

УДК 551.35

Г. С. Педан, канд. геол. наук, доцент
Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова
кафедра инженерной геологии и гидрогеологии
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЛИМАННЫХ БЕРЕГОВ АБРАЗИОННО-ОПОЛЗНЕВОГО ТИПА (СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ПРИЧЕРНОМОРЬЕ)

Рассмотрены вопросы динамики лиманных берегов абразионно-оползневого типа. Приведена характеристика природных факторов, которые обуславливают разрушение берегов. На основании корреляционно-регрессионного анализа установлено влияние гидрометеорологических, гидрогеологических и гидрологических параметров на величины оползневых смещений и абразионной переработки. Построены регрессионные модели, которые описывают эти процессы.

Ключевые слова: лиманы, абразия, оползни, атмосферные осадки, подземные воды, уровень лимана.

ВВЕДЕНИЕ

Возникновение и режим развития опасных геологических процессов (ОГП) в пространстве и во времени определяется многими факторами и носит закономерностно-случайный характер [1]. Важным в оценке формирования ОГП в северо-западной части Черного моря является необходимость выявления степени влияния каждого из факторов, что позволяет выделить наиболее существенные и определяющие, выбрать в качестве преобладающего воздействие одного или нескольких из них [2]. Знание особенностей влияния факторов необходимо также для прогнозирования развития береговой зоны и последующей оптимизации ее хозяйственного использования. Если закономерностям развития морских берегов посвящено много исследований, то количественные особенности процессов на лиманных берегах остаются недостаточно изученными [3, 4, 5].

Целью статьи является установление причинно-следственных связей между абразионно-оползневыми процессами (АОП) и активными берегоформирующими факторами на берегах лиманов северо-западной части Черного моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследуемая территория включает берега Днестровского, Хаджибейского, Куяльницкого, Большого Аджалькского, Малого Аджалькского, Тилигульского и Бугского лиманов.

В работе использованы материалы Причерноморского государственного геологического предприятия (г. Одесса) [6]. В процессе исследований обработаны данные наблюдений на 5 стационарных участках за период 1976-1997 гг.

В качестве показателей активности проявления абразионных процессов использованы: линейное отступление бровки (L_1 , м) и подошвы (L_2 , м) склона, объем отмыва абразионного склона (Q_1 , куб.м/п.м в год), ширина (\bar{S} , м), высота

(Н, м) и объем наносов на пляже (Q_2 , куб.м/п.м.). Показателями оползневых процессов является количество новых оползней, появившихся в течение года. В качестве факторов рассматривались: климатический (атмосферные осадки), гидрогеологический (уровень грунтовых вод в береговой зоне), гидрологический (среднегодовые значения уровня лиманов).

Особенности влияния природных факторов как во времени, так и в пространстве исследовались корреляционно-регрессионным, спектральным анализами. Не все временные ряды обеспечены непрерывным рядом наблюдений. Абразионно-оползневые показатели последнего десятилетия по стационарам отсутствуют, что объясняется прекращением наблюдений в связи с экономическими сложностями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Лиманы северо-западной части Черного моря образовались в начале позднего плиоцена (куяльницкий век) в низовьях рек в результате трансгрессии моря и сформировали своеобразный лиманный тип побережья [3, 7]. Берега лиманов характеризуются сложной структурой. Они разнообразны по морфологии, динамике, геологическому строению, наличию или отсутствию растительности, постоянно испытывают воздействие разной силы гидрометеорологического фактора (ветровых волн, сгонно-нагонных явлений, течений), долговременных относительных изменений уровня и др.

Одной из особенностей геологического строения территории является мощная толща неогеновых и четвертичных осадочных пород. Для клифов, сложенных на всю высоту лессовыми породами, характерны абразионные процессы, имеющие циклический характер. Если в склонах лимана обнажаются мезоценовые и палеогеновые глины, известняки, красно-бурые глины, перекрытые лессовидными породами, то в результате абразионной деятельности формируются оползни различных типов. По форме в плане преобладают оползни фронтальные, реже циркоподобные, эллипсоидальные и очень редко глетчерообразные. По механизму смещения, в основном, структурные, структурно-пластичные и пластичные. Оползни имеют природный режим формирования, но около 18% их имеют природно-техногенный и техногенный характер (рис. 1,а) [6].

