

УДК 551 465

© П.Д. Ломакин, А.И. Чепыженко, А. А. Чепыженко, 2010

**РАЗМЫВ БЕРДЯНСКОЙ КОСЫ (АЗОВСКОЕ МОРЕ)  
ПОСЛЕ ШТОРМОВОГО НАГОНА В НОЯБРЕ 2007 ГОДА**

*На основе данных гидрофизических исследований и спутниковых снимков рассмотрены природные и антропогенные факторы и механизмы, вызвавшие размыв участков пляжа на восточном побережье Бердянской косы под воздействием штормового нагона в ноябре 2007 года.*

**Введение.** В результате жестокого шторма 11 ноября 2007 года, сопровождавшегося мощным нагоном и катастрофическим подъемом уровня моря, была размыва значительная часть пляжной зоны Бердянской косы. Безвозвратно утрачены отдельные участки пляжа протяженностью до 100–150 м. Оздоровительные учреждения частично или полностью лишились пляжной полосы. Были подмыты, повреждены и разрушены многочисленные здания.

Перечисленные факты стали следствием прямого разрушительного действия отмеченного особо опасного природного явления.

В течение нескольких месяцев после шторма, когда установились типичные для Азовского моря погодные условия, ширина пляжной полосы на отдельных участках косы продолжала быстро сокращаться. Наиболее интенсивный размыв наблюдался в самой узкой области косы, где пляж сузился до нескольких десятков метров.

С целью выявления механизмов, способствовавших дальнейшему размыву пляжа и дна у восточного побережья Бердянской косы после жестокого шторма 11 ноября 2007 г., здесь 8 декабря 2007 г. нами были проведены комплексные гидрофизические исследования.

**Материал и методы.** Экспериментальные работы выполнены с борта килевого катера типа «Зодиак» вдоль восточного побережья Бердянской косы, на полигоне, включавшем три разреза, ориентированных примерно по нормали к береговой черте (рис. 1, а). Расстояние между разрезами 3 км, протяженность каждого около 700–800 м. Станции располагались таким образом, чтобы охватить все характерные морфометрические зоны побережья. Ближний к берегу ряд станций находился практически в зоне волнового обрушения (глубина 1,2–1,5 м). Следующий за ним ряд – в области бара (~ 2–2,5 м). Два последних ряда – в мористой части полигона с глубиной 3–6 м.

В ходе этого эксперимента были получены сведения о следующих важнейших элементах экологического комплекса: донном рельефе, системе течений, температуре, солености, содержании в воде суммарного взвешенного вещества, растворенного органического вещества, растворенных нефтепродуктов, а также мутности (измерялась при помощи разработанного в Морском гидрофизическом институте НАН Украины зонда-мутномера [5] с шагом по глубине 0,1 м). Остальные параметры фиксировались на двух горизонтах – на поверхности моря и у дна.

