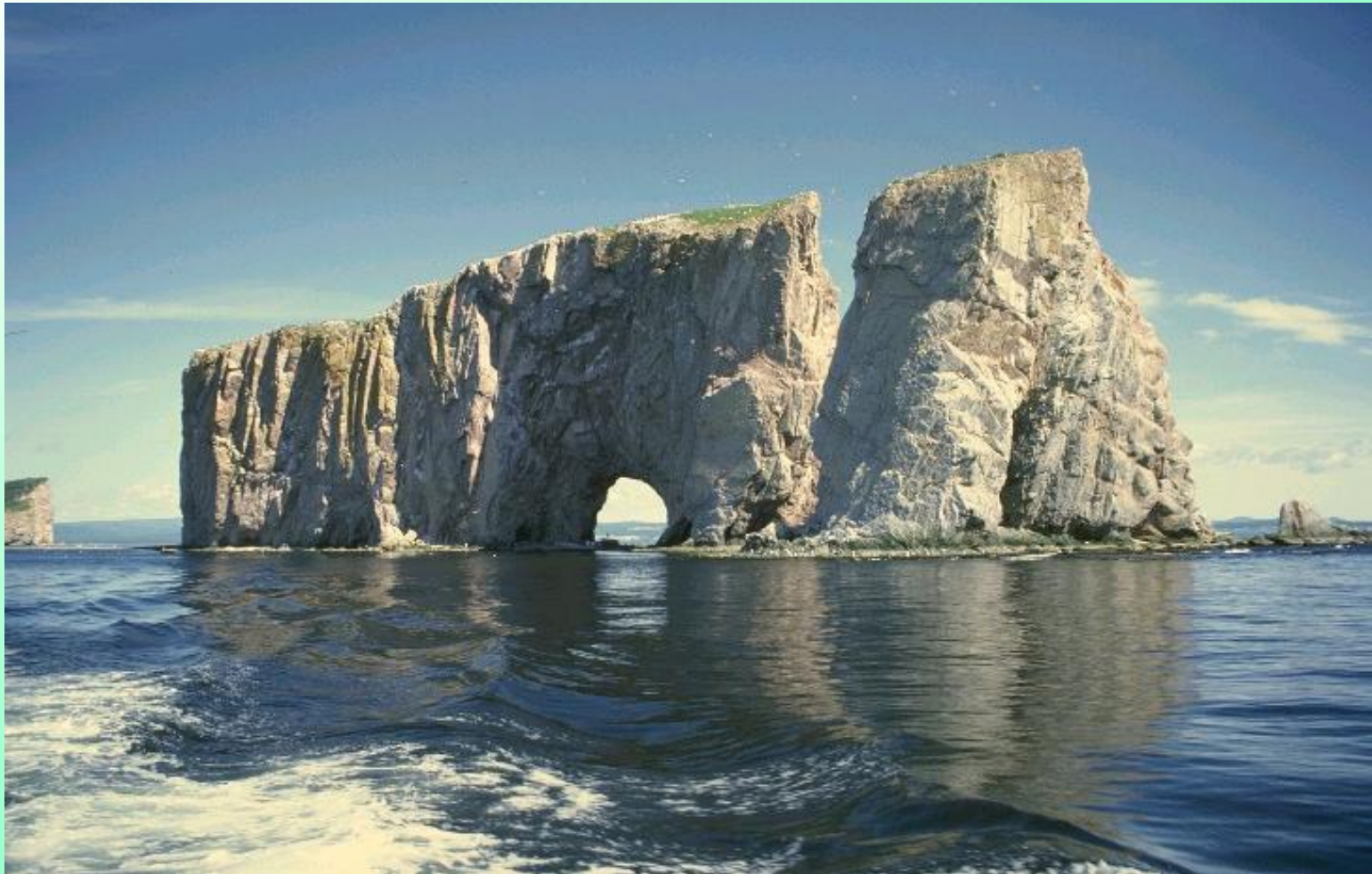


Морская абразия берега, США

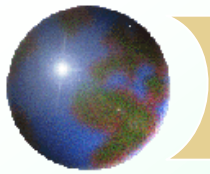
- ☉ Виды абразии:
  - ❏ Береговая (морская, озерная и т.п.)
  - ❏ Подводная
    - **Донная**
    - **Прибрежная**
  - ❏ Термоабразия



# *Определения и основные понятия*

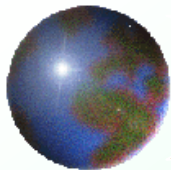


Процессы морской абразии приводят к формированию причудливых форм прибрежных скал

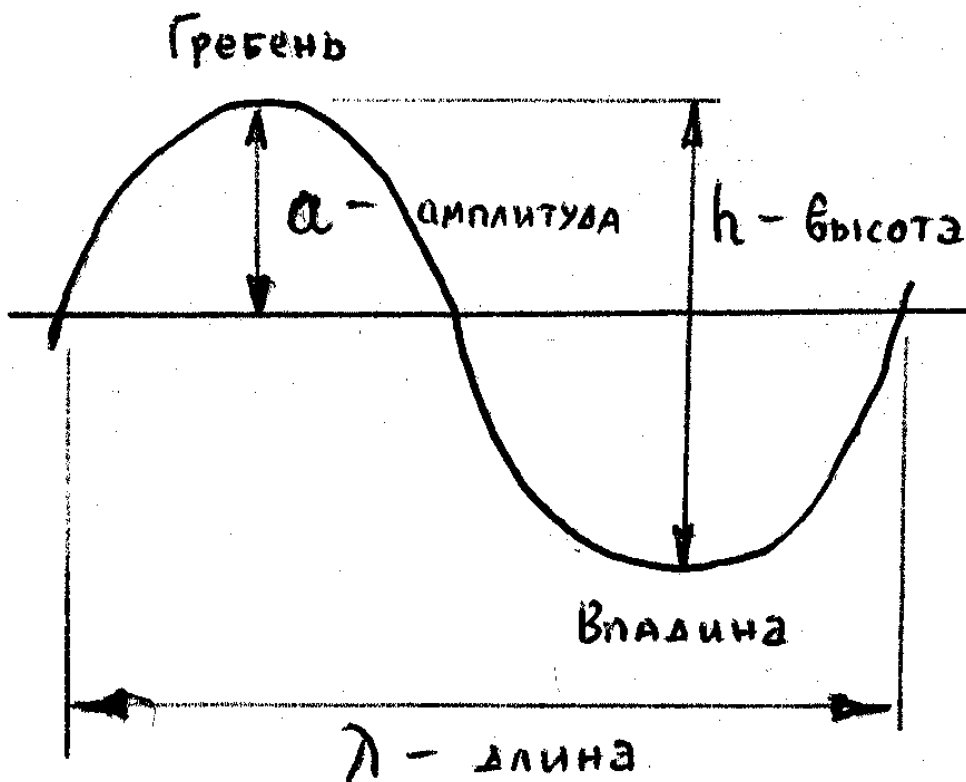


# *Природные факторы абразии*

- ❖ **Гидрологические факторы** (особенности волнового воздействия, энергия волн, направление течений, глубина водоема и т.п.);
- ❖ **Геологические особенности берега** (строение берегового массива, тип пород, условия их залегания, их размываемость, прочность структурных связей, трещиноватость и т.п.);
- ❖ **Геоморфология берега** (форма берегового уступа, геоморфологический тип берега, его высота, крутизна откоса, форма береговой линии в плане и т.п.);
- ❖ **Климатические факторы** (температурный режим водоема по сезонам года, наличие или отсутствие льда, количество выпадающих осадков и т.п.);
- ❖ **Неотектонические особенности территории** (скорость и направление современных тектонических движений).



