

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВТОРНОГО ЭХОЛОТИРОВАНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО УЧАСТКА ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

В 70-х годах прошлого столетия на основе обобщения большого объема региональных эхолотных промеров были получены общие представления о геоморфологии дна Черного моря [1]. В последующие десятилетия исследования рельефа дна, чаще всего, включались в программы комплексных геолого-геофизических экспедиций, которые проводились на детальных полигонах. К настоящему времени в этом бассейне насчитывается свыше сорока таких площадей, выполненных сотрудниками Лаборатории геологии Южного отделения Института океанологии РАН [2]. Наибольший объем этих работ выполнен в Российском секторе Черного моря [3–7].

К юго-западу от Евпатории в 1971 и 1993 гг. исследования рельефа дна проведены на двух разновеликих по площади полигонах, которые были названы Евпаторийскими [8, 9]. В дальнейшем изложении будем их именовать “Полигон Е-71” и “Полигон Е-93”. Геолого-геофизические данные по этим полигонам опубликованы в статьях [8, 10] и монографии [11]. Геоморфологические схемы Дунайского (1971 г.) и Евпаторийского (1993 г.) полигонов приведены в работе Б.Ф. Райена с соавторами [12].

Настоящая статья посвящена анализу результатов эхолотных промеров на полигонах, обобщению первичных материалов о строении рельефа дна в совокупности с геолого-геофизическими данными и определению приоритетности рельефообразующих факторов в морфологической перестройке исследованной площади.

Методика и объемы работ. В 1971 г. на НИС “Академик С. Вавилов” исследования рельефа дна выполнены на Полигоне Е-71 (рис. 1). Работы проводились по методике, разработанной в начале 1960-х гг. [13]. Из-за малого числа профилей, не вполне удачному их расположению и слабой гидрографической привязки эта работа считалась рекогносцировочной [8]. Измерение глубин осуществлялось эхолотом “Кельвин-Хьюз”. Глубины записывались как на регистраторе эхолота, так и фототелеграфном аппарате ФТАК-2 “Ладoga”. Суммарная протяженность промерных профилей составила 450 км, а площадь, охваченная съемкой – около 1200 км². На рис. 1 показан северо-восточный фрагмент этого полигона (площадь немногим более 230 км²), где элементы рельефа выражены наиболее четко [8].

Продолжением выше отмеченных работ явились исследования российско-американской экспедиции (Полигон Е-93)¹, выполненные на НИС “Акванавт” (1993 г.). На слабо изученном участке акватории со сторонами 15×37 км судовым эхолотом “НЭЛ-5” проведена съемка рельефа дна (рис. 2А) по системе взаимно пересекающихся галсов: субмеридиональных, протяженностью 12–15 и субширотных 26–35 км, с межгалсовыми расстояниями 1–3 км. Общая протяженность промера составила 400 км, а площадь охваченная съемкой – 360 км². Координирование судна и привязка галсов осуществлялись спутниковой навигационной системой “МАГНАВОКС”, что обеспечило высокоточную (20 ± 5 м) съемку на полигоне [9, 10].

Детальная обработка первичных материалов эхолотного промера на обоих полигонах в конечном итоге завершалась составлением батиметрических и геоморфологических карт, схем и обзорных профилей рельефа дна, которые показывают подробное строение материковой отмели на исследованных площадях (рис. 1 и 2). Здесь выделены: шельф, эрозионные террасы, абразионные уступы, погруженный шельф и верхняя

¹ Экспедиция организована ИОО ИО РАН и Ламонтской Доггерти Обсерваторией Земли Колумбийского университета Нью-Йорка по инициативе профессоров Б. Райена и В. Питмана и проходила под руководством К.М. Шимкуса [4].

