К ВОПРОСУ О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПОДВОДНОГО СКЛОНА В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Выхованец Г.В.
доктор географических наук, профессор,
Панкратенкова Д.О.
преподаватель географии,
кафедра физической географии и природопользования,
Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова

ABOUT FEATURES OF SUBMARINE SLOPE WITHIN COASTAL ZONE OF THE BLACK SEA

Vykhovanetz G.
DrSciDegree of Geography, Professor,
Pankratenkova D.
Teacher of Geography,
Physical Geography Dept.,
National Mechnikovs University of Odessa,

Аннотация

Северное побережье Черного моря характеризуется распространением различных типов подводных склонов, которые находятся в береговой зоне. По форме поперечного профиля доминируют вогнутые и выпукло-вогнутые кривые. Максимальный уклон был равен 0,01548; а минимальный 0,00217. Средние значения как правило составляют от 0,004 до 0,008. Значения уклонов и формы профиля унаследованы от первичного расчленения поверхности шельфа и хода голоценовой трансгрессии Черного моря. Трансгрессивная кривая описывает «замедление» трансгрессии при встрече с крутыми короткими уклонами положительных форм, а «ускорение» отражается на кривой при прохождении уровня моря по длинным пологим и квазигоризонтальным уклонам, при прочих равных условиях.

Abstract

Different types of inclinations and forms of submarine slopes are widely spread along the Black Sea coastal zone between Dnieper Liman in East to Danube Delta in West. According to the forms of a crossing profiles, concave and convexo-con|cave are prevailing. The maximal inclination was 0,01548; and minimal value was 0,00217. As a rule, the average meanings are make from 0,004 to 0,008 in depth interval 0-10 m in coastal zone. Different inclinations and the profile forms were inherited from primary open formation of the shelf surface and

Holocenic transgression trend of the Black Sea. Integral transgressive curve describe «slowing down» of the transgression during the bickering with steep and short slopes of a positive relief forms, and «speeding-up» had an effect on the curve during the bickering the Sea level with long and gently («quasi-horizontal») slopes, by other things being equal. Results of the article are important during analysis and estimation of anthropogenous factor impact on natural system of a coastal zone of the Black Sea.

Ключевые слова: Черное море, береговая зона, морфология, палеогеография, рельеф, наносы, распространение.

Keywords: Black Sea, coastal zone, morphology, paleogeography, relief, sediment, distribution.

Введение. Многолетние инструментальные исследования береговой зоны Черного моря показали, что типичными морфометрическими показателями отличается береговая область в северо-западной части Черного моря, между устьями Дуная на юго-западе и Днепра на востоке (рис. 1). Поэтому в данной работе обратимся именно к результатам исследования в этой области. Как и везде, здесь береговая зона состоит из двух частей — надводной («морской берег») и подводной («подводный склон моря»). Наши исследования проводились во второй части береговой зоны, в интервале глубин от 0 до 13 м. Это наиболее сильно освоенная человеком часть морского побережья, которая сегодня подвержена полному преобразованию на отдельных участках. Поэтому важно предотвратить негативные последствия антропогенной деятельности, а для соответствующих разработок следует также учитывать и особенности рельефа подводного склона и его эволюцию.

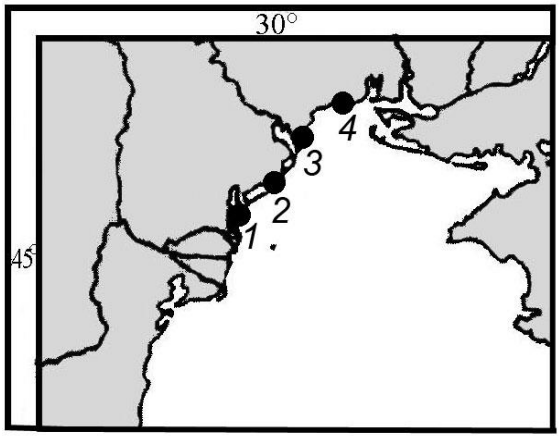

Рис. 1. Исследованное побережье Черного моря. Обозначения районов (черные кружки) по трассе Северо-западного потока наносов: 1 — район полной разгрузки потока; 2 — район транзита в потоке; 3 — район зарождения потока; по трассе Аджиясского потока: 4 — доминирующие абразионные участки. На схеме области исследования: 30° E, 45° N.