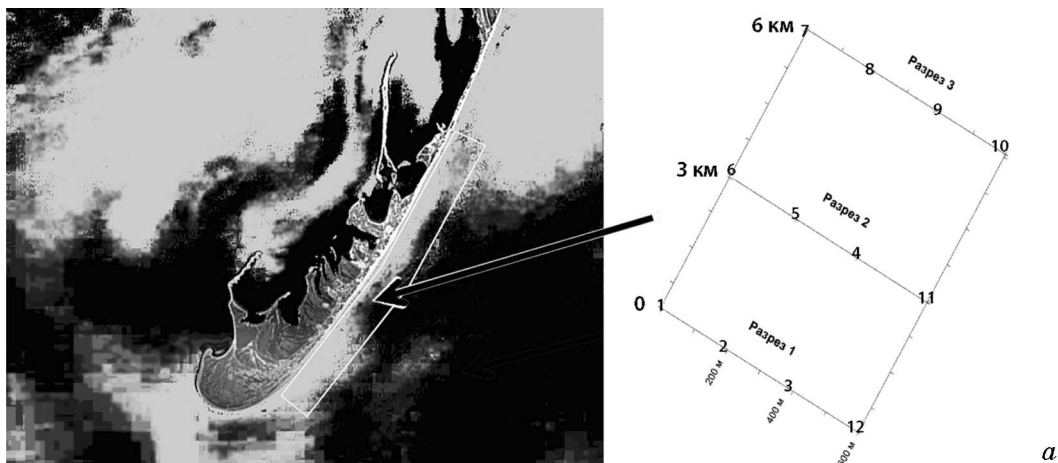
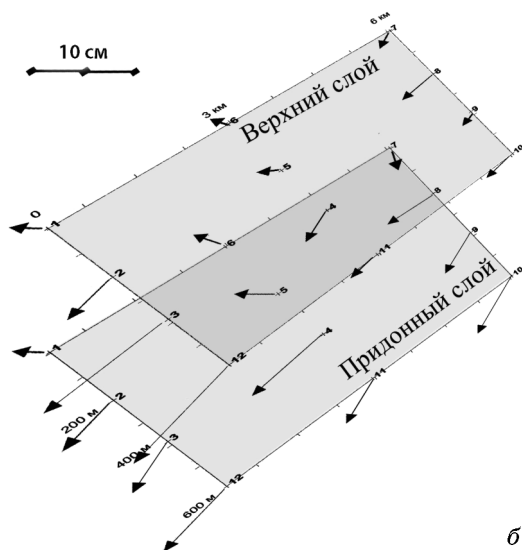


Рис. 1. Слева – спутниковый снимок района Бердянской косы до шторма 11 ноября 2007г. Белой линией здесь обозначены границы полигона. Справа – схема расположения станций, масштаб оси вдоль разрезов увеличен в 4 раза (а). Справа внизу показаны векторы течений в верхнем и придонном слоях (б)



Использованные в статье спутниковые снимки заимствованы из Internet.

В результате анализа накопленной информации выявлено, что из всех наблюдаемых параметров водной среды мутность – наилучший показатель динамики взвешенного в воде вещества. Именно полученная в зондирующем режиме довольно детальная трехмерная структура поля мутности адекватно отражает кинематику мутьевых потоков, и ее исследование позволяет выйти на возможные механизмы, вызывающие размыв берега и дна.

**Результаты.** Промер дна обнаружил в донном рельефе рассматриваемого участка ряд количественных и качественных изменений, которые стали следствием мощного штормового нагона. Существенным образом пострадал берег в районе самой узкой части косы. Заметно деформировалось дно в районе бара. Здесь, примерно в центре полигона, обозначилось достаточно рельефное поднятие, которое, на наш взгляд, сыграло значимую роль в процессе интенсификации размыва пляжа на рассматриваемом участке Бердянской косы.

Поскольку практика показала, что для решения поставленной задачи наиболее представительным параметром является поле мутности вод как показатель динамики взвешенного вещества, то сведения о состоянии среды по всем остальным наблюдаемым параметрам изложены кратко и без гра-

фической иллюстрации. Далее по тексту помещены более детальные результаты анализа поля мутности.

Выявлены следующие закономерности структуры и динамики вод. Толща вод была термически однородной как по вертикали, так и в горизонтальном плане. Абсолютный диапазон изменения температуры воды 3,48–3,54°C.

Основной фактор, определявший динамику вод на рассмотренной территории, представлен вдольбереговым течением юго-западного направления. Его скорость убывала по направлению к берегу от 12–18 до 2–4 см/с. В прибрежной зоне и в области бара течения у дна были более интенсивными, чем на поверхности (рис. 1 б).

В системе вдольберегового течения в области полигона отмечены менее соленые воды. Они также имели меньшее содержание суммарной взвеси и меньшую концентрацию растворенных нефтепродуктов, но, вместе с тем, отличались высокими значениями концентрации растворенного органического вещества.

