

В.И.Руднев

*Институт океанологии им. П.П.Шириова РАН, г.Москва***ОСОБЕННОСТИ РЕЛЬЕФА ДНА  
ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ БАКАЛЬСКОЙ КОСЫ**

Впервые с высоким пространственным разрешением выполнена эхолотная съемка прибрежной зоны Бакальской косы. На основе анализа полученных материалов выявлены значительные различия в подводной топографии западного и восточного секторов этой акватории. Приведена краткая характеристика особенностей рельефа этих участков. На западной части полигона выявлены две морфоструктуры – отмель и подводные валы. Определены их линейные размеры и пространственное положение.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *рельеф, батиметрия, морфоструктура, обзорный профиль, подводный вал, Бакальская коса, полигон*

doi: 10.22449/2413-5577-2018-4-15-21

**Введение.** Бакальская коса – одно из интереснейших геоморфологических образований, созданных природой за много тысяч лет. Помимо того, что она является одним из мест рекреации северо-западного Крыма, природные процессы, сопутствующие ее образованию и развитию, очень слабо изучены [1] и вызывают интерес с научной точки зрения. Морфологически Бакальская коса относится к типу причлененных аккумулятивных тел. Геологическая формация образована, главным образом, за счет продольного перемещения песчано-ракушечных придонных наносов с запада [2].

Геосистемы крупных аккумулятивных форм имеют много как общих, так и специфических, присущих только данному образованию, характеристик [3]. В июне 2018 г. сотрудники Южного отделения Института океанологии РАН совместно с группой исследователей из Морского гидрофизического института РАН провели комплексные исследования Бакальской косы. Одной из составляющих программы полевых работ являлась батиметрическая съемка исследуемой акватории.

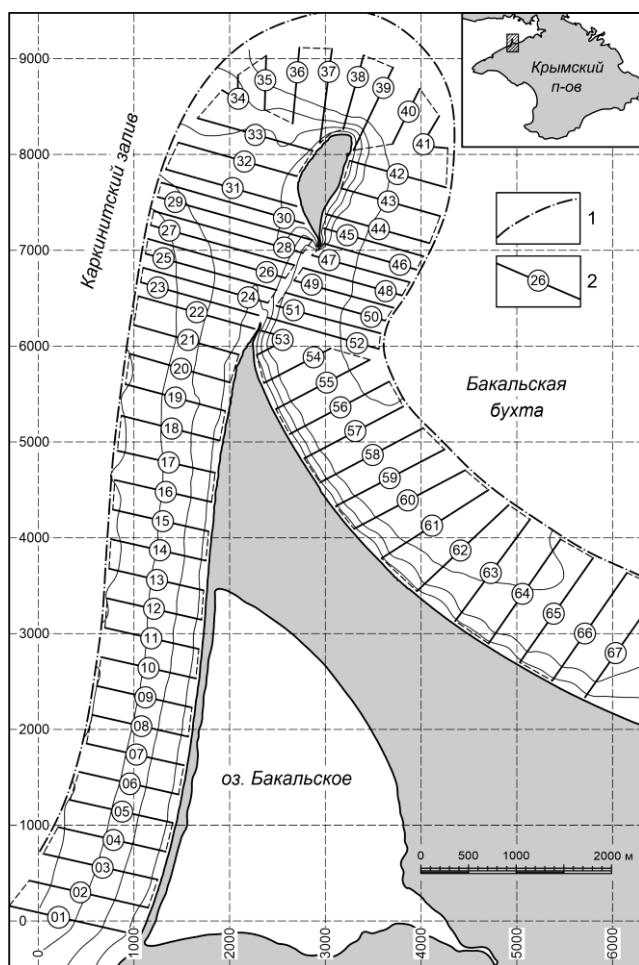
Основной задачей настоящей статьи является анализ первичных материалов эхолотной съемки, выяснение специфических черт топографии дна одного из уникальных участков Крымского побережья Черного моря. Особенности подводного рельефа прибрежной зоны позволяют лучше понять процессы эволюции, формирующие современный облик Бакальской косы.

**Методика и объемы работ.** Для эхолотной съемки использовался малогабаритный комплекс «*Humminbird*». Он включает картплоттер «*Humminbird 898cxSICombo*» и двухлучевой сонар «*DualBeam PLUS™*». Прибор обеспечивает измерение глубин в диапазоне 1,0 – 450 м. Устройство оснащено модулем *GPS «AS-GR50»* с точностью позиционирования  $\pm 2,5$  м. Комплекс устанавливался на мотолодку «Кайман 300», что обеспечивало необходимую

© В.И.Руднев, 2018

мобильность исследований. Результаты работы записывались на SD-карту. Одновременно с цифровыми данными о глубине и положении также записывалась эхограмма с гидролокатора бокового обзора, что при камеральной обработке позволило увеличить информативность полученных материалов.