# Гидрологические факторы абразии



$$h = 2a$$

$\nu$  - частота

$T$  - период ( $T = 1/\nu$ )

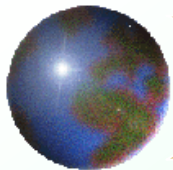
$v$  - скорость

$$v = \lambda / T = \lambda \cdot \nu$$

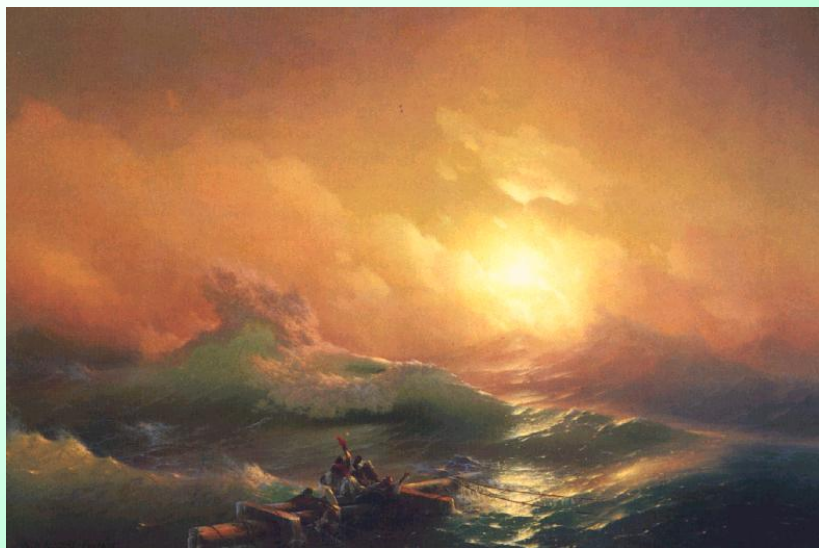
$E$  - энергия

$$E = \frac{k \cdot a^2}{2}$$

Основные параметры волны



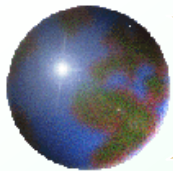
# Гидрологические факторы абразии



И.К.Айвазовский. Девятый вал, 1850

Максимальные параметры штормовых волн в морях и океанах лимитируются площадью и глубиной водоема

Море	h, м	L, м
Открытый океан	15-20	> 300
Средиземное	9	200
Северное	8	< 150
Берингово	8	< 150
Охотское	8	120-150
Баренцево	8	150
Балтийское	6	60
Черное	7	< 100
Азовское	2	10
Каспийское (юг)	4-6	60-80
(север)	2	10



# Гидрологические факторы абразии

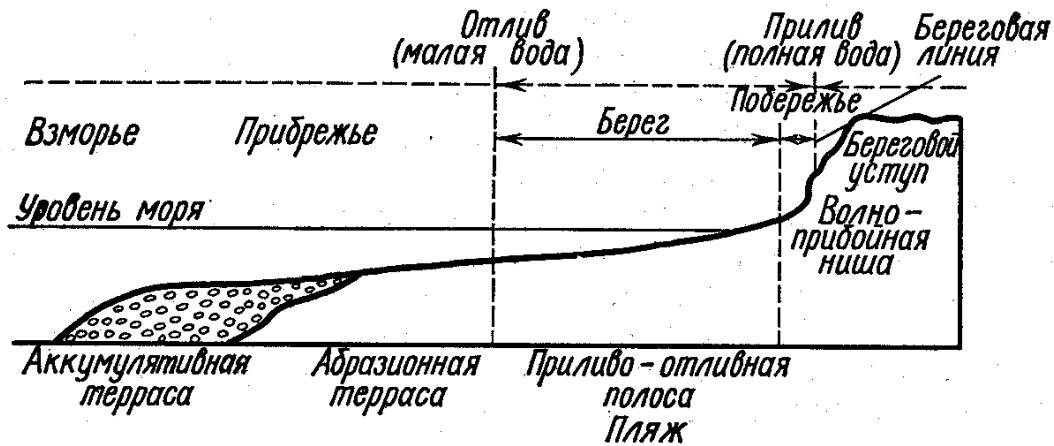


Рис. 65. Схема строения берега (по В. П. Зенковичу)

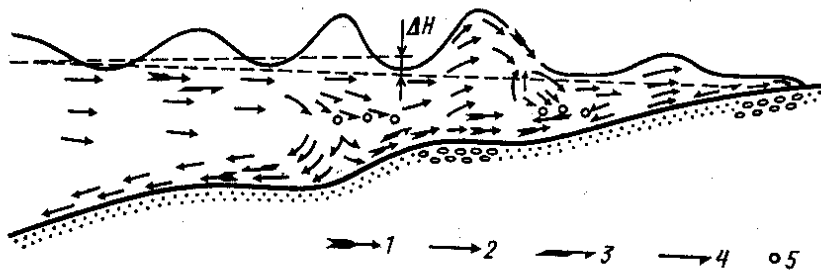
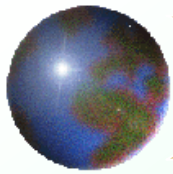


Рис. 6.1. Схема движения водных масс волны на отмеле берегу и профиль равновесия отмели (по В. В. Лонгинову, 1954). 1 — наблюдаемые средние максимальные скорости; 2 — то же, предполагаемые; 3 — наблюдаемые продольные переносы воды; 4 — то же, предполагаемые; 5 — предполагаемые вдольбереговые потоки.  $\Delta H$  — величина подъема уровня (нагона)

1. Крутизна выработываемого профиля отмели
2. Параметры течений водоема
3. Современный уровень режим водоема
4. Наличие и формирование наносов



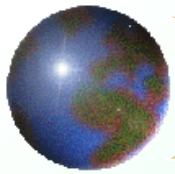
# Геологические факторы абразии



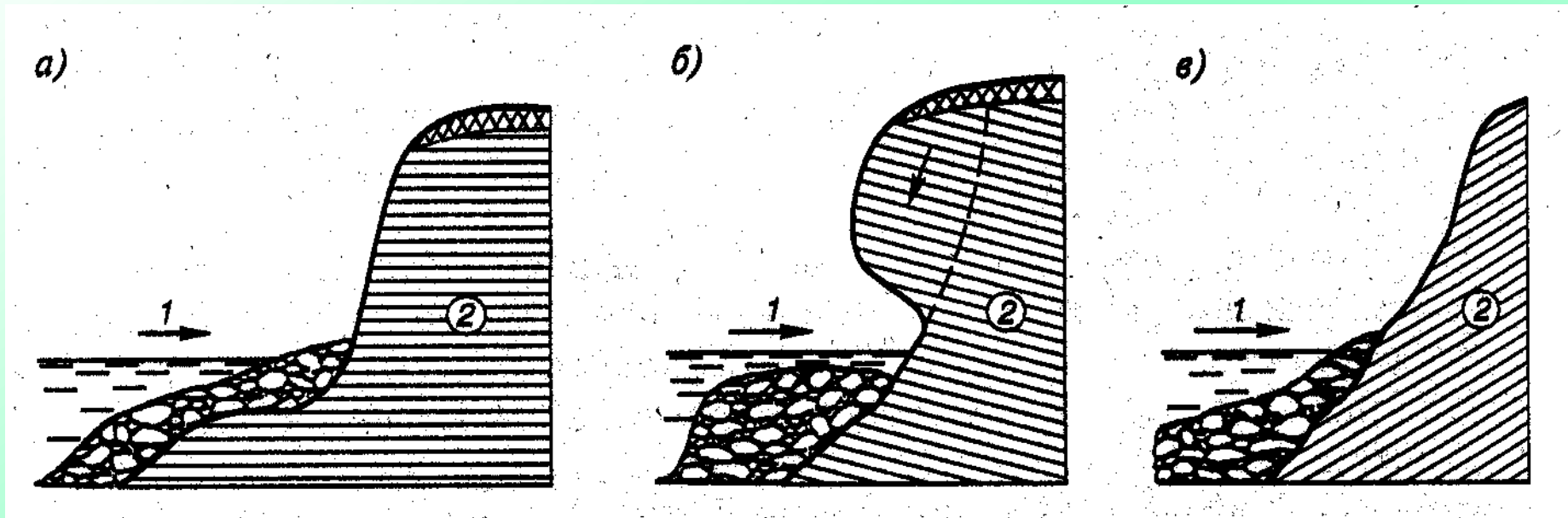
**Рис. 1.** Строение океана (Атлантический океан в поперечном сечении)

1 — срединно-океанический хребет, сложенный преимущественно породами второго и третьего слоев океанической коры (базальты и гипербазиты); 2 — абиссальные котловины: полный разрез океанической коры с верхним осадочным слоем; 3 — окраины материков с утоненной континентальной корой (шельф, континентальный склон и его подножие)

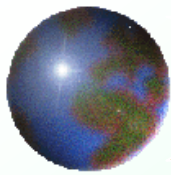
1. Рельеф берега и дна водоема
2. Сопротивляемость пород абразии и размыву
3. Неотектонические условия региона
4. Современные геологические процессы и явления



