13. Sinyakov V. N. O roli solyanoy tektoniki v formirovanii inzhenerno-geologicheskikh usloviy krupnykh solyanokupolnykh basseynov [On the role of salt tectonics in the formation of engineering-geological conditions of large salt dome basin]. *Inzhenernaya geologiya* [Engineering Geology], 1984, no. 2, pp. 61–72.

14. Sinyakov V. N., Kuznetsova S. V., Nikolaev Yu. P. *Ekologo-geologicheskie issledovaniya solyanokupolnykh basseynov* [The ecological and geological researches salt dome basin], Astrakhan, OOO «TsNTEP» Publ., 2001. 320 p.

15. Skosareva E. Ya. *Dorazvedka Baskunchakskogo mestorozhdeniya povarennoy soli Astrakhanskoy oblasti* [Further exploration of salt deposits Baskunchak Astrakhan Region], Astrakhan, Fondy GUPR Publ., 1996. 32 p.

МОРФОЛОГИЯ И МОРФОМЕТРИЯ ДУНАЙСКОГО КАНЬОНА

Евсюков Юрий Дмитриевич
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник

Южное отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова
Российской академии наук (ЮО ИО РАН)
353467, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Геленджик,
ул. Просторная, 1г
E-mail: evsgeol@rambler.ru

Руднев Валерий Иванович
младший научный сотрудник

Южное отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова
Российской академии наук (ЮО ИО РАН)
353467, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Геленджик,
ул. Просторная, 1г
E-mail: evsgeol@rambler.ru

В 70-е гг. прошлого столетия региональным эхолотированием в западной части Черного моря было выявлено обширное поднятие, получившее название хребет Моисеева. В последующие годы океанографические работы выполнялись на детальных полигонах. Это существенно расширило имевшиеся представления о процессах формирования и развития рельефа дна Черноморской впадины. В этом бассейне к настоящему времени комплексные геолого-геофизические исследования, сопровождавшиеся эхолотированием, выполнены на 45-ти полигонах. Обобщение и анализ полученных результатов на полигонах, их плановое положение и составленные таблицы показали, что практически все исследованные площади обладают индивидуальными особенностями. Это обусловлено различной плотностью наблюдений, объемом выполненных работ и др., что, в конечном итоге, определяло различный уровень их научной информативности. Полигонными исследованиями выявлено большое разнообразие и неоднородность многих форм рельефа подводной материковой окраины бассейна. Из обобщенных данных известно, что суммарный объем геолого-геофизических исследований в пределах Дунайского конуса выноса превышает 5 тыс. км. Полученные материалы были опубликованы в основном. Однако Дунайский каньон рассматривался, чаще всего, лишь в общих чертах. В данном аспекте представляется возможным отметить то, что в настоящей статье выполнено и представлено впервые. Приведены детальные

особенности морфологии и морфометрии Дунайского каньона, наглядно показанные на приведенной графике. Подробно рассмотрено строение каньона на всем его протяжении – свыше 170 км, верховье которого на расстоянии 30 км располагается в пределах шельфа. Определены характерные черты тальвега каньона и сопряженных с ним крупных гряд. Графически показана контрастная изменчивость крутизны грядовых склонов, обращенных к тальвегу. Приведен продольный профиль, показывающий чрезвычайно сложное строение осевой зоны каньона, обусловленное его резким меандрированием. Морфометрические показатели тальвега и гряд, снятые с продольных профилей, представлены в проекции на вертикальную плоскость. Выполнен анализ рельефообразующих факторов, их значимость и приоритетность в развитии каньона.

Ключевые слова: полигон, эхопрофилирование, рельеф, батиметрия, конус выноса, каньон, тальвег, гряда, морфометрия

MORPHOLOGY AND MORPHOMETRY OF THE DANUBE CANYON

Yevsyukov Yuriy D.
C.Sc. in Geography, Leading research assistant
Southern Branch of P. P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences
1g Prostornaya st., Gelendzhik, Krasnodar region, 353467, Russian Federation
E-mail: evsgeol@rambler.ru

Rudnev Valeriy I.
Younger Research Assistant
Southern Branch of P. P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences
1g Prostornaya st., Gelendzhik, Krasnodar region, 353467, Russian Federation
E-mail: evsgeol@rambler.ru

In 70th years of last century regional echo sounding in the western part of the Black Sea was revealed extensive uplift, called the ridge of Moiseev. In subsequent years, oceanographic work carried out on the detailed polygons, which significantly expanded the available ideas about the formation and development of the bottom relief of the Black Sea hollow. In this basin to date complex geological and geophysical studies, accompanied by echo sounding, performed on 45 polygons. Compilation and analysis of the results obtained at the ranges, their planned position and tabulation showed that almost all the studied area have individual features. This is due to the different density of observations, the volume of work performed, etc., that, finally, identify their level of scientific information content. Field studies revealed a great diversity and heterogeneity of many forms of relief submarine continental margin basin. From the aggregated data it is known that the total amount of geological and geophysical studies within the Danube alluvial fan exceeds 5 thousand kilometers. The resulting materials are mainly published. However, the Danube canyon considered, often, only in general terms. In this aspect, it is possible to note that in this article is made and presented for the first time. See detailed features of morphology and morphometry of the Danube Canyon, visually shown on the graph. Discussed in detail the structure of the canyon along its entire length - more than 170 km, of which the upper 30 km is located on the continental shelf. Defined the characteristics of the thalweg of the canyon and associated large ridges. Graphically illustrates the contrast variation of the steepness of the ridge slopes facing the thalweg. Given longitudinal profile shows extremely complex structure of the axial zone of the canyon due to its sharp meandering.

Morphometric characteristics of thalweg and ridges, taken from the longitudinal profiles, are presented in projection on a vertical plane. Analyzed the relief-forming factors, shows their importance and priority in the development of the canyon.