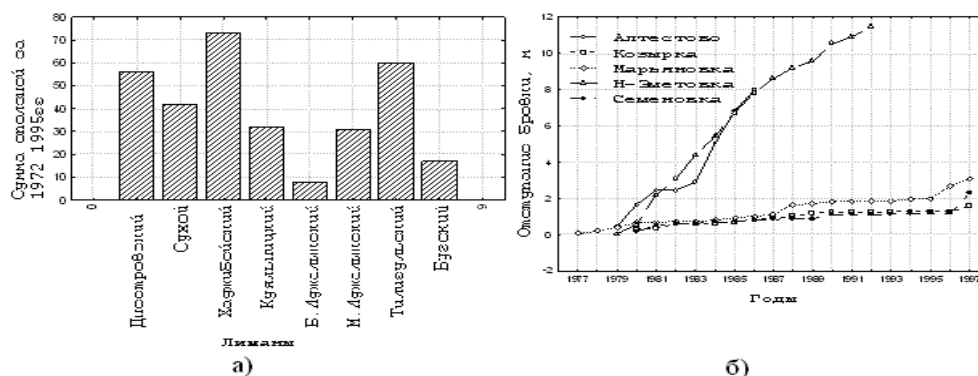


Рис. 1. Динамика берегов лиманов: а) сумма оползней, образовавшихся за период 1972-1995 гг.; б) суммарное отступление бровки склона за период 1977-1997 гг. по стационарам

Более полную картину дают наблюдения за абразионными процессами (рис. 1,б; табл.1).

Темпы абразии на лиманных берегах ниже, чем на морских. Объясняется это тем, что лиманы представляют собой узкие, неглубокие и вытянутые водоемы, в этих условиях волновая энергия воздействует на склоны значительно ниже, чем на морских берегах. Исключение составляет Хаджибейский лиман (стационары Алтестово и Ново-Эметовка).

Таблица 1
Общая характеристика участков стационарных наблюдений

Участок	Семеновский	Алтестовский	Ново-Эметовский	Марьяновский	Козырский
Место нахождения	Правый склон Днестровского лимана	Правый склон Хаджибейского лимана	Левый склон Хаджибейского лимана	Правый склон Тилигульского лимана	Правый склон Бугского лимана
Период наблюдений, годы	1976-1997	1979-1994	1978-1993	1976-1997	1979-1997
Литологический состав абразионного склона, возраст	Глины, суглинки (dpQ_{IV})	Глины, суглинки (dpQ_{IV})	Глины, суглинки (dpQ_{IV})	Глины, суглинки, обломки известняка (dpQ_{IV})	Глины, суглинки, обломки известняка (dpQ_{IV})
Ширина пляжа (S , м)	$\frac{7,0}{3,8-8,3}$	$\frac{1,1}{0,0-5,9}$	$\frac{0,8}{0,0-3,6}$	$\frac{5,4}{2,5-7,7}$	$\frac{5,4}{3,6-6,4}$
Объем наносов на пляже (Q_2 , куб.м/п.м)	$\frac{5,1}{2,4-6,8}$	$\frac{0,1}{0,0-0,4}$	$\frac{0,2}{0,0-0,8}$	$\frac{2,9}{0,3-7,0}$	$\frac{3,9}{2,1-6,5}$
Отступление бровки (L_1 , м/год)	$\frac{0,1}{0,0-0,4}$	$\frac{1,0}{0,0-1,8}$	$\frac{0,8}{0,1-1,6}$	$\frac{0,2}{0,0-0,5}$	$\frac{0,1}{0,0-0,3}$
Отступление бровки за период наблюдений, м	2,29	8,0	11,5	3,1	1,5
Отмыв подшвы (L_2 , м/год)	$\frac{0,1}{0,0-0,4}$	Нет наблюдений	$\frac{1,1}{0,3-2,0}$	$\frac{0,3}{0,0-1,2}$	+0,28
Объем отмытых пород (Q_1 , куб.м/п.м в год)	$\frac{0,7}{0,0-3,2}$	$\frac{1,2}{0,4-2,0}$	$\frac{0,3}{0,4-6,3}$	$\frac{0,4}{0,0-1,1}$	$\frac{0,5}{0,-2,2}$

Примечание: в числителе – среднееголетние значения параметров, в знаменателе – минимальные и максимальные среднееголетние значения

Увлажнение склонов, которое определяется соотношением между атмосферными осадками, испарением и стоком воды за границы территории, является одним из основных факторов, который повышает уровень грунтовых вод в оползневом склоне, что способствует развитию оползневых и обвальных процессов. В связи с этим встает вопрос о степени влияния метеорологических условий на процесс оползнеобразования. Статистически доказана зависимость уровня грунтовых вод от атмосферных осадков. В качестве примера приведен график уровня грунтовых вод в делювиально-оползневых отложениях на стационаре Марьяновка (Тилигульский лиман) и годового количества атмосферных осадков, смещенных на 1 предыдущий год. Коэффициент корреляции равен 0,65 (рис. 2а).