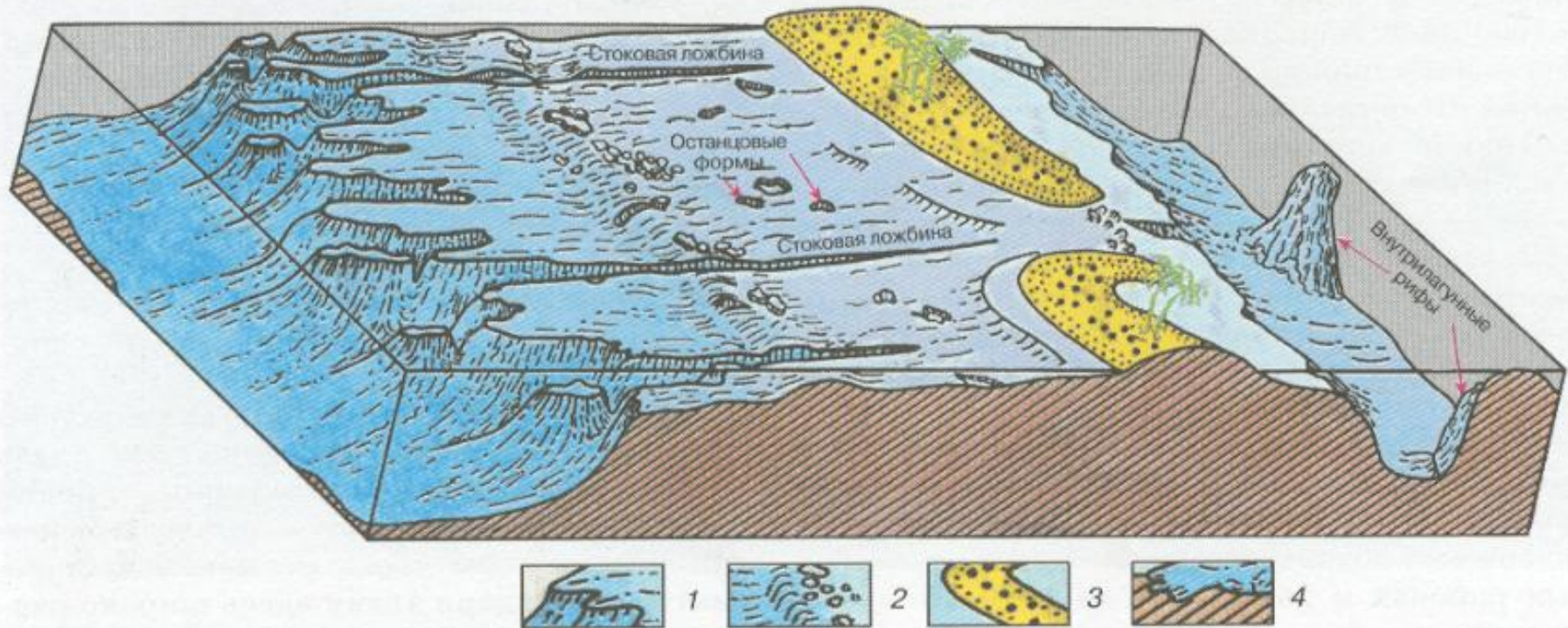
# Геологические факторы абразии



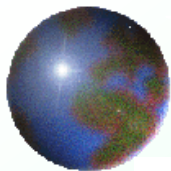
Устойчивость берега моря к абразии в зависимости от напластования пород: а – средняя; б – минимальная; в – максимальная; 1 – волны; 2 – положение слоев пород (по Ананьеву, Потапову, 2000)



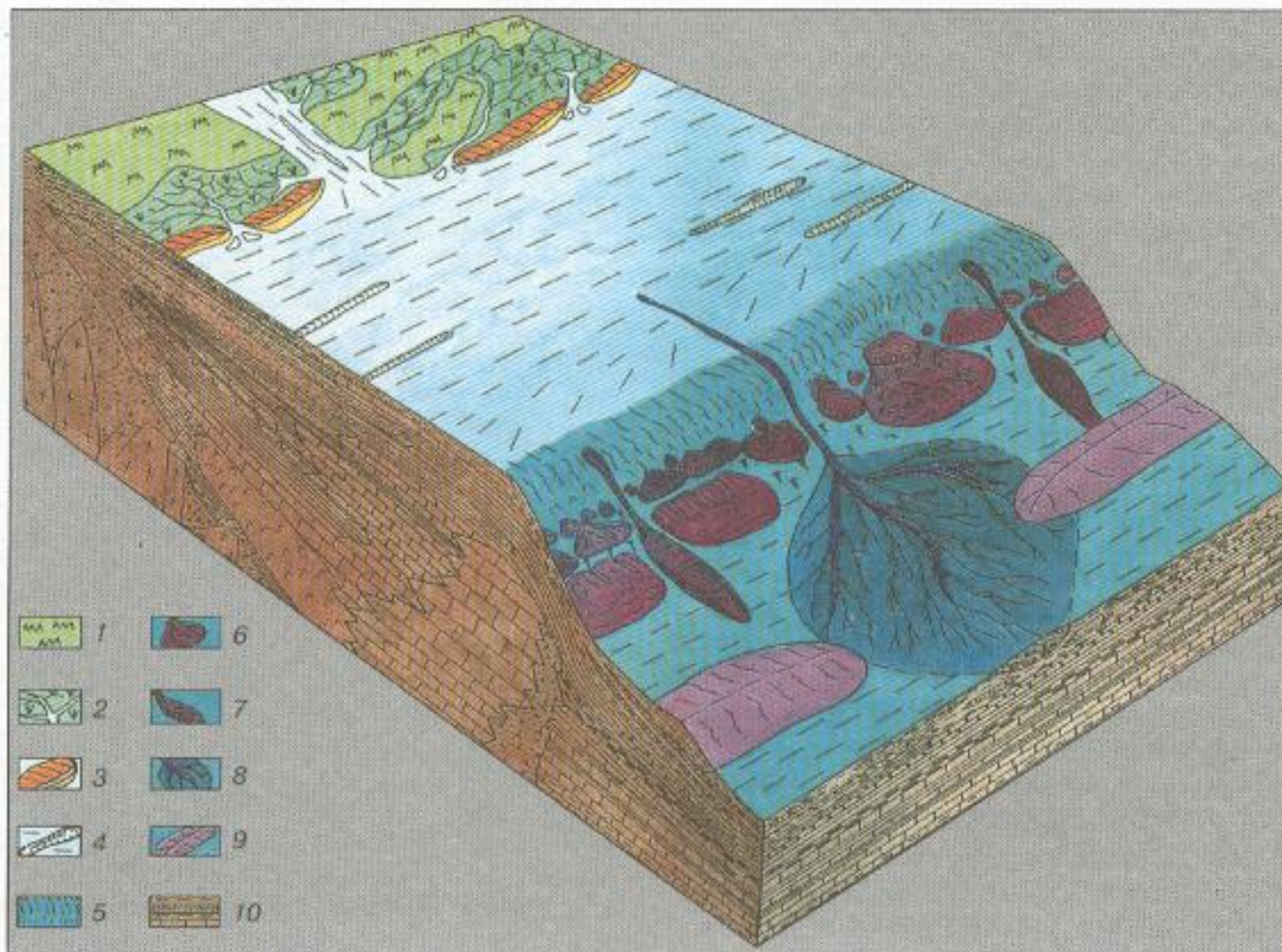
# Геологические факторы абразии



**Рис. 3.** Строение атолла, возникшего вокруг вершины потухшего вулкана  
1 — внешний склон рифа с прибойными желобами и гребнями; 2 — рифовая платформа с рампартом (водо-рослевым валом); 3 — острова, сложенные карбонатным материалом (коралловый песок либо валуны с гравием); 4 — карбонатная платформа

