

ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ

УДК 551.35:624.131

Г. В. Выхованец, доктор геогр. наук, профессор

Д. О. Панкратенкова, преподаватель

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,

кафедра физической географии и природопользования

Шампанский пер, 2, Одесса, 65058, Украина

dashap15041989@gmail.com

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АККУМУЛЯТИВНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

В статье представлены материалы исследования и многолетних наблюдений в береговой зоне северо-западного побережья Черного моря на участке от мыса Большой Фонтан до Жебриянской бухты. Рассмотрена роль хозяйственной деятельности как ведущего фактора, который влияет на изменение морфологии и динамики берегов (уменьшение ширины и высоты аккумулятивных форм рельефа, усиление процессов разрушения берегов, снижение запасов наносов, изменение источников питания, нарушение эолового наносообмена между разными морфологическими зонами и т. д.). Выявлены участки прямого и косвенного антропогенного влияния на абразионные и аккумулятивные берега в районе исследования.

Ключевые слова: Черное море, литодинамическая ячейка, вдольбереговой поток наносов, абразия, аккумуляция, эоловые формы, литодинамические связи, наносообмен, антропогенная деятельность.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из особенностей современной цивилизации является смещение центра расселения населения на берег моря. Не является исключением в этом процессе и Украина, имеющая значительную протяженность (около 2500 км) береговой линии Черного и Азовского морей. Освоение новых территорий на морском берегу для различных целей (селитебных, хозяйственных, рекреационных и др.) ведется без учета естественных закономерностей развития береговой зоны. Особенно интенсивно осваивается береговая зона к югу от Одессы между мысом Большой Фонтан и Жебриянской бухтой (рис. 1). Запредельная нагрузка на природную систему привела к нарушению естественного хода физико-географических процессов и отразилась на запасах наносов в береговой зоне. Вследствие такой хозяйственной деятельности, практически по всей длине берегов от мыса Большой Фонтан до Жебриянской бухты проявились

деструктивные процессы, такие как, оползни, абразия клифов и бенчей, размыв аккумулятивных форм и, как следствие, потеря ценнейших рекреационных ресурсов. Одновременно вмешательство человека в природную систему происходит на фоне непрерывно меняющихся природных условий, и прежде всего, – ветрового и волнового режимов, количества выпадающих осадков.

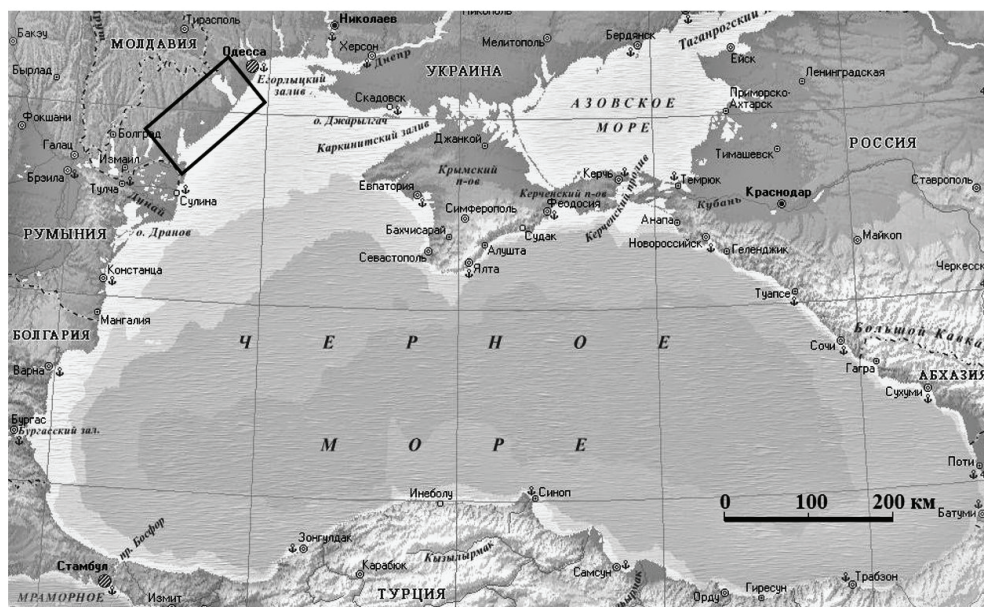


Рис. 1. Картосхема расположения района исследования

Освоение исследуемых берегов ведется с античных времен. Описание их отражены в дневниках путешественников, лоциях и портуланах мореходов. Комплексные инструментальные исследования с позиций береговедения впервые были проведены под руководством В. П. Зенковича в 1948 году, по материалам, которых была опубликована монография [6]. В последующие годы на этом отрезке берега проводили исследования ученые Одесского национального (государственного) университета, ЧерноморНИИпроекта, Института Геологических наук АН Украины. Работы, проводимые этими организациями, в основном были направлены для решения конкретных инженерных задач, в частности, – берегоукрепления и берегозащиты. Поэтому они охватывали небольшие по протяжению участки и полученные материалы характеризовали только конкретные отрезки берега, а не всю природную систему той или иной литодинамической системы. Со временем такими исследованиями был охвачен весь берег и подводный склон между мысом Большой Фонтан и Жебриянской бухтой. Накопленный разнообразный материал был синтезирован и проанализирован в монографии Ю. Д. Шуйского и Г. В. Выхованец [11]. С 90-х годов

прошлого века и до настоящего времени исследования ученых были направлены на изучение различных волновых и неволновых процессов, протекающих на подводном склоне и морском берегу в разных частях данной литодинамической ячейки в условиях активно меняющихся природных процессов и возрастающей антропогенной нагрузки. К настоящему времени накоплен обширный материал, который требует серьезного осмысления и обобщения. В рамках данной статьи эта задача будет частично решена.

Учитывая сказанное, *целью* данной работы является оценка изменения современных условий развития береговой зоны на участке максимальной антропогенной нагрузки в районе исследования. *Объект* исследования – аккумулятивные формы рельефа в пределах литодинамической ячейки между мысом Большой Фонтан и Жебриянской бухтой в северо-западной части Черного моря. *Предметом* исследования являются непрерывно меняющиеся под влиянием антропогенного фактора условия развития береговой зоны в пределах данной литодинамической системы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для написания данной статьи послужили результаты длительных стационарных исследований кафедры физической географии Одесского национального университета в береговой зоне Черного моря между мысом Большой Фонтан и Жебриянской бухтой. В 70-80 гг. XX века на этом отрезке берега в пределах абразионных и аккумулятивных форм рельефа были заложены стационарные участки с реперной сетью. До середины 90-х годов ежегодно проводилась съемка положения кромки клифа на абразионных берегах, нивелирование поверхности аккумулятивных форм, промеры подводного склона, отбор проб наносов на подводном склоне и поверхности аккумулятивных форм, измерение мощности ветропесчаного потока на морском пляже, в золотой и лиманной зонах. С 2000 года съемки на этих участках проводились не ежегодно. После лабораторной обработки полученный материал обобщался с позиций системного подхода к изучению данной литодинамической ячейки. Основными методами анализа были картографический, сравнительно-географический, графический и другие общегеографические методы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Очертание береговой линии в северо-западной части Черного моря таково, что угол между береговой линией и результативным вектором ветро-волновой энергии от точки к точке существенно меняется. В результате береговая зона распадается на отдельные природные системы или «вдольбереговые ячейки», в пределах которых действует непрерывный «литодинамический конвейер», который обеспечивает сохранность аккумулятивных форм прибрежно-морского генезиса.

Суть такого конвейера сводится к следующему: наносы из разных источников питания и разного гранулометрического состава ежегодно поступают в береговую зону. Здесь под влиянием все время действующих волн и волновых течений они вовлекаются в прибрежно-морскую дифференциацию по нескольким направлениям: а) по поперечному профилю береговой зоны; б) по направлению вдольберегового потока наносов; в) по направлению действия прибойного потока; г) в ветропесчаном потоке на поверхности аккумулятивных форм. Итогом такой дифференциации является концентрация в береговой зоне относительно грубого обломочного материала средним размером $>0,1$ мм. Одновременно отсортированный материал от источников питания, превратившись в наносы, перемещается во вдольбереговом потоке и отлагается на неопределенно долгое время на участке его разгрузки (рис. 2).