Максимальные концентрации общего взвешенного вещества обнаружены непосредственно у берега и, по-видимому, были следствием действия механизма волнового обрушения.

Поле суммарной взвеси, полученное и построенное для поверхности моря и придонного горизонта, из-за малой дискретности наблюдений, не выявило каких-либо закономерностей, позволяющих судить о пространственной структуре данного параметра среды. Поэтому мы обратились к его прямому аналогу – полю мутности, значения которого были определены в зондирующем режиме с существенно более высоким разрешением по вертикали.

Численная связь между двумя этими характеристиками установлена нами по результатам верификационных экспериментов с применением стандартного гравиметрического метода. В итоге был определен поправочный коэффициент, согласно которому значения мутности в оптических единицах (ЕФМ) соотносятся с концентрацией общего взвешенного вещества (мг/л) как 1/0,66.

На рис. 2 на каждом из четырех параллельных береговой линии сечений, расположенных в направлении от берега в мористую область полигона, показано распределение мутности вод, позволяющее судить о трехмерной структуре ее поля. Видно, что поле исследуемой оптической величины отличается существенной неоднородностью с ярко выраженными отдельными ядрами, где значение мутности достигает 27 ЕФМ, что на 5–10 ЕФМ выше окружающего фона.

Эта структурная особенность дает основание отождествить положение ядер в поле мутности со стрежнем мутьевого потока (потока суммарного взвешенного вещества), что также следует из элементарных логических соображений, – поток с максимальной концентрацией взвеси должен проявляться в поле мутности в виде локального максимума. То есть линия, проходящая через последовательно расположенные ядра мутности, соответствует стрежню и траектории потока взвешенного вещества. Очевидно, что поток взвеси направлен от ядер с большей мутностью к ядрам с

