

DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/18\\_2019](https://doi.org/10.17353/2070-5379/18_2019)

УДК 551.462.34:624.131.1:553.98.04(262.5)

**Глазырин Е.А.**

Акционерное общество «Южное научно-производственное объединение по морским геологоразведочным работам» (АО «Южморгеология»), Геленджик, Россия, [eaglazyrin@mail.ru](mailto:eaglazyrin@mail.ru)

## **ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЛИТОДИНАМИКА ПОДВОДНЫХ КАНЬОНОВ КАК ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ОСВОЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ (НА ПРИМЕРЕ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА ЧЕРНОГО МОРЯ)**

*Рассмотрены геоморфологические и литодинамические особенности подводных каньонов на примере черноморских каньонов Шахе и Мзымты. Используются материалы гидролокации, эхолотирования, сейсмоакустического профилирования, подводных видеонаблюдений и донного пробоотбора. Представлены сведения о строении, размерах и скорости продвижения головных частей каньонов. Вдоль продольного профиля каньонов выделены основные геоморфологические участки - выпуклый, врезанный и затруднения движения, а также примыкающие ниже участки глубоководного конуса выноса и шлейфа разноса. Показано, что выделенные участки обладают индивидуальным характером литодинамических процессов и развития опасных геологических процессов, имеют собственные особенности строения и состава верхней части разреза донных отложений.*

*Приведенные данные и параметры каньонов определяют их как важный инженерно-геологический фактор, требующий учета при проектировании нефтегазовых инженерно-технических сооружений на морском дне.*