Keywords: range, echo profiling, relief, bathymetry, alluvial fan, canyon, thalweg, ridge, morphometry

Введение

На основе материалов региональных эхолотных промеров составлены батиметрическая и геоморфологическая карты Черного моря, которые давали общее представление о морфологическом строении впадины [1]. В дальнейших исследованиях на детальных геолого-геофизических полигонах были определены многие специфические черты развития бассейна и существенно расширены наши знания о процессах формирования донного рельефа. Таким образом, определилось большое разнообразие и неоднородность многочисленных форм морфологии подводной материковой окраины Черноморской котловины в целом и морфологически выразительных ее районов в частности [5].

Так, северо-западная часть Черного моря характеризуется обширным шельфом, сравнительно пологим аккумулятивным материковым склоном и широким подножием. Крупной формой рельефа дна здесь является Дунайский конус выноса, который отождествлялся с хребтом или горным сооружением [1, 13]. Выполненные здесь сейсмические исследования [11] уточнили строение и природу этой области. Однако подробные сведения о рельефе Дунайского конуса выноса оставались не выясненными. Это привело к схематизированному изображению данного рельефа на Международной батиметрической карте [12].

На обширной площади Дунайского конуса выноса геолого-геофизические исследования выполнялись неоднократно [2, 3, 10, 14, 15]. Суммарная протяженность профилирований (эхолотных, сейсмических и др.) составила немногим более 5 тыс. км, а площадь, охваченная съемкой – почти 7 тыс. км^2. Полученные материалы обладают большой научной новизной, важностью и значимостью. Однако в пределах грандиозной морфоструктуры остаются элементы морфологии, интересные особенности которых недостаточно полно освещены в научных публикациях.

В настоящей статье на основе материалов эхолотных промеров и сопутствующих геолого-геофизических данных обобщены и проанализированы детальное строение и специфические особенности морфологии Дунайского каньона. Определена его роль в формировании и развитии одноименного конуса выноса. Морфологические показатели грядовых вершин и тальвега впервые показаны в проекции на вертикальную плоскость, что вносит определенное дополнение в познание природы Дунайского конуса выноса и его главного каньона.

Материалы исследований

Детальные исследования рельефа дна Дунайского конуса выноса впервые были выполнены в 8-м рейсе НИС "Витязь" (1984 г.). Эхолотирование проводилось по системе взаимно пересекающихся профилей длиной от 20–30 до 110 км с межгалсовыми расстояниями 10–12 км. Общая протяженность промера составила 1700 км, а исследованная площадь – 6300 км^2 [10]. В процессе

работы на полигоне получаемые эхограммы оперативно использовались для определения точек последующего отбора проб донных осадков дночерпателями и прямоточными трубками. Такой простой методический прием способствовал получению интересных данных по лито-фациальной изменчивости новейших осадочных образований, характерных для выразительных элементов рельефа конуса выноса: ступеней, уступов, вершин и склонов крупных гряд, тальвега каньона и т.д. [14].

Следует также отметить, что при исследовании рельефа дна на эхолотных лентах получены оригинальные записи слоистости верхнечетвертичных осадков мощностью до 50–55 м, то есть эхолот в данном случае работал как сейсмопрофилограф. Эта толща состоит из сложно чередующихся сейсмически прозрачных и непрозрачных слоев. В горизонтах слоистых осадков четко фиксируются микротрещины и сбросы, свидетельствующие о позднеголоценовых тектонических движениях. Такие материалы по слоистости вполне правомерно можно использовать для комплексных картографических построений [6].

В 12-м рейсе НИС "Рифт" (1987 г.) проведены исследования верховья Дунайского каньона. Эхолотная съемка в этом районе выполнена на поперечных (длина 7—15 км) относительно его простирания и продольных (20–23 км) профилях. Общая их протяженность составила 130 км, а площадь – 240 км^2. Помимо эхолотирования верховья каньона, его склоны и тальвег обследованы с подводного обитаемого аппарата (ПОА) "Аргус". В совокупном отборе донных осадков аппаратом и дночерпателем определены типы гравитационной транспортировки осадочного материала: обвалы, оползни, вязкий снос илистых агрегатов и др. [3].

Обработка, интерпретация и анализ первичных материалов эхолотных промеров позволили для разновеликих площадей составить батиметрические, геоморфологические карты и физиографические блок-диаграммы. Полученная здесь практика наращивания полигонов и последующая их совокупная обработка были в дальнейшем продуктивно использованы нами при изучении материковой окраины Геленджикского района [9].

Помимо отмеченных выше материалов при подготовке данной статьи были учтены результаты эхолотного промера, сейсмопрофилирования, данные локатора бокового обзора (ЛБО), полученные в 1993 г. на НИС "Геленджик" (Южморгео) [2, 15]. Таким образом, обработка и анализ эхолотных промеров трех экспедиций и выполненных ранее картографических построений позволили составить обобщенную батиметрическую карту. Это, в свою очередь, дало возможность впервые рассмотреть строение Дунайского каньона на всем его протяжении. Дополнительное привлечение сопутствующих геолого-геофизических материалов предопределило выявление выразительных особенностей морфологии выделенных нами трех зон каньона.

Зона верховья каньона

Сталкиваясь с противоречиями в вопросах происхождения и формирования каньонов, исследователи особое внимание уделяют их верховьям [7, 8]. Именно верховья являются своеобразной узловой областью, в пределах которой существуют, как минимум, реальные возможности определить роль каньо-

нов в перехвате движущихся вдоль шельфа придонных осадочных материалов, исследовать их участие и значение в процессе эрозии русел каньонов, выяснить происхождение и развитие как каньона в целом, так и его верховья [3].

От верховья каньона к юго-западу шельф почти ровный, а перегиб к склону (бровка шельфа) сравнительно плавный и отмечен глубинами 90–115 м. К северо-востоку от перегиба шельф представлен холмистой поверхностью. Неровности рельефа составляют здесь 6–9 м, а перегиб дна к склону каньона резкий. На этом участке, как правило, поверхность шельфа и его бровка располагаются на 10–15 м глубже, чем на юго-западе. Это, по всей вероятности, обусловлено интенсивным размывом дна придонными течениями на северо-востоке от каньона. Не исключается также воздействие здесь неотектонического "проседания" внешней зоны материковой отмели, что подтверждается исследованиями на существенно большей площади этой акватории [10, 15].