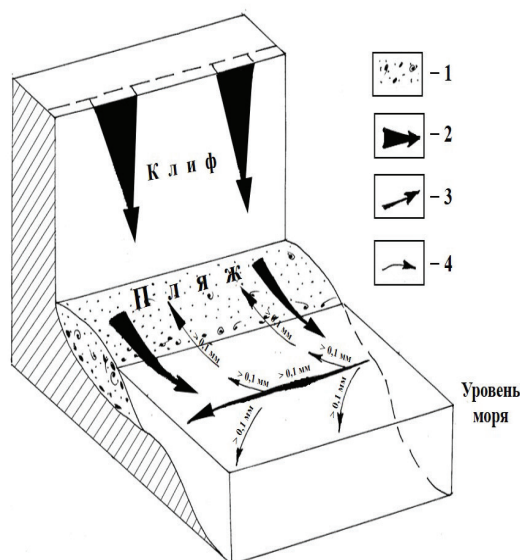


Рис. 2. Блок-схема наносообмена литодинамических связей на абразионном берегу:

1 – пляж разного гранулометрического состава; 2 – весь гранулометрический спектр наносов от абразии клифов; 3 – массовое вдольбереговое перемещение наносов; 4 – разнонаправленные миграции наносов

Следует отметить, что перемещение наносов во вдольбереговом потоке характеризуется частыми возвратно-поступательными движениями вдоль берега и по поперечному профилю, вверх и вниз по подводному склону. Во время сильных штормов наносы с пляжей стягиваются на подводный склон и уносятся течениями по направлению действия штормовых волн вдоль берега. Им на смену приходят наносы с других, сопредельных участков на морском берегу и подводном склоне. В фазу затухания шторма наносы с подводного склона

подаются на пляж и в зависимости от силы и продолжительности отдельных фаз шторма восстанавливают его: *а)* до прежних параметров; *б)* до размеров меньше доштормового профиля; *в)* до размеров больше доштормового профиля. В течение года отдельные штормовые ситуации бывают разной силы и от разных сторон горизонта. Но в итоге преобладают штормы от какой-то стороны горизонта и, несмотря на возвратно-поступательные движения, вдоль и поперек береговой линии, наносы сносятся в каком-то одном, результативном направлении вдоль берега моря.

Одной из таких достаточно полно изученных «литодинамических ячеек» в северо-западной части Черного моря является участок берега между мысом Большой Фонтан и Жебриянской бухтой (рис. 3). Источниками питания наносами данной «литодинамической ячейки» являются абразия клифов и бенчей и биогенные поступления в результате отмирания моллюсков. Основными источниками наносов выступают абразия клифов и бенчей [10, 11].

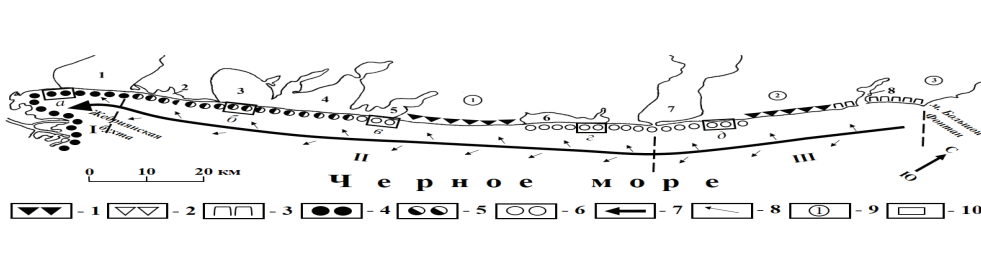


Рис. 3. Участок берега между мысом Большой Фонтан и Жебриянской бухтой

Условные обозначения: 1 – активные клифы; 2 – отмершие клифы; 3 – преобразованные клифы; 3 – аккумулятивные нарастающие берега; 4 – динамически стабильные аккумулятивные берега; 5 – отступающие аккумулятивные берега с сохранением поперечного профиля; 7 – направление генерального перемещения наносов; 8 – штормовые миграции (подвижки) наносов; 9 – абразионные участки: 1 – Бурнасский, 2 – Санжейский, 3 – Большефонтанский; 10 – места стационарных исследований: *а* – Жебриянская терраса, *б* – Шаганская пересыпь, *в* – Бурнасская пересыпь, *г* – Будацкая пересыпь, *д* – Терновская терраса. Лиманы: 1 – Сасык; 2 – Джантшейский; 3 – Шаганы; 4 – Алибей; 5 – Бурнас; 6 – Будацкий; 7 – Днестровский; 8 – Сухой. Динамические участки вдольберегового потока наносов: I – разгрузка наносов; II – транзитное перемещение; III – участок питания наносами

Протяженность береговой линии составляет 129,7 км. На долю естественных абразионных берегов приходится 43,2 км или 33% от всей длины берегов. Абразионные берега распространены преимущественно в северо-восточной части – между мысами Бурнас и Большой Фонтан. Долинами рек и лиманами они разделены на три самостоятельных участка: Бурнасский, Грибовский и Большефонтанский. Расчеты, выполненные по материалам длительных стационарных исследований, показали, что в среднем за многолетний период (до конца 80-х годов XX века) снос наносов волнового поля (крупнее 0,1 мм) от абразии клифов составлял 156965 м³/год. Больше всего наносов поступало на

Большефонтанском участке (79106 м³/год), в 2,6 раза меньше на Грибовском (30439 м³/год) и промежуточное значение сноса было отмечено на Бурнасском (47420 м³/год) [11, 12].

В пределах данной литодинамической ячейки аккумулятивные формы сконцентрированы в центральной и юго-западной части. Связующим звеном между абразионными и аккумулятивными участками выступает вдольбереговой поток наносов, который имеет генеральное распространение от мыса Большой Фонтан до Жебриянской бухты (рис. 3). По литолого-морфологическим показателям и гидрометеорологическим расчетам здесь четко выделяются участки зарождения, транзита и разгрузки [10, 11]. Каждый из этих участков тесно взаимосвязан с другими соседними участками. Развитие одного из них контролируется развитием других под воздействием одних и тех же источников наносов, одного и того же вида энергии, одного и того же направления действия и напряженности энергетического поля. Все морфодинамические и литодинамические процессы связаны между собой, и изменения в одной части этой системы оказывают влияние на другие участки, порой, – значительно удаленные друг от друга. Чем ближе к участку нарушения естественного хода природного процесса, тем сильнее отклик природной системы.

Анализ условий развития исследуемой литодинамической системы в последние десятилетия позволил выявить активное как прямое, так и косвенное влияние антропогенного фактора на природную систему береговой зоны. В подавляющем числе случаев оно направлено на снижение запасов наносов, поступающих из разных источников питания и усиление процессов разрушения берегов.

Прямое влияние на источники питания береговой зоны наносами, во-первых, связано с возведением различных строений непосредственно в береговой зоне. Особенно активное строительство и преобразование берегов в последние 25-30 лет ведется между мысом Большой Фонтан и мысом Санжейским, где расположены основные источники питания абразионным материалом. На этом отрезке берега сооружены локальные берегозащитные сооружения разных типов, капитальные и легкие частные и муниципальные постройки, выведены в море буны, очистные сооружения и др. Все эти виды работ велись без достаточно качественного природного обоснования и учета закономерностей развития морфо-лито-динамических процессов в береговой зоне моря. Также не прорабатывались возможные последствия этого строительства для развития берега не только во всей системе, но и на участке возведения того или иного сооружения. Возведенные постройки и сооружения временно блокировали подножье клифа от волнового воздействия. Абразионные процессы замедлились, а в некоторых местах вообще прекратились. Из трех абразионных участков, питающих наносами береговую зону данной литодинамической системы, один из них (Большефонтанский) выведен полностью из этого процесса. Следствием такой деятельности является уменьшение поступления наносов в береговую

зону и обострение и без того существующего дефицита наносов в данной литодинамической системе. В результате, в сравнении с началом 80-х годов прошлого столетия береговая зона недополучает 94325 м³/год наносов или 16,75% от общего сноса наносов волнового поля из абразионных источников.