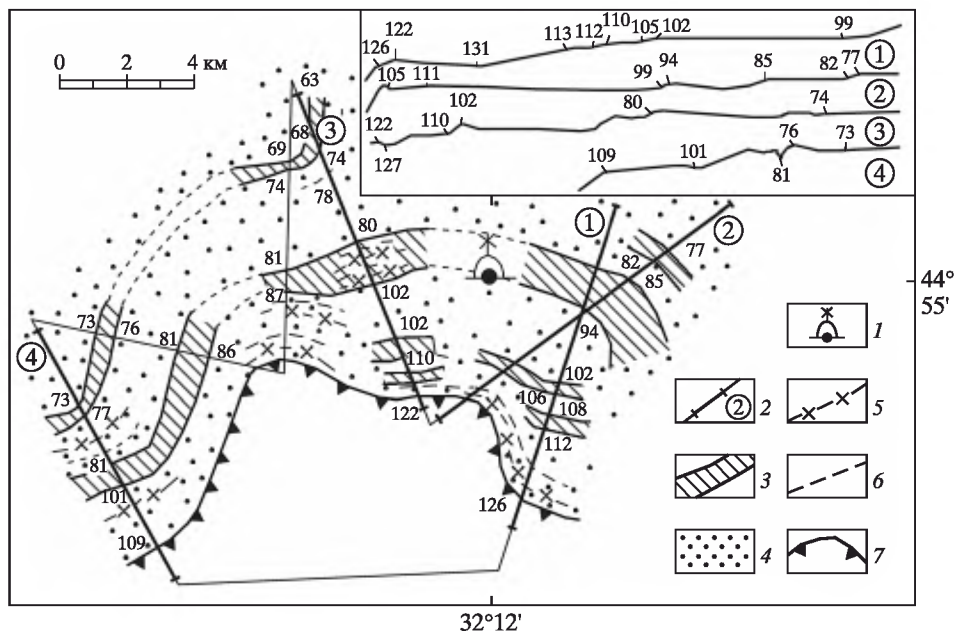


Рис. 1. Морфологическая схема Евпаторийского полигона (Е-71)

1 — положение гидрографического буя, 2 — иллюстрируемые эхолотные профили и их номера, 3 — уступы подводных террас и их морфометрические показатели, 4 — эрозионные ступени, 5 — валы и гряды, 6 — ложбины и борозды, 7 — бровка шельфа

часть материкового склона, которые, в свою очередь, осложнены более мелкими морфоэлементами.

Характеристика рельефа дна. На ряде профилей Полигона Е-71 выявлено от трех до четырех террас, шириной от 1.5 до 4.0 км. Кроме этого, на некоторых галсах зафиксирована лестница узких ступеней, прилегающих к бровке шельфа. Батиметрическое положение бровки соответствует отметкам 109–126 м. На отдельных участках внешней материковой отмели встречается краевой вал относительной высотой 5 м.

К бровке шельфа примыкает самая низкая терраса шириной около 2 км. На глубине 101–112 м располагается ее тыловой шов, который, в то же время, представляет собой подножие уступа (древнего клифа?) высотой от 9 до 20 м (рис. 1, проф. 2–4). В восточном и западном направлениях (на полигоне, но в данном случае за рамками рис. 1) эта терраса теряет свою морфологическую выраженность [8].

Рассмотренная терраса в интервале глубин от 94 до 112 м состоит из террасовых ступеней, а ограничивающие их уступы имеют высоту 4–8 м. Верхний уступ прослеживается на трех профилях при общей протяженности немногим более 6 км, а нижний — отрезками длиной около 2 км, отмечен только на профилях 1 и 3.

Вторая терраса, шириной 2–3 км, прослежена на большей части полигона. Ее бровка располагается на глубине 80–85 м, а подножие уступа на глубине 86–102 м. Поверхность террасы хорошо выровнена, однако местами она осложнена мелкими валами и бороздами. Изменчивой ширины и крутизны уступ этой террасы в плане почти совпадает с контуром бровки шельфа.

Третья терраса шириной 1–2 км имеет ограниченное (по сравнению со второй) распространение. Ее поверхность ровная, местами осложнена бороздами и валами. Бровка этой ступени располагается на глубине 63–73 м, при этом отчетливо замечен ее наклон к юго-западу. В этом же направлении уменьшается (от 5–6 до 3–4 м) высота уступа, поверхность которого нивелирована новейшими осадками и морфологически выражена не везде отчетливо [8].

