

Л.В.Харитонов

Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь

АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ КРЫМСКОГО БЕРЕГА КАРКИНИТСКОГО ЗАЛИВА

Рассмотрено современное состояние аккумулятивных форм Крымского берега Каркинитского залива. Проанализированы морфометрические, динамические и генетические признаки аккумулятивных форм. Сделана попытка выявить причины их образования и тенденции развития, опираясь на данные натурных наблюдений и результаты анализа космических снимков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *береговая зона, аккумулятивные формы, пляж, коса, потоки наносов, гранулометрический анализ, Каркинитский залив, Бакальская коса.*

Побережье Западного Крыма с его географическим положением и природно-климатическими условиями открывает широкие возможности для развития здесь курортно-рекреационного природопользования. Наиболее привлекательными являются участки береговой зоны с широкими песчаными, ракушечными и галечными пляжами. Все достаточно крупные пляжи попадают под категорию береговых аккумулятивных форм «устойчивых при данном режиме» [1]. Развитие туристического бизнеса влечет за собой увеличение нагрузки на единицу площади прибрежной территории [2], что приводит к естественному желанию сохранения и увеличения площади пляжей.

При разработке и строительстве берегоукрепительных сооружений важно помнить, что вмешательство в систему в одной точке вызывает соответствующее изменение в динамике на большом протяжении прилегающего берега. Необходимо четко представлять строение и условия формирования этого и прилежащих участков береговой зоны. Поэтому рассмотрение структуры и источников питания аккумулятивных форм Крыма является актуальной задачей.

Целью данной работы является исследование состояния аккумулятивных форм Крымского берега Каркинитского залива.

Изучение аккумулятивных форм района было проведено В.П.Зенковичем [3, 4] и Е.Н. Невесским [5] в 50 – 70-х гг. XX в., а в 80 – 90-х гг. динамику береговой зоны изучал А.А.Клюкин [6]. С 2007 г. на берегах Каркинитского залива исследования проводятся Морским гидрофизическим институтом НАН Украины. В целом структура аккумулятивных форм Каркинитского залива к настоящему времени ясна. Однако значительная изменчивость берегов за небольшие промежутки времени и участие в переформировании береговой зоны большого количества наносного материала ставят задачи постоянного мониторинга района [7, 8]. Современные технологии исследований с использованием новейшей аппаратуры, космических снимков и математических моделей позволяют получать новые сведения о процессах, происходящих в береговой зоне. А меняющиеся потребности природопользования в

прибрежной зоне Украины диктуют и новые задачи исследований.

Современный вид берегов Западного Крыма сформировался в результате переформирования первичного рельефа суши. Серия голоценовых трансгрессий Черного моря привела к затоплению тектонико-эрозионных и межваловых понижений, подрезанию клифов, частичному срезанию и затоплению устьев рек [9, 10]. Возникшие потоки наносов сформировали ряд стабильных аккумулятивных форм. В современный период подъема уровня Черного моря эти формы продолжают свое развитие.

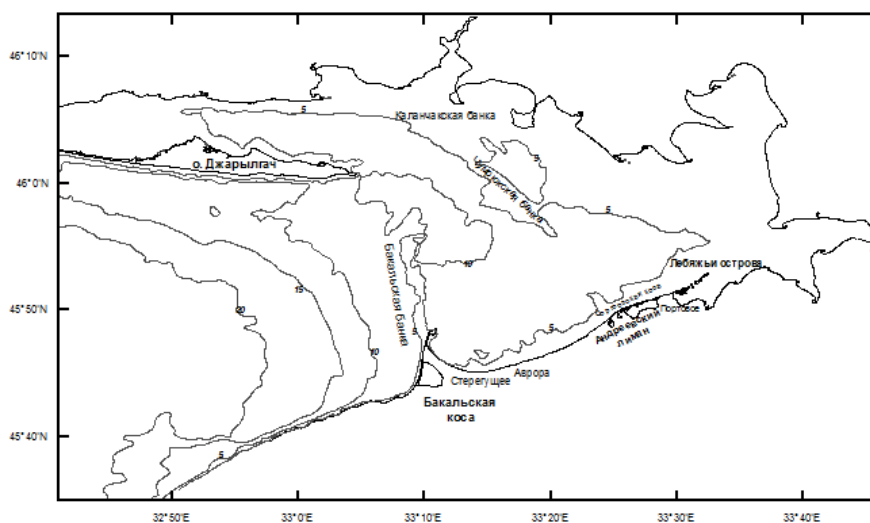
По генезису аккумулятивных форм побережье Западного Крыма можно разделить на 6 областей:

- 1) динамически активные берега Каркинитского залива;
- 2) мелкобухтовый берег Тарханкутского п-ова;
- 3) район пересыпей от оз.Донузлав до Евпаторийской бухты;
- 4) аккумулятивный берег оз.Сасык – пересыпь оз.Богайлы;
- 5) район пляжей в устьях рек пос.Николаевка – м.Карантинный;
- 6) ингрессионный бухтовый берег Гераклеяского п-ова.

В данной работе подробно остановимся на аккумулятивных формах Крымского берега Каркинитского залива.

Наиболее ранние формы залива образовались при затоплении, существовавшей на его территории долины палео-Каланчака (пра-Днепра) [10]. Песчаный материал, обогащенный остатками ракуши, подошел к берегу и образовал длинный береговой бар вдоль северного берега залива. Его пески сконцентрированы в теле кос Тендра и Джарылгач. В центральной части Каркинитского залива образовалась серия подводных валов первого порядка [3, 4], частично активных, частично законсервированных и погребенных под толщей позднейших отложений. Наиболее крупные из них Бакальская, Каланчакская и Чюрюмская банки отчетливо прослеживаются на навигационных картах (рис.1).

На юге, за Бакальской банкой образовалась двойная, окаймляющая лагуну, выдвинутая в акваторию коса с крючковидной оконечностью. Длина



Р и с . 1 . Картограмма Каркинитского залива Черного моря.

формы составляет около 8 км, ширина от 6 км в основании до 30 м на перешейке, отделяющем оголовков. Территория косы входит в состав регионального ландшафтного парка "Бакальская коса", площадью 1520 га [11]. Коса смещается в восточном направлении [3]. За последние 25 лет основание осталось стабильным, оголовков косы выдвинулся в акваторию бухты на 300 м, западный берег сместился к востоку [7].

Причиной образования косы явилась внешняя блокировка берега Бакальской банкой. Дальнейшее развитие аккумулятивной формы привело к нарастанию серии береговых валов восточной ветви. Причем наиболее поздние валы имеют большую высоту. Наиболее древние валы, образовавшиеся при более низком уровне моря, сейчас затоплены водами Бакальского озера. Западная ветвь косы представлена активным береговым баром, который надвигается на валы восточной ветви. В результате этого движения пересыпь озера смещается на его акваторию, а под массой песка обнаруживаются лагунные илы. Так В.П.Зенковичем сизые лагунные илы были найдены перед фронтом бара [3], а в 2007 и 2010 гг. после сильных штормов серые илы с остатками растительности были обнаружены нами на урезе западной ветви косы [7].

Западная ветвь косы примыкает к интенсивно абрадируемому клифу, высотой 7–8 м, сложенному толщей бурых плиоценовых и четвертичных глин. В основании клифа выработаны волноприбойные ниши, глубиной до полуметра, заполненные местами галькой. К обрыву примыкает отлогий широкий бенч, который в значительной мере обуславливает существующую здесь невысокую для данных пород скорость отступления клифа ~ 1 м/год. Существование активного клифа без пляжа у основания аккумулятивного тела свидетельствует о ненасыщенности существующего вдольберегового потока наносов [1].