Во-вторых, наряду с блокировкой берега разными типами сооружений ведется прямое изъятие наносов с поверхности крупных аккумулятивных форм и пляжей для строительных нужд. Потери наносов от этого вида деятельности, к сожалению, не поддаются подсчету, так как забор песка ведется в основном тайно в ночное время. Свидетельством вывоза песка являются сnivelированная поверхность эоловой зоны, искусственные отрицательные формы рельефа в виде котлованов и траншей. Особенно активно изъятие песка ведется на Терновской террасе и Днестровской пересыпи.

Терновская терраса располагается к юго-западу от устья р. Барабой. В 40-х годах XX столетия между Грибовским лиманом и северной оконечностью Днестровской пересыпи пляж был очень узким. Его размеры были таким, как сейчас у подножья абразионного клифа у мыса Санжейский, то есть не более 15 м. Такой пляж не был существенным препятствием для штормовых волн, которые его легко преодолевали и достигали подножья клифа с небольшой потерей энергии. Поэтому клиф активно разрушался, а скорость абразии превышала 1,5 м/год. С начала 70-х годов на этом участке пляжи стали нарастать, и к 80-м годам их ширина увеличилась до 45-50 м (рис. 4).

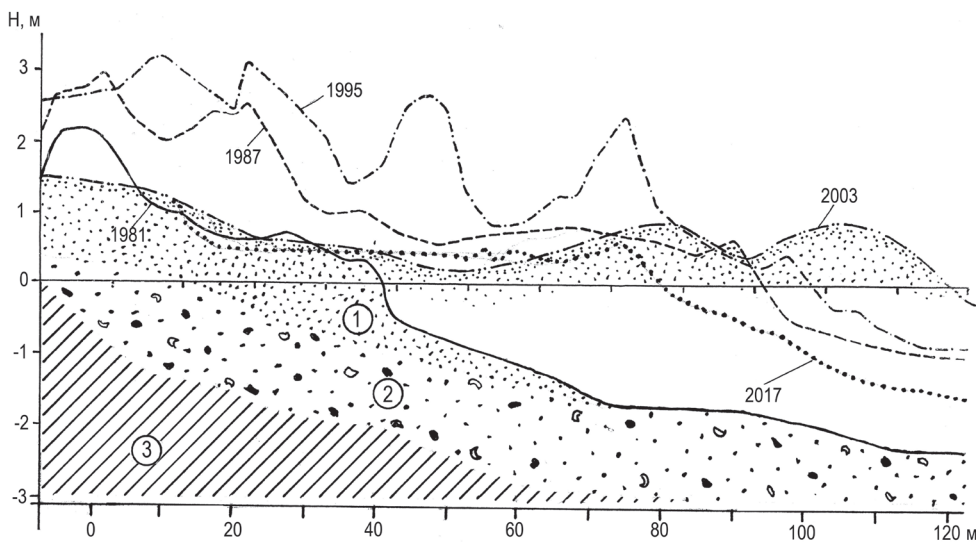


Рис. 4. Морфология и динамика северной части Терновской террасы по материалам съемок в разные годы: 1 — толщина пляжевых песков; 2 — более древние отложения под действием прибойного потока; 3 — подстилающие раннеплейстоценовые глины; незакрашенные эоловые наносы береговых дюн; 1981-2017 — годы съемок

Условные обозначения: Н, м — высота над уровнем моря, м; L — длина профиля, м.

Изменение динамики берега на этом отрезке в 80-90 гг. прошлого столетия связано, по всей видимости, с вскрытием абразией на подводном склоне на глубине 4-7 м песчано-гравийных толщ древней Днестровской террасы. Начало накопления песков было приурочено к южной части террасы (рис.4). В дальнейшем, в течение последующих 20 лет, процесс аккумуляции песков шел неуклонно в северном направлении. Средняя скорость выдвигения береговой линии в сторону моря могла достигать 8 м/год. Одновременно с увеличением ширины террасы также увеличилась и высота её за счет образования береговых дюн-кучугуров. Местами она составляла 3,0-3,5 м и более. В естественном состоянии в надводной части террасы накапливалось от 200 до 350 м³/м отсортированных среднезернистых песков (табл. 1). По мере выдвигения береговой линии террасы в сторону моря последовательно формировались отдельные гряды кучугуров (рис. 5).

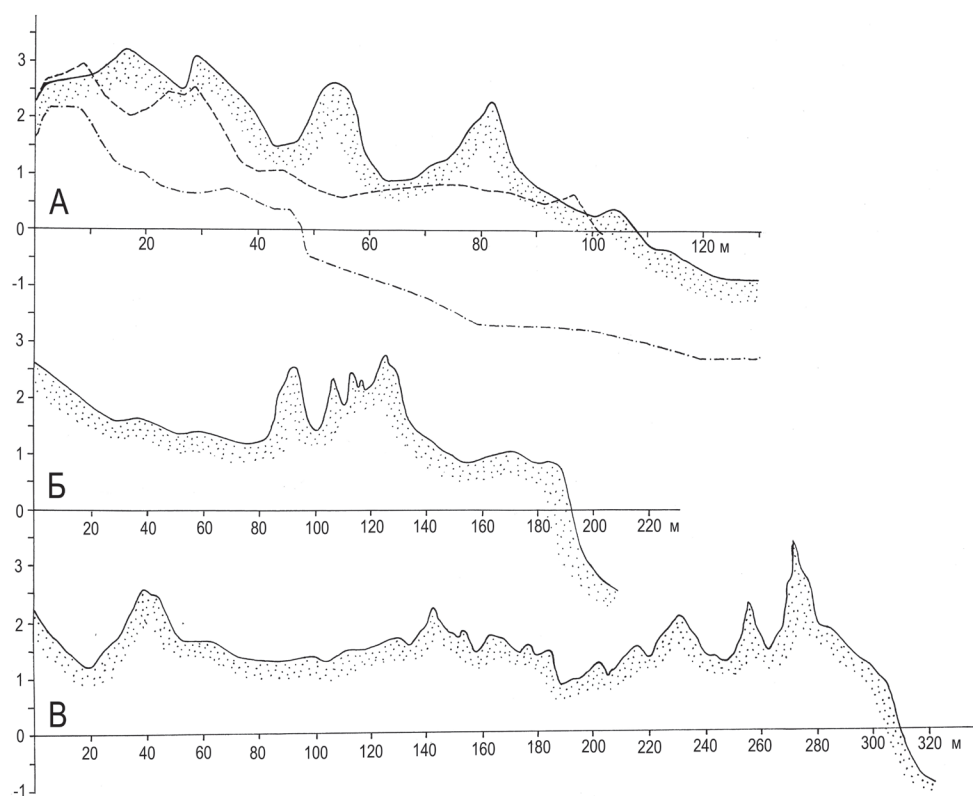


Рис. 5. Морфология Терновской террасы на разных ее участках. Типы: А – профили на узкой северо-восточной части террасы в 1981 г. (нижняя штрих-пунктирная линия), в 1987 г. (средняя штрих-линия), в 1999 г. (верхняя сплошная линия); Б и В – на широкой юго-западной части террасы по данным съемки в 1999 г.