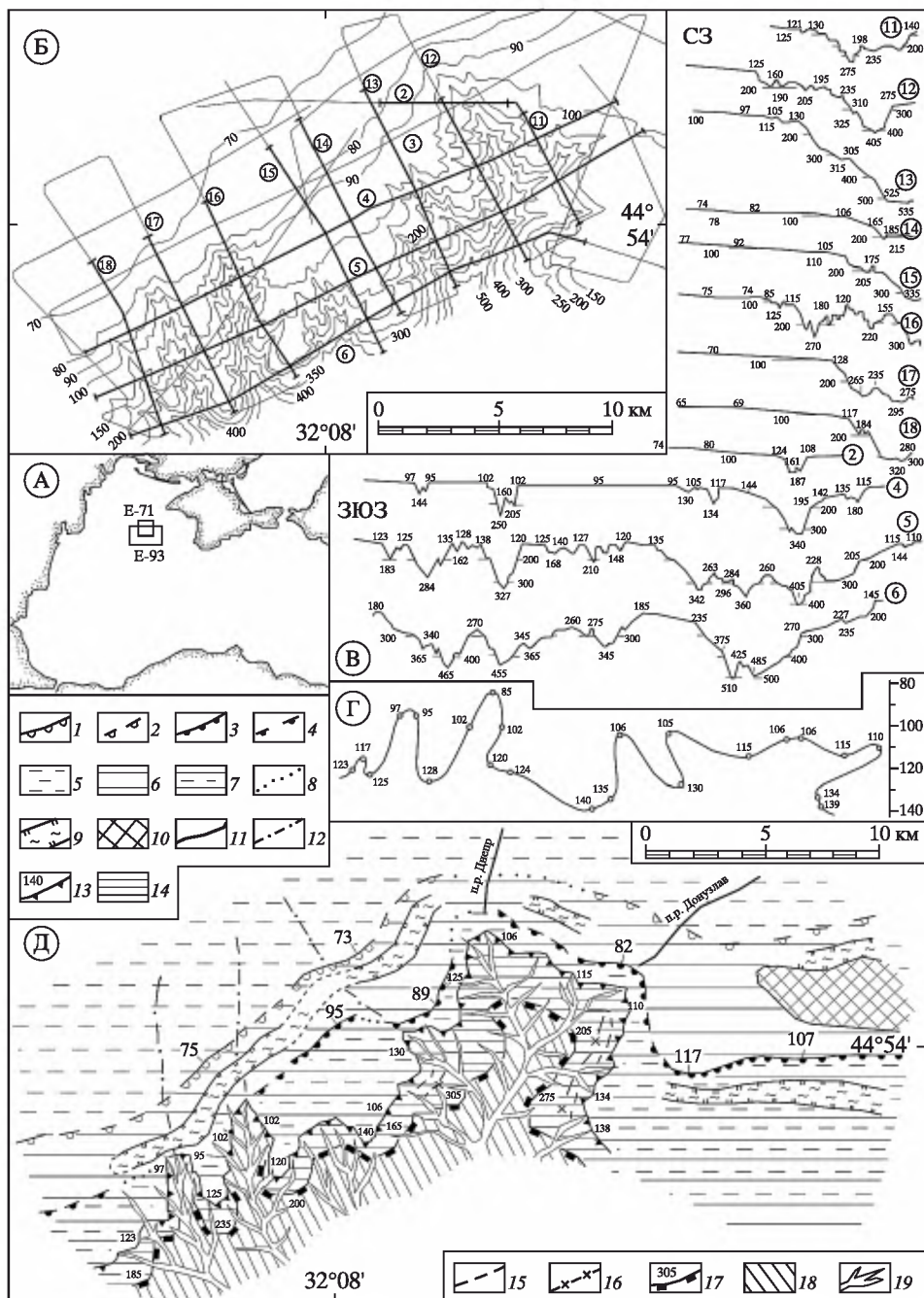


Рис. 2. Рельеф дна и геоморфология внешней материковой окраины Черного моря на Евпаторийском полигоне (Е-93)

А – местоположение полигонов Е-71 и Е-93; Б – батиметрическая карта Полигона Е-93 (утолщенные линии – иллюстрируемые профили); В – обзорные профили рельефа дна; Г – морфометрические показатели бровки шельфа, вынесенные на вертикальную плоскость; Д – геоморфологическая карта полигона Е-93. *Верхний уступ*: 1 – установленный, 2 – предполагаемый; *нижний уступ*: 3 – установленный, 4 – предполагаемый; *эрозионные ступени*: 5 – верхняя, 6 – средняя, 7 – нижняя; 8 – предполагаемые границы между ступенями; 9 – депрессия (грабен?) с грядово-холмистым дном; 10 – плосковершинное поднятие (горст?); *палеорусл*: 11 – крупные, 12 – мелкие (предполагаемые); 13 – бровка шельфа и ее глубина; 14 – поверхность погруженного шельфа; *морфоэлементы погруженного шельфа*: 15 – ложбины и борозды, 16 – валы и гряды, 17 – бровка погруженного шельфа и ее глубины, 18 – материковый склон, 19 – подводные долины и каньоны

По сравнению с Е-71 данные о рельефе дна и геоморфологии на Е-93 существенно отличаются большей информативностью и детальностью. Здесь, помимо шельфа, приведены сведения о погруженном шельфе и верхней части материкового склона.

Шельф на Полигоне Е-93 характеризуется, на первый взгляд, сравнительно ровной поверхностью. Изобаты до 90 м ориентированы здесь в направлении ЮЗ–СВ (рис. 2Б). К юго-востоку глубина нарастает плавно от 50–60 до 100 м и более. Однако здесь встречаются прерывистые, мало амплитудные (высота в среднем 5–7 м) пологие абразионные уступы (древние клифы?), ограничивающие эрозионные террасы, ложбины, плосковершинные поднятия.

Так, только в западной части полигона достаточно уверенно выделяются два отрезка верхнего уступа (длина 3.5–4.0 км, высота 3–5 м), бровка которых располагается на глубине 73–75 м (рис. 2Д). Нижний уступ представлен отрезками, три из которых имеют протяженность 4–5 км. Его высота 6–8 м, а бровка находится на глубине 82–114 м. На восточном участке полигона находится уступ протяженностью 10 км. Характерно, что с востока на запад его высота уменьшается от 14–16 до 3–4 м, а бровка погружается (от 107 до 117 м) в направлении погребенного палеорусла Днепра [12]. Прилегающие участки дна наклонены к его палеоруслу, указывая, тем самым, на существование субмеридионального прогиба, осевая часть которого совпадает с Николаевской зоной разломов [14, 15]. Расположение прогиба подтверждается также конфигурацией и сгущением изобат на батиметрической карте и субширотных профилях (рис. 2В, Д).