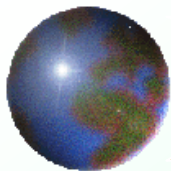


# Геологические факторы абразии

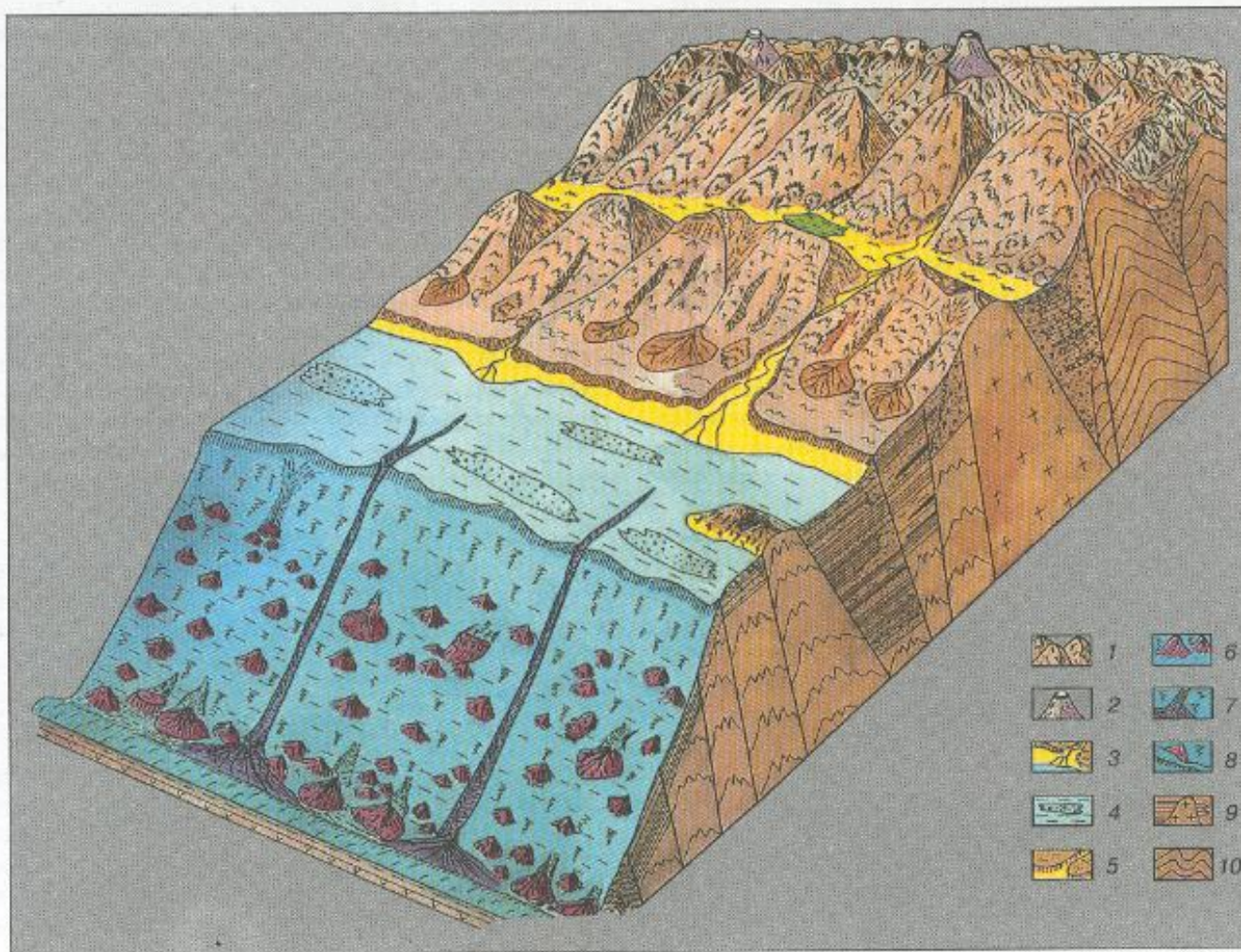


**Рис. 4.** Блок-диаграмма пассивной окраины континента

1 — болота и пересыхающие озера; 2 — приливно-отливные равнины; 3 — вдольбереговые бары; 4 — подводные насыпные валы штормового происхождения; 5 — уступ континентального склона; 6 — оползни и оползневые фронты; 7 — отложения потоков обломков и илистых потоков; 8 — глубоководные конусы выноса с разветвленной системой подводных русел и валов; 9 — валы и гряды, образованные отложениями контурных течений; 10 — строение осадочного чехла в области континентального подножия

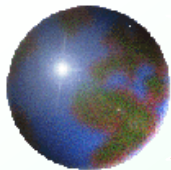


# Геологические факторы абразии



**Рис. 5.** Блок-диаграмма активной континентальной окраины

1 — горно-складчатые сооружения в составе континентальной окраины; 2 — наземные андезитовые вулканы; 3 — прибрежная равнина с береговыми уступами; 4 — выходы коренных пород на шельфе; 5 — уступ континентального склона; 6 — оползшие массы осадков в разных частях континентального склона; 7 — конусы выноса близ устьев подводных каньонов; 8 — глубоководный желоб; 9 — батолиты и лакколиты; 10 — зоны развития складчатости



# Геологические факторы абразии

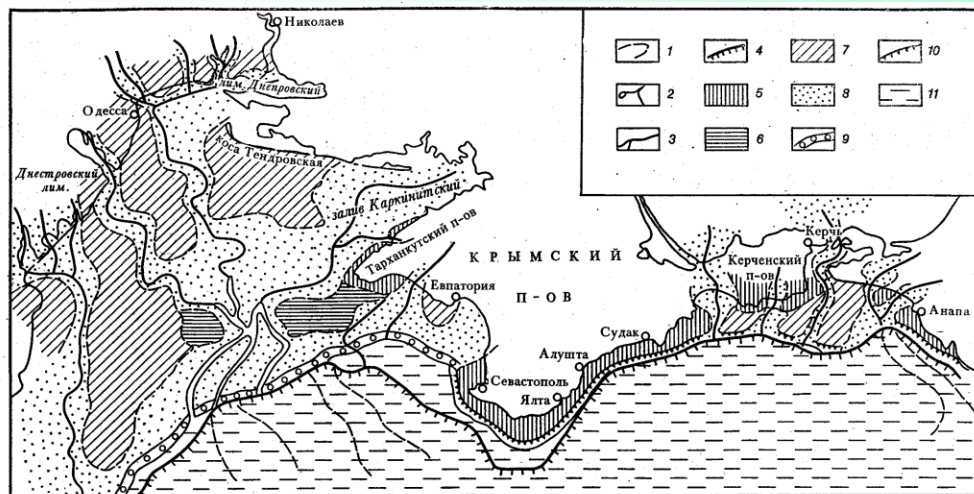
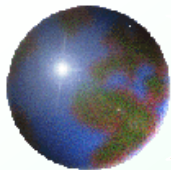


Рис. 6.5. Литолого-палеогеографическая карта дна северной части Черного моря в позднем плейстоцене (время максимальной регрессии).  
1 — наиболее крупные каньоны; 2 — современный берег; 3 — палеореки; 4 — край шельфа; 5 — различные доплистоценовые породы; 6 — глины предположительного плистоценового возраста; 7 — лёсс плейстоцена; 8 — прибрежные песчано-ракушечные отложения позднего плейстоцена; 9 — прибрежная линия, преимущественно абразионного характера; 10 — позднелистоценовая береговая линия; 11 — позднелистоценовые глинистые илы континентального склона и глубоководной впадины (по Ф. А. Щербакону и др., 1978)

Сравнение палеореконструкций территории с современными космоснимками позволяет выявить морские регрессии