Проведенный гранулометрический анализ образцов пляжевых наносов Бакальской косы показал довольно резкое изменение гранулометрического состава наносов при переходе от участка клифа к пляжу западной ветви косы. В стенке клифа и у его подножия наносы плохо сортированы, разнозернистые, 81% материала приходится на фракции от 2,5 до 0,2 мм, а уже на расстоянии 0,5 км на пляже тела косы сортировка материала значительно лучше (57 % сосредоточено в фракции 0,45 – 0,2 мм, 31 % 0,9 – 0,45 мм), пляж состоит из песков с включениями гальки. Вышеописанное позволяет предположить, что тело косы на этом участке сложено материалом не из прилегающего клифа, а доставленным вдольбереговым потоком с юго-запада.

По направлению к оконечности косы сортировка материала постепенно ухудшается, в значительном количестве примешиваются створки ракушки. В северной части пересыпи Бакальского озера 52 % приходится на фракцию 0,45 – 0,2 мм, значение приобретает более мелкая фракция 0,2 – 0,09 мм (28 %). Эти изменения можно связать с поступлением материала со дна и активным волновым воздействием на этом участке (здесь неоднократно фиксировался размыв пересыпи озера). Пляжевые отложения самой узкой части косы плохо сортированы, что также объясняется неоднократным размывом этого участка во время штормов. Анализ космических снимков се-

рии *Landsat* за последние 25 лет [7, 8] позволил зафиксировать описанные выше промоины. На этих же участках получены максимальные значения (до 160 м) смещения положения береговой линии косы.

Нагрузка, действующая на перешеек косы, обусловлена тем, что вдоль оконечности косы поток должен быть обязательно насыщен [1]. При сильных штормах западного сектора для насыщения потока необходимо больше материала. Одну попытку насытиться поток осуществляет в северной части пересыпи озера, а последняя возможность получить подпитку выпадает как раз на участке перешейка. Позже, при слабом волнении потоку хватает материала, чтобы насытиться не абрадируя тело косы. Промоина постепенно «затягивается», и цельность косы возобновляется. Так произошло при катастрофическом шторме 11 ноября 2007 г., когда в теле косы были зафиксированы неоднократные промоины. Существование нагрузки именно на эти области подтверждается также результатами расчетов, проведенных по ветро-энергетическому методу [12].

В районе господствуют ветры северных и восточных румбов [13], но разгоняемая ими волна не велика из-за малых размеров разгона и мелководности залива. Основное воздействие на переформирование береговой зоны оказывают редкие, но сильные шторма западного сектора, приходящие из открытого моря. Формируемый ими вдольбереговой поток перемещает плохосортированные песчанно-гравийно-ракушечные наносы вдоль западного берега к оконечности косы. У оконечности косы происходит селекция материала [4]: течение благодаря инерции слабо отклоняется в сторону и увлекает за собой от берега самый мелкозернистый материал из общего состава наносов. Он образует отмель к северо-востоку от оконечности косы. Материал относительно грубозернистый не может покинуть зону прибоя и наращивает надводную оконечность косы. При волнах северных румбов этот материал может огибать оголовки косы и переходить на восточную ветвь.

Отдельно остановимся на крючковидной оконечности косы. Она представляет собой мобильную вторичную аккумулятивную форму, обусловленную изменением воздействия волновой равнодействующей в результате рефракции [1]. Состоит тело формы из причлененных друг к другу береговых валов из ракушечно-песчаных наносов. В понижениях образованы лагуны. В центральной части поселилась растительность, под ее защитой образуются накопления песка в виде бугров.

Оконечность косы довольно часто изменяет свою форму, отклоняясь и меняя размеры. Объяснить это можно изменением мощности потока наносов. Как уже отмечалось, поток вдоль края аккумулятивных форм может быть только насыщенным. Поэтому при уменьшении мощности направление роста косы будет постепенно меняться. Она будет отгибаться внутрь залива, благодаря чему энергия волн, подходящих к ее краю, также понижается в соответствии с уменьшением количества ракушечного наноса [1]. Воздействие одного сильного шторма, возбуждающего вдольбереговое течение большой мощности, может в значительной мере изменить форму и размеры оконечности косы.