Характерной особенностью морфологии шельфа является узкая депрессия (грабен), сопряженная с горстовыми выступами. В современном рельефе дна она ограничена бортами высотой 2–4 м, а ее ширина немногим более 1 км. Простирание депрессии изменчиво, а протяженность составляет от 3–5 до 13 км (рис. 2Д). Не исключается связь этой структуры с Донузлавским грабеном, который известен в Крыму и к юго-западу от него [14, 15]. Один из отрезков грабена приурочен к северному подножию плосковершинного, по-видимому, аккумулятивного поднятия. Можно предположить, что происхождение депрессии связано с процессами новейшей тектоники, а ее прерывистость может быть обусловлена, либо эрозионными процессами, либо нивелированием современными осадками.

Бровка шельфа в пределах полигона чрезвычайно извилиста в плане и располагается на существенно различных глубинах (рис. 2Г). В верховьях долин и каньонов глубины бровки 95–106 м, а на выступах, их ограничивающих, 105–140 м. Это указывает, по-видимому, на интенсивное эрозионное разрушение края шельфа, которое происходит в процессе врезания в его пределы верховьев долин и каньонов. Возможна также причастность неотектоники к погружению бровки шельфа на дистальных участках выступов. Их приглубое положение, вполне вероятно, может быть связано с интенсивным накоплением осадков, что, как правило, и происходит в областях проградационного шельфа [3, 4].

Погруженный шельф представлен расчлененной (амплитуда от 10–15 до 30 м) поверхностью (рис. 2Д). В плане ширина этой морфоструктуры 1–3 км, а бровка располагается в интервале глубин 165–305 м. Примечательно, что большие ее значения приурочены к осевой части крупного каньона, который является продолжением погребенного палеорусла Днепра. Такие морфометрические и морфологические показатели вполне надежно подтверждают как существование, так и тектоническую активность Николаевской зоны разломов [15]. Расчлененность рельефа погруженного шельфа, большие различия в батиметрическом положении тылового и внешнего краев, характер строения вершинных поверхностей отдельных его блоков дают основание предполагать, что к его происхождению и развитию причастны процессы неотектоники.

Материковый склон на полигоне исследован до глубины 500 м. Он представлен сильно расчлененной (от первых десятков до 150–200 м) поверхностью, что обусловлено наличием сравнительно крупных каньонов, долин и их притоков (рис. 2Д). В

пределах полигона исследованы верховья четырех каньонов. В восточной его части располагаются два самых крупных.

Западный из них генетически связан с субмеридиональным погребенным палеоруслом Днепра. В пределы шельфа он врезан на расстояние 7–8 км. На протяжении 2–2.5 км тальвег этого каньона погружается на 140–160 м. К востоку от него располагается каньон СВ–ЮЗ ориентировки, ось которого совпадает с палеоруслом Донузлава. Склоны этих каньонов осложнены уступами (высота от 10–15 до 50–60 м), ступенями (ширина 0.5–1 км) и оползневыми телами. Вполне правомерно назвать эти каньоны “Днепр” и “Донузлав” соответственно. Их слияние происходит на глубине 500 м, что отчетливо видно на батиметрической и геоморфологической картах (рис. 2Б, Д).

В юго-западной части полигона располагаются каньоны, которые во внешний шельф врезаются на расстоянии 3–4 км. По-видимому, они связаны с разветвленными палеоруслами Днестра. С увеличением глубин до 250 м и более днища каньонов материкового склона постепенно расширяются до 0.5–1.0 км. Их поверхности отмечены чаще всего меандрирующими врезами (глубина 5–8 м), которые выработаны суспензионными потоками.

Происхождение и развитие рельефа. Приведенные выше данные о результатах эхолотного промера на полигонах [8, 9] в совокупности с геолого-геофизическими данными [14, 15] дают основание предполагать, что к происхождению и развитию рассматриваемой территории причастен ряд сложно взаимодействующих рельефообразующих факторов.

Ранее проведенные исследования рельефа дна показали, что на разных участках материковой окраины Черного моря морфоэлементы различных порядков (макро-, мезо- и даже микрорельефа) своим происхождением и развитием обязаны в одних случаях тектоническим, в других абразионно-аккумулятивным, в третьих – эрозионно-аккумулятивным процессам [1, 3, 4, 8]. Особое место занимают морфоэлементы, порожденные оползнями, которые приурочены к верхним и средним наиболее крутым участкам материкового склона [5–7].

В пределах рассматриваемой нами площади к происхождению и развитию рельефа дна причастен ряд рельефообразующих факторов. Они могли быть обусловлены дифференцированными неотектоническими движениями, абразионными и эрозионно-аккумулятивными процессами, происходившими в условиях многократно повторяющихся регрессий и трансгрессий бассейна. Имеющиеся материалы позволяют с некоторой долей вероятности определить некую последовательность формирования разновеликих форм рельефа в новейший (плиоцен-плейстоцен) этап развития материковой окраины в области расположения полигонов Е-71 и Е-93.