В ненарушенном состоянии на некоторых участках образовалось четыре гряды. Их экспозиция была направлена, в общем, вдоль берега и обрыва. Межгрядовые участки были заняты невысокими (до 1,0 м) песчаными буграми. Сформировавшийся ландшафт с бугристо-грядовым рельефом и подвижными песками являлся уникальным для береговой зоны всего Черного моря. Такой ландшафт можно было встретить лишь на оголовке Тендровской косы и на террасе Волчек на берегу Жебриянской бухты.

В конце 80-х годов на Терновской террасе началось активное строительство. Для удобного производства работ была выполнена планировка территории. Весь верхний слой песка, мощностью 1,5-3,0 м был срезан бульдозерами (до отметок от 0,1 до 0,5 м над ординаром) и вывезен в неизвестном направлении. На месте ценнейшей экологической системы появилась своеобразная пустыня – ровная увлажненная выположенная низкая поверхность. Выполненные съемки на стационарных участках показали, что после искусственного выравнивания в составе Терновской террасы осталось от 98 до 174 м³/м песка на разных участках. Это значит, что с террасы было вывезено от 101 до 176 м³/м наносов (среднее 148 м³/м), что составляет от 45 до 62% от исходного, естественного объема Терновской террасы (табл.1).

Таблица 1

Потери наносов с поверхности Терновской террасы на разных профилях в результате антропогенного вмешательства за период с 1981 по 2003 гг.

№№ п/п	Удельный объем наносов террасы, м ³ /м		Потери наносов с поверхности террасы, м ³ /м	
	до нарушения	после нарушения	удельные м ³ /м	%%
1	200,73	98,80	101,93	50,78
2	275,09	105,23	169,86	61,75
3	299,00	161,85	137,15	45,87
4	328,05	174,32	153,73	46,86
5	349,77	173,50	176,27	50,40
Среднее:			147,79	51,13

В 2003-2005 гг. продолжалось разрушение пляжа и вывоз песка, на участке длиной около 1800 м. Если учесть, что среднее количество утраченного песка составляет 148 м³/м, а длина загубленного участка >1800 м, то общее количество потерь наносов будет достигать ориентировочно >148000 м³. Эти величины соизмеримы с продуктивностью вместе взятых Большефонтанского и Санжейского абразионных участков.

Еще одним участком запредельной нагрузки на природную систему является Днестровская пересыпь, расположенная к югу от Терновской террасы. Ее активное антропогенное освоение началось в конце 50-х годов XX века, но своего пика оно достигло в начале текущего XXI века. К настоящему времени более 95% поверхности пересыпи полностью преобразована и плотно застроена. В ходе столь масштабного освоения не учитывались структура ландшафта пересыпи, морфология и динамика берегов и подводного склона, механизм наносообмена между разными морфологическими зонами и т. д.

Как было установлено ранее, в естественных условиях пересыпь Днестровского лимана, как и многие другие пересыпи северо-западной части Черного моря, развивалась под действием трех групп факторов: эоловых, морских и лиманных гидрогенных [5, 11]. Такая особенность развития обусловила формирование на ее поверхности трех ландшафтно-морфологических зон в зависимости от доминирования того или иного фактора. Развитие этих ландшафтно-морфологических зон происходит в неразрывной связи между ними (рис. 6). Связующим звеном между ними выступают прибойный и ветропесчаный потоки наносов. Под действием прибойного потока постоянно происходит наносообмен между подводным склоном, морским пляжем и эоловой зоной. Ветропесчаный поток осуществляет наносообмен между морским пляжем, эоловой и лиманной зонами. В результате такого наносообмена образовался своеобразный литодинамический механизм, обеспечивающий динамическую стабильность линейных параметров пересыпи и объема наносов в ее теле. Наличие такого механизма наносообмена и организованная динамичность рельефа обеспечивают длительную сохранность аккумулятивных форм после каждого штормового размыва.

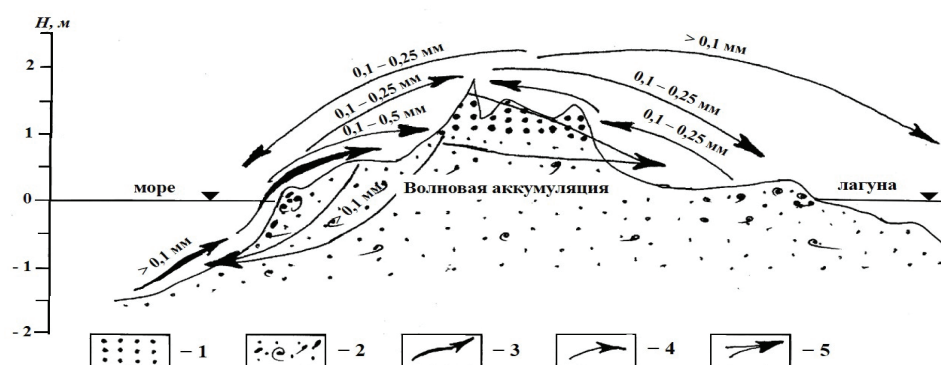


Рис. 6. Схема наносообмена между подводным склоном и поверхностью аккумулятивных форм: 1 – эоловое накопление; 2 – волновая аккумуляция; 3 – волновые подвижки наносов; 4 – эоловые подвижки наносов; 5 – штормовой размыв.

Условные обозначения: H, м – высота над уровнем моря.

В отдельные суровые годы в осенне-зимний штормовой сезон гряда кучугуров может полностью смываться волнами во время действия штормовых ветров, вплоть до формы пляжа полного профиля. Эти наносы восполняют унесенный вдольбереговым потоком наносной материал, и расходуется на послештормовое восстановление пляжей, а оттуда они вновь поступают в эоловую и лиманную зоны. Со временем на том же месте, где раньше была гряда кучугуров, начинает расти новое эоловое накопление наносов. Скорости роста эоловых образований колеблются в зависимости от конкретных условий. Прежде всего, оказывают влияние ширина пляжа, длина разгона ветрового потока, мощность слоя сухого песка, наличие растительного покрова, расчлененность подстилающей поверхности и др. Стационарные исследования показали [3, 5, 11], что в подавляющем большинстве случаев измерений средние месячные скорости увеличения высоты новых кучугуров могут составлять 0,012-0,021 м/мес. При благоприятных условиях в течение года эоловые образования могут вырасти до >1,5-1,7 м в высоту и 15-25 м в ширину [3]. В этих формах заключается от 30 до 40 м³/м наносов и эта величина соизмерима с объемом наносов в надводной части широких пляжей у подножья слабо активных клифов.

Косвенное влияние на продуктивность источников питания береговой зоны наносами связано с влиянием хозяйственной деятельности человека на качество морских вод и, как следствие, снижение биологической продуктивности наносообразующих моллюсков. В 50-60 гг. прошлого столетия в составе наносов в береговой зоне между мысом Большой Фонтан и Жебриянской бухтой больше всего встречались мидия (*Mytilus galoprovencialis*), кардиум (*Cardium edule*), венус (*Venus gallina*), тапес (*Tapes ponticus*) и многие другие. В это же время доля ракушечного материала в общей массе наносов на пляжах в среднем достигала 20-25%, а в некоторых местах пляжи были полностью сложены ракушей и ракушечным детритом [2, 6, 11]. В настоящее время отмечается резкое снижение содержания створок раковин в составе прибрежно-морских наносов в среднем до 10-15%, в некоторых местах они могут отсутствовать полностью.

В период активизации хозяйственной деятельности человека (1970-1985 гг.) были выявлены основные тенденции изменения структуры и количественных характеристик бентосных сообществ в пределах северо-западного шельфа Черного моря [7]. Основными формами антропогенного воздействия, вызывающими наиболее заметные фаунистические и биоценотические изменения макрозообентоса являются антропогенное эвтрофирование, техногенное преобразование экосистем (рефулирование песка, проведение дноуглубительных работ, дампинг грунта, берегоукрепительное строительство), сброс хозяйственно-бытовых и пресных вод, случайная интродукция видов и др.