Сам процесс происходил в два этапа. На начальном выполнялись основные промерные галсы (рис.1), ориентированные преимущественно по нормали к береговой линии. Межгалсовые расстояния составляли 300 м. В районе прорана, разделяющего косу и остров, промеры проводились более часто – через 150 м (рис.1, галсы 22 – 31, 44 – 53). Всего выполнено 67 галсов. Их протяженность составила 94,8 км, протяженность маршрута с учетом выхода на стартовую точку и маневрирования – около 103,3 км. Скорость перемещения мотолодки варьировалась в зависимости от погодных условий и стабильности работы оборудования и составляла 1,6 – 3,8 м/с. Удаленность от береговой линии (длина галса) была в пределах от 1100 м (р-н Бакальского



Р и с . 1 . Основные промерные галсы прибрежной зоны Бакальской косы: 1 – условная граница акватории промеров; 2 – промерные галсы и их номера; на верхней правой врезке – положение полигона.

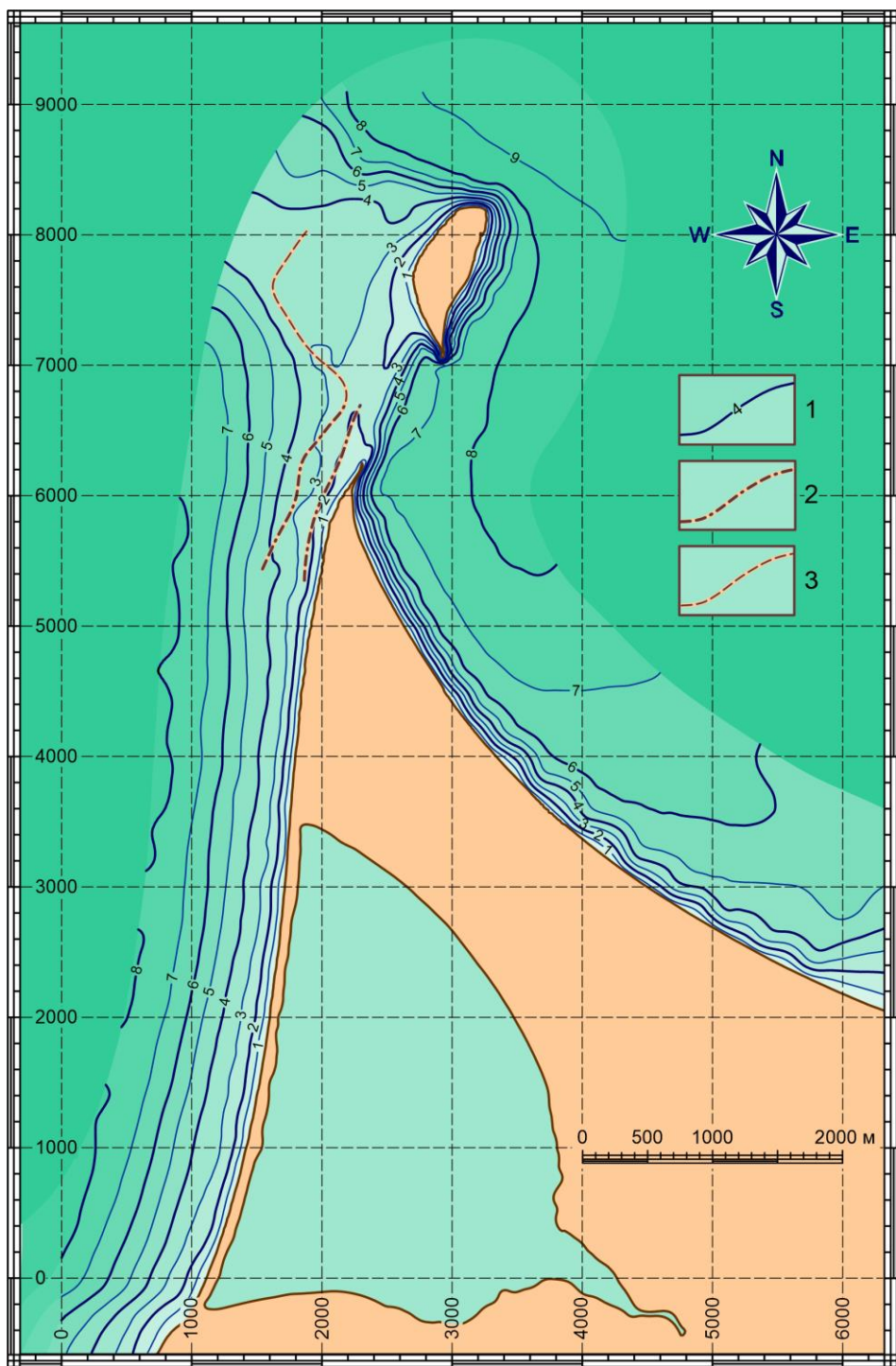
озера) до 1400 м на большей части маршрута. Различие в длине галсов объясняется тем, что на этапе предварительного планирования использовались существующие навигационные карты. Реальное положение береговой линии, особенно острова, отличалось от представленных в них данных. В северной части острова длина промерных галсов была уменьшена до 900 м из-за сильного волнения на этом участке.