Неотектонические процессы были обусловлены, прежде всего, импульсной активностью меридиональных и широтных глубинных разломов, которые и определили блоковое строение обширного северо-западного шельфа Черного моря. Вполне естественно, что это в существенной мере отразилось на формировании и развитии морфоструктур рассматриваемых полигонов. Геолого-геофизические материалы дают основание предполагать, что по отдельным разломам происходили как горизонтальные, так и вертикальные движения. На тектоническую активность исследованного района указывают также грабеновые структуры, отмеченные в западной части Крыма и прилегающих участках шельфа [14, 16]. Как было показано выше грабены и горсты выявлены также на полигоне Е-93, что в совокупности с данными других публикаций дает основание предполагать широкое их распространение в пределах внешней зоны материковой отмели.

В северо-западной части Черного моря основную роль играют разломы Одесский и Николаевский. Они обуславливают неравномерное погружение обширного шельфа с запада на восток. Наиболее интенсивно погружается блок, расположенный между Николаевским и Ялтинским разломами [16]. Субширотные разломы, вдоль которых

заложены грабены Донузлавский и Калиновский, играют второстепенную роль, что проявляется в дроблении крупных меридиональных блоков на более мелкие.

Поверхности террас шельфа осложнены положительными морфоэлементами, высота которых не превышает 6–8 м. Некоторые из них являются аккумулятивными возвышенностями, сформировавшимися, по-видимому, под воздействием господствующих здесь течений ЮВ–СЗ направленности. Однако по данным сеймопрофилирования известно, что большинство из них представляют собой выходы дислоцированных коренных пород плиоцен–плейстоцена [16–18].

Во время плейстоценовых регрессий обширный северо-западный шельф Черного моря осушался и был занят дельтами Днестра, Ю. Буга и Днепра. На осушенном шельфе реки выработали глубокие (десяtkи метров) ныне погребенные русла, а весь твердый сток выносился в одноименные каньоны материкового склона. Представляется, что в преобразовании морфоструктурного облика полигона Е-93 важная роль принадлежала палеоруслу Днепра. Твердый сток этой реки существенно превышает такие показатели Ю. Буга и Днестра. Это, по-видимому, и определило, помимо тектонической составляющей, врезание каньона Днепра во внешний шельф на расстоянии около 8 км (рис. 2Д). В конечном итоге рельефообразующие процессы, происходящие во внешней зоне материковой отмели, активно воздействовали на формирование бровки шельфа.

Бровка шельфа это четкий перегиб дна, который отделяет шельф от материкового склона. А.В. Ильин отмечал: "...поверхность современного шельфа была образована в период морских трансгрессий, вызванных таянием четвертичных ледников. Формирование четкого перегиба дна связывается с воздействием морской абразии на прибрежную часть материка при низком стоянии уровня океана" [19]. Вместе с тем в морфоструктурных и морфоскульптурных особенностях бровки отражаются специфические черты геоморфологии и палеогеографии материковой отмели [20]. В рельефе бровки шельфа, чаще всего, проявляется новейшая история развития прилегающей суши, шельфа и материкового склона.

Одним из наглядных и эффективных методов представления характера бровки является показ ее батиметрических отметок, вынесенных на вертикальную плоскость (рис. 2Г). Этот метод был использован при обработке данных рельефа дна Керченского полигона [4]. Однако намного раньше А.В. Ильиным был показан график колебаний внешнего края отмели Атлантического океана [19].

Зона внешнего шельфа представляет собой совокупность своеобразных элементов донного рельефа, в строении которого отражены особенности геоморфологии и неотектоники.

Для определения интенсивности вертикальных движений материковой отмели, приведенные морфометрические показатели бровки шельфа на полигоне Е-93 (рис. 2Г) не могут быть приемлемы. Объясняется это тем, что к концу плейстоцена здесь произошло выдвижение внешнего шельфа примерно на 10 км (?). Особенно интенсивно этот процесс происходил на выступах, ограничивающих каньоны, верховья которых продолжали врезаться в шельф. Во время регрессий формирование аккумулятивного шельфа на полигоне Е-93, представлявшего собой дельты Днепра, частично Ю. Буга и Донузлава, происходило с прежней интенсивностью. Это привело к выдвижению края шельфа еще на 3–5 км (?). Аналогичное развитие происходило на притаманской материковой отмели [3] и к югу от Керченского пролива [4].

Вертикальные неотектонические движения материковой отмели уверенно могут быть определены в районах, где вплотную к морю подходят горные хребты. В таких местах сравнительно узкий шельф сложен, в основном, коренными породами, которые перекрыты современными отложениями мощностью не более первых десятков метров. В этом плане наиболее перспективным является Российский сектор Черного моря между поселками Кабардинка и Ольгинка, где выполнены детальные исследования рельефа дна на полигонах [5–7].