Морфология верховья рассматриваемого каньона (рис. 1, А) является весьма уникальной, что отличает ее от подобных морфоструктур Черного моря [4, 5, 4, 8]. Это подчеркивается, как минимум, двумя морфологическими показателями: 1 – в пределы шельфа каньон проникает на расстояние свыше 30 км; 2 – во внешней зоне материковой отмели глубина его вреза превышает 600 м. По-видимому, это указывает на активное развитие каньона и в настоящее время.

Вдоль простирания морфология склонов является чрезвычайно сложной. Так, поперечный профиль юго-западного склона изменяется от выпуклого до вогнутого. Средние углы наклона составляют здесь 14–16°, а на отдельных участках – 18–22°, иногда свыше 35°. Продольный профиль показывает множество боковых "притоков", глубина вреза которых от 8–15 до 40–45 м. Юго-восточная часть этого склона представлена сложно построенным прогибом и сравнительно крупным выступом. Северо-западный участок данного склона осложнен ложбинами и грядами, амплитуда которых не превышает 10–15 м. Глубже 200 м здесь встречаются морфологически различно выраженные ступени шириной от 0,5 до 1,5 км. Их поверхности наклонены как в сторону тальвега, так и к склону.

Северо-восточный склон каньона крутой. Средние углы наклона здесь составляют 16–19°. Отдельные уступы высотой до 90–100 м обладают углами наклона до 25–27°. Склон сложен несколькими ступенями, которые располагаются на различных батиметрических уровнях. Их насчитывается от 1–2 до 4, а ширина – от нескольких сотен метров до 1,2–1,7 км. Как правило, широкие ступени располагаются на глубинах свыше 200 м. Ступени имеют субгоризонтальные поверхности. Некоторые из них вогнуты или наклонены в сторону тальвега.

Отмечена некоторая корреляция ступеней на обоих склонах. Однако сходные ступени имеют не только различия в ширине, но отличаются также положением глубин. То есть поверхности ступеней юго-западного склона располагаются на 15–20 м глубже, чем на северо-восточном. К тому же, на юго-западном склоне ступени, как правило, существенно шире.

Такое разнообразие морфологии ступеней, как и других элементов рельефа, дает основание предположить сложное сочетание рельефообразующих процессов, способствовавших формированию склонов в верховье Дунайского каньона.

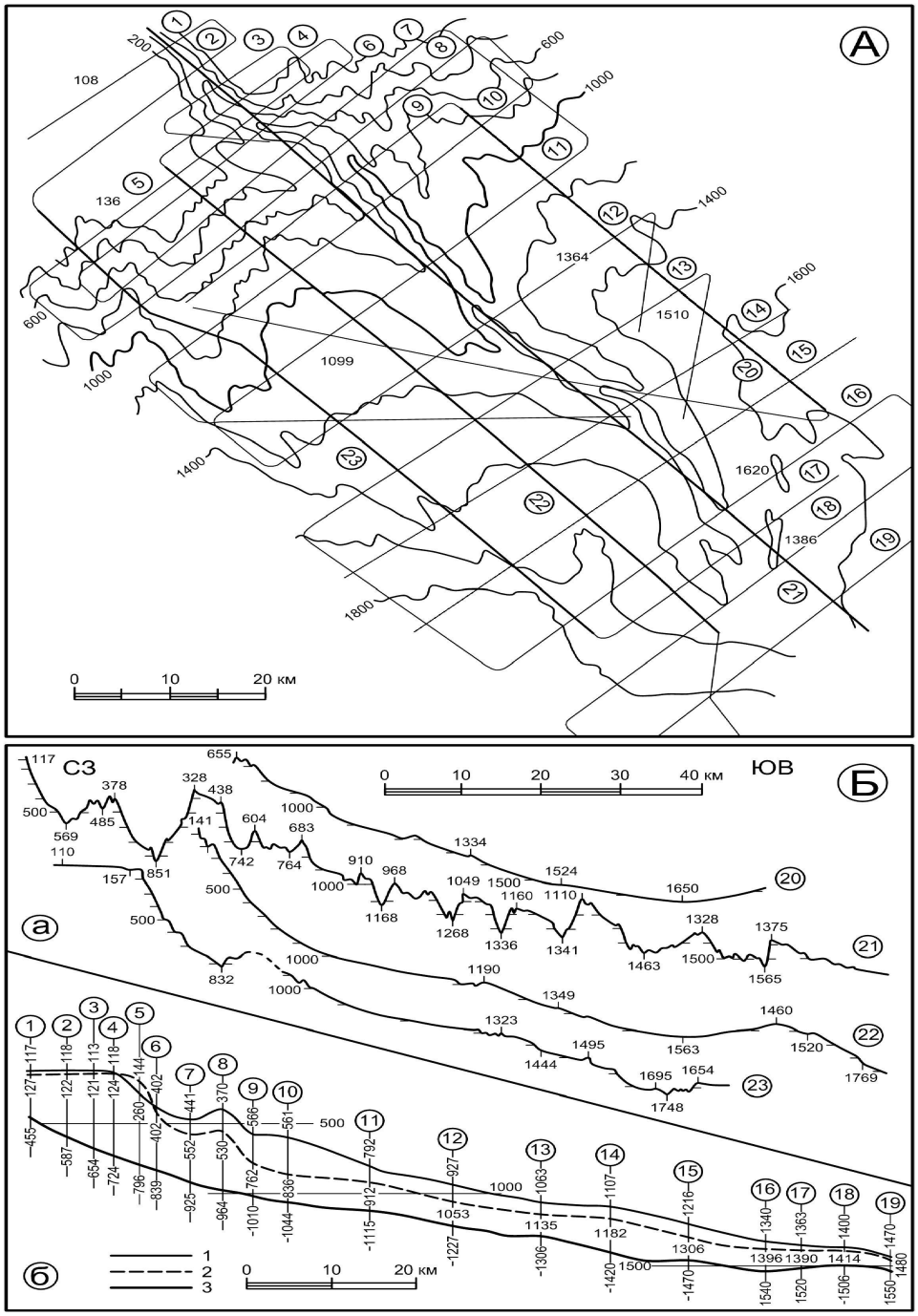

Рис. 1. Дунайский конус выноса

А – Батиметрическая схема конуса выноса: глубины в метрах; цифры в кружках – иллюстрируемые продольные профили конуса. Б – продольные профили: а – обзорные профили рельефа дна; б – обобщенные профили в проекции на вертикальную плоскость: 1 – гребень юго-западного вала; 2 – гребень северо-восточного вала; 3 – тальвег Дунайского каньона; цифры в кружках – номера поперечных (относительно простирания каньона) профилей