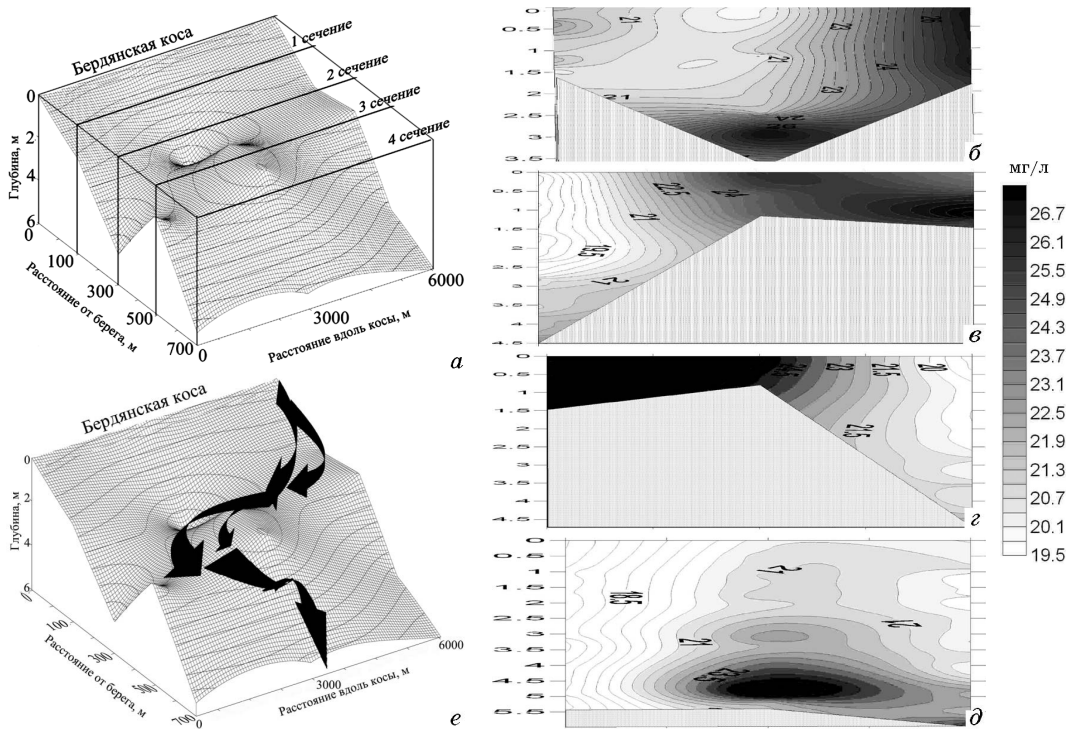


Рис. 2. Рельеф дна (а); распределение взвеси (мг/л) на четырех параллельных берегу сечениях (б, в, г, д); схема потока взвеси на фоне донного рельефа (е)

меньшей мутностью. Источник взвеси соответствует абсолютному максимуму мутности.

Идентифицировав стрежень мутьевого потока с максимумом мутности, мы попытались определить его траекторию. На рис. 2е на объемной схеме донного рельефа по положению максимума мутности для каждого сечения (рис. 2 б–д) на основе высказанных выше соображений стрелками нанесена траектория потоков взвешенного вещества.

Видно, что абсолютный максимум мутности 27 ЕФМ (источник суммарной взвеси) располагался в области самого узкого и активно размываемого участка косы (станция 7). Здесь же вектор течения был направлен от берега (см. рис. 1б). От источника поток с максимальным содержанием взвешенного вещества отходил в мористую сторону на юг, юго-запад и далее по циклонической траектории обтекал локальное поднятие дна, находившееся в области бара. Затем по его мористому склону, заглубляясь, распространялся в открытое море.

Выявленная закономерность движения взвешенного вещества в совокупности с кинематическими и морфометрическими особенностями рассматриваемой территории позволяет составить цепочку причинно-следственных связей, на качественном уровне поясняющую природный механизм размыва Бердянской косы. Штормовой нагон вызвал деформацию донного рельефа в районе косы. В результате взаимодействия вдольберегового течения с образовавшимися неоднородностями дна в области бара возникли локаль-

ные вихревые образования, способствовавшие формированию поперечной составляющей мутьевых потоков и выносу взвешенного вещества из пляжной зоны. Вынос взвеси из пляжной области и соответственно размыв косы должен быть наиболее интенсивным в местах, где бар возмущен как положительными, так и отрицательными морфометрическими формами, при прочих равных условиях.

Согласно спутниковым снимкам, за время с мая 2005 г. по сентябрь 2007 г. вдоль восточного побережья Бердянской косы было построено 13 бун с различными геометрическими размерами и расстоянием между ними.

Вероятно, что каждая из бун проектировалась для защиты конкретного наиболее подверженного размыву локального участка косы. Известно [2, 3, 4, 6], что при выборе типа, размеров и расположения берегозащитных сооружений в литодинамической системе должно учитываться не только достижение поставленной цели на защищаемом участке побережья, но также и влияние проектируемых сооружений и мероприятий на примыкающие к нему участки. Защита локальных коротких отрезков берегов внутри значительной зоны размываемого побережья весьма сложна, дорогостояща и малоэффективна, так как смежные незащищенные участки продолжают отступать. Частичные берегозащитные мероприятия могут ускорить размыв прилегающих берегов.

Одиночная буна прерывает вдольбереговой поток наносов и способствует их аккумуляции на стороне, обращенной к потоку. Ниже по ходу вдольберегового потока наносов возникают низовые размывы – локальные абразионные участки.