В пределах Полигона Е-93 и прилегающих участках дна моря внешний шельф и верхняя часть материкового склона представляют собой зону наиболее активного морфоструктурного развития. Здесь погружающиеся участки дна соседствуют с воздымающимися. Их ориентировка контролируется как продольными (относительно бровки шельфа), так и поперечными тектоническими нарушениями. Причем первые из них могут провоцировать образование ступеней погруженного шельфа, а вторые обуславливают заложение подводных долин и каньонов. Таким образом, в отмеченной зоне происходит интенсивное эрозионно-тектоническое разрушение края шельфа. Наиболее интенсивно этот процесс происходит в верховье каньона Днепра. На других участках как вблизи полигона, так и всего бассейна этот процесс идет неравномерно. Об этом свидетельствуют весьма изменчивая ширина, протяженность и глубина залегания погруженного шельфа, разная длина и глубина врезания подводных долин и каньонов в пределы шельфа [3–6].

Осадконакопление. По данным сейсмопрофилирования известно, что четвертичные отложения на шельфе распространены неравномерно. В периоды регрессий в отдельных синклиналях сохранялись замкнутые (изолированные) водоемы, в которых осадконакопление не прерывалось [11]. Реликты нижнечетвертичных отложений приурочены к неогеновым прогибам и зонам неотектонических опусканий. Молодые осадки представлены здесь чаудинскими, древне- и новозвксинскими образованиями, мощностью от первых десятков до немногим более 100 м [20].

Тектоническая активность оказывала влияние на распределение голоценовых осадков мощностью от 10–20 до 70 м [15, 16]. Их распространение связано с цепочками поднятий, выраженных в рельефе дна, и генетически соответствует воздыманиям в майкопских, сарматских и более молодых отложениях.

Малые мощности голоценовых образований, вплоть до обнажений коренных пород, характерны для уступов, ограничивающих тыловые швы террасовых ступеней погруженного шельфа. На их поверхностях новейшие отложения распространены неравномерно. Это обусловлено хаотично расположенными продольными грядами и бороздами, образование которых связано с процессами новейшей тектоники.

Региональные эхолотные профили с записями слоистости новейших отложений отражают сложно чередующиеся сейсмически прозрачные и непрозрачные слои, мощность которых варьирует в интервале от 3–5 до 8–10 м [21]. Слоистая осадочная толща очень неоднородна и не всегда обеспечена подстилающим четким отражателем, связанным с границей раздела четвертичных образований, а местами, возможно, и выходами более древних литифицированных отложений.

В эхолотных записях слоистости отчетливо фиксируются микротрещины и микросбросы, по которым смещены пачки слоистых образований [21]. Это свидетельствует, по всей вероятности, о позднеголоценовых тектонических движениях (возможно даже разного знака), произошедших после формирования слоистой толщи. Мелкие положительные и отрицательные формы рельефа дна не всегда проявляются в характере залегания отдельных слоев осадочной толщи. Она имеет, по-видимому, эрозионно-аккумулятивное происхождение и образована сравнительно недавно.

Характер слоистости, резко меняется при переходе от внешней части погруженного шельфа к крутому материковому склону. Это указывает на смену мелководных фаций на глубоководные [11]. Многие участки дна, в первую очередь крупные гряды, разделяющие долины и каньоны, а также террасовидные ступени материкового склона, отмечены записями типа “булыжной мостовой”. Вполне вероятно, что это четкое проявление процессов неотектоники [21].

Регрессивные и трансгрессивные колебания уровня Черного моря, неоднократно повторявшиеся в плейстоцене, соответствовали этапам осушения и затопления шельфа [22, 23]. При этом замедление регрессий в разные эпохи контролировалось глубиной пролива Бофор [8, 24]. Неравномерный ход трансгрессий был обусловлен климатическими изменениями, происходившими в Северном полушарии и тектоническими

движениями, которые от места к месту имели разные скорости и знаки [16, 22]. Необходимо также отметить, что регрессии и трансгрессии существенно влияли на процесс осадконакопления [11, 18] и на формирование морфоэлементов обширного шельфа.

На приведенной геоморфологической карте показаны три террасы (рис. 2Д). Они возникли при неоднократных и продолжительных замедлениях регрессий. В эти периоды уровень моря снижался до отметок 80–100, а затем 130–140 м [8, 18]. Ранее было высказано предположение, что самая нижняя из них, вместе с лестницей террас, могла образоваться в позднелюрскую эпоху [8].

Необходимо отметить важное обстоятельство. При повторном эхолотном промере лестница террас не обнаружена [9]. Можно предположить, что их протяженность чрезмерно мала и эти морфоэлементы оказались между поперечными (относительно бровки шельфа) галсами. Однако не исключается вероятность, что даже за столь короткий промежуток времени (22 года) они могли быть нивелированы новейшими отложениями.

Вторая и третья террасы, по-видимому, образовались, соответственно, в ранне- и средненовозвксинскую эпохи. Внешние (мористые) участки этих террас ограничены морфологически различно выраженными пологими уступами. Происхождение их абразионное, а высота от 2–3 до 5–7 м.