С речным стоком Дуная и Днепра в море выносятся органические вещества, которые приводят к ухудшению кислородного режима, гипоксии и заморам в береговой зоне. Из всех рек, впадающих в Черное море, Дунай имеет

наибольший сток и он оказывает наибольшее воздействие на содержание биологических веществ в морских водах, особенно между устьями Днестра и Дуная. В 1990-2000 гг. суммарный сток биологических и органических веществ увеличился на 37% по отношению к 1950-1960 гг. [7].

Наиболее значительный урон заморы нанесли популяции мидии (*Mytilus galoprovincialis*), которая была основным наносообразующим моллюском в этой литодинамической системе. В последние десятилетия в Дунай-Днестровском междуречье заморы носили более регулярный и продолжительный характер. Несмотря на негативные последствия заморы, биоценоз мидии в 1980-1980 гг. занимал еще значительные площади. В 1985 г. состав характерных видов биоценозов значительно изменился, и ядро биоценоза мидии уже составляла миа (*Mya arenaria*), которая была завезена в 60-х годах XX столетия из Балтийского моря. Этот моллюск оказался наиболее устойчивым к гипоксии [7]. Снижение биологической продуктивности моллюсков также негативно отразилось на запасах наносов в береговой зоне и, как следствие – на морфологии и динамике абразионных и аккумулятивных берегов.

Последствия антропогенного вмешательства не заставили себя долго ждать. Деструктивные процессы в береговой зоне начали проявляться не только в местах строительства, но и во всей литодинамической системе исследованного побережья. Блокирование абразионных источников питания, уничтожение эоловой зоны на Терновской террасе и Днестровской пересыпи, на половине длины Будакской пересыпи, частично на пересыпи лимана Бурнас сразу отразилось на запасах наносов на подводном склоне во всей литодинамической ячейке между мыс Большой Фонтан и Жебриянской бухтой. Всю протяженность этого берега по степени и способу разрушения можно разделить на несколько участков (рис. 3).

Первый участок охватывает береговую зону между мысами Большой Фонтан и Санжейский. На этом отрезке берега клиф и приурезовая зона практически полностью закрыты от волнового воздействия разного рода постройками, а подводный склон остался незащищенным. Энергия морского волнения, которая ранее затрачивалась на разрушение клифов и переработку поступивших наносов, стала расходоваться на разрушение подводного склона. Конечным результатом разрушения стал процесс углубления подводного склона. Как следствие, во время штормов трансформация волн происходила слабо, и они с мало измененными параметрами стали свободно достигать находящиеся на берегу постройки и берегозащитные сооружения, подмывали их фундамент и разрушали. Это привело к нарушению динамического равновесия на абразионных берегах, особенно на оползневых склонах.

В результате нерациональная застройка в настоящее время активизировала процессы оползнепроявлений, особенно между мысами Большой Фонтан и Санжейский, привела к заметному сокращению, а в некоторых местах, – и к полному исчезновению пляжей. В соответствии с законом географической

локальности [9] максимальное возмущение природной системы произошло в непосредственной близости от участков вмешательства в естественный ход развития берега. По мере удаления от этого участка скорости отступления клифов и переработки поверхности аккумулятивных форм и подводного склона уменьшались.

Второй участок протянулся от мыса Санжейского до южной оконечности Будакской пересыпи. Для этого участка характерно также, как и для предыдущего, масштабное антропогенное вмешательство в природную береговую зону. Ведущим процессом этого вмешательства стало изъятие наносов с поверхности аккумулятивных форм и нарушение литодинамических связей между разными морфологическими зонами на их поверхности [13]. Естественно, что отклик на это нарушение произошел на всем протяжении берега. На абразионных участках усилились скорости абразии клифов и бенчей, повсеместно сократились размеры односклонных пляжей у подножья клифов. На участках распространения волновых аккумулятивных форм в северной части Терновской террасы, несмотря на разрушение эоловой зоны, берег продолжал выдвигаться вплоть до 2003-2005 гг. (рис. 4). Так, в период с 1981 по 2003 г. средняя скорость выдвигания берега составляла 3,64 м/год. Максимальные скорости, равные 9,17 м/год, были зафиксированы с 1981 по 1987 год. В последующие годы (1987-1995 гг.) скорости волновой аккумуляции и выдвигания береговой линии постепенно снижались до 0,7 м/год. Но зато одновременно объем эоловой аккумуляции оставался неизменным, равным 10,2 м³/м в год (табл. 1). Проведенные съемки в 2017 г. показали, что с 2003 года в общем ширина террасы уменьшилась на 41 м, а скорость отступления береговой линии за это время в среднем составила 2,93 м/год. Сокращение размеров террасы визуально прослеживается вдоль всего ее фронта.

Южная часть террасы широкая, и антропогенными преобразованиями затронута в основном ее тыльная часть. Морская и эоловая зона развиваются в естественном состоянии. Однако, и здесь отмечается отступление береговой линии в последние годы (рис. 7). На рис. 7 видно, что в 2005 г. морской край террасы морфологически представлял собой пляж полного профиля, на поверхности которого выделялись только штормовые валы гидрогенного происхождения. Со временем поверхность пляжа стала активно перерабатываться ветровым потоком, и это привело к расчленению ее поверхности и росту эоловых форм. С 2005 по 2010 гг. отмечалась активная волновая и эоловая аккумуляция: высота выросла на 0,65 м, ширина – на 18 м, а объем наносов – на 60,66 м³/м (табл. 3). В 2017 году высота террасы осталась неизменной в сравнении с 2010 годом, а ширина и объем наносов резко уменьшились [13].

Следует отметить, что ширина уменьшилась не только в сравнении с 2010 г. (на 40 м), но и в сравнении с 2005 г. (на 22 м), а объем наносов вернулся к исходным значениям 2005 г. и составил 82,72 м³/м (табл. 3). Несмотря на то, что берег здесь, в общем, находится в естественном состоянии, сокращение раз-

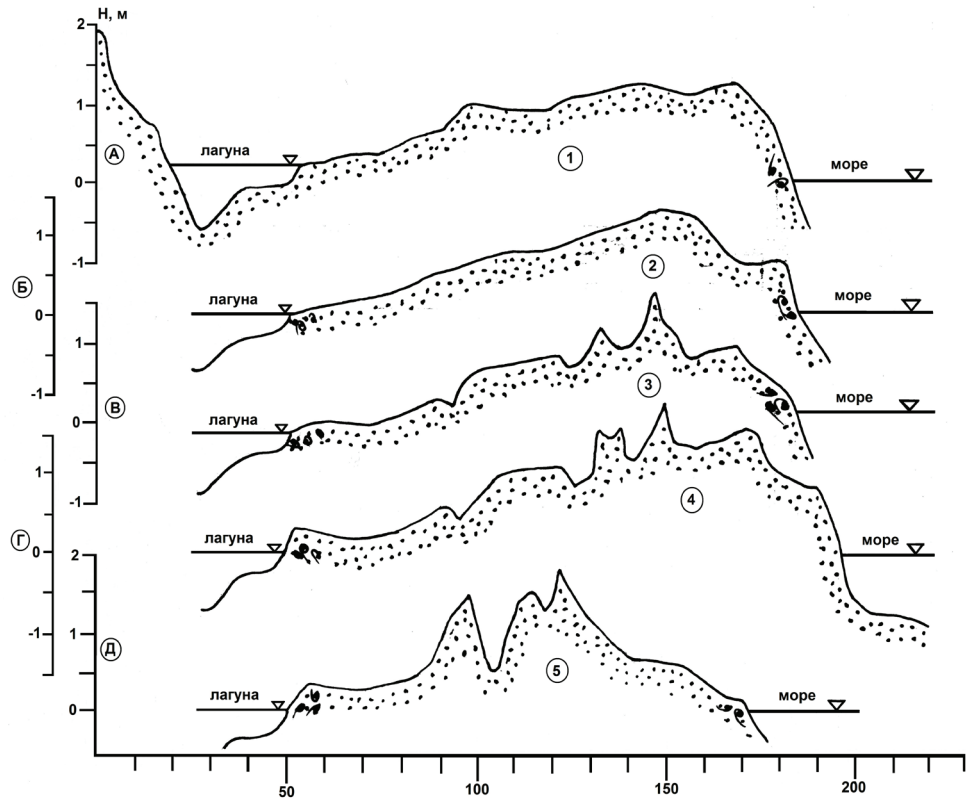


Рис. 7. Изменение морфологии и ширины южной части Терновской террасы за период с 2006 по 2017 годы: 1 – 8.09.2006 г.; 2 – 22.06.2007 г.; 3 – 7.10.2009 г.; 4 – 15.08.2010 г.; 5 – 16.09.2017 г.