Часть материала, в основном в качестве сравнительного, была заимствована из работ предшественников. Относительно подробные характеристики подводного склона моря (далее — ПСМ) находим в морских навигационных картах, которые были построены гидрографами СССР и Румынии сразу после 1-й Мировой войны. Они были существенно уточнены в течение 30-х годов XX века [2]. Специальные исследования на основании теории береговедения были выполнены академической экспедицией под руководством В.П. Зенковича в 50-х годах, а в 60-х годах XX века — изыскательской экспедицией под руководством Д.Я. Бертмана [5, 7]. В 70-х годах минувшего века и позже промерно-грунтовые работы по стандартной методике выполнялись совместно Одесским государственным университетом имени И.И. Мечникова под руководством Ю.Д. Шуйского и Гидрографической Службой Краснознаменного Черноморского флота (МО СССР) под руководством А.Б. Сергеева. В годы начала XXI столетия промерно-грунтовые работы были повторными. Они производились Одесским университетом на отдельных участках Северо-западного побережья Черного моря. Поэтому ***целью статьи*** является анализ исследований морфометрических показателей на примере подводного склона в Северо-западной части Черного моря. Для ее достижения надо решить три ***основные задачи***: *а*) выполнить общий анализ черт подводного склона; *б*) эволюцию и черты современного подводного склона обосновать с помощью ретроспективного метода; *в*) произвести исследование морфометрии подводного склона и анализ распределения абразионных и аккумулятивных форм берегового рельефа. Решение задач определит основные морфометрические закономерности строения и распределения кривых профилей подводного склона в береговой зоне северной части Черного моря.

Изложение результатов исследований. Исследование выполнялось в природных физико-географических условиях в области побережья Черного моря между устьями Дуная и Днепра (мыс Аджияск). Эта область была разделена на отдельные районы, всего 6, где отдельно рассматривались районы расположения аккумулятивных и абразионных форм прибрежно-морского рельефа. Между устьем Дуная и Одесским заливом отдельно рассматривались районы зарождения, транзита и разгрузки вдольберегового потока наносов. На побережье между Одесским заливом и м. Аджияск общие значения уклонов отличаются мало, но характер профилей на абразионных и аккумулятивных участках различается. В каждом районе определялись участки с относительно однородным рельефом подводного склона, всего использовано для исследования 39 участков в 6 районах береговой зоны моря.

Наиболее интенсивной волновая переработка подводного склона данной области Черного моря оказалась в интервале глубин от 0 до 10 м [5]. Ширина полосы этого интервала, вопреки широко распространенному мнению, является наименьшей преимущественно на подводных склонах участков с аккумулятивными формами берегового рельефа [1]. Наименьшей ши-

рины (800-900 м) эта полоса достигает в районах мысов Аджияск и Санжейский, вдоль центральной части пересыпей Будакского и Алибейского лиманов, в границах транзитного района. Наибольшей она является в районах разгрузки потоков наносов, где максимально интенсивной является аккумуляция наносов на подводном склоне. При одной и той же глубине (–10 м) ширина дает представление о природных уклонах, которые определяют процессы рефракции и характер расходования волновой энергии в береговой зоне.

Соответствующим образом концентрируются и суммарные уклоны подводного склона. Наибольшими средними они оказались в границах участков транзита вдольбереговых потоков наносов, на аккумулятивных формах, там, где сложился дефицит наносов в конце Голоцена. Среднее значение оказалось равным i_{10} = 0,00529 (при крайних значениях от 0,00228 до 0,01440). Как видим, разброс значений довольно большой, — порядок величины. Наибольшие уклоны встречены в транзитном районе у границы с районом разгрузки потока, там i_{10} = 0,01548. Все это говорит о широчайшем спектре значений и разнообразии уклонов. Если учесть влияние уклонов на поперечное распределение волновой энергии на профиле [6, 7], то в итоге именно в районах транзита вдольберегового потока наносов береговая зона Черного моря должна быть наиболее разнообразной. Минимальные из группы средних уклоны подводного склона встречены на участках окончательной разгрузки потока, например, в районе Жебриянской бухты (рис. 1, *1*).