По данным, опубликованным в многочисленных статьях и монографиях известно, что геолого-геофизическое строение обширного шельфа северо-западной части Черного моря изучено достаточно хорошо. Однако в публикациях последних лет показано, что изученность далека от завершения. Так, к северо-востоку от о-ва Змеиный, при высокоточном сейсмопрофилировании и бурении под аллювиальными отложениями пятой террасы были вскрыты эффузивные породы. Вблизи скважины выделяются два горстовых поднятия, разделенные субширотным прогибом (грабен?), который осложнен разломами [25]. К юго-западу от полигона Е-93 гидроакустическим профилированием были выявлены грязевулканические сопки. Исследованное поле приурочено к пологому склону домелового фундамента. Отобранная колонка осадков (длина 2,3 м) представлена алевроитовым илом, фауна которого датируется новозвксином [26]. Грязевые вулканы выявлены также на таманском шельфе [27]. Здесь же, сравнительно недавно, определено местоположение семи террасовых ступеней, столько же известно на северо-западном шельфе бассейна [28].

В заключение необходимо подчеркнуть, что в статье представлен лишь общий анализ и обобщение результатов эхолотного промера двух полигонов. Как итог выполненной работы составлены батиметрическая и геоморфологическая карты, которые могут быть надежной основой для нанесения геолого-геофизических и геоморфологических данных.

Для определения планового положения террас и уступов, более полной и, в то же время, точной их идентификации (по времени образования, развития и т.д.) необходимы: существенно более детальный (межгалсовые расстояния не более 0,5 км) эхолотный промер с параллельным сейсмоакустическим профилированием и подробные данные по литологии, геохимии, сейсмостратиграфии, абсолютным датировкам осадочных образований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров В.П., Непрочнов Ю.П., Непрочнова А.Ф. Рельеф дна и глубинное строение Черноморской впадины. М.: Наука, 1972. 160 с.
2. Евсюков Ю.Д. Детальные исследования рельефа дна на полигонах Черного моря // Комплексные исследования Черного моря. М.: Науч. мир, 2011. С. 363–378.
3. Евсюков Ю.Д. Геоморфологическая характеристика и история развития притаманской материковой окраины // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2007. № 2. С. 86–97.

4. Евсюков Ю.Д., Шимкус К.М. Новые данные по геоморфологии и неотектонике материковой окраины в районе Керченского пролива // Докл. РАН. 1996. Т. 334. № 1. С. 83–86.
5. Евсюков Ю.Д. Детальное строение рельефа дна на Геленджикском полигоне // Докл. РАН. 2003. Т. 389. № 1. С. 111–114.
6. Евсюков Ю.Д. Геоморфология материковой окраины Черного моря между поселками Дивно-морское и Бетта // Бюл. МОИП. Отд. геологии. 2009. Т. 84. № 6. С. 52–59.
7. Шимкус К.М., Москаленко В.Н., Евсюков Ю.Д. и др. О роли неотектоники, оползневых процессов и формировании прикавказской материковой окраины // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука, 2002. С. 402–412.
8. Шимкус К.М., Евсюков Ю.Д., Соловьева Р.Н. Подводные террасы нижней зоны шельфа Черного моря и их природа // Геолого-геофизические исследования зоны предокеана. М.: Наука, 1980. С. 81–92.
9. Евсюков Ю.Д. Геоморфология участка внешней материковой окраины к юго-западу от Евпатории // Бюл. МОИП. Отд. геологии. 1996. Т. 71. № 1. С. 88–91.
10. Москаленко В.Н., Питман У., Райан Б.Ф. Выделение газонасыщенных осадков на сейсмоакустических разрезах в северо-западной части Черного моря // Океанология. 1996. Т. 36. № 3. С. 462–469.
11. Шимкус К.М. Процессы осадконакопления в Средиземном и Черном морях в позднем кайнозое. М.: Науч. мир, 2005. 280 с.
12. Ryan B.F., Major C.O., Lencolais G. et al. Catastrophic Flooding of the Black Sea // Annu. Rev. Earth Planet. 2003. V. 31. P. 525–554.
13. Гончаров В.П., Михайлов О.В. К методике детальной эхометрической съемки рельефа дна // Тр. Ин-та океанологии. 1964. Т. 58. С. 196–201.
14. Моргунов Ю.Г., Куприн П.Н., Лимонов А.Ж. и др. Тектоника платформенного чехла северо-западной части Черного моря // Вестн. МГУ. 1976. № 3. С. 35–44.
15. Щербаков Ф.А., Моргунов Ю.Г., Куприн П.Н. Изучение новейшей тектоники северо-западной части шельфа Черного моря // Комплексные исследования Черноморской впадины. М.: Наука, 1976. С. 22–25.
16. Тектоника и история развития северо-западного шельфа Черного моря. М.: Наука, 1981. 243 с.
17. Туголесов Д.А., Гориков А.С., Мейснер Л.Б. и др. Геологическое строение Черноморской впадины // ДАН СССР. 1988. Т. 269. № 4. С. 440–444.
18. Щербаков Ф.А., Чистяков А.А. Современное представление о четвертичной геологии шельфа // Бюл. ком. по изуч. четвертич. периода. 1981. № 51. С. 22–30.
19. Ильин А.В. О вертикальных движениях шельфа Атлантического океана в послеледниковое время // ДАН СССР. 1968. Т. 182. № 2. С. 422–425.
20. Щербаков Ф.А., Есин Н.В. Особенности бровки шельфа Северного Кавказа // Океанология. 1994. Т. 34. № 2. С. 283–286.
21. Евсюков Ю.Д. Новые данные о рельефе дна и отложениях на шельфе и континентальном склоне западной части Черного моря, полученные в записях эхолотного промера // Геоморфология. 2007. № 1. С. 51–63.
22. Щербаков Ф.А., Куприн П.Н., Моргунов Ю.Г. Позднечетвертичный этап развития Черного моря // Бюл. ком. по изуч. четвертич. периода. 1979. № 49. С. 3–16.
23. Невеский Е.Н. О ритмичности морских трансгрессий // Океанология. 1961. Т. 1. № 1. С. 63–77.
24. Федоров П.В. Позднечетвертичная история Черного моря и развитие южных морей Европы // Палеогеография и отложения плейстоцена. М.: Наука, 1977. С. 25–32.
25. Какаранза С.Д., Кадуринов С.В., Ларченков Е.П. и др. Находка эффузивных пород на северо-западном шельфе Черного моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2011. № 1. С. 83–91.
26. Шнюков Е.Ф., Пасынков А.А., Любичский А.А. и др. Новые проявления газового и грязевого вулканизма в Черном море // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2007. № 2. С. 107–110.
27. Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.Д., Гнатенко Г.И. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. Киев: Наук. думка, 1986. 152 с.
28. Варуценко С.И. Анализ позднелейстоценовой и голоценовой истории развития природной среды северо-западного шельфа Черного моря // Колебания уровня Мирового океана и вопросы морской геоморфологии. М.: Наука, 1975. С. 50–62.