Условные обозначения: Н, м – высота над уровнем моря, м; L – длина профиля, м.

меров террасы обусловлено общим снижением запасов наносов и обострением дефицита наносов во всей литодинамической системе.

Продолжением Днестровской пересыпи в южном направлении является Будацкая пересыпь. Антропогенное преобразование затронуло весь ее северо-восточный фланг, примыкающий к Днестровской пересыпи. Остальная южная часть развивается, в общем, в естественных условиях, но деградация рельефа и смещение пересыпи в сторону суши отмечается на всем ее протяжении. Этот процесс четко прослеживается на профиле рис. 8.

Сопоставление поперечных профилей на разных участках и за разные годы съемок показало, что общее смещение пересыпи в сторону лимана происходит со скоростями от 1,0 до 2,6 м/год. Максимальные скорости смещения характерны для северо-восточного фланга.

Таблица 2

**Основные морфометрические характеристики
северной части Терновской террасы**

Дата съемки	Вся терраса			Морской пляж			Эоловая зона		
	Средняя высота, м	Средняя ширина, м	Удельный объем наносов, м ³ /м	Средняя высота, м	Средняя ширина, м	Удельный объем наносов, м ³ /м	Средняя высота, м	Средняя ширина, м	Удельный объем наносов, м ³ /м
1972	1,95	31,0	38,50	-	-	-	-	-	-
1981	2,19	49,0	53,33	1,19	33,0	22,69	2,19	16,0	30,65
1987	2,90	101,0	135,88	1,09	61,0	44,25	2,90	40,0	91,63
1995	3,25	198,0	200,73	0,70	17,0	6,96	3,25	91,0	193,77
2003	0,90	128,0	-	Естественный рельеф нарушен					
2017	0,60	87,0	-	Естественный рельеф нарушен					

Таблица 3

**Основные морфометрические характеристики морской
и эоловой зон вместе взятых в южной части Терновской террасы**

Годы съемок	Средняя высота, м	Средняя ширина, м	Удельный объем наносов, м ³ /м
2005	1,20	132,0	82,59
2007	1,25	133,0	89,30
2009	1,65	140,0	101,05
2010	1,85	150,0	143,35
2017	1,85	110,0	82,72

Юго-западный фланг пересыпи опирается на абразионный клиф и его скорости отступления контролируются динамикой этого сопредельного клифа, которая с 1975 по 1985 гг. составляла 1,5 м/год, а с 1975 по 2006 гг. увеличилась и составляла 2,1 м/год. Рост скоростей абразии в последнее десятилетие является свидетельством отклика данного отрезка берега на возникший дефицит наносов.

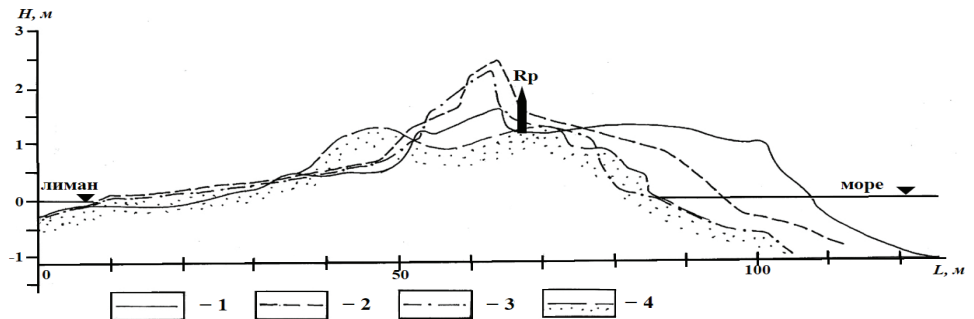


Рис. 8. Морфология и динамика Будакской пересыпи по материалам съемок в разные годы: 1 – 20.08.2000 г.; 2 – 09.09.2005 г.; 3 – 10.09.2006 г.; 4 – 29.06.2008 г.

Условные обозначения: Н, м – высота над уровнем моря, м; L – длина профиля, м.

По мере продвижения в южном направлении влияние антропогенной деятельности уменьшается и связано в основном с местами массового отдыха. Оно является точечным, не столь существенным, как на Днестровской пересыпи и обусловлено главным образом разрушением растительного покрова в эоловой зоне. Такое негативное явление приводит к развеванию эоловых форм рельефа и общему снижению высоты аккумулятивных форм. Соответственно уменьшается отклик природной среды на искусственное возмущение. Точечное влияние антропогенного фактора отмечается у северо-восточного корневого участка Бурнасской пересыпи, на пересыпи Мал. Сасыка и в северной части Жебриянской террасы. Именно здесь чаще всего происходит прорыв штормовыми волнами пересыпей и формирование прорыв в их теле. Скорости смещение береговой линии Бурнасской пересыпи (по урезу) в сторону лимана колеблются от 0,48 м/год до 1,6 м/год на отдельных профилях. Такой разброс значений скоростей обусловлен частыми возвратно-поступательными движениями береговой линии в зависимости от штормовой ситуации. Эоловая гряда является более консервативной и скорости смещения ее гребня на тех же профилях отличаются незначительно и изменяются от 0,86 до 1,0 м/год. В общем, за наблюдаемый многолетний период все тело пересыпи Бурнас смещается в сторону суши (рис. 9). Максимальные скорости зафиксированы у корневой части на стыке с абразионным клифом. По мере продвижения на юг скорости смещения уменьшаются. Южная часть пересыпи Тузовских лиманов (Шаганская) и северная часть Сасыкской характеризуется динамичной стабильностью, хотя в отдельные годы во время сильных штормов возможны значительные размывы пляжа и даже эоловой гряды. Однако, после таких экстремальных ситуаций нарушенный рельеф быстро восстанавливается до исходного доштормового.

Южная часть Сасыкской пересыпи является участком разворота береговой линии. К северу от него береговая линия отклоняется в западном направлении, а к югу, наоборот, в восточном направлении.

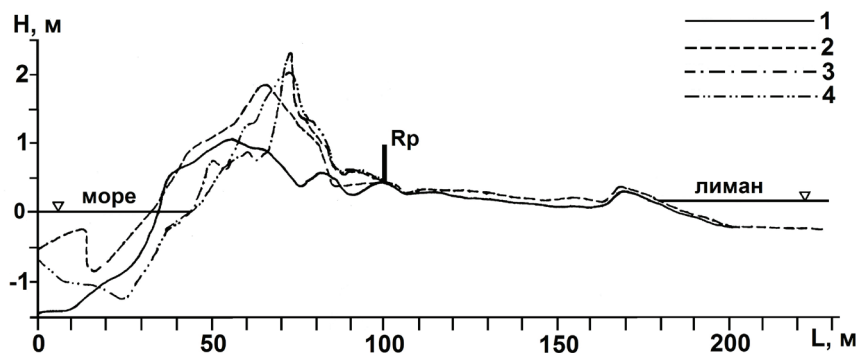


Рис. 9. Морфология и динамика пересыпи Бурнасского лимана по материалам съемок в разные годы: 1 – 1989 г.; 2 – 1999 г.; 3 – 2007 г.; 4 – 2010 г.