Поперечный профиль глубоководной части верховья (тальвега) имеет V или U-образные формы. Анализ распределения глубин в тальвеге показывает, что главное русло обладает изменяющейся крутизной. Так, на северо-западном его участке углы наклона составляют 2–3°, в средней части – менее 30' (отмечая тем самым своеобразную ступень), а ближе к краю материковой отмели они составляют 4–5°.

Краткая геоморфологическая характеристика конуса выноса

Помимо верховья Дунайского каньона внешний край шельфа прорезан многочисленными подводными долинами с глубинами вреза от 70 до 200 м (рис. 2, А, проф. 4, 5). В верхней, наиболее крутой части склона, они субпараллельны каньону Дуная. А в нижней – расходятся веером и с увеличением глубины теряют свою морфологическую выраженность (проф. 15–19).

Являясь крупным аккумулятивным телом, конус выноса Дуная перекрывает нижнюю часть материкового склона и главным образом материковое подножие. Юго-западный фланг конуса представлен полого-наклоненной ступенью, которая ограничена уступом высотою 200–400 м и уклонами 2–4° (проф. 7, 8, 10, 11). К северо-востоку от каньона аналогичная ступень постепенно снижается к глубоководной части котловины.

Формирование Дунайского конуса выноса происходило в течение всего плиоцен-четвертичного времени, что и определило его сложное строение [10]. Первыми сейсмическими данными [11] установлено, что тело конуса выноса сложено тонкослоистыми образованиями, содержащими многочисленные линзы.

Последующим высокоточным сейсмическим профилированием в осевой зоне Дунайского конуса выноса выявлены аккумулятивные валы. Они сформировались в течение пяти регрессивно-трансгрессивных циклов осадконакопления. Полученные материалы показали также, что изученная часть конуса сформировалась примерно за последние 0,5 млн лет [15].

Практически для всей поверхности конуса свойственны оползневые тела. Свидетельствами наиболее крупных из них могут служить полого наклоненные ступени, окаймляющие осевое русло каньона. Рельеф поверхности этих ступеней неодинаков. Так, более приподнятая юго-западная из них неглубокими ложбинами расчленена в меньшей степени, северо-восточная – интенсивно изрезана узкими долинами с крутостенными бортами. Некоторые долины имеют плоское дно. Их продольные профили слабовогнутые, выполаживающиеся в направлении глубоководной части Черного моря.

Дистальная часть конуса выноса характеризуется еще более выровненным рельефом, который осложнен руслами суспензионных потоков. Некоторые из них начинаются в верхней части материкового склона. На батиметрических уровнях 1900–2100 м они представляют собой типичные глубоководные долины.

Эхолотированием, сейсмопрофилированием и ЛБО выявлено [2, 10, 15], что русла суспензионных потоков врезаны в абсолютно ровное дно котловины на глубину 5–10 м. Их ширина от первых десятков до 500 м, а борта окаймлены валами высотой 3–5 м.