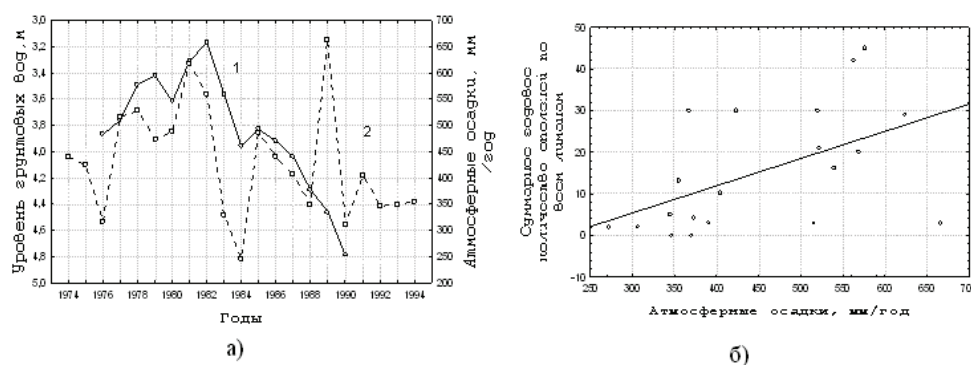


Рис. 2. Влияние атмосферных осадков на уровень грунтовых вод (а) и количество оползней (б)

Анализ временных рядов, характеризующих суммарное годовое количество оползней по всем лиманам и атмосферных осадков показал, что они статистически значимо связаны, коэффициент корреляции равен 0,52 (рис. 2б).

Определяющая роль режима уровней в формировании береговой зоны не вызывает сомнения [3,8]. Морфометрические показатели пляжа являются функцией от уровня лимана. Литологический состав абрадируемой толщи, а именно преобладание глинистых компонентов также обуславливает низкие морфометрические показатели пляжей и образование значительных объемов осадков неволнового поля – илов (рис. 3а). Наиболее низкие морфометрические показатели пляжа характерны для Хаджибейского лимана и составляют около 1 м. Таким образом, ширины пляжа, как и объема наносов на нем недостаточно, чтобы защитить берега от абразии.

Влияние уровня моря показано на примере стационара Семеновка (Днестровский лиман) (рис. 3б). Так как Днестровский лиман является открытым и имеет непосредственный выход в море, использование данных по уровню моря гидрометеорологического поста «Цареградское гирло», который находился на входе в лиман, является корректным. Выявлена статистически значимая связь объема отмытых пород и объема наносов на пляже от уровня моря. Коэффициенты корреляции составляют 0,55 и $-0,66$ соответственно.

Скорость абразионного процесса, показателем которого в данном случае выступает среднегодовой объем отмыва пород, может быть описан следующей регрессионной моделью:

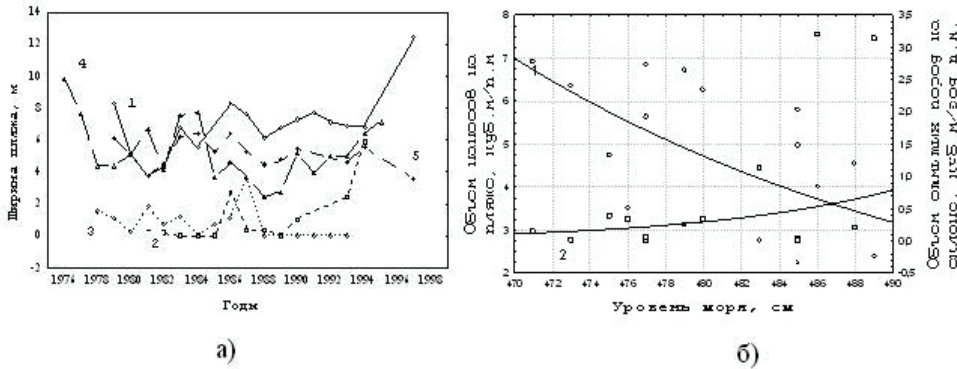


Рис. 3. Графики изменения ширины пляжа (а) по участкам:

1- Семеновка, 2 – Алтестово, 3 – Ново-Эметовка, 4 – Марьяновка, 5 – Козырка и зависимости объема наносов на пляже и объема смытых пород от уровня моря (б)

$$Y_1(t) = 0,38 - 0,39 X_1(t) + 0,007 X_2(t-1),$$

где $X_1(t)$ – ширина пляжа;

$X_2(t)$ – сумма атмосферных осадков, смещенных на один год.

В уравнение вместо уровня введена ширина пляжа, так как пляж можно рассматривать как показатель, зависящий от уровня лимана, а эти данные имеют более длинный ряд наблюдений.

ВЫВОДЫ

1. Скорости отступления бровок абразионного обрыва на склонах лиманов значительно (на порядок) ниже, чем на морском побережье, и только на Хаджибейском лимане соизмеримы с морской абразией. Развитие берегов происходит в условиях недостаточного количества пляжевых наносов, что способствует активизации процессов.