После получения представления об основных особенностях рельефа дна производились дополнительные промеры по галсам вдоль береговой линии. Это позволило получить более детализированную картину в местах, наиболее интересных для изучения. К таким местам относится район Бакальского озера, район между северной оконечностью косы и отделившимся островом, а также ближайшая акватория вокруг самого острова. Всего выполнено 8 таких галсов. Их общая протяженность составила 13,1 км, с учетом выхода на начальную точку – около 25,5 км.

Параллельно с промерами выполнялась аэрофотосъемка материковой части суши и острова с помощью квадрокоптера «*Phantom 4 Pro+*». Результаты были положены в основу построения ортофотоплана местности с пространственным разрешением 0,1 м и цифровой модели рельефа. Первоначальное геопозиционирование осуществлялось с помощью навигационных данных самого устройства, затем эти данные уточнялись с помощью опорных точек. Их привязка осуществлялась геодезическим полевым контроллером фирмы «*Leica Geosystems*». В состав оборудования входили два двухчастотных приемных устройства («*Leica GS10*», «*Leica GS15*»). Таким образом были получены высокоточные данные об урезе (нулевом уровне) на момент проведения промеров.

**Результаты и обсуждение.** По полученным данным построена батиметрическая карта полигона в масштабе 1 : 20 000 (универсальная поперечная проекция Меркатора, зона 36 с.ш.) и обзорные профили рельефа дна. На рис.2 представлена схема рельефа дна исследуемой акватории. На рис.3 представлены ортографические проекции исследуемой области, наглядно демонстрирующие особенности подводной топографии полигона. Прежде всего, следует отметить, что отсутствуют признаки корреляции элементов рельефа между профилями западной и восточной части, что указывает на различный характер их происхождения. Этим объясняется особенность Бакальской косы – состояние морской поверхности может кардинально отличаться у западного (штиль) и восточного (волны) берегов на расстоянии всего 100 – 200 м, а разница температур воды может составлять 1 – 2 °С.

*Западная часть акватории* характеризуется наличием песчаных отмелей. Глубины у береговой линии нарастают более плавно, чем в восточной части. Район относительно мелководный – на расстоянии 1500 м от берега глубины не превышают 8 м. Основной морфоструктурой этой части полигона является отмель (рис.2, рис.3, б), которая маркирует начало Бакальской банки, простирающейся почти на 40 км в направлении м.Джарылгач. На границе промеров ее ширина составляет около 600 м, глубина 3,4 – 3,5 м. Далее в направлении на север в узкой полосе рельеф дна меняется крайне плавно и остается мелководным. Внешняя блокировка берега этой банкой является непосредственной причиной возникновения косы [2].



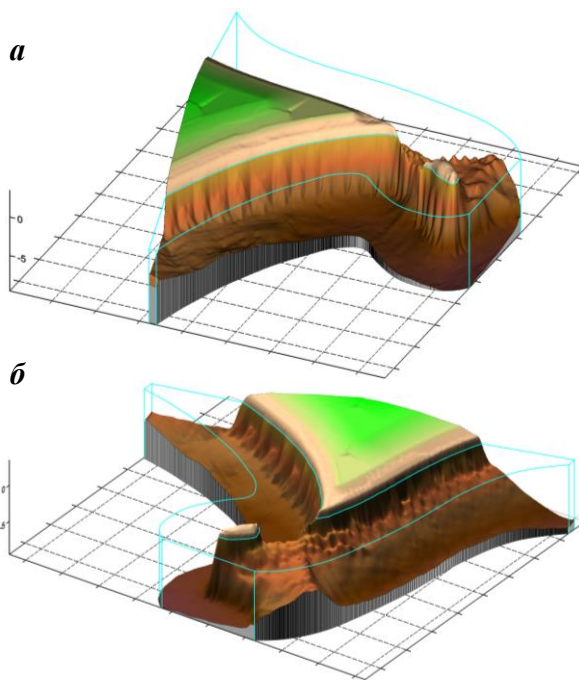
Р и с . 2 . Схема рельефа дна прибрежной зоны Бакальской косы: 1 – изобаты; 2 – положение отчетливо выраженных гребней валов; 3 – положение слабо выраженных гребней валов.