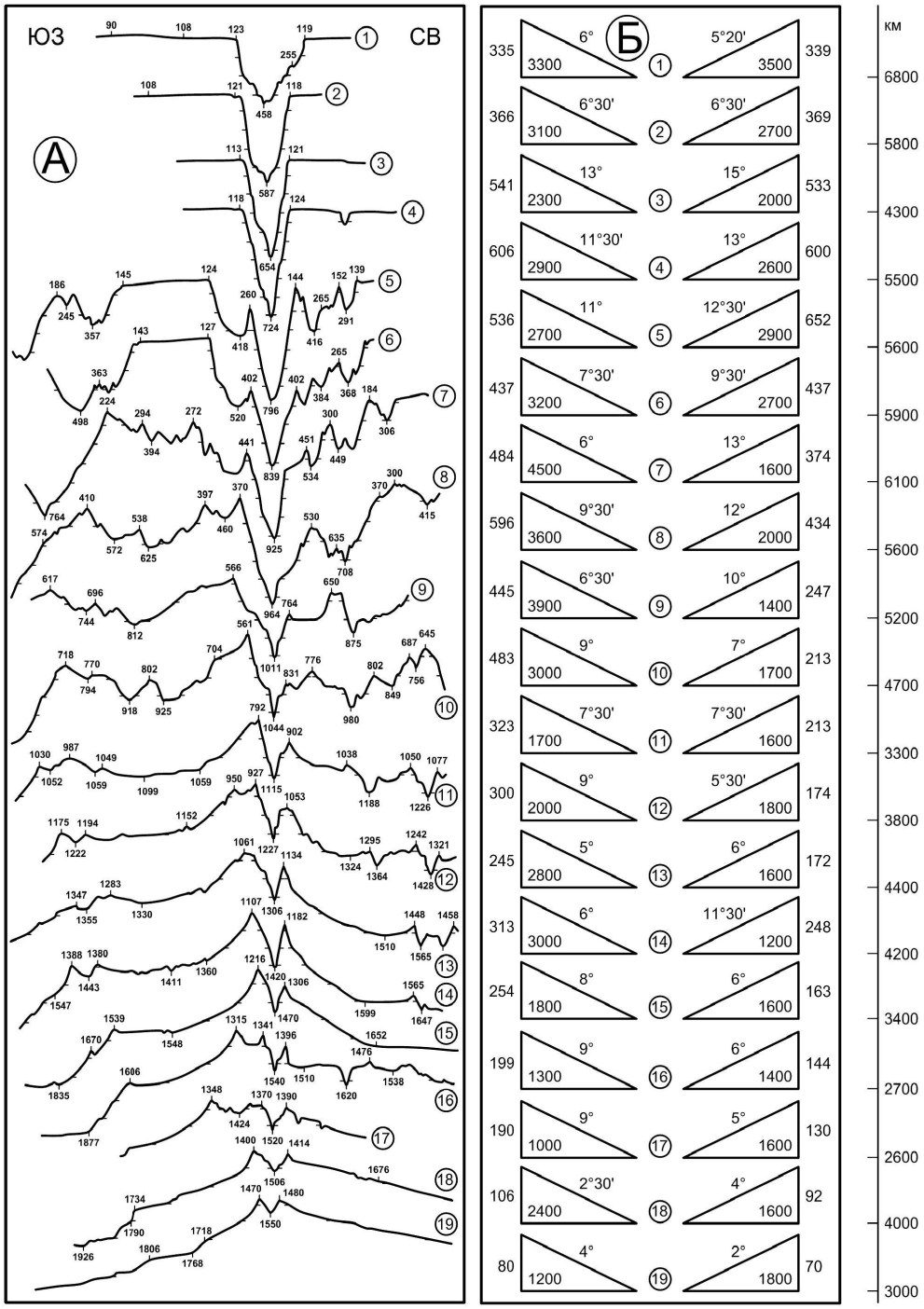

Рис. 2. Дунайский каньон

А – обзорные профили рельефа Дунайского конуса выноса (местоположение на рис. 1, А). Б – морфометрические показатели Дунайского каньона. Цифры на вертикальных катетах треугольников – высота гряды относительно тальвега каньона; цифры на горизонтальных катетах – внутренняя ширина грядового склона; на гипотенузе – средние углы наклона; колонка цифр справа – ширина каньона между вершинами гряд в плане

Центральная зона каньона

Обобщение и детальный анализ приведенных на рис. 2, А профилей каньона показывают, что в его морфологии и морфометрии (характер и строение валов, их склонов, тальвега и т.д.) различий намного больше, чем сходства. Это указывает, по всей вероятности, на сложность процессов его образования и развития. Единственное сходство заключается в асимметричности профилей на всем протяжении каньона.

Центральная часть Дунайского конуса выноса представлена одноименным каньоном, который ограничен крупными грядами. Определенная по расстояниям между их вершинами, ширина каньона вдоль всего простирания составляет от 5,5–6,8 до 2,6–3,0 км, а среднее значение равно 4,6 км (рис. 2, Б). Русло каньона меандрирует, резко меняя свое направление от широтного до субмеридионального. Особенно четко это показано на продольном профиле (рис. 1, Б, а, проф. 21). Глубина вреза главного каньона в уступ материкового склона составляет 450–650 м, уменьшаясь по направлению к склоновому подножию до 70–80 м (рис. 2, А).

Основные морфометрические данные Дунайского каньона и ограничивающих его гряд отчетливо иллюстрируют обобщенные профили, впервые показанные в проекции на вертикальную плоскость (рис. 1, Б, б). Для такого построения отметки глубин тальвега каньона и грядовых гребней сняты с каждого секущего галса (рис. 2, А). Следует отметить, что такой метод представления первичных материалов использовался нами для выявления характерных особенностей как крупных морфоструктур [9], так и материковой отмели на разновеликих полигонах Черного моря, где, таким образом, определялись вертикальные движения бровки шельфа [4, 7, 8].

Гряды. На всем своем протяжении Дунайский каньон ограничен достаточно крупными грядами. Их длина немногим более 90 км, что соизмеримо со многими хребтами Северо-Западного Кавказа. Характерно, что юго-западный из этих хребтов располагается на 80–200 м выше, чем северо-восточный. Вдоль своих простираний морфологические особенности гребней обоих гряд, за редким исключением, почти идентичны (рис. 1, Б, б). Однако следует отметить, что приподнятые их участки обладают острыми вершинами, которые, по всей вероятности, представлены коренными породами. В то же время понижения – сравнительно плоские (их ширина не превышает 350 м), где отчетливо фиксируется слоистая толща верхнечетвертичных осадков мощностью до 10–15 м [6].

Основные морфометрические показатели (высота, ширина склонов в плане и их крутизна) внутренних (обращенных к тальвегу каньона) грядовых склонов варьируют в широком диапазоне. Наибольшие их различия приурочены к верхней части конуса выноса (интервал между профилями 3–7). Ширина в плане и высота грядовых склонов приведены с точностью –2 % от измеренных величин. Крутизна определялась от вершины гряды до подножия склона, что, естественно, является средней величиной. Грядовые склоны сложены ступенями (ширина от первых десятков до 150–200 м), уступами (высота 100–150 м). На ступенях выявлена слоистая толща верхнечетвертичных осадков мощностью 5–10 м [6]. Характерно, что грядовые склоны осложнены также врезами боковых ложбин и оползневыми телами. Поэтому почти везде крутизна склонов увеличивается по мере приближения к тальвегу и, в большинстве случаев, достигает 25–30°, а местами превышает 50°.

Тальвег. На всем протяжении дно каньона имеет, как правило, очень узкую (не более 150–200 м) ровную поверхность. На эхограммах здесь зафиксированы слоистые осадки мощностью до 15–25 м [6], которые сформированы, по-видимому, суспензионными потоками. Продольный профиль тальвега каньона в верховье имеет вогнутую форму, а ниже по склону – несколько плавных перегибов и неглубокую (около 40 м) котловину с отметкой 1540 м (рис. 1, Б, б).

Глубоководная зона каньона

По данным обработки и анализа эхолотных промеров [2, 10, 15] была составлена обобщенная батиметрическая карта, которая в диапазоне глубин 1600–2100 м показывает чрезвычайно сложное строение дистальной части конуса выноса. Так, от котловины (отм. 1540 м) главного каньона берет начало подводная долина с плоским дном (ширина 150–250 м), протяженность которой около 20 км. Субмеридионально ориентированная, она ограничена асимметричными грядами, высотою 80–90 м (западная) и 105–115 м (восточная).