На спутниковых снимках (рис. 3а) видно, что каждая из бун, кроме предполагавшегося положительного эффекта, способствовала формированию зон

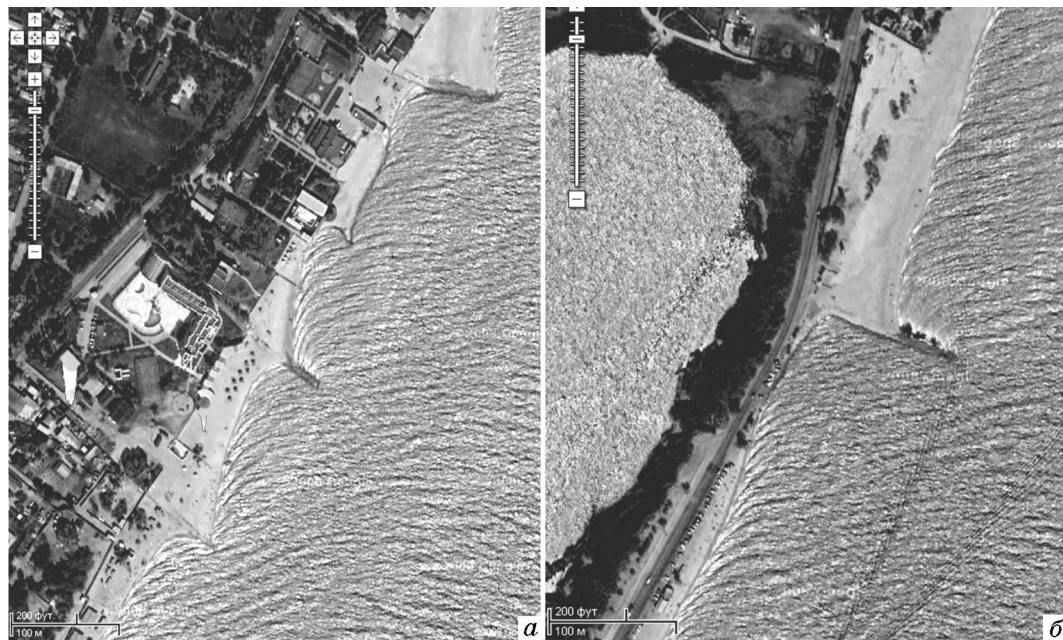


Рис. 3. Буны на восточном побережье Бердянской косы (а), зона низового размыва к югу от южной буны (б)

низового размыва и, соответственно, активной эрозии отдельных отрезков береговой линии, в частности, рассматриваемого участка побережья, который оказался в области низового размыва самой южной бун (рис. 3б).

**Заключение.** В результате прямого разрушительного действия жесточайшего шторма 11 ноября 2007 года, сопровождавшегося мощным нагоном и катастрофическим подъемом уровня моря, в районе Бердянской косы была размыва значительная часть пляжной зоны. На отдельных участках размыв продолжался на протяжении последующих нескольких месяцев.

Установлено, что значимым природным фактором, способствовавшим дальнейшему размыву косы, стала деформация донного рельефа, возникшая в следствие штормового нагона. В результате взаимодействия вдольберегового потока наносов с образовавшимися после шторма неоднородностями дна возникли локальные топографические вихри, вызвавшие формирование поперечных мутьевых потоков.

Коса также пострадала в результате антропогенного вмешательства – построенных здесь одиночных берегозащитных бун. Рассмотренный ее участок оказался в зоне низового размыва южной бун.

1. Сток наносов, его изучение и географическое распределение. Ред. А.В. Караушева, Гидрометеиздат, Л., 1977. – 240 с.
2. Свод правил. Проектирование морских берегозащитных сооружений СП 32-103-97. – М., 1998 г.
3. СНиП 2.06.01-86 «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования»
4. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 117-ФЗ (ред. От 14.07.2008 г.) «О безопасности гидротехнических сооружений».
5. <http://www.ecodevice.narod.ru/turbidimeter/turbidimeter.htm>
6. <http://www.rosbereg.ru/beregoukreplenie.php>

*На основі даних гідрофізичних досліджень розглянуто природні та антропогенні фактори й механізми, що викликали розмив ділянок пляжу на східному узбережжі Бердянської коси під впливом штормового нагону в листопаді 2007 року.*

*By the data of executed hydrophysical studies it is considered the natural and artificial factors and mechanisms which caused the beach-area erosion in the eastern seaside of the Berdyanskaya spit by the action of the storm in November 2007.*