Восточная часть акватории характеризуется резким свалом вблизи береговой линии. На глубине 6 м он переходит в плавный перегиб. Начиная с изобаты 7 м, рельеф дна стабилизируется и меняется на более спокойный (рис.2, рис.3, а). В целом Бакальскую бухту можно охарактеризовать как мелководный залив озерного типа с небольшими уклонами дна. Берег имеет плавные очертания и связан с затоплением прибрежной суши (ингрессионный). Сложен преимущественно легко размываемыми четвертичными суглинками.

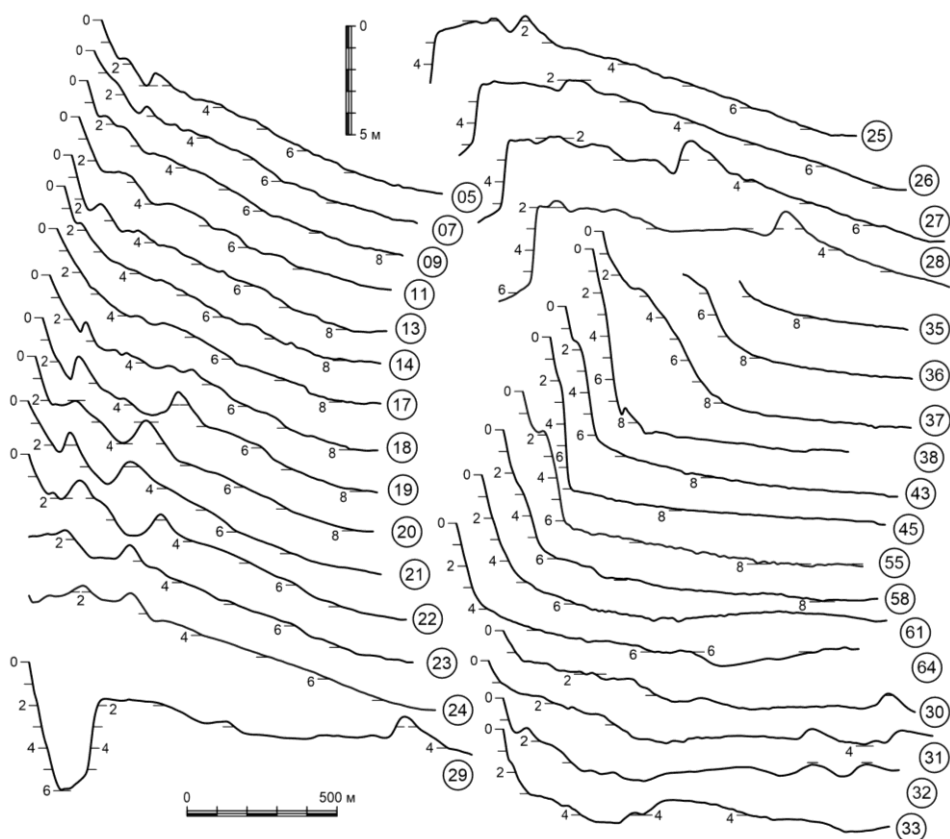
Наиболее динамично элементы топографии морского дна изменяются в непосредственной близости к дистальной части косы и острова. На северном и южном участках острова наблюдается чрезвычайное сгущение изобат. Вероятнее всего, здесь процессы размыва и переноса песчано-ракушечного материала происходят наиболее интенсивно. В юго-восточной части острова отмель практически отсутствует. По мере продвижения на север вдоль береговой линии с восточной стороны она появляется и достигает нескольких десятков метров. Возможно, это связано с экранирующим фактором массива острова, защищающего геологическую формацию от разрушающего действия морских волн и ветра. На северной оконечности повторяется та же картина, что и на южной – резкий свал дна почти у берега.