Дунайский каньон до меридиана 31°10' сохраняет юго-восточное простирание. Затем его русло плавно поворачивает против часовой стрелки и на широте 45°20' приобретает ССЗ ориентировку. Таким образом, от указанного меридиана глубоководный участок главного каньона прослеживается на расстоянии почти 45 км. Здесь же встречаются долины, выработанные суспензионными потоками. В абсолютно ровное дно они врезаны на глубину 5–10 м, а окаймляющие их валы имеют высоту 3–5 м. Ширина этих долин различна – от первых десятков до 400–500 м. Ниже дна фиксируется слоистая толща осадков мощностью 30–40 м, а на внешних участках валов – до 55 м.

Перенос осадочного материала в Дунайском каньоне

Процесс переноса осадков на различных участках каньона исследовался в двух экспедициях. В центральной его зоне пробоотбор донного грунта осуществлялся дночерпателями и прямоточными трубками. Последующая обработка полученных материалов проводилась с учетом данных слоистости осадков, зафиксированных на эхограммах [6, 14]. В верховье каньона отборы проб осадков выполнены дночерпателями и с помощью манипулятора, установленном на ПОА "Аргус" [3].

В Дунайский каньон с шельфа поступает огромное количество осадочного материала, который, скапливаясь в его тальвеге, в последующем перемещается к подножию конуса выноса. Наибольшие скорости накопления осадков отмечены в верхней части каньона и особенно в его верховье. Это свидетельствует о направлении потока твердого вещества с севера и северо-востока.

Отмеченное выше морфологическое разнообразие днища главного каньона свидетельствует о большой изменчивости и, возможно, ритмичности движения осадочного материала, которое по направлению к подножию конуса выноса происходит неравномерно.

При подводном обследовании (с ПОА "Аргус") верховья каньона до глубины 600 м по тальвегу отмечаются разновидности гравитационной транспортировки осадочного материала: обвалы, оползни, гравитационный поток обломков уплотненных образований, грязевый, вязкий снос илистых агрега-

тов. В верховье каньона с малыми углами наклона на его бортах возникают асимметричные мезоформы рельефа, указывающие на существование здесь вдоль склоновых течений. По тальвегу каньона происходит медленное течение илистых масс осадочного материала.

Вертикальная зональность, распространение и характер мезоформ являются отражением режима гравитационных потоков на склонах (питание, транзит, аккумуляция). В зоне питания (глубина 120–140 м) отмечены следы подводного выветривания, разрушение бровки каньона. Ниже по склону, в зоне транзита (глубина 140–170 м), в плотных илах распространены сглаженные желоба стока U-образной формы. В интервале глубин 170–600 м (зона аккумуляции) желоба стока пропадают, осадки более рыхлые [3].

Дночерпательными и особенно прямоточными трубками вскрытый разрез голоценовых осадков в верхней зоне конуса выноса не обнаруживает резких фациальных изменений. В тоже время в Дунайском каньоне отмечено контрастное разнообразие осадочных образований. Так, в толще голоцена здесь широкое распространение получили диатомовые илы. Характерно, что в верхней части каньона они слагают большую часть глубоководных образований, а мощность их существенно повышена. На крутых склонах и вершинах гряд, ограничивающих главный каньон, выявлено полное отсутствие голоценовых осадков. Нижнеголоценовые и верхневюрмские осадки демонстрируют большое литологическое разнообразие. Это обусловлено особенностями формирования как конуса выноса, его главного каньона, так и системой каналов придонного транзита осадочного материала.

Обработка материалов пробоотбора в совокупности с эхозаписями слоистости показывает пространственное разнообразие лито-фациальных комплексов. Таким образом выявлено, что наиболее интенсивная аккумуляция терригенного материала происходит на ступенях внутренних склонов гряд и в тальвеге каньона. В глубоководную зону конуса выноса осадки перемещались придонными течениями и суспензионными потоками. Слоистость осадочного слоя показывает определенную цикличность интенсивной аккумуляции терригенного материала, в первую очередь, крупнозернистого. Такие характерные особенности обусловлены периодичными и, в тоже время, значительными колебаниями уровня Черного моря в позднечетвертичное время [14].

По данным высокоточного сейсмопрофилирования определены этапы формирования и развития осевой зоны Дунайского конуса выноса. На сейсмопрофилях выделено пять аккумулятивных валов. Простираясь вдоль оси главного каньона, они с резким угловым несогласием последовательно наслаиваются друг на друга. Валы сформировались в течение пяти регрессивно-трансгрессивных циклов осадконакопления, начиная с миндельской регрессии и кончая голоценовой трансгрессией [15].

Заключение

Дунайский конус выноса представляет определенный научный интерес с точки зрения специфического осадконакопления, а с практической – для оценки возможного формирования и накопления различных минералов и залежей углеводородов. Для решения этих и других задач выполнен большой объем детальных комплексных геолого-геофизических исследований [2, 3, 11, 14, 15],

которые всегда сопровождались эхолотным промером. Однако до сих пор важные элементы морфологии Дунайского конуса выноса и его главного каньона оставались недостаточно изученными.

В этой связи для детального исследования Дунайского каньона повторно выполнены обработка и детальный анализ первичных материалов, полученных в трех экспедициях. Научная новизна и практическая целесообразность подобных работ подтверждена нами при изучении различных участков материковой окраины Черного моря [4, 5, 8]. Настоящая работа завершилась составлением обобщенной батиметрической карты, что дало возможность впервые определить протяженность главного каньона, которая составляет немногим более 170 км. Содержание батиметрической карты в совокупности с обзорными профилями рельефа дна, материалами сейсмопрофилирования, ЛБО и другими данными позволили подробно проанализировать три зоны каньона: верховье (32 км), центральную (95 км) и глубоководную (45 км). Имеющиеся материалы отчетливо показывают, что формирование и развитие Дунайского конуса выноса и его главного каньона (при определенных различиях) взаимосвязаны и обусловлены тесным взаимодействием эндогенных и экзогенных факторов.