Район зарождения вдольберегового потока наносов характеризуется доминированием абразионного рельефа и абразионного подводного склона как в области 1-3, так и в области 4 (рис. 1). По геологическому строению эти области подобны, но берег в области 1-3 подвергается действию штормов со стороны моря, а в области 4 основное количество сильных ветров является береговым [7]. К тому же важно то, что на берега данной области открываются в сторону устьев Днепра и Южного Буга, которые, как можно ожидать, выносят громадную массу наносов, песка — в первую очередь. Но такого речного пополнения наносами береговой зоны не происходит. Около 90% днепровского аллювия задерживается в дельте реки и на дне лимана, а потому в море поступают лишь тонкозернистые взвешенные частицы. Они удаляются стоковыми и сгонными течениями в открытое море, а в береговой зоне не задерживаются. Это основная причина, почему береговая область 4 (рис. 1) подвержена острому дефициту наносов, по сравнению с береговой областью 1-3. В этих условиях формирование подводного склона замедленно, степень волнового влияния понижена, более широко распространены пелитовые наносы, в сравнении с песчаными. Понижена роль песчаного «абразивного эффекта» как фактора динамики подводного склона моря.

В береговой области 4, на её участках распространения аккумулятивных форм рельефа среднее значение уклонов составило i_{10} = 0,00750 в интервале глубин 0–10 м, а на абразионных участках уклон оказался немного меньше, только 0,00643. Это на 15% меньше, что соответствует общей закономерности для исследованных подводных склонов, но примерно равно тому, что было зафиксировано на абразионных участках района зарождения вдольберегового потока в береговой области 1-3 (рис. 1). Показательно, что на абразионных участках, и транзитных вдоль берегов области от м.Большой Фонтан до дельты Дуная, средний уклон i_{10} = 0,00613 (район 2 на рис. 1), а вдоль берега районов 4 — i_{10} = 0,00643. В данном случае они настолько близки, что могут считаться тождественными (расхождение равно лишь ≈ 4%). При этом форма линии поперечного профиля является прямой на аккумулятивных участках и вогнуто-выпуклой на абразионных участках данной береговой области.

Во время исследований было замечено, что большинство аккумулятивных форм берегового рельефа в общем приурочено к исходным отрицательным формам, а именно: к речным долинам, тектоническим депрессиям, отдельным подам и проч. [7, 8]. Как элементам исходного плейстоценового или более раннего расчленения, им принадлежит дальнейшее направление развития берега, невысокого, с отмелым подводным склоном, ослабленным волновым влиянием. Это значит, что на таких участках резко снижается емкость вдольберегового потока наносов, а потому формируются различные аккумулятивные формы. В то же время абразионные формы заложились после соприкосновения с уровнем моря у древних исходных положительных форм рельефа, в основном водоразделов или тектонических дислокаций на контакте двух или нескольких блоков в составе верхнего этажа земной коры. Ставшие в соприкосновение с уровнем моря крутые поверхности рельефа подвергаются абразионному врезу, выработке приурезовой абразионной террасы и выравниванию берега. Чаще всего на таких участках образовались клифы и бенчи, как основные источники осадочного материала, при этом весьма опасные для хозяйственного освоения.

Описанные закономерности были первично предопределены естественной историей северного побережья и поверхности шельфа Черного моря в послеледниковое время, в течение которого сложилось на нем первичное (исходное) расчленение рельефа. Процессы расчленения диктовались общей тектонической геодинамикой в пределах современного северо-западного шельфа Черного моря, в условиях влияния его блоковой структуры. Основные линии смещения блоков оказались приуроченными к современным глубинам 85-90 м, 45-50 м, 32-30 м, 18-20 м, 6-4 м, а также на отметках +(3-4) м выше уровня моря [6].

Это как раз те обобщенные высотные отметки, которыми по Е.Н. Невесскому [4], обозначались сравнительно долговременные замедления хода трансгрессии. На этих отрезках кривых (рис. 2) линии графиков значительно более крутые по отношению к горизонтальной оси (≈ в 2 раза).

Именно между ними разместились относительно кратковременные ускорения трансгрессии, когда береговая линия трансгрессивно перемещалась ускоренно по поверхности современного дна.

Как и ряд других авторов (Г.И. Иванов, Л.В. Ищенко, В.И. Шмуратко, П.Ф. Гожик, Ф.А. Щербаков, П.И. Куприн и др.), Ю.И. Иноземцев [3, *стр. 39*] построил интегральную кривую общего роста уровня современного Черного моря от 55-50 м глубин до глубин 40-38 м (расстояние 35-45 км) в течение послеозерной стадии моря 13,5–10,5 тыс. лет назад. К этому времени в течение 2,3 тыс. лет береговая линия продвинулась к *Сев–СевЗап* на 40-50 км, пока не встретила на пути следующее возвышение фронтально выстроившихся блоков.