Условные обозначения: H, м – высота над уровнем моря, м; L – длина профиля, м.

Третий участок простирается к югу от участка разворота и охватывает берега Жебриянской бухты – Жебриянскую террасу и Жебриянскую косу – протяженностью до 10 км. Этот участок является местом разгрузки вдольберегового потока наносов, идущего от мыса Большой Фонтан (рис. 3). Поэтому здесь береговая линия характеризуется активной аккумуляцией и прогрессивным нарастанием в сторону моря. Несмотря на то, что этот отрезок берега значительно удален от участка активного антропогенного влияния, но и здесь ощущается изъятие наносов, ведущее к уменьшению объемов аккумуляции в Жебриянской бухте, как это обычно бывает в границах литодинамических систем (ячеек) [11, 12]. Сравнение космоснимков Жебриянской косы показало, что размеры ее современной генерации уступают по площади более старым, развивающимся в условиях значительно меньшего влияния человека на береговую зону между мысом Большой Фонтан и Жебриянской бухтой.

ВЫВОДЫ

1. Любая хозяйственная деятельность в береговой зоне сказывается на запасах наносов и ведет к нарушению динамического равновесия в системе. Это неизбежно ведет к активизации деструктивных процессов не только на участках внедрения в природную систему береговой зоны, но и по всей протяженности «литодинамической ячейки». Чем ближе к участку нарушения естественных природных процессов, тем сильнее отклик природной системы.

2. Нарушение эолового наносообмена между разными морфологическими зонами привело к тому, что скорость отступления морского края пересыпей Днестровского и Будаковского лиманов стала больше, чем скорость выдвигания лиманной. Такое соотношение скоростей динамики неизбежно ведет к уменьшению ширины (сужению) и высоты, что является признаком общей их деградации.

3. На участках разгрузки вдольбереговых потоков наносов, которые аккумуляруют в себе все, что происходит во всей системе, как в зеркале четко отражаются все положительные и отрицательные стороны человеческой деятельности.

4. Чтобы избежать негативных последствий при планировании освоения того, или иного участка берега моря необходимо проводить упреждающие всесторонние исследования береговой зоны, включая подводный склон и надводную часть, не только на участках предполагаемой различной деятельности, но и по всей протяженности «литодинамической ячейки», в пределах которой они находятся.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айбулатов Н. А. Динамика твердого вещества в шельфовой зоне [Текст] / Н. А. Айбулатов. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 272 с.
2. Выхованец Г. В. Современные процессы развития пересыпей лиманов в северо-западной части Черного моря [Текст] / Г. В. Выхованец // Известия Всесоюзного Географического общества. – 1987. – Т. 119. – Вып. 6. – С. 541-548.
3. Выхованец Г. В. Эоловый процесс на морском берегу [Текст] / Г. В. Выхованец. – Одесса: Астропринт, 2003. – 368 с.
4. Выхованец Г. В. Антропогенное влияние на берег Терновской террасы, Черное море [Текст] / Г. В. Выхованец // Екологічні проблеми Чорного моря. – 2004. – Вип.6. – С.91-98.
5. Выхованец Г. В. Современное состояние Днестровской пересыпи на северо-западном побережье Черного моря [Текст] / Г. В. Выхованец // Причерноморский экологический бюллетень. – 2005. – № 3-4 (17-18). – С. 54-62.
6. Зенкович В. П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря [Текст] : Т. II. / В. П. Зенкович. – М.: Изд-во АН СССР. – 1960. – С. 360.
7. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология [Текст] / под ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова, Г. Г. Миничевой. – К.: Наукова думка, 2006. – 701 с.
8. Стоян А. А. К вопросу о влиянии антропогенного фактора на природу береговой зоны Черного моря [Текст] / А. А. Стоян // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. – 2015. – Т. 20. – Вип. 1(24) – С. 149 – 161.
9. Шуйський Ю. Д. Географічна локальність у береговій зоні Світового океану [Текст] / Ю. Д. Шуйський. // Україна та глобальні процеси: географічний вимір. Т. 1. – Київ-Луцьк: Вежа, 2000. – С. 72-75.
10. Шуйський Ю. Д. Режим вдольбереговых потоков наносов в северо-западной части Черного моря [Текст] / Ю. Д. Шуйський, Г. В. Выхованец // Известия Всесоюзного Географического общества. – 1983. – Т. 115. – № 5. – С. 420-429.
11. Шуйський Ю. Д. Экзогенные процессы развития аккумулятивных берегов в северо-западной части Черного моря [Текст] / Ю. Д. Шуйський, Г. В. Выхованец. – Москва: Недра, 1989. – 198 с.
12. Шуйський Ю. Д. Вдольбереговые литодинамические системы в береговой зоне северо-западной части Черного моря [Текст] / Ю. Д. Шуйський, Г. В. Выхованец, Л. В. Орган // Причерноморский экологический бюллетень. – 2010. – № 1 (35). – С. 74-84.
13. Шуйський Ю. Д. Анализ состава береговых наносов на участке разгрузки вдольберегового песчаного потока, северная часть Черного моря [Текст] / Ю. Д. Шуйський, Г. В. Выхованец, Д. О. Панкратенкова // Slovak international scientific journal. Series: Geography, 2017. – № 7. – vol. 1. – pp. 63-70.

REFERENCES

1. Aybulatov, N. A. (1990), *Dinamika tverdogo veshchestva v shelfovoy zone* [Dynamics of solids in the offshore area], Leningrad: Gidrometeoizdat, 272 p.
2. Vykhovanets, G. V. (1987), *Sovremennyye protsessy razvitiya peresypey limanoy v severo-zapadnoy chasti Chernogo morya* [Modern processes of development of sandbars of estuaries in the northwestern part of the Black sea], *Izvestiya Vsesoyuznogo Geograficheskogo obshchestva*, vol. 119, № 6, pp. 541-548.

3. Vykhovanets, G. V. (2003), *Eolovyy process na morskoy beregu [Aeolian processes on the sea shore]*, Odessa: Astroprint, 368 p.
4. Vykhovanets, G. V. (2004), Antropogennoye vliyaniye na bereg Ternovskoy terrasy. Chernoye more [Anthropogenic impact on the shore Ternovskoy terrace, the Black sea], *Ekologichni problemi Chornogo moray*, vol.6, pp. 91-98.
5. Vykhovanets, G. V. (2005), Sovremennoye sostoyaniye Dnestrovskoy peresypi na severo-zapadnom poberezhyye Chernogo morya [Modern state of the Dniester spit on the North-Western coast of the Black sea], *Prichernomorskiy ekologicheskiy byulleten*, № 3-4 (17-18), pp. 54–62.
6. Zenkovich, V. P. (1960), *Morfologiya i dinamika sovetskikh beregov Chernogo morja: Tom II [Morphology and dynamics of Soviet Black sea: Volume II]*, Moscow: Publishing house AN SSSR, 360 p.
7. Severo-zapadnaya chast Chernogo morya: biologiya i ekologiya (2006), [The North-Western part of the Black sea: biology and ecology], Yu. P. Zaytseva. B. G. Aleksandrova. G. G. Minichevoy, Kyiv: Naukova dumka, 701 p.
8. Stoyan, A. A. (2015), K voprosu o vliyaniy antropogennoho faktora na prirodu beregovoy zony Chernogo morya [The question of the impact of anthropogenic factors on the nature of the coastal zone of the Black sea], *Visnik Odeskogo natsionalnogo universitetu. Geografichni ta geologichni nauki*, vol. 20, No. 1(24), pp. 149–161.
9. Shuisky, Yu. D. (2000), Heohrafichna lokalnist u berehovii zoni Svitovoho okeanu [Geographic location in the coastal zone of the oceans], *Ukraina ta hlobalni protsesy: heohrafichni vymir*, Kyiv-Lutsk: Vezha, vol. 1., pp. 72-75.
10. Shuisky, Yu. D., & Vykhovanets, G. V. (1976), Sovremennyye ehologicheskiye processy na peschanykh peresypakh limanov Chernogo morya [Contemporary eolian processes on sand spits estuaries of the Black sea], *Reports of as USSR*, vol. 226, No. 1, pp. 190-193.
11. Shuisky, Yu. D. & Vykhovanets, G. V. (1989), Ekzogennyye processy razvitiya akumuljativnykh beregov v severo-zapadnoj chasti Chernogo morja [Exogenous development processes accumulative coasts in the northwestern part of the Black Sea], Moscow: Nedra, 198 p.
12. Shuisky, Yu. D., Vykhovanets, G. V., Organ, L. V. (2010), Vdolberegovyye litodinamicheskiye sistemy v beregovoy zone severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Coastal lithodynamic system in the coastal zone of the North-Western part of the Black sea], *Prichernomorskiy ekologicheskiy byulleten*, № 1 (35), pp. 74-84.
13. Shuisky, Yu. D., Vykhovanets, G. V., Pankratenkova, D. O. (2017), Analiz sostava beregovih nanosov na uchastke razgruzki vdolberegovogo peschanogo potoka, severnaya chast Chernogo morya peregoda [Analysis of the shore sediment composition within region of downthrow of alongshore sandy flow, northern part of the Black sea], *Slovak international scientific journal. Series: Geography*, № 7, vol. 1, pp. 63-70.