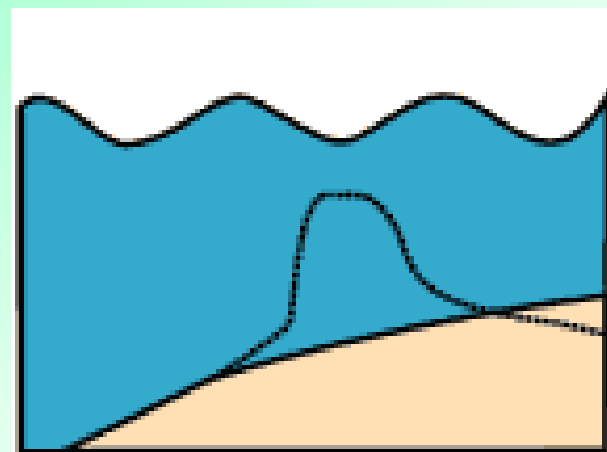
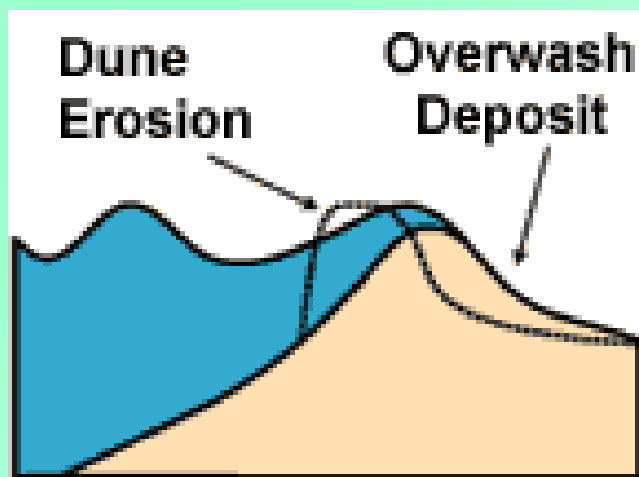
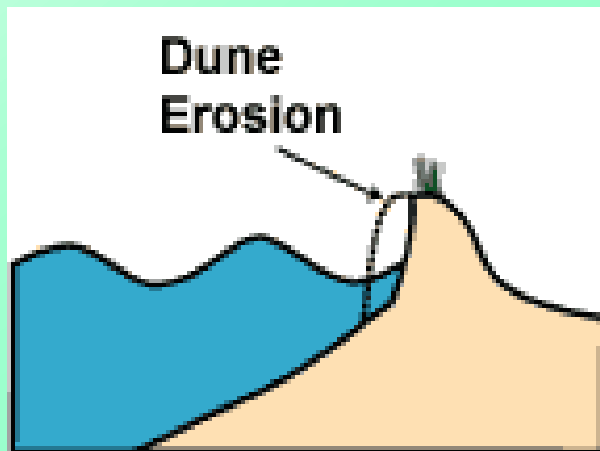
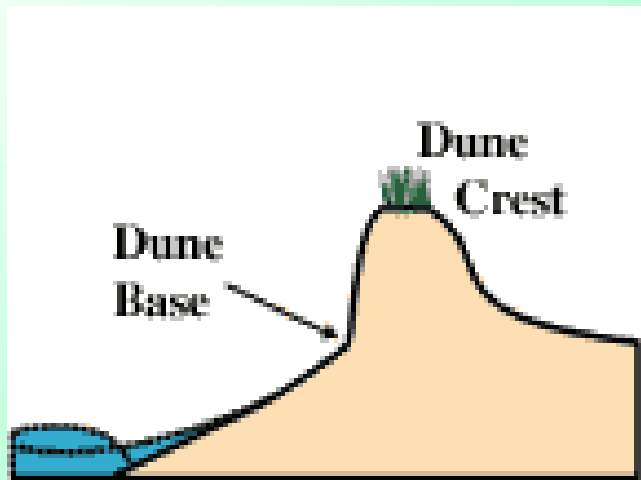
Неотектонические условия территории являются одними из ведущих факторов морской абразии

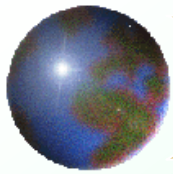




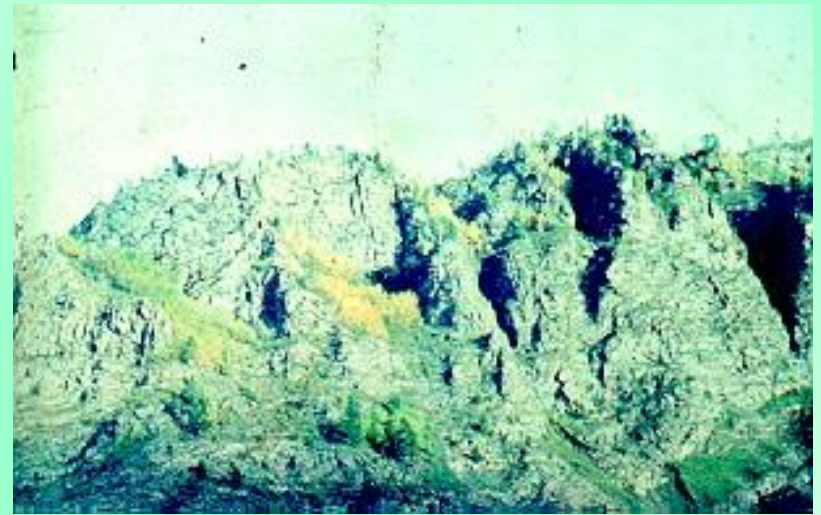
# *Геологические факторы абразии*

Последовательные стадии морской абразии береговых дюн при трансгрессии моря

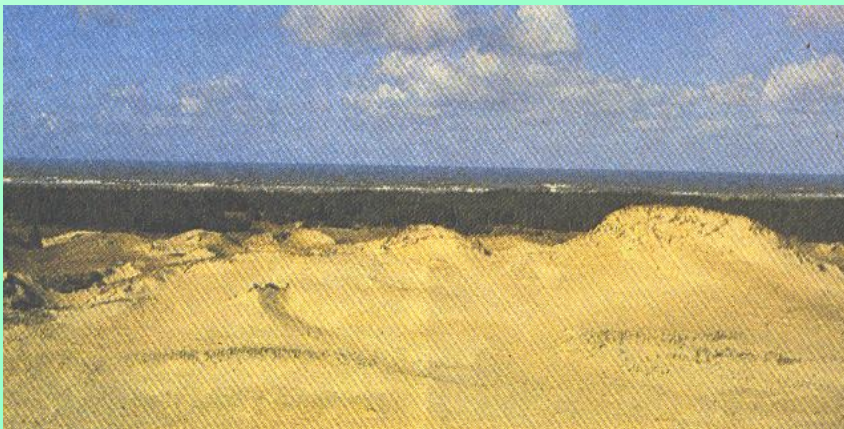




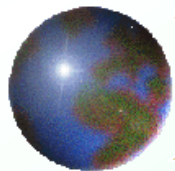
# *Геологические факторы абразии*



**Абразионные берега на Байкале, приуроченные к тектоническим разломам  
(фото В.А.Королева)**



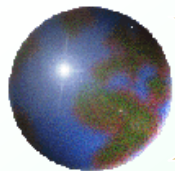
**Песчаные дюны на Куршской  
косе, Балтийское море**



# *Геологические факторы абразии*

**Абразионные берега Охотского моря, Шантарские о-ва (фото М.Некрасовой)**





# *Техногенные факторы*

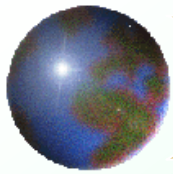
Прибрежные инфраструктуры – основные источники техногенной активизации абразии



**Правильная застройка берегов –  
гарантия от техногенной активизации  
абразии**



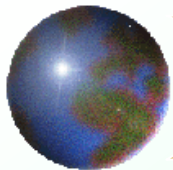
**Пляж в Светлогорске,  
Балтийское море с естественной  
защитой от абразии**