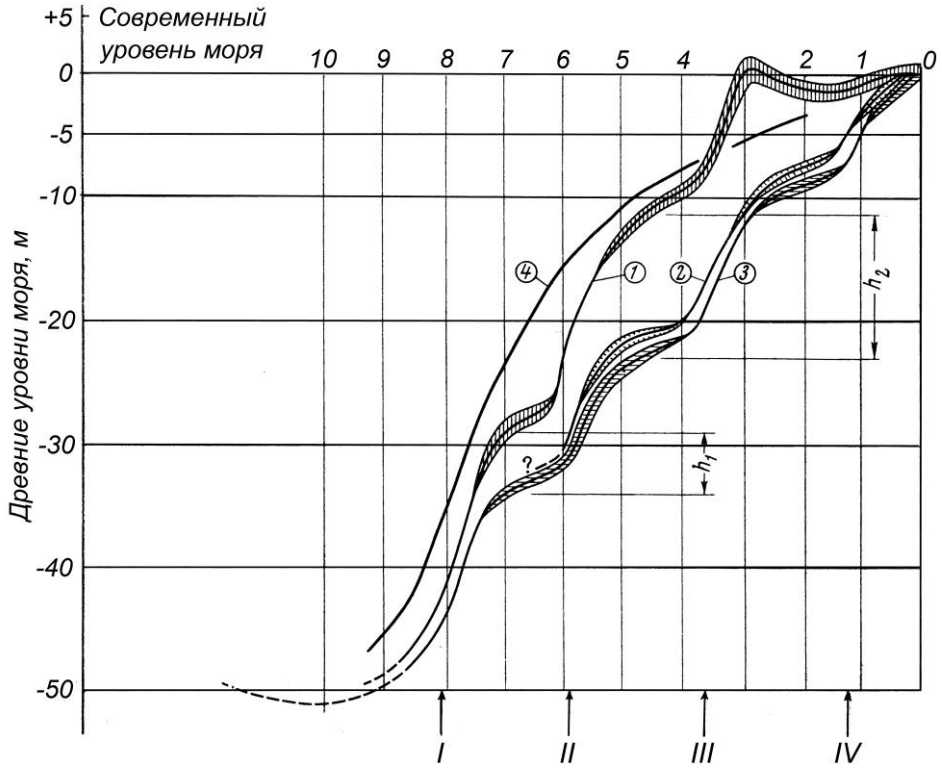

Рис. 2. Кривые относительных изменений уровня Черного моря в различных районах побережья во время Голоцена (по Е.Н. Невесскому [4, стр. 224]). Районы: 1 — Анапский; 2 — Каламитский; 3 — Каркинитский; 4 — интегральная кривая для северо-западного шельфа (по горизонтали: тыс. лет). Этапы трансгрессивного смещения берега: I — новоэвксинский; II — бугазско-витязевский; III — каламитский; IV — джеметинский.

Как и вдоль предыдущего аналогичного препятствия, уровень здесь задержался у более крутых уклонов поверхности шельфа на глубинах 32-25 м, — это был бугазский этап трансгрессии, по Е.Н. Невесскому. Затем пошло быстрое продвижение береговой линии от отметок глубин 26 м до 22 м, практически слившись с предыдущим скачком. К очередному, каламитскому «барьеру» береговая линия подошла примерно 5,0-4,5 тыс. лет назад («нимфейская фаза» трансгрессии), где она опять задержалась, а затем резко

опустилась до глубины около 15 м примерно 2,7 тыс. лет назад («фанагорийская фаза» голоценовой трансгрессии) (по Ю.И. Иноземцеву).