Алгоритмы обработки результатов замеров для построения батиметрической карты предполагают неизбежное осреднение данных при генерировании регулярной сетки. При значительном шаге между промерными створами это приводит к упрощению и потере информации об относительно малоразмерных элементах рельефа. Анализ эхограмм записей и построение обзорных профилей позволяют расширить представление о топографии исследуемой акватории. На рис.4 приведены некоторые характерные профили, дающие возможность выявить особенности рельефа, слабо отраженные на батиметрической карте. Линии профилей совпадают с линиями промерных галсов и имеют те же порядковые номера (рис.1 и 4).

Анализ представленных профилей со стороны Каркинитского залива показывает, что здесь имеются два подводных вала, идущих вдоль береговой линии. На участке от профиля 04 до 18 прибрежный вал либо отсутствует,



Р и с . 3 . Ортографическая проекция исследованной акватории: вид со стороны Бакальской бухты (а), вид со стороны Каркинитского залива (б).



Р и с . 4 . Обзорные профили рельефа дна исследованной акватории.

либо проходит очень близко к береговой линии. Более глубоководный вал также имеет крайне нерегулярно выраженные формы. Высота в отдельных местах не превышает 0,5 м (рис.4, профили 07, 13), в основном составляет 0,2 – 0,4 м, а на некоторых участках следы вала и вовсе отсутствуют (профили 09, 11).

В районе профиля 18 и далее до профиля 26 конфигурация валов становится более выраженной. Высота прибрежного вала достигает величин 0,8 – 0,9 м (профили 20 – 22) и в направлении на север уменьшается до 0,3 – 0,4 м (профили 24, 25), глубина залегания его вершины увеличивается с 1,0 – 1,1 м (профили 21, 22) до 1,5 – 1,6 м (профили 24, 25), т.е. по мере удаления от дистальной части косы процессы размыва приобретают более интенсивную форму. Ширина подошвы вала колеблется от 60 до 100 м. Глубоководный вал имеет большую ширину, которая на участке профиля 21 доходит до 160 м, на других участках варьируется в широких пределах от 80 – 90 до 120 – 130 м. Высота вала меняется от 1,3 – 1,4 м (профили 20 – 22) до 0,6 – 0,8 м (профили 24 – 26), глубина залегания вершины от 2,4 – 2,6 м (профили 20, 21) до 0,6 – 0,8 м (профили 23 – 26). На рис.2 представлено пространственное положение гребней валов.

Наиболее вероятно, что при активизации штормовых факторов, сгонно-нагонных процессов, часто происходящих в этом регионе [1], валы претер-

певают значительные изменения в своей конфигурации. Можно предположить схожесть их эволюционных преобразований с хорошо изученными валами Анапской пересыпи [4].

**Выводы:**

– на исследованном участке акватории одновременно соседствуют две различные геологические морфоструктуры, имеющие различное происхождение и историю развития;

– береговая линия Бакальской косы и острова относительно не стабильна и подвержена изменениям, характер которых определяется воздействием внешних природных факторов;

– подводная топография западной части полигона более сложна и многообразна по сравнению с восточной;

– основной морфоструктурой западной части акватории является отмель, которая отмечает начало Бакальской банки;

– подводный рельеф западной части прибрежной зоны осложнен подводными валами, наиболее интенсивно выраженными на участке между дистальной частью косы и островом.

Обработка данных и их интерпретация выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-17-00547).

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Современное состояние береговой зоны Крыма* / Под ред. Ю.Н.Горячкина.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015.– 252 с.
2. *Горячкин Ю.Н., Косьян Р.Д.* Бакальская коса – уникальный природный объект Крымского полуострова (обзор) // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.*– 2018.– вып.4.– С.5-14.
3. *Косьян Р.Д., Крыленко В.В.* Современное состояние морских аккумулятивных берегов Краснодарского края и их использование.– М.: Научный мир, 2014.– 256 с.
4. *Федорова Е.А.* Динамика подводных вдольбереговых валов Анапской пересыпи // II Всероссийская конференция молодых ученых «Комплексные исследования Мирового океана».– М.: Изд-во ИО РАН, 2017.– С.530-532.

Материал поступил в редакцию 29.09.2018 г.

V. I. Rudnev

**PECULIARITIES OF THE BOTTOM RELIEF OF THE BAKALSKAYA SPIT FORESHORE**

The echo sounding survey of the Bakalskaya Spit foreshore was completed. A received data were analyzed and it is revealed significant differences in the underwater topography of the western and eastern sectors of water area under study. The relief peculiarities of these sections are briefly described. On the western polygon two morphostructures were identified, namely, bank and toes. Their linear dimensions and spatial location are determined.

**KEYWORDS:** relief, bathymetry, morphostructure, survey profile, underwater toe, the Bakalskaya Spit, polygon