Восточная ветвь косы примыкает к глинистой террасе, отгораживая Бакальскую бухту. С юга акваторию окаймляет глинистый клиф. Бухта распо-

ложена в зоне волновой тени косы, вследствие чего наиболее сильные волны западного сектора не проникают в бухту. Волнение северных и восточных румбов не имеет достаточной силы, чтобы вентилировать бухту на всю глубину. Следствием слабого развивающегося здесь вдольберегового потока является расположение наносов на дне: активный слой наносного материала (створки ракуши) располагается до глубин 5-6 м, ниже обнаружены илистый песок и ил [3].

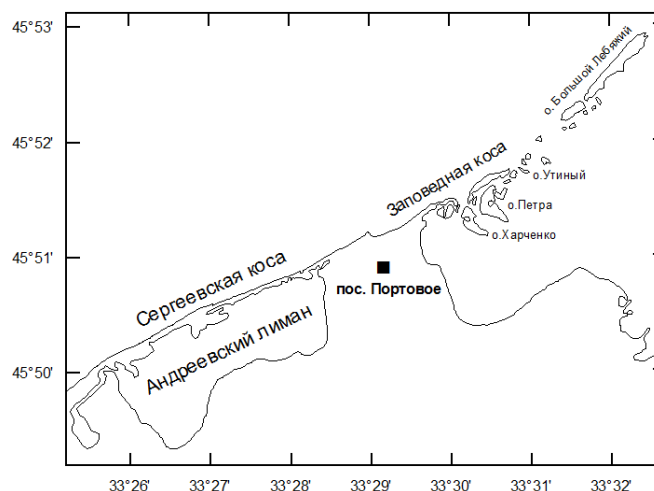
На расстоянии до 4 км от основания косы у уреза расположен пляж шириной 13 м, под защитой которого клиф у пос.Стережущее в настоящее время является отмершим. Пляж представляет собой приключенную к берегу террасу из крупной целой и битой ракуши. Последние несколько лет пляж покрыт матом из отмершей морской травы зостеры. Это образование не удаляется даже в зимние шторма, что также является свидетельством малой промываемости бухты.

В устье балки у пос.Аврора современный пляж полного профиля шириной до 65 м осложнен разновозрастными вдольбереговыми валами, примкнувшими к берегу под углом. Этот пляж морфологически представляет собой террасу заполняющую вогнутость. Состав наносов здесь иной, чем у пос.Стережущее – это светло-серые грубозернистые пески с избыточными включениями гравия и редкой битой и целой ракушки. Положение береговых валов под углом и состав наносного материала позволяет сделать вывод, что рассматриваемая форма имеет вдольбереговое питание наносами с востока, что вполне возможно, так как эта зона расположена еще в волновой тени Бакальской косы.

Далее к востоку влияние начинают оказывать северо-западные волны. Пляж исчезает, берег на протяжении 9 км представлен активно абрадируемым глинистым клифом. От пос.Аврора до бывшего пос.Сергеевка высота клифа снижается с 13 до 1 м [6]. Однако береговая линия не является абсолютно выровненной. На участке прослеживается несколько выступов коренного берега, к которым приурочены ассиметричные наводочки, форма которых свидетельствует о существовании небольшого вдольберегового потока с запада.

Наиболее динамичным районом является побережье, прилегающее к пос.Портовое в вершинной части Каркинитского залива [6, 7]. Это участок берега открыт волнению северных и западных румбов. Здесь происходит продольное и вдольбереговое перемещения к северо-востоку песчано-детритусово-ракушечных наносов, питающих Сергеевскую и Заповедную косы и Лебяжьи (Сары-Булатские) о-ва [3]. Морфологически аккумулятивные формы всего этого участка от бывшего пос.Сергеевка до Лебяжьих о-вов можно характеризовать как единый береговой бар, прижатый к выступам берега.

К юго-западу от мыса, на котором расположен пос.Портовое, ранее существовал морской залив. В результате роста и размыва косы Сергеевской на траверзе залива образовались Конджаалайские о-ва, что отображено на картах 1938 г. [7]. Дальнейшее нарастание косы, и отступление береговой линии в сторону суши привели к разделению единого залива на серию лиманов, самым крупным из которых является восточный – Андреевский (рис.2). Этот лиман отделен от акватории моря косой шириной от 10 до 40 м,



Р и с . 2 . Картохема участка берега Андреевский лиман – Лебяжий о-ва.