THE ANALYSIS AND GENERALIZATION OF THE SECOND ECHOSOUNDING DATA IN THE NORTHWEST SECTION OF THE BLACK SEA SHELF

YU.D. EVSYUKOV, V.I. RUDNEV

Summary

On the outer continental shelf of a northwest part of the Black Sea the detailed researches of bottom relief were fulfilled on two ranges. Bathymetric and geomorphological maps, schemes and survey profiles of a bottom surface were compiled. Shelf edge, submarine valleys and deltas of the Dnieper, Dniester, and other rivers, steps of the terraces formed during the sea regressions (80–100 and 130–140 m below sea level), rills and ridges are the most prominent forms. In the N-Q stage bottom relief formation was governed in the first place by neotectonic movements, and also by accumulation, abrasion, and erosion.

УДК 551.435.32→556.555.6(282.251.2)

© 2013 г. Г.А. КАРНАУХОВА, Т.М. СКОВИТИНА

ФОРМИРОВАНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АНГАРСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ¹

Введение

Строительство каскада ГЭС на Ангаре привело к затоплению речной долины на протяжении более 1000 км и созданию на юге Восточной Сибири серии водохранилищ – Иркутского, Братского, Усть-Илимского (рис. 1). Общая площадь, попавшая в зону затопления, составила 7500 км², а объем водохранилищ – 235 км³. Иркутское водохранилище является озерно-речным, Братское и Усть-Илимское – долинными. Ложе и береговая зона созданных водоемов сложены породами докембрия, палеозоя, мезозоя и кайнозоя, неоднородными по литологическому составу и инженерно-геологическим свойствам. При эксплуатации водохранилищ идут процессы, которые представляют собой “...переустройство профиля подводной и надводной частей берега ... водоема в результате волновой абразии, обвальных, осыпных, оползневых, просадочных, суффозионных, эрозионных и других процессов в зоне уреза воды, а также аккумуляции размытых и обрушившихся пород и перенос наносов вдольбереговыми течениями” [1, с. 112].

Обеспечивая регулирование водного стока, ангарские водохранилища задерживают и поступающий осадочный материал, одним из основных источников которого являются абразионные берега, поставляющие ежегодно более 224 млн. т. Интенсивность поступления осадочного материала и его аккумуляция находятся в зависимости, в первую очередь, от гидродинамических условий (волновой и уровенный режимы) и литолого-геохимического состава размываемых пород. От 40 до 90% абрадированного материала удерживается в прибрежной, наиболее динамичной, зоне водохранилищ, занимающей всего 1% их площади. Активное проявление здесь процессов перемещения и накопления осадочного материала не может не сказаться на распределении потоков последнего в ходе седиментации в самих водохранилищах. Поэтому исследование условий осадконакопления и состава донных осадков в прибрежной части водохранилищ является задачей представляемой работы. Данная работа базируется на результатах комплексных полевых исследований, проведенных нами в 1972–2012 гг. В этот период было отобрано более 500 образцов донных отложений с прибрежных

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-05-00194-а) и программы СО РАН (проект VII.59.3.5).