Поступила 26. 04. 2018

Г. В. Вихованець, доктор геогр. наук, професор
Д. О. Панкратенкова, викладач
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра фізичної географії та природокористування
Шампанський пров, 2, Одеса, 65058, Україна
dashap15041989@gmail.com

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА СУЧАСНИЙ СТАН АКУМУЛЯТИВНИХ ФОРМ РЕЛЬЄФУ ПІВНІЧНО- ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

Резюме

В останні десятиліття відзначається зростаюче освоєння берегової зони Чорного моря. Це тягне за собою активне втручання в природну систему берегової зони, особливо сильно між мисом Великий Фонтан і Жебріянською бухтою.

З 90-х років минулого століття й до теперішнього часу дослідження вчених були спрямовані на вивчення різних хвильових і нехвильових процесів, що протікають на підводному схилі й морському березі в різних частинах цього літодинамічного осередка в умовах активно мінливих природних процесів та зростаючого антропогенного впливу. Накопичений матеріал потребує серйозного осмислення та узагальнення для раціонального використання ресурсів в береговій зоні моря.

Мета роботи – оцінка зміни сучасних умов розвитку берегової зони моря на ділянці максимального антропогенного навантаження в районі дослідження. Об'єктом дослідження виступає «літодинамічний осередок» між мисом Великий Фонтан і Жебріянською бухтою в північно-західній частині Чорного моря. Предмет – антропогенні та безперервно мінливі природні умови розвитку берегової зони в межах даної літодинамічної системи.

Матеріалами для написання даної статті послужили результати тривалих стаціонарних досліджень кафедри фізичної географії Одеського національного університету в береговій зоні Чорного моря між мисом Великий Фонтан і Жебріянською бухтою. У 70-80 рр. ХХ століття на цьому відрізку берега в межах абразійних і акумулятивних форм рельєфу були закладені стаціонарні ділянки з реперною мережею. До середини 90-х років щорічно проводилася зйомка положення кромки кліфа на абразійних берегах, нівелювання поверхні акумулятивних форм, проміри підводного схилу, відбір проб наносів на підводному схилі та поверхні акумулятивних форм, вимірювання потужності вітропіщаного потоку на морському пляжі, в еоловій та лиманній зонах. З 2000 року зйомки на цих ділянках проводилися не щорічно. Після лабораторної обробки отриманий матеріал узагальнювався з позицій системного підходу до вивчення даної літодинамічної ланки. Основними методами аналізу були картографічний, порівняльно-географічний, графічний та інші загальногеографічні методи.

У процесі дослідження берегової зони в районі ділянки від мису Великий Фонтан до Жебріянської бухти було визначено, що активна господарська діяльність позначається на запасах наносів і призводить до порушення динамічної рівноваги в системі. Це в свою чергу неминуче веде до активізації деструктивних процесів не тільки на території вторгнення в природну систему берегової зони, але й по всій протяжності «літодинамічного осередку».

Крім того, порушення еолового наносообміну між різними морфологічними зонами призвело до того, що швидкість відступання морського краю пересипів Дністровського і Будацького лиманів стала більшою, ніж швидкість висування лиманної. Таке співвідношення швидкостей динаміки неминуче веде до зменшення ширини (звуження) та висоти, що є ознакою загальної їх деградації.

Ключові слова: Чорне море, літодинамічний осередок, вздовжбереговий потік наносів, абразія, акумуляція, еолові форми, літодинамічні зв'язки, наносообмін, антропогенна діяльність.

G. V. Vykhoanets

D. O. Pankratenkova

Odessa I. I. Mechnikov National University,
Department Physical Geography and Environmental Sciences,
Shampanskiy per, 2, Odessa, 65058, Ukraine
dashap15041989@gmail.com

THE EFFECT OF ANTHROPOGENIC FACTOR ON THE MODERN CONDITION OF ACCUMULATIVE FORMS OF RELIEF OF THE NORTH-WESTERN PART OF THE BLACK SEA

Abstract

Problem Statement and Purpose. In recent decades there has been increasing development of the coastal zone of the Black sea. This entails active intervention in the natural system of the coastal zone, particularly strong between the Cape Bolshoy Fontan and Zhebriyansky Bay. Since the 90-s of the last century to the present time, research scientists were sent to study various wave and non-wave processes on the underwater slope and the sea-coast in different parts of the lithodynamic cells in terms of actively changing natural processes and increasing human influence. To date, there is extensive material that requires serious consideration and generalizations for rational use of natural resources of the coastal zone.

The aim of this work is the assessment of change in modern conditions the development of the coastal zone of the sea in the area of maximum anthropogenic load in the study region. The object of research is “lithodynamic cell” between the Cape Bolshoy Fontan and Zhebriyansky Bay in the north-western part of the Black sea. The subject – is man-made and ever-changing natural conditions of development of the coastal zone within the lithodynamic system.

Data & Methods. Material for writing this article was the results of long-term stationary researches of the Department of physical geography, Odessa National University in the coastal zone of the Black sea between the Cape Bolshoy Fontan and Zhebriyansky Bay. In 70-80 of the twentieth century on this stretch of the coast within the limits of abrasion and accumulative forms of relief were laid stationary areas with the reference network. Until the mid 90-s was conducted annually survey the position of the edge of the cliff on the banks of the abrasion, surface leveling accumulative forms, measurements of the underwater slope, sampling sediments on the underwater slope and the surface of accumulative forms, the power measurement wind and sand flow on the beach, aeolian and estuary areas. Since 2000 surveying in these areas was not carried out annually. After laboratory processing of the obtained material were summarized from the standpoint of system approach to the study of the lithodynamic cell. The main methods of analysis were mapping, comparative-geographical, graphical and other geographical methods.

Results. During the study of the coastal zone in the area of the site from the Cape Bolshoy Fontan and Zhebriyansky Bay, it was determined that an active economic activity affects the supply of sediments and leads to disruption of the dynamic equilibrium in the system. This in turn inevitably leads to the intensification of

destructive processes in the territory of invasion of the natural system of the coastal zone, but also along the entire length “lithodynamic cells”.

In addition, the violation of aeolian process between the different morphological zones has led to the fact that the rate of retreat of the marine edge of sandbars estuary of Dnester and Budaky was greater than the rate of extension of the estuary. This ratio of velocities, the dynamics inevitably leads to a decrease in width (narrowing) and height that is a sign of total degradation.

Keywords: Black sea, lithodynamic cell, coastal stream sediment, abrasion, accumulation, aeolian forms, lithodynamic communication, the exchange of sediment, anthropogenic activities.