

УДК 551.462 (262.5)

Ю.Д. Евсюков¹

КОНУС ВЫНОСА ДУНАЯ: ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА; СЛОИСТОСТЬ ВЕРХНЕЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОСАДКОВ (по материалам эхолотного промера)

При выполнении геоморфологических и геологических исследований в пределах Дунайского конуса выноса (8-й рейс НИС "Витязь") на эхолотных лентах были получены оригинальные записи слоистости верхнечетвертичных осадков. На основе полученных материалов составлена батиметрическая карта и геоморфологическая схема исследованного района. Сравнительно подробно рассматривается геоморфология грандиозной морфоструктуры и характер слоистости новейших отложений на поверхностях разнообразных форм рельефа Дунайского конуса выноса. Предполагается, что по материалам эхолотных записей слоистости есть возможность выполнять комплекс картографических построений.

Введение

Данные эхолотного промера используются, чаще всего, при составлении батиметрических, геоморфологических и других карт и схем. При этом, помимо регистрации глубин и данных о рельефе дна, на эхограммах при определенных технических возможностях может фиксироваться слоистость новейших осадков [8, 14, 15, 18] и структуры, которые с большой долей вероятности могут интерпретироваться как оползневые тела [3].

Преимущество практического применения такого метода проявляется в следующем. Грунтовыми трубками дно опробуется на глубину 3, иногда 5 м. При непрерывном сейсмопрофилировании (НСП) верхняя часть разреза (в среднем 10–15 м) "скрыта" первыми вступлениями отраженных сигналов (так называемая аппаратурная помеха). Эти пробелы могут быть компенсированы эхолотом и соответствующим регистратором глубин, при положительных характеристиках которых представляется возможность фиксировать запись слоистости верхней толщи осадков мощностью до 50–55 м и, таким образом, получать чрезвычайно интересную информацию.

Современные сейсмоакустические системы (типа "ЧИРП") обладают разрешающей способностью в 10–15 см и глубиной исследований до 100 м [20]. Однако таким методом можно получать данные о характере слоистости осадков в мелководных зонах моря, с глубинами до 180–200 м. Эхолотирование с записью слоистости новейших отложений (как будет показано

© Ю.Д. Евсюков¹.

² Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Геленджик.

ниже) практически не зависит от глубины моря. Получение записей слоистости зависит от ряда условий: четкой работы эхолота и самописца (необходимо постоянно следить за уровнем эхосигнала и контрастностью записи), характера дна (выровненные или расчлененные его поверхности), волнения моря и т.д.

Материалы о наличии и характере слоистости, трещиноватости, плоскостях смещения осадков, получаемые в процессе эхолотного промера, могут широко и успешно использоваться при составлении всевозможных картографических документов: геологических, геоморфологических, морфоструктурных карт, схем распространения оползневых массивов, для выделения зон с выходами коренных пород, определения ареалов с различной фациальной изменчивостью.

К тому же, это экономически выгодный метод, не требующий серьезных конструктивных переделок и забортных приспособлений [4].

Выполненная работа позволила значительно уточнить особенности строения дна исследованного района, известного до определенного времени по имеющимся литературным и картографическим источникам лишь в общих чертах [1, 11, 12, 13, 16].

В настоящей статье рассмотрены геоморфологические особенности Дунайского полигона и взаимосвязь рельефа дна и характера залегания слоистой толщи, приведена характеристика слоистости верхнечетвертичных осадков на поверхностях морфоструктур, расположенных на различных батиметрических уровнях. Следует также отметить, что данные о слоистости осадков были успешно использованы при изучении литолого-фациальной изменчивости донных отложений этого района [19].

Методика и объем работ

В 8-м рейсе НИС “Витязь” в центральной части Дунайского конуса выноса были проведены детальные исследования рельефа дна на полигоне 60×105 км [7]. Эхолотный промер выполнен здесь по системе взаимно пересекающихся профилей длиной от 20–28 до 105 км с межгалсовыми расстояниями 10–15 км. Северо-западный участок полигона покрыт более плотной сетью профилей с расстояниями между ними 3–4 км. Общая протяженность промерных галсов составила немногим более 1700 км. Обработка, анализ и интерпретация первичного материала эхолотной съемки позволили составить батиметрическую карту [7] и геоморфологическую схему (рис. 1). В пределах полигона детально изучены внешний край шельфа, уступ материкового склона, осевая часть современного конуса выноса Дуная, включая каньон, и зона подножия материкового склона.