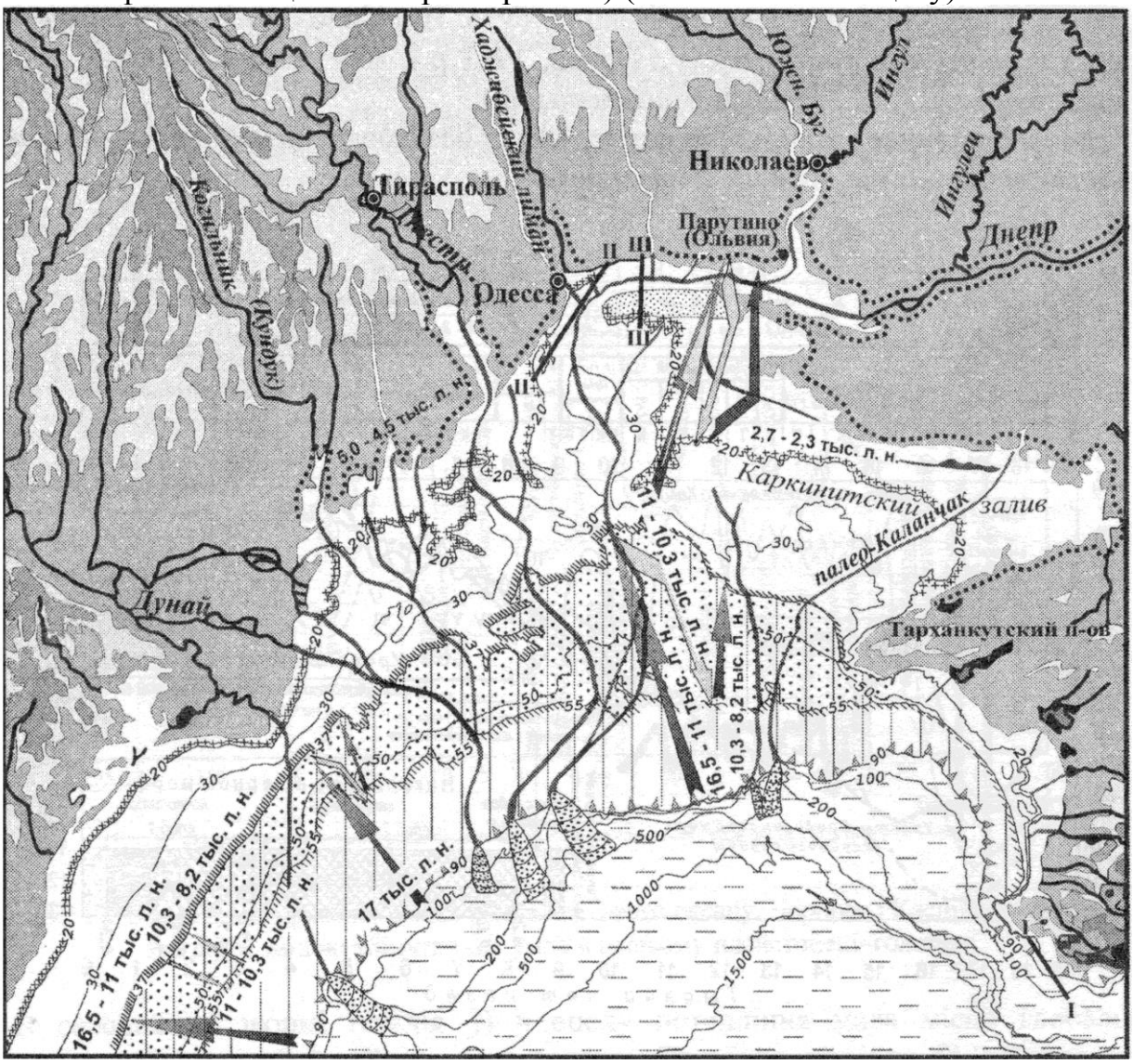

Рис. 3. Схематическая палеогеографическая карта современного северо-западного шельфа Черного моря (составил Ю.И. Иноземцев [3, стр. 40]). Крупные стрелки указывают на направления смещения береговых линий на разных стадиях развития позднеплейстоценовой-голоценовой трансгрессии моря (в скобках — абсолютный возраст береговых линий). Крупные черные линии — русла рек.

Быстрое джеметинское повышение уровня моря и резкие колебания смены трансгрессивных фаз привело к образованию современного облика берегов и подводного склона. Нимфейский рост уровня привел к вторжению морских вод в устья балок и речных долин, к образованию сети относительно небольших ингрессионных заливов, к сильной изрезанности береговой линии, а после и в процессе этой короткой фазы — к сносу огромного количества осадочного материала и его консервации по мере дальнейшего

опускания уровня моря. Но затем, после окончания фанагорийской регрессии, лавинный рост уровня моря на величину 15 м со средней скоростью ≥ 6 мм/год вовлек в движение и волновую дифференциацию громадные массы осадка, к которым добавился абразионный материал в процессе срезания неровностей береговой линии и её общего выравнивания, сокращения её длины.