которую морфологически можно характеризовать как замыкающую аккумуляционную форму. Полное и окончательное отделение Андреевского лимана от моря не наступило до сих пор. Сергеевская коса периодически размывается в восточной части лимана, образуя промоины в отдельные годы шириной до 70 м. В пересыпи соседнего лимана в значительные шторма тоже образуется промоина, впоследствии зарастающая. Малые лиманы в настоящее время полностью отделены от моря и являются пересыхающими.

Закрытие бухты сопровождалось и в значительной мере обусловлено отступанием прилегающих с запада клифов. Береговая линия на всем участке стремится принять единое направление. Поэтому клифы на водоразделах лиманов продолжают отступать. Так, за последние полвека море срезало 150 – 170 м полосу низкого берега, на котором находились населенные пункты Сергеевка и Андреевка [6]. Во время экспедиции 2008 г. от прежних поселков зафиксированы лишь дорога, уходящая в море, и несколько подсобных строений [7].

К востоку от пос.Портовое расположена, продолжающая линию коренного берега коса Заповедная и Лебяжий о-ва (рис.2), являющиеся территорией одноименного орнитологического заказника. Острова образовались в результате отчленения оконечности косы Заповедной. Последняя сформировалась в результате первичного изгиба берега, за которым, вследствие изменения равнодействующей волнового поля, начали отлагаться наносы из насыщенного вдольберегового потока. Затем по достижении значительной длины под натиском волн дистальная часть косы была размыта и превращена в ряд островов. На островах поселилась растительность, удерживающая песчано-ракушечные отложения и стабилизирующая положение островов. Среди островов можно выделить 6 крупных (Харченко, Петра, Большой Лебяжий и др.), достигающих по ширине до 400 м, и большое количество мелких. Описанный процесс нарастания косы и отчленения новых островов происходит с определенной цикличностью и в настоящее время, что четко прослеживается при анализе последовательных спутниковых снимков серии

Landsat. Скорость роста косы в разные годы может достигать колоссальных размеров до 100 – 270 м/год [7, 8].

На участке берега между Андреевским лиманом и косой Заповедной расположен довольно широкий песчаный пляж пос.Портовое. Морфологически отнести его можно к вторичным примкнувшим аккумулятивным формам. Этот участок имеет донное и вдольбереговое питание. В 80 – 90-е гг. XX в. для увеличения ширины пляжа перпендикулярно береговой линии была построена каменная шпора, длиной около 100 м. Однако повлияло это строительство не только на рассматриваемый пляж. За короткий срок (1 – 2 года) произошло выдвижение береговой линии пляжа (до 60 м) и разворот направления берега на несколько градусов к северу, что изменило волновую равнодействующую этого участка. Перехват наносов привел к тому, что к востоку от шпоры произошел размыв берега на 30 – 70 м. Для снижения темпов отступления береговой линии здесь было построено еще 2 шпоры меньших размеров, но эти меры лишь частично остановили отступление берега. В тот же год отмечался наибольший рост косы Заповедной, в 2 раза превышавший фоновый [7, 8].

Можно предположить, что участок от клифов пос.Аврора до Лебяжьих о-вов представляет собой абразионно-аккумулятивную пару. Берега активно развиваются в настоящее время при избытке наносов волнового поля. Дальнейшее развитие береговой системы приведет к сглаживанию всех крупных неровностей берега. Так, коса Заповедная ассимилирует Лебяжьи о-ва и замкнет одноименный залив.

В кутовой части Каркинитского залива наибольшее влияние на образование аккумулятивных форм оказывают сгонно-нагонные явления. В местах перегиба берега образуются ассиметричные смещаемые косы «азовского типа» (рис.1) [1], образующиеся вследствие преобладания волн одного направления. На побережье рассматриваемого участка эти формы представлены на разных стадиях формирования (растущие и отмершие) и в различные фазы развития (свободные и замыкающие формы).