2. Из быстроизменяющихся факторов на разрушение берегов значительное влияние оказывают уровень воды в лимане, атмосферные осадки, уровень подземных вод.

3. Отступление верхней части склона находится во взаимосвязи с оползневыми смещениями, зависящими от атмосферных осадков и уровня подземных вод, волновое воздействие лимана непосредственного влияния на нее не оказывает.

4. Отступление нижней части склона зависят от уровня лимана. По мере размыва нижней части склона воздействие лимана передается на прибрежную часть плато.

5. Все выявленные закономерности имеют значимые коэффициенты корреляции ($r > 0,5$). По отношению к факторам процесс происходит с запаздыванием, которое равно 1-2 годам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Педан Г. С.* Закономірності розвитку берегів абразійного та абразійно-зсувного типів північно-західної частини Чорного моря : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : спец. 04.00.07 «Інженерна геологія» / Педан Галина Сергіївна ; Одеський нац. ун-т ім. І.І.Мечникова. – Київ, 2003. – 20 с.
2. *Розовский Лев Борисович.* Инженерно-геологические прогнозы и моделирование. / Лев Борисович Розовский, Игорь Петрович Зелинский, Вячеслав Михайлович Воскобойников. – Киев: Вища школа, 1987. - 208с.
3. *Геология шельфа УССР. Лиманы* / Молодых И.И., Усенко В.П., Палатная Н.Н. [и др.]; под ред. Е.Шнюкова. – Киев: Наук.думка, 1984. – 176 с.
4. *Воскобойников В.* Динамика берегов удлиненных акваторий / Вячеслав Воскобойников // Океанология, 1966. – Т.6. – Вып. 4. – С.659-665.
5. *Степанов. В.* Влияние повышения уровней вод в Одесских лиманах на геоморфологические особенности оползневых склонов их долин / Виктор Степанов // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах Украины. Межведомственный республиканский научный сборник. – Издательство Киевского университета, 1967. – Вып. 1. – С. 159-177.
6. *Звіт з інженерно-геологічного довивчення території з метою геологічного обґрунтування протизсувних заходів, геологічного забезпечення УІАС НС на території Одеської, Миколаївської та Херсонської областей* / В. Г. Тюреміна, В.О.Черкасов, О.І.Караван, П.М.Тюремін // звіт про НДР ПричорноморГРГП. – Одеса, 2006. – 160 с.
7. *Педан Г.* Оцінка ролі атмосферних опадів в процесі зсувоутворення (на прикладі Одеської та Миколаївської областей) / Галина Педан // Вісник ОНУ. Географічні та геологічні науки. – Одеса, 2006. – Т.11. – Вип. 3. – С.229-237.
8. *Лиманно-устьевые комплексы Причерноморья: географические основы хозяйственного освоения: монография* / Амброз Ю.А., Антонова С.А., Биланчин Я.М. [и др.] ; под. ред. Г.Швебса. – Ленинград: «Наука», 1988. – 303с.

Статья поступила в редакцию 20.06.2013

Г. С. Педан, канд. геол.-мін. наук, доцент
Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова
Кафедра інженерної геології і гідрогеології
Шампанський пров. 2, Одеса, 65058, Україна

**ОСОБЛИВОСТИ РОЗВИТКУ ЛИМАННИХ БЕРЕГІВ
АБРАЗІЙНО-ЗСУВНОГО ТИПУ (ПІВНІЧНО-ЗАХІДНЕ
УЗБЕРЕЖЖЯ)****Резюме**

Розглянуті питання динаміки лиманних берегів абразійно-зсувного типу. Приведена характеристика природних факторів, які обумовлюють руйнування берегів. На основі кореляційно-регресивного аналізу встановлено вплив гідрометеорологічних, гідрогеологічних, гідрологічних параметрів на величини зсувних зміщень та абразійної переробки. Побудовані регресійні моделі, які описують ці процеси.

Ключові слова: лиман, абразія, зсуви, атмосферні опади, підземні води, рівень лиману.

Pedan G, PhD geology, associate professor
Department of Engineering Geology and Hydrogeology,
I.I. Mechnikov Odessa national university

REGULARITIES OF LIMAN ABRASION-LANDSLIDE SHORES (NORTHWEST BLACK SEA)

Summary

In the article the problems of abrasion and landslide liman shores are discussed. The characteristic of nature factors, which cause process destruction of shores, is given. Due to the correlation-regression analyses the influence of hydrometeorological, hydrogeological and hydrological parameters are certain to magnitudes landslide displacements and abrasion processing. Regression models, which describe these processes, are constructed.

Key words: liman, abrasion, landslides, precipitation, underground waters, liman level.