Особенно активно разрушение и отступание клифов, углубление бенчей происходило по достижении трансгрессивного соприкосновения уровня моря с поверхностью малопрочных осадочных толщ. После гидрогенной переработки аллювиальных, осыпных, лиманных, элювиально-делювиальных отложений, накоплений эоловой пыли, вовлечения их в литодинамический процесс в береговой зоне образовались современные вдольбереговые потоки наносов. Закономерности их режима и распределения прибрежно-морских наносов привели к образованию многочисленных пересыпей лиманов, кос, баров, террас [4, 7]. Поэтому к концу джеметинского времени берег превратился в выровненный абразионно-аккумулятивный, который сегодня развивается в условиях острого дефицита наносов [8].

Подводный склон и берега сложены осадочными горными породами, преимущественно глинистого состава. По сравнению с западными, анатолийскими, западно-крымскими участками на Черном море, северные участки береговой зоны характеризуются несколько ослабленным гидрогенным влиянием. Тем не менее, сложенные слабопрочными осадочными породами, подводные склоны указанной крутизны в интервале глубин 0-10 м испытывают активное абразионное влияние. Средние скорости абразии клифов здесь достигают 2,5-3,0 м/год (район 2 на рис. 1). Скорости абразии бенчей достигают максимум 10-15 см/год, а в среднем 3-5 см/год в интервале глубин 0-1,5 м в течение минувших 100 лет. С увеличением глубин скорости абразии бенчей уменьшаются до 0,1-0,5 см/год на глубинах 9-13 м. Но поскольку клиф все время смещается в сторону суши, то в сферу абразионного влияния входят все новые поверхности коренных пород на уровне моря. Поэтому каждый отрезок поперечного профиля начинал разрушаться с повышенными скоростями, и высокие скорости донной абразии постоянно держались на высоких значениях [7, 8]. Так профиль своей формой и смещался в сторону суши: с максимальными скоростями в околоурезовой полосе и с пониженными — на наибольших глубинах.

Как видим, ранее практически все авторы [3, 4] расценивали голоценовую трансгрессию как результат изменения количества воды в Черном море. В тот или иной период это количество могло увеличиваться («скачек трансгрессии»), а могло уменьшаться («торможение трансгрессии» между отдельными скачка́ми). При этом поверхность шельфа как часть Причерноморской впадины принималась выровненной, подверженной общему тектоническому опусканию в течение короткого промежутка времени — голоцена. На самом деле трансгрессивный процесс оказывается более сложным.

На него влияет геологическое строение, разломные формы, блоковая структура на шельфе, гидроизостазия, различия волнового вреза при прохождении береговой линии и многое другое. Эти же причины оказывают активное влияние на формирование бенчей и подводного склона в целом, на их главнейшие морфометрические и динамические характеристики. Наше исследование еще раз подтверждает комплексность формирования береговой зоны и тесную связь развития подводного склона с трансгрессивными процессами на побережье Черного моря.

Список литературы

1. Выхованец Г.В. Некоторые черты влияния рельефа береговой зоны на состав наносов // Физическая география и геоморфология. – 1981. – Вып. 26. – С. 31 – 34.

2. Гидрография Черноморского флота (1696-1982): исторический очерк / Отв. ред. Л.И. Митин. – Севастополь: Б/и, 1984. – 360 с.

3. Іноземцев Ю.І. Четвертинні відклади Чорного і Азовського морів: дисертація доктора геологічних наук : 04.00.10. Захищена 06.06.2013 / Іноземцев Юрій Іванович. – Київ : 2013. – 327 с.

4. Невесский Е.Н. Процессы осадкообразования в прибрежной зоне моря. – Москва: Наука, 1967. – 255 с.

5. Шуйский Ю.Д. Распределение наносов на поперечных профилях подводного склона Черного моря // Причорноморський Екологічний Бюлетень. – 2008. – № 1 (27). – С. 156 – 168.

6. Шуйський Ю.Д., Бертман Д.Я. Вздовжберегові палеопотоки наносів та розвиток узбережжя Чорного моря між мисами Урет та Євпаторійським // Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів у межах УРСР. – 1975. – Вип. 8. – С. 108 – 118.

7. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В. Экзогенные процессы развития аккумулятивных берегов в Северо-западной части Черного моря. – Москва: Недра, 1989. – 198 с.

8. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В. Природа Причерноморских лиманов. – Одесса: Астропринт, 2011. – 276 с.

9. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В. Современная динамика песчаных аккумулятивных форм рельефа в береговой зоне Черного моря // Slovak International Scientific Journal. Geography. – 2017. – Vol. 1. – № 11. – P. 22 – 32.