Так, конус выноса формировался в несколько этапов [2, 10, 15] в процессе выдвижения авандельты Дуная и при подводной эрозии уступа материкового склона. Резкий перепад глубин более чем на 600 м (рис. 1, Б, б, проф. 5–7) связан, по всей вероятности, с региональным сбросом, что не противоречит гипотезе тектонического происхождения Черноморской впадины [1, 13]. Заложение и дальнейшее развитие центрального каньона и его верховья обусловлены активно действующим разломом и контролируется процессами новейшей тектоники, а также происходящими здесь вертикальными и, вполне возможно, горизонтальными движениями. Область, располагающаяся к северо-востоку от оси каньона, испытывала более интенсивное прогибание. Батиметрический уровень всех морфоэлементов материкового склона здесь в среднем ниже, чем у аналогичных форм рельефа располагающихся к юго-западу от оси каньона. Его тальвег и сопряженные гряды, приведенные в проекции на вертикальную плоскость, наиболее наглядно показывают их зависимость от тектонических процессов. Оперяющие главный разлом мелкие продольные трещины могли спровоцировать образование разновеликих уступов и ступеней на внутренних склонах каньона.

В формировании и, возможно, непрерывном преобразовании Дунайского каньона важная роль принадлежит поперечным разломам. Их причастность обуславливает извилистость каньона, а на внутренних склонах гряд способствует развитию мелких долин, валов, образованию разновеликих блоков и, в конечном итоге, приводит к резкому меандрированию главного каньона (рис. 1, Б, а, проф. 21). Его развитие сопровождается также процессами денудации, гравитационного перемещения осадков и образованием крупных оползней.

Интенсивное осадконакопление в пределах конуса выноса происходит и в настоящее время. Избыток терригенного материала приводит к образованию локальных суспензионных потоков. Однако преимущественный их объем транспортируется по руслу Дунайского каньона. Под воздействием этих потоков в дистальной зоне конуса выноса образованы довольно протяженные долины, окаймленные валами. Это наглядно отражено в экзотическом рисунке изобат на составленной нами обобщенной батиметрической карте.

Характерно также, что в эхолотных записях слоистости осадков фиксируются микротрещины и микросбросы, по которым смещены пачки слоистых

образований. Это, по-видимому, свидетельствует о позднеголоценовых тектонических движениях (возможно даже разного знака), которые произошли здесь после формирования этой слоистой толщи.

В завершение следует отметить важную особенность изложенного материала. Основная его часть базируется на данных эхолотного промера с межгалсовыми расстояниями (центральная зона конуса выноса) через 8–12 км. Для исследования столь грандиозной морфоструктуры этого недостаточно. Поэтому наше сообщение следует рассматривать как первоначальный итог выполненной работы, а еще в большей степени – как необходимость постановки вопроса к дальнейшему и более детальному изучению разновеликих элементов рельефа Дунайского конуса выноса и его роли в формировании морфоструктурного облика западной части Черного моря.

Список литературы

1. Гончаров В. П. Рельеф дна и глубинное строение Черноморской впадины / В. П. Гончаров, Ю. Д. Непрочнов, А. Ф. Непрочнова. – Москва : Наука, 1972. – 159 с.
2. Губанов Ю. Н. К проблеме геоморфологии конуса выноса Дуная / Ю. Н. Губанов, В. В. Кругляков, Б. П. Розов и другие // Доклады Академии наук. – 1995. – Т. 344, № 1. – С. 78–82.
3. Евсюков Ю. Д. Геоморфология верховья Дунайского каньона (северо-западная часть Черного моря) / Ю. Д. Евсюков // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2006. – № 3. – С. 59–63.
4. Евсюков Ю. Д. Геоморфология материковой окраины в районе Голубой бухты (северо-восток Черного моря) / Ю. Д. Евсюков, В. И. Руднев, А. Б. Хворощ // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение геологическое. – 2012. – Т. 87, № 2. – С. 20–31.
5. Евсюков Ю. Д. Детальные исследования рельефа дна на полигонах Черного моря / Ю. Д. Евсюков // Комплексные исследования Черного моря. – Москва : Научный мир, 2011. – С. 363–378.
6. Евсюков Ю. Д. Конус выноса Дуная: геоморфологическая характеристика, слоистость верхнечетвертичных осадков (по материалам эхолотного промера) / Ю. Д. Евсюков // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2007. – № 4. – С. 109–116.
7. Евсюков Ю. Д. Новые данные по геоморфологии и неотектонике материковой окраины в районе Керченского пролива / Ю. Д. Евсюков, К. М. Шимкус // Доклады Академии наук. – 1995. – Т. 344, № 1. – С. 83–86.
8. Евсюков Ю. Д. Результаты повторного эхолотирования северо-западного участка Черного моря / Ю. Д. Евсюков, В. И. Руднев // Геоморфология. – 2013. – № 3. – С. 62–71.
9. Евсюков Ю. Д. Рельеф Мальтийского эскарпа в проекции на вертикальную плоскость (Центральное Средиземноморье) / Ю. Д. Евсюков // Наука Кубани. – 2012. – № 3. – С. 53–57.
10. Евсюков Ю. Д. Рельеф центральной части Дунайского конуса выноса / Ю. Д. Евсюков, В. И. Кара // Геоморфология. – 1990. – № 2. – С. 71–75.
11. Казанцев Р. А. Конус выноса мутьевых потоков Дунайского подводного каньона / Р. А. Казанцев, Р. В. Шайнуров // Геоморфология. – 1978. – № 3. – С. 79–82.
12. Международная батиметрическая карта Средиземного моря масштаба 1:1 000 000 (врезка Черное море, масштаб 1:2 000 000). – Ленинград : ГУНиО МО СССР, 1981.
13. Муратов М. В. История формирования глубоководной котловины Черного моря в сравнении с впадинами Средиземного / М. В. Муратов // Геотектоника. – 1992. – № 5. – С. 22–41.
14. Шимкус К. М. Лито-фациальная изменчивость донных отложений на Анатолийском и Дунайском полигонах во взаимосвязи с рельефом дна и особенностями терригенного осадконакопления / К. М. Шимкус, А. В. Комаров, Ю. Д. Евсюков // Литология и геохимия осадкообразования в предустьевых районах западной части Черного моря. – Москва : Институт океанологии имени П. П. Ширшова Академии наук СССР, 1987. – С. 15–20.
15. Шимкус К. М. Новые данные о строении и сейсмостратиграфии Дунайского конуса выноса / К. М. Шимкус, В. Н. Москаленко, А. М. Хахалев и другие // Океанология. – 1997. – Т. 37, № 2. – С. 295–302.