Выводы.

1. Питание западной ветви Бакальской косы осуществляется ненасыщенным вдольбереговым потоком, а также с прилежащего дна. Материал, приносимый потоком, сильно различается от материала, слагающего прилегающий к косе с запада клиф. По мере удаления от основания косы к ее дистальной части сортировка материала ухудшается, что обусловлено поступлением материала со дна. При сильных волнениях западных румбов насыщение потока происходит за счет размыва западной ветви косы, особенно участка пересыпи озера и перешейка, отделяющего оголовка косы. Результатом такого воздействия является регулярный размыв берега на этих участках.

При слабых волнениях, формирующих вдольбереговой поток небольшой мощности, оконечность косы нарастет и отгибается внутрь залива, воздействие же единичного сильного шторма кардинально меняет его форму и размеры.

2. Район берега от пос.Аврора до Лебяжьих о-вов активно развивается в условиях избытка наносного материала. Особенности формирования бере-

говой зоны позволяют сделать вывод, что район представляет собой абразионно-аккумулятивную пару выравнивающегося берега. В настоящее время происходит отступление глинистых клифов, закрытие Андреевского лимана, рост косы Заповедной и развитие Лебяжьих о-вов.

3. Коса Заповедная сформировалась в результате изменения равнодействующей волнового поля у первичного изгиба берега. По достижении значительной длины дистальная часть косы была размыта, образовав ряд островов (Лебяжьих). Данный циклический процесс нарастания косы и образования островов происходит и в настоящее время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зенкович В.П.* Основы учения о развитии морских берегов. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 710 с.
2. *Долотов В.В., Иванов В.А.* Повышение рекреационного потенциала Украины: кадастровая оценка пляжей Крыма. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2007. – 194 с.
3. *Зенкович В.П.* Морфология и динамика советских берегов Черного моря. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 215 с.
4. *Зенкович В.П.* О селекции материала на оконечностях морских кос // Тр. Ин-та океанологии. – 1957. – т. XXI. – С. 33-136.
5. *Невесский Е.Н.* Новые данные о генезисе Маркитанской и Бакальской банок // Тр. Ин-та океанологии. – 1959. – т. XXIII. – С. 122-126.
6. *Клюкин А.А.* Экстремальные проявления экзогенных процессов в XX веке в Крыму // Вест. ТНУ. – Симферополь: Понтида, 2000. – вып. 2. <http://www.ccssu.crimea.ua/internet/Education/pontida/rus/2000/klyukin.html>
7. *Горячкин Ю.Н., Харитонова Л.В., Долотов В.В.* Изменчивость береговой линии северо-западного Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – вып. 20. – С. 18-26.
8. *Горячкин Ю.Н., Харитонова Л.В.* Изменения береговой линии Крыма по спутниковым данным // Причорноморський екологічний бюлетень «Теорія та практика дослідження берегової зони морів та формування берегознавства». – 2010. – вип. 1. – С. 45-51.
9. *Шуйский Ю.Д.* Основные закономерности морфологии и динамики Западного берега Крымского полуострова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – вып. 13. – С. 62-67.
10. *Иванов В.А., Ястреб В.П., Горячкин Ю.Н. и др.* Природопользование на черноморском побережье Западного Крыма: современное состояние и перспективы развития. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 324 с.
11. *Ена В.Г., Ена Ал.В., Ена Ан.В.* Заповедные ландшафты Тавриды. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2004. – 241 с.
12. *Горячкин Ю.Н., Удовик В.Ф., Харитонова Л.В.* Оценки параметров потока наносов у западного берега Бакальской косы при прохождении сильных штормов в 2007 году // Морской гидрофизический журнал. – 2010. – № 5. – С. 42-51.
13. *Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н.* Режим ветра северо-западной части Черного моря и его климатические изменения // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – вып. 17. – С. 225-243.

Материал поступил в редакцию 26.11.2010 г.