# *Ущерб от абразии*



Абразия тихоокеанского побережья США угрожает городу

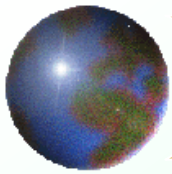


# Ущерб от абразии

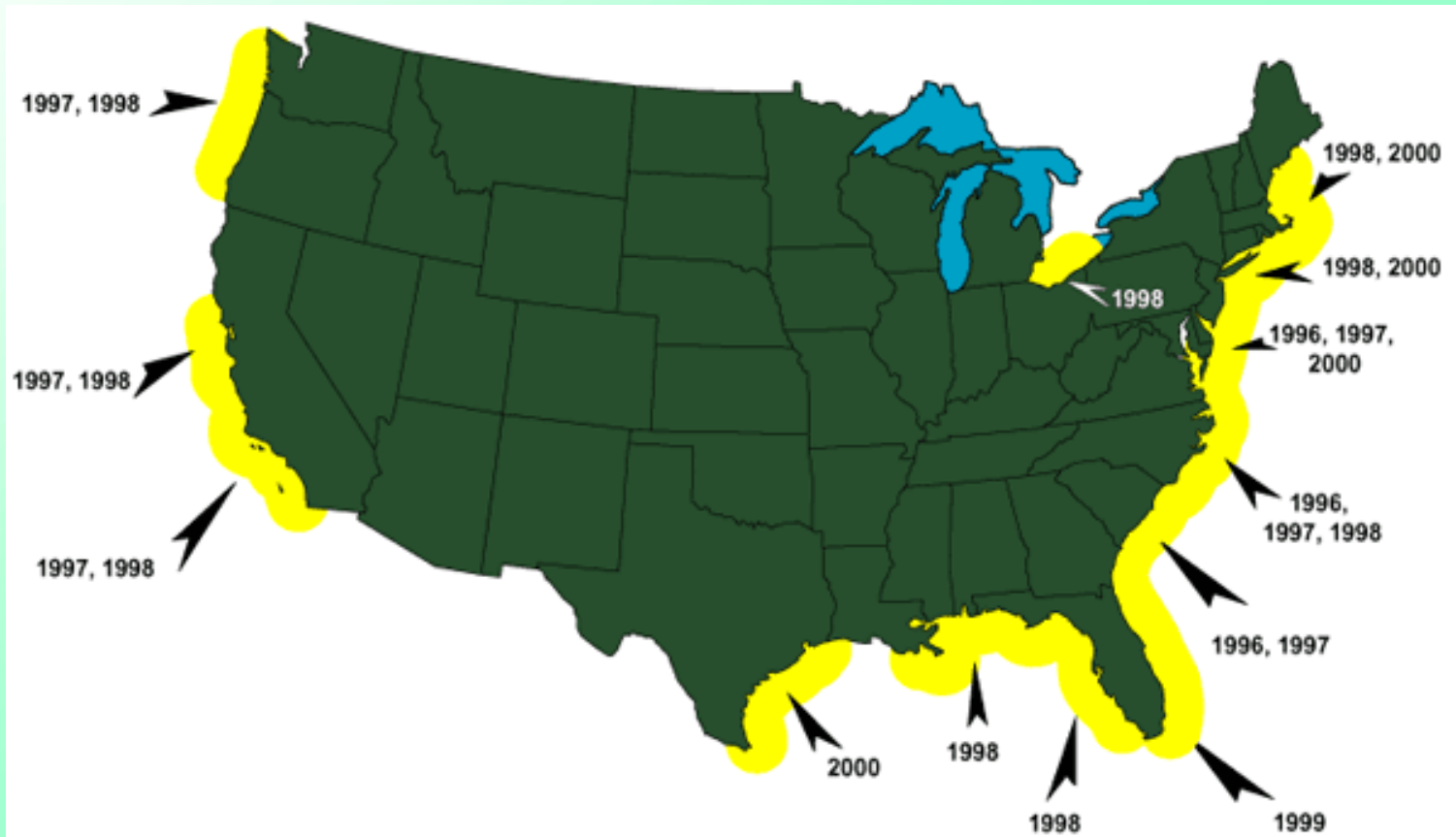


Морская абразия – причина многих техногенных катастроф

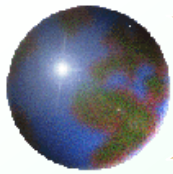
Побережье Сев.Каролины до и после разрушительного шторма в 1996 г.



# Ущерб от абразии



Активизация морской абразии  
побережья США в 1996-2000 г.

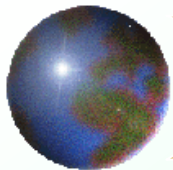


# Прогнозная оценка абразии



Оценка абразии и перемещения  
наносов по космоснимкам

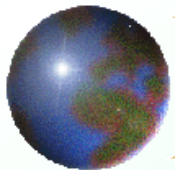
- ❖ Количественные параметры абразии:
  - ❖ Скорость отступления берега (м/год)
  - ❖ Интенсивность линейной (береговой) абразии (%)
  - ❖ Интенсивность объемной абразии (м.куб/год на 1 погонный м берега)



# Прогнозная оценка абразии

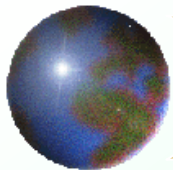
## Оценка опасности абразии по СНиП 22-01-95

Показатели, используемые при оценке степени опасности природного процесса (ОПП)	Категории опасности процессов			
	чрезвычайно опасные (катастрофические)	весьма опасные	опасные	умеренно опасные
<b>Абразия и термоабразия</b>				
Средняя скорость отступления береговой линии, м/год:				
пределы измерения	-	1 - 15	0,4 - 3,8	0,05-1,8
средние значения	-	Более 2	2 - 0,5	Менее 0,5



# Инженерная защита от абразии

Берегоукрепительные сооружения	Основные условия применения
<b>1. Пляжи</b>	Необходимость создания или расширения пляжа; обеспечение устойчивости пляжа
<b>а) без сооружений:</b>	
с периодическим пополнением	Периодические сезонные размывы пляжа, размывы подводного склона в пределах прибойной и приурезовых зон; при недостаточном естественном поступлении наносов
с постоянным пополнением	Систематическое отступление береговой линии; практическое отсутствие естественного поступления наносов; на отдельных участках берега небольшой протяженности
<b>б) с сооруже-ми:</b>	
бунами	Размыв подводного склона побережья с галечниковыми и песчаными наносами в пределах прибойной и приурезовой зон; при недостаточном поступлении наносов
подводными волноломами	Размыв подводного склона крутизной до 0,05; при недостаточном естественном поступлении наносов; при косом угле подхода волн (более 15°); на оползневых участках
<b>2. Сооружения откосного типа</b>	Пологие берега, подверженные подмыву и разрушению подводной части
<b>3. Полуоткрытые или</b>	Пологие берега при использовании сооружений в качестве причалов; при необходимости сокращения длины укрепляемого откоса; для внутрипортовых и городских набережных



# *Береговая защита от абразии*

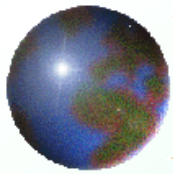


Городской пляж в Рио-де-Жанейро с естественной защитой от абразии

Конкурирующие процессы:

☉ Техногенная активизация абразии

☉ Техногенное подавление абразии



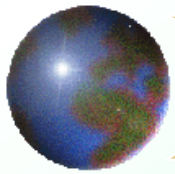
# *Береговая защита от абразии*



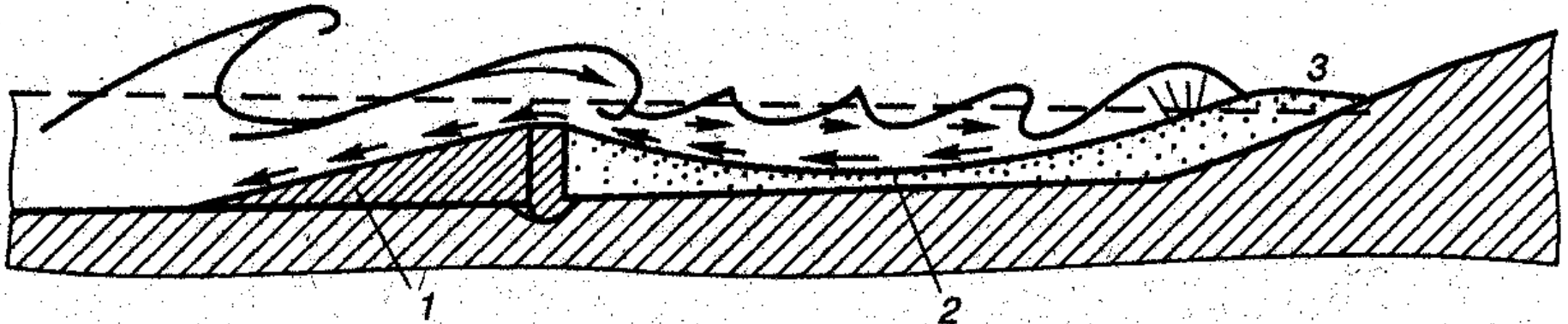
Искусственный пляж,  
созданный путем отсыпки  
щебня и гравийно-галечного  
материала (Кофф и др., 2003)

Сокращение ширины  
отсыпанного пляжа за счет  
истирания материала и  
выноса из-за деформации  
бун

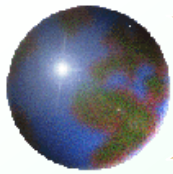




# Инженерная защита от абразии

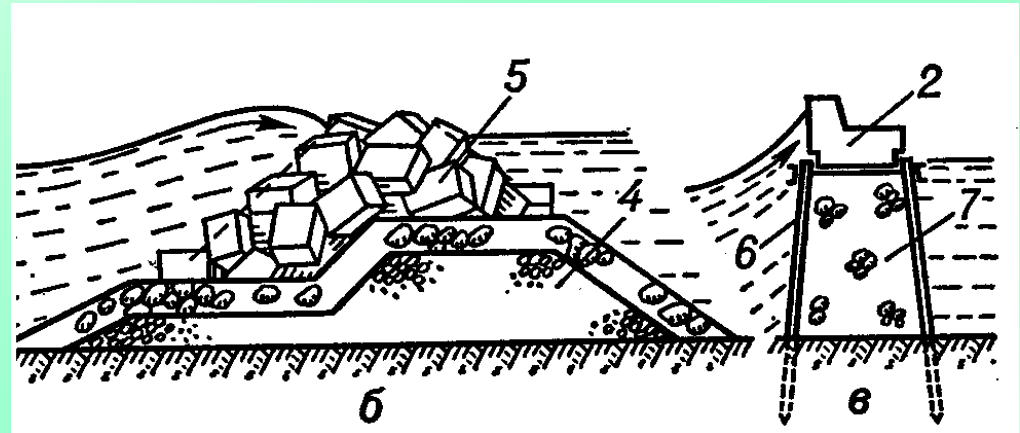
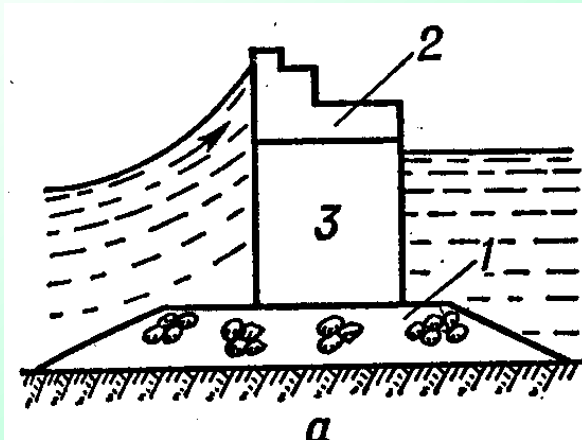


**Схема работы волнолома (по Ананьеву, Потопову, 2000)**



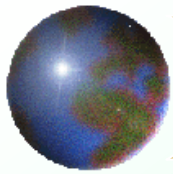
# Инженерная защита от абразии

## Оградительные волноломы



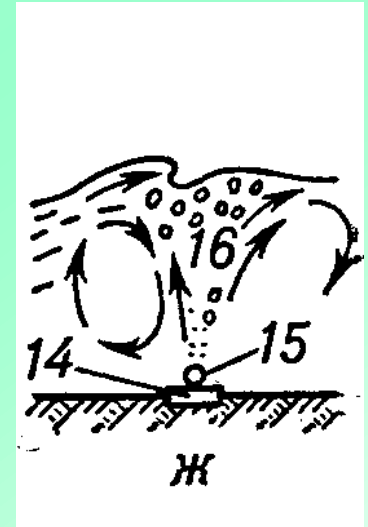
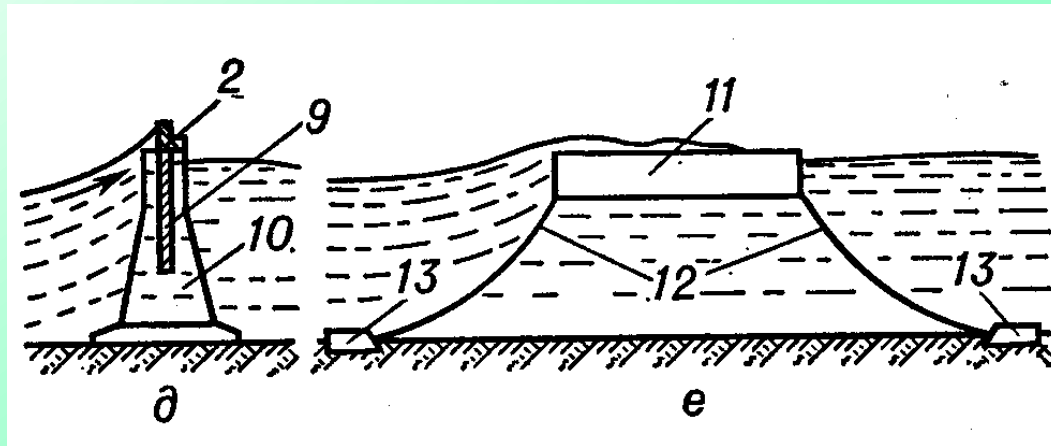
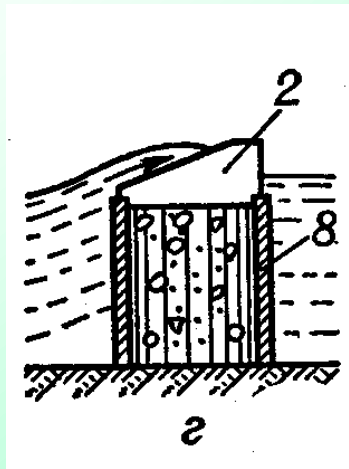
а – гравитационная стенка вертикального профиля; б – волнолом откосного профиля; в – вертикальная свайная стенка

1 – постель из каменной наброски; 2 – надстройка; 3 – бетонная кладка; 4 – каменная наброска; 5 – наброска из массивов; 6 – свайные ряды; 7 – каменная засыпка



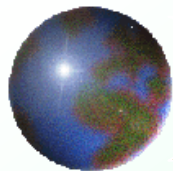
# Инженерная защита от абразии

## Оградительные волноломы



г – стенка из цилиндров; д – сквозной волнолом; е – плавучий волнолом; ж – пневматический волнолом

2 – надстройка; 8 – железобетонная оболочка; 9 – экран из железобетонных балок; 10 – опоры; 11 – понтон; 12 – якорные цепи; 13 – якоря; 14 – опоры воздуховода; 15 – воздуховод; 16 – водо-воздушный поток



# Инженерная защита от абразии

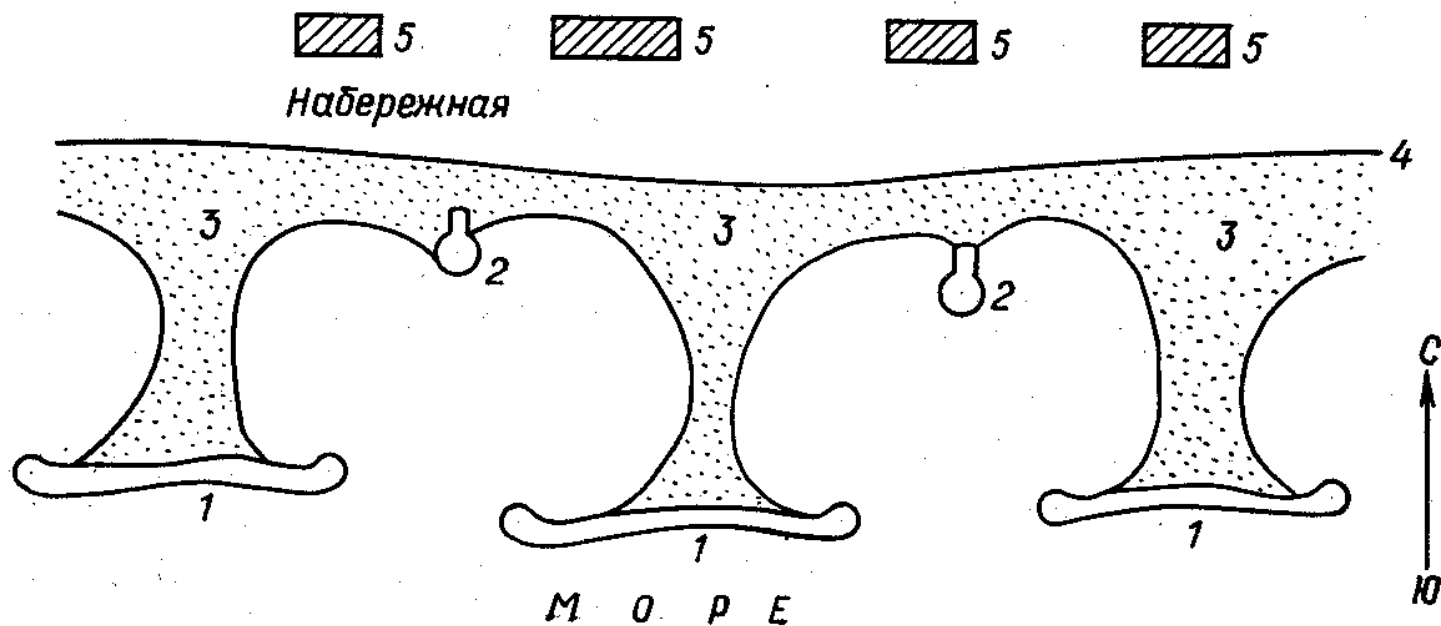
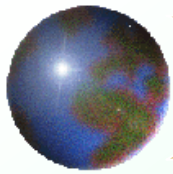


Рис. 6.9. Схема укрепления отмелых морских берегов, примененного в Испании (на 2,7 км у г. Марбелла), в Румынии и на других побережьях.

1 — Т-образные буны-волноломы из крупной глыбовой наброски; 2 — короткие круглые буны; 3 — песок, отсыпанный в объеме до 120—150 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км берега; потери составили около 50% за три года, после которых пляж практически стабилизировался; 4 — низкая защитная стена, оформляющая набережную; 5 — здания на набережной



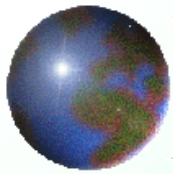
# *Инженерная защита от абразии*



Комплекс берегозащитных сооружений, включающий буны и бермы из бетонных блоков и крупного камня (Кофф и др., 2003)

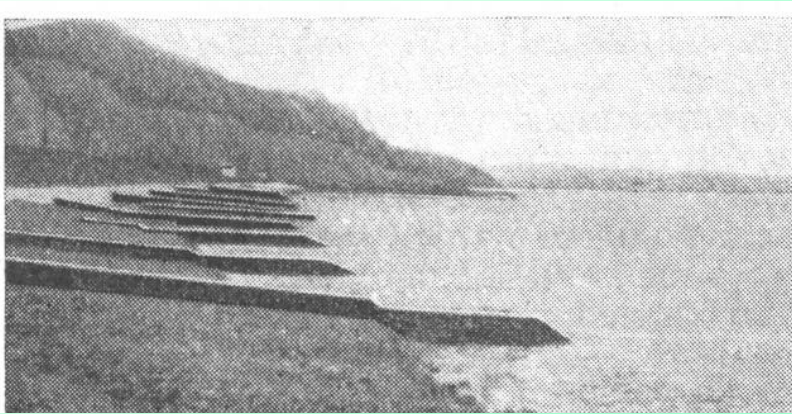
Общий вид волноотбойной  
стенки





# *Инженерная защита от абразии*

## Морские берегоукрепительные сооружения



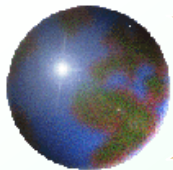
**Морские буны**



**Наброска фигурных бетонных  
массивов**



**Берегоукрепительные сооружения в Хосте,  
Черноморское побережье Кавказа**



# Инженерная защита от абразии

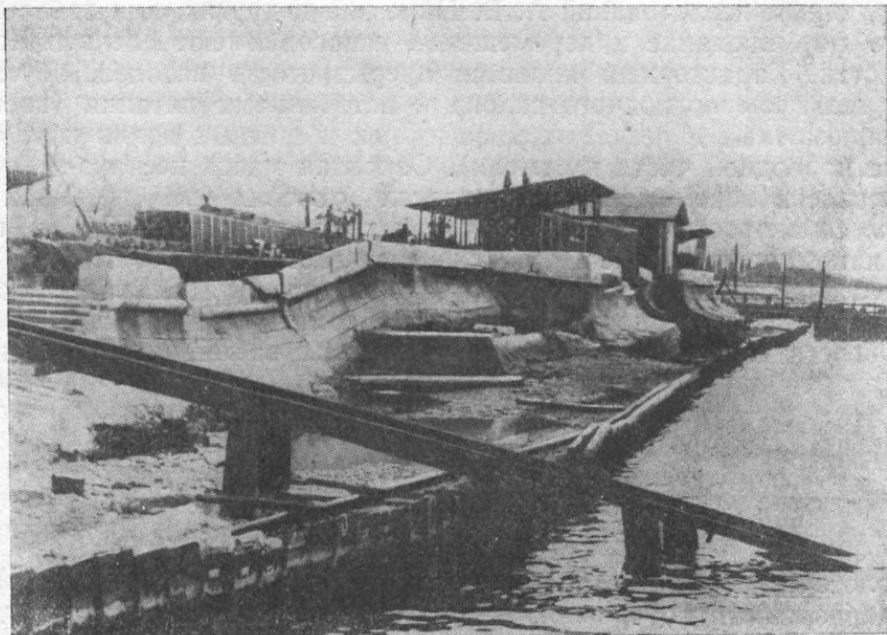
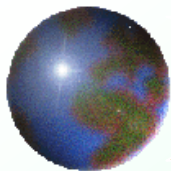


Рис. 6.2. Разрушение берегоукрепительных сооружений в северо-западной части Адлерского мыса (февраль 1964 г.)

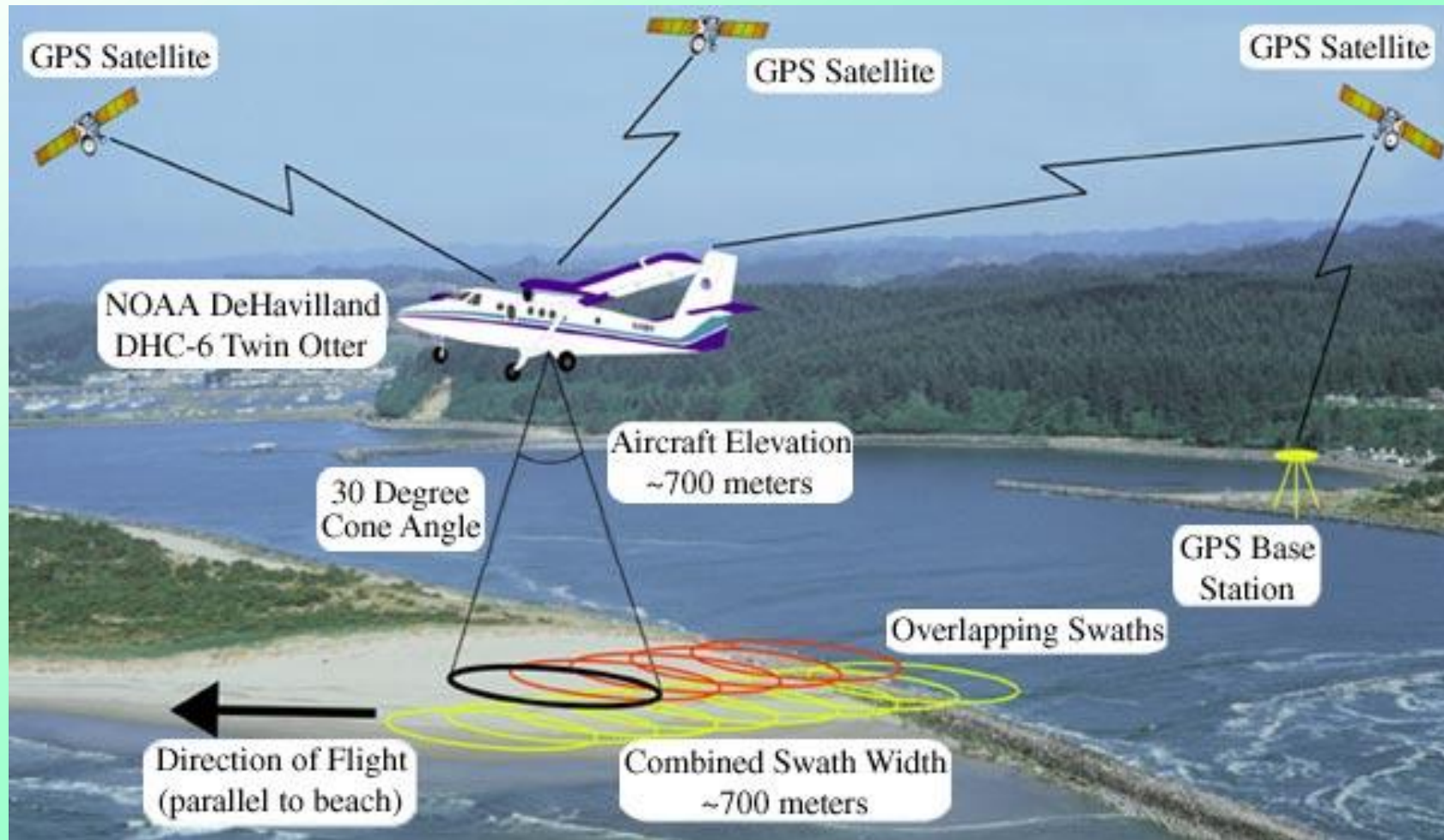
Ливадийский пляж в  
Крыму после зимних  
штормов

В Крыму из 800 км побережья  
активно размывается 550 км





# Инженерная защита от абразии



- ✪ Аэрокосмический комплекс для мониторинга береговой абразии в США