References

1. Goncharov V. P., Neprochnov Yu. D., Neprochnova A. F. *Relef dna i glubinnoe stroenie Chernomorskoy vpadiny* [Bottom relief and the deep structure of the Black sea depression], Moscow, Nauka Publ., 1972. 159 p.

2. Gubanov Yu. N., Kruglyakov V. V., Rozov B. P., et al. K probleme geomorfologii konusa vynosa Dunaya [The problem geomorphology of the alluvial fan of the Danube]. *Doklady Akademii nauk* [Proceedings of Academy of Sciences], 1995, vol. 344, no. 1, pp. 78–82.

3. Yevsyukov Yu. D. Geomorfologiya verkhovya Dunayskogo kanona (severo-zapadnaya chast Chernogo morya) [Geomorphology of the Danube canyon upper reaches (the north-western Black sea)]. *Ekologicheskiy vestnik nauchnykh tsentrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva* [Ecological Bulletin of research centers of the Black Sea Economic Cooperation], 2006, no. 3, pp. 59–63.

4. Yevsyukov Yu. D., Rudnev V. I., Khvoroshch A. B. Geomorfologiya materikovoy okrainy v rayone Goluboy bukhty (severo-vostok Chernogo morya) [Geomorphology of continental margin around Blue bay (northeast of Black sea)]. *Byulleten Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdelenie geologicheskoe* [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Department of Geology], 2012, vol. 87, no. 3, pp. 20–31.

5. Yevsyukov Yu. D. Detalnye issledovaniya relefa dna na poligonakh Chernogo morya [Detailed researches of bottom relief on the Black sea ranges]. *Kompleksnye issledovaniya Chernogo morya* [Complex Researches of the Black Sea], Moscow, Nauchnyy Mir Publ., 2011, pp. 363–378.

6. Yevsyukov Yu. D. Konus vynosa Dunaya: geomorfologicheskaya kharakteristika, sloistost verkhnechetvertichnykh osadkov (po materialam ekholotnogo promera) [Alluvial fan of the Danube: geomorphological characteristics, the lamination of the upper Quaternary sediments (based on the echo sounding)]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana* [Geology and Mineral Resources of the World Ocean], 2007, no. 4, pp. 109–116.

7. Yevsyukov Yu. D., Shimkus K. M. Novye dannye po geomorfologii i neotektonike materikovoy okrainy v rayone Kerchenskogo proliva [New data on geomorphology and neotectonics of continental margin around Kerch strait]. *Doklady Akademii nauk* [Proceedings of Academy of Sciences], 1995, vol. 344, no. 1, pp. 83–86.

8. Yevsyukov Yu. D., Rudnev V. I. Rezultaty povtornogo ekholotirovaniya severo-zapadnogo uchastka Chernogo morya [The analysis and generalization of the second echosounding data in the northwest section of the Black sea shelf]. *Geomorfologiya* [Geomorphology], 2013, no. 3, pp. 62–71.

9. Yevsyukov Yu. D. Relef Maltiyskogo eskarpa v proektsii na vertikalnuyu ploskost (Tsentralnoe Sredizemnomore) [Relief of the Malta escarpment in the projection to the vertical plane (the Central Mediterranean)]. *Nauka Kubani* [Science of Kuban], 2012, no. 3, pp. 53–57.

10. Yevsyukov Yu. D., Kara V. I. Relef tsentralnoy chasti Dunayskogo konusa vynosa [Morphology of central part of the Danube alluvial fan]. *Geomorfologiya* [Geomorphology], 1990, no. 2, pp. 71–75.

11. Kazantsev R. A., Shaynurov R. V. Konus vynosa mut'evyh potokov Dunajskogo podvodnogo kanona [Turbidity current fan of the Danube submarine canyon]. *Geomorfologiya* [Geomorphology], 1978, no. 3, pp. 79–82.

12. *Mezhdunarodnaya batimetricheskaya karta Sredizemnogo morya masshtaba 1:1 000 000 (vrezka Chernoe more, masshtab 1:2 000 000)* [International bathymetric chart of the Mediterranean, scale 1 000 000], Leningrad, GUNiO MO SSSR Publ., 1981.

13. Muratov M. V. Istoriya formirovaniya glubokovodnoy kotloviny Chernogo morya v sravnenii s vpadinami Sredizemnogo [History of forming of a deep-water hollow of Black sea in comparison with cavities of Mediterranean sea]. *Geotektonika* [Geotectonics], 1992, no. 5, pp. 22–41.

14. Shimkus K. M., Komarov A. V., Yevsyukov Yu. D. Lito-fatsialnaya izmenchivost donnykh otlozheniy na Anatoliyskom i Dunayskom poligonakh vo vzaimosvyazi s relefom dna i osobennostyami terrigennogo osadkonakopleniya [Litho-facies variability of sediment in the Anatolian and the Danube polygons in relation to the topography and features of the terrigenous sedimentation]. *Litologiya i geokhimiya osadkoobrazovaniya v predustevykh rayonakh zapadnoy chasti Chernogo morya* [Lithology and Geochemistry of Sediment in a River Areas of the Western part of the Black Sea], Moscow, P. P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences Publ. House, 1987, pp. 15–20.

15. Shimkus K. M., Moskalenko V. N., Khakhalev A. M., et al. Novye dannye o stroenii i seysmostratigrafii Dunayskogo konusa vynosa [New data on the structure and seismostratigraphy of Danube fan]. *Okeanologiya* [Oceanology], 1997, vol. 37, no. 2, pp. 295–302.