Исследования рельефа дна выполнены эхолотом “ЭЛАК”, с высокоточным регистратором, модернизированным на основе факсимильного аппарата “ФАК-2П”.

В пределах Дунайского конуса выноса суммарная протяженность профилей с записями слоистости составила около 890 км (примерно 52% от общей протяженности промера).

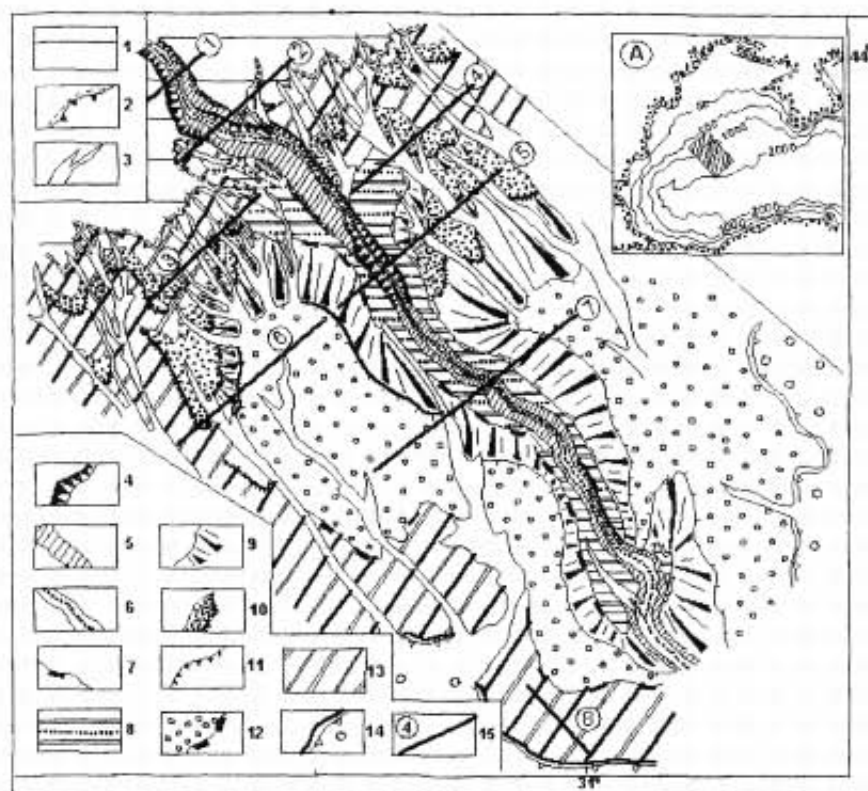


Рис. 1. Геоморфологическая схема Дунайского конуса выноса.

Условные обозначения: 1 — поверхность шельфа; 2 — бровка шельфа; 3 — осевые части второстепенных долин и каньонов; 4 — уступы в осевой части центрального каньона; 5 — относительно пологие борта центрального каньона; 6 — осевая часть и тальвег центрального каньона; 7 — бровка вершинной поверхности краевых валов; 8 — поверхность валов; 9 — склоны в тыльной части оползневых террас; 10 — ступени в верхней части материкового склона; 11 — тыльный шов оползневых террас; 12 — поверхность оползневых террас и их бровка; 13 — материковый склон; 14 — граница субабиссальной части котловины; 15 — иллюстрированные профили и их номера.

А — положение района работ.

В процессе выполнения эхолотного промера и отбора проб донного грунта координация судна осуществлялась с помощью спутниковой навигации, обеспечившей точность определения координат $50 \pm 10-15$ м [8].

Результаты исследований

На исследованном полигоне крупнейшей формой рельефа является морфологически отчетливо выраженная часть Дунайского конуса выноса, которая ранее отождествлялась с хребтом или горным сооружением [1, 13]. Выполненные здесь сейсмические исследования частично уточнили строение и природу этой области [12]. Однако детальное строение рельефа дна оставалось не выясненным, что привело к его схематизированному изображению на некоторых батиметрических картах и характеристике в ряде публикаций [1, 11, 16].

*Геоморфологическое строение территории.**Слоистость верхнечетвертичных осадков.*

В охваченном полигонной съемкой районе представлены следующие крупные морфологические элементы: внешний шельф, материковый склон и материковое подножие. Здесь выделены три ступени (поверхности выравнивания). Первая из них — шельф. Материковым склоном он отделяется от двух других, расположенных в пределах материкового подножия. Вторая ступень находится на глубинах, в среднем, 900–1400 м. Третья намечается только в юго-западном углу полигона с глубинами 1700–1900 м [7].

Внешний край шельфа прорезан отчетливо выраженными верховьями подводных долин, каньонов (среди которых наиболее крупным, занимающим осевое положение, является каньон Дуная) и их отвержков. Глубина вреза центрального каньона относительно бровки шельфа превышает 700 м, а боковых его долин — до 70–200 м. Верховье в пределах шельфа (в направлении к берегу) прослеживается на расстояние около 25 км [4]. В верхней, наиболее крутой части материкового склона расположены многочисленные меньшие долины, параллельные основному каньону. В нижней части склона такие долины веером расходятся в стороны и с увеличением глубин теряют свою морфологическую выраженность или “вливаются” в широкие понижения, расположенные в пределах подножия. Средняя крутизна материкового склона 4–5°, а на отдельных участках бортов она составляет более 10° [7]. Следует отметить, что сходными морфологическими характеристиками обладают и другие участки материковой окраины Черного моря [2, 6, 9, 10].

Помимо информации о рельефе, на этом полигоне в записях эхограмм получены данные о слоистости верхнечетвертичных осадков на протяженных участках профилей. Из большого объема этого материала для анализа взаимосвязи рельефа дна и выявленной слоистости выбраны отдельные, наиболее характерные фрагменты эхограмм (рис. 2).

В пределах шельфа подстилающая слоистую толщу отражающая поверхность расчленена (рис. 2, проф. 1). Ее неровности сnivelированы осадками мощностью не более 20 м. Лишь крупные элементы подстилающей поверхности отражены в современном рельефе дна. Слоистые осадки покрывают террасовидные ступени бортов долин и каньонов (рис. 2, проф. 1, 2). В таких местах их мощность достигает 40 м. На отдельных участках вся слоистая толща обнаруживает нарушения в залегании осадков, которые обусловлены сползанием осадочного материала в понижения рельефа, где слоистая толща может достигать 50–55 м [8].

Конус выноса Дуная по данным сейсмопрофилирования [17, 21] представляет собой крупное аккумулятивное тело. С точки зрения морфологии это обширная, слабо наклонная (2–4°) ступень, которая с юго-запада ограничена уступом высотой 200–400 м. В северо-восточной части полигона она не завершается уступом, а постепенно снижается к ложу котловины. Центральное положение ступени занимает продолжение главного каньона Дуная, окаймленного островершинными аккумулятивными валами [7].

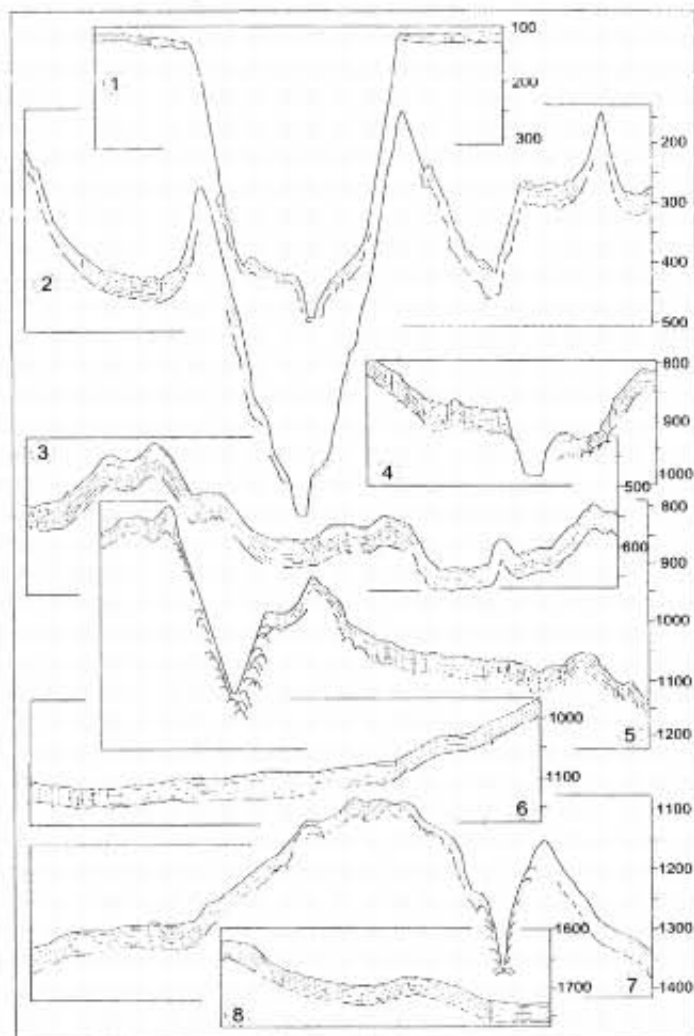


Рис. 2. Фрагменты эхолотных записей слоистости верхнечетвертичных отложений Дунайского конуса выноса

В пределах конуса выноса Дуная (рис. 2, проф. 3, 4, 8) на сравнительно островершинных морфоэлементах слоистость отсутствует полностью или развита лишь в верхней части разреза (первые метры). Вниз по склонам гряд и валов, ограничивающих подводные долины и каньоны, мощность слоистой толщи увеличивается, а на ступенях и в понижениях рельефа она достигает 40–50 м (рис. 2, проф. 5, 7). Не везде прослеживается подстилающий отражатель, что, по-видимому, указывает на большую мощность толщи, превышающую 50–55 м (рис. 2, проф. 5, 6, 8).

Анализ записей слоистости дает основание предполагать, что ее разновидности формировались при участии многих факторов: цикличность осадконакопления, эрозионные процессы, новейшие движения по разломам и трещинам, оползневые явления и т.д. Цикличность слоев может быть объяснима чередованием терригенного материала разной крупности, которое, в свою очередь, обусловлено периодическими колебаниями уровня Черного моря в позднечетвертичное время. Отметим также, что нет четкой законо-

мерности в сочетании сейсмически прозрачных и непрозрачных слоев, что может быть обусловлено значительной динамикой процессов осадконакопления в пределах конуса выноса.

Обращает на себя внимание отсутствие русловых сейсмофаций на эхо-записях слоистости [19]. Это означает, что наиболее активное формирование Дунайского конуса выноса протекало раньше, т.е. до образования изученной слоистой толщи. Учитывая ее мощность, можно полагать, что этот процесс происходил во время регрессии моря, отвечающей рисской ледниковой эпохе.

Главный каньон Дуная имеет, в основном, юго-восточное простирание. Однако его русло сильно меандрирует, иногда резко изменяя свое направление с субширотного на субмеридиональное [7, 21]. Поперечные профили на всем своем протяжении асимметричны. Более высоким (на 80–200 м и более) является юго-западный борт. В северо-западной части полигона, приуроченной к шельфу и материковому склону, его высота достигает 600 м. В средней и юго-восточной частях полигона высота бортов значительно уменьшается, соответственно — от 320 до 80 и от 250 до 70 м.

Изменчива и крутизна этих склонов. Средний угол наклона юго-западного борта 5–9°, северо-восточного 7–11°. Почти на всех профилях крутизна бортов каньона увеличивается по мере приближения к тальвегу, где обычно она превышает 20°. По всему простиранию дно каньона имеет узкую (не более 100–200 м) ровную поверхность.

Исходя из анализа записей слоистости, можно предположить, что наиболее интенсивная аккумуляция терригенного материала, транспортируемого придонными потоками, происходила в глубоководной части полигона. Конус выноса Дуная имел сложное развитие, и формирование его происходило при взаимодействии различных факторов. Так, по сейсмическим данным определено [17, 21], что осадочная толща характеризуется тонкой слоистостью, с включением линз, являющихся результатом образования отдельных участков конуса выноса на различных этапах развития этой морфоструктуры. Вместе с тем, для конуса выноса Дуная характерны оползневые явления. Строение склоновых участков главного каньона и ограничивающих его валов позволяет предположить, что образование резких изгибов русла обусловлено крупными оползневыми процессами.

Выводы

Обработка и анализ первичных материалов эхолотного промера, характера слоистости осадков и опубликованных литологических данных, полученных для Дунайского конуса выноса, позволяют сформулировать некоторые выводы.

1. Главными морфологическими элементами материкового склона на изученной площади являются крупные аккумулятивные тела — оползневые террасы в пределах нижней части склона и подводный каньон, выработанный суспензионными потоками.

2. Конус выноса формировался, по-видимому, в несколько этапов в процессе непосредственного выдвигания аванделты Дуная и при подводной эрозии уступа материкового склона; большое значение имеют также крупные оползни, влияющие на динамику суспензионных потоков.

3. Предполагается, что осевой каньон маркирует положение активно развивающегося разлома. Область, располагающаяся к северо-востоку от оси каньона, испытывает более интенсивное погружение. Гипсометрический уровень всех морфологических элементов материкового склона здесь в среднем на 200 м ниже, чем у аналогичных элементов, располагающихся к юго-западу от оси каньона.

4. Эхолотные записи состоят из сложно чередующихся сейсмически прозрачных и непрозрачных слоев, мощность которых колеблется от 3–5 до 8–10 м. Верхние параллельные слои, в основном, повторяют неровности рельефа дна, хотя нередки и исключения.

5. На эхолотных лентах отчетливо фиксируются микротрещины и микросбросы, по которым смещены пачки слоистых образований, что, по-видимому, свидетельствует о позднеголоценовых тектонических движениях (возможно, даже разного знака), которые произошли после формирования этой слоистой толщи.

1. *Евсюков Ю.Д.* Геоморфология верховья Дунайского каньона (северо-западная часть Черного моря) // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества (ЧЭС). — 2006, №3. — С. 59–63.

2. *Евсюков Ю.Д.* Новые данные о рельефе дна и отложениях на шельфе и континентальном склоне западной части Черного моря, полученных в записях эхолотного промера // Геоморфология. — 2007, № 1. — С. 51–63.

3. *Гончаров В.П., Непрочнов Ю.Л., Непрочнова А.Ф.* Рельеф дна и глубинное строение Черноморской впадины. — 1972. М.: Наука. — 160 с.

4. *Евсюков Ю.Д.* Геоморфология внешней материковой окраины к юго-западу от Евпатории // Бюлл. МОИП. Отд. геол. — 1996. Т. 71, № 1. — С. 88–91.

5. *Евсюков Ю.Д.* Детальное строение рельефа дна на Геленджикском полигоне (Черное море) // Доклады АН. — 2003. Т. 389, № 1. — С. 111–114.

6. *Евсюков Ю.Д., Кара В.И.* Геоморфология каньона Кызыл-Ирмак (Черное море) // Геологический журнал. — 1989, № 1. — С. 88–95.

7. *Евсюков Ю.Д., Кара В.И.* Рельеф центральной части Дунайского конуса выноса // Геоморфология. — 1990, № 2. — С. 71–75.

8. *Евсюков Ю.Д., Кара В.И., Шимкус К.М.* Особенности залегания и накопления донных отложений на отдельных участках материковой окраины Черного моря (по данным изучения эхолотных записей слоистости) // Депонир. в ВИНТИ. — 26.12.88. № 8965-В88. — 27 с.

9. *Евсюков Ю.Д., Шимкус К.М.* Новые данные по геоморфологии и неотектонике материковой окраины Керченского пролива // Доклады АН. — 1995. Т. 334, № 1. — С. 83–86.

10. *Евсюков Ю.Д., Шимкус К.М.* Геоморфология шельфа и верхней части материкового склона к югу от Архипо-Осиповки (Черное море) // Океанология. — 2002. Т. 42, № 1. — С. 152–155.

11. Земная кора и история развития Черноморской впадины. — 1975, М.: Наука. — 358 с.

12. *Казанцев Р.А., Шайнуров Р.В.* Конус выноса мутьевых потоков Дунайского подводного каньона // Геоморфология. — 1973, №3. — С. 79–82.

13. *Кара В. И.* Структурно-геоморфологические типы Материковой окраины Черноморской впадины // Геоморфология.— 1972. № 2.— С. 13–21.

14. *Куликов Н.Н.* О применении глубоководного эхолота и промерного эхолота ПЭЛ-3 для изучения строения донных отложений // Геология моря.— 1973.— Л.: НИИГА.— С. 75–78.

15. *Ломаченко В.С., Самсонов К.П.* О применении гидроакустической станции “Палтус-М” для геолого-геоморфологических исследований // Океанология.— 1968. Т. 8. № 1.— С. 158–160.

16. *Маловицкий Я.П., Терехов А.А., Шимкус К.М.* Строение верхней части осадочной толщи и некоторые черты развития периферийной зоны Черноморской впадины в кайнозое // Геолого-геофизические исследования Средиземного и Черного морей.— 1979. М.: Наука.— С. 7–25.

17. *Москаленко В.Н.* Трасгрессивные и регрессивные сейсмофации дунайского палеоконуса // Стратиграфия. Геологическая корреляция.— 2001. Т. 9. № 2.— С. 105–112.

18. *Удинцев Г.Б., Агапова Г.В.* О методике морских геоморфологических исследований с применением прецизионного самописца глубин “Ладога” // Океанология.— 1964. Т. 4. № 1.— С. 156–166.

19. *Шимкус К.М., Комаров А.В., Евсюков Ю.Д.* Лито-фациальная изменчивость донных отложений на Анатолийском и Дунайском полигонах во взаимосвязи с рельефом дна и особенностями терригенного осадконакопления // Литология и геохимия осадкообразования в приустьевых районах западной части Черного моря.— 1987. М.: Наука.— С. 15–20.

20. *Шимкус К.М., Москаленко В.Н., Райен В.Б.* Газоносные четвертичные отложения Причерченской части черноморского шельфа и их связь с прибрежными литофациями // Бюлл. МОИП. Отд. геол.— 1998. Т. 73. № 4.— С. 51–55.

21. *Шимкус К.М., Москаленко В.Н., Хахалев А.М. и др.* Новые данные о строении и сеймостратиграфии Дунайского конуса выноса // Океанология.— 1997. Т. 37. № 2.— С. 295–302.

При виконанні геоморфологічних і геологічних досліджень у межах Дунайського конуса виносу (8-й рейс НДС “Витязь”) на ехолотних стрічках були отримані оригінальні записи шаруватості верхньочетвертинних осадків. На основі отриманих матеріалів складено батиметричну карту й геоморфологічну схему дослідженого району. Порівняно докладно розглядається геоморфологія грандіозної морфоструктури й характер шаруватості новітніх відкладень на поверхнях різноманітних форм рельєфу Дунайського конуса виносу. Передбачається, що за матеріалами ехолотних записів шаруватості є можливість виконувати комплекс картографічних побудов.

In the course of geomorphological and geological research within the Danube Fan (8-th cruise of R/V “Vityaz”) original recording of the Upper Quaternary sediment stratification was obtained on the echo records. A bathymetric map and geomorphological chart of the region under study were compiled on the basis of obtained data. Geomorphology of a vast morphological structure and a nature of stratification of recent deposits on the surface of various forms of the Danube Fan relief are considered in detail. It is supposed that there is a possibility to make a complex of cartographic construction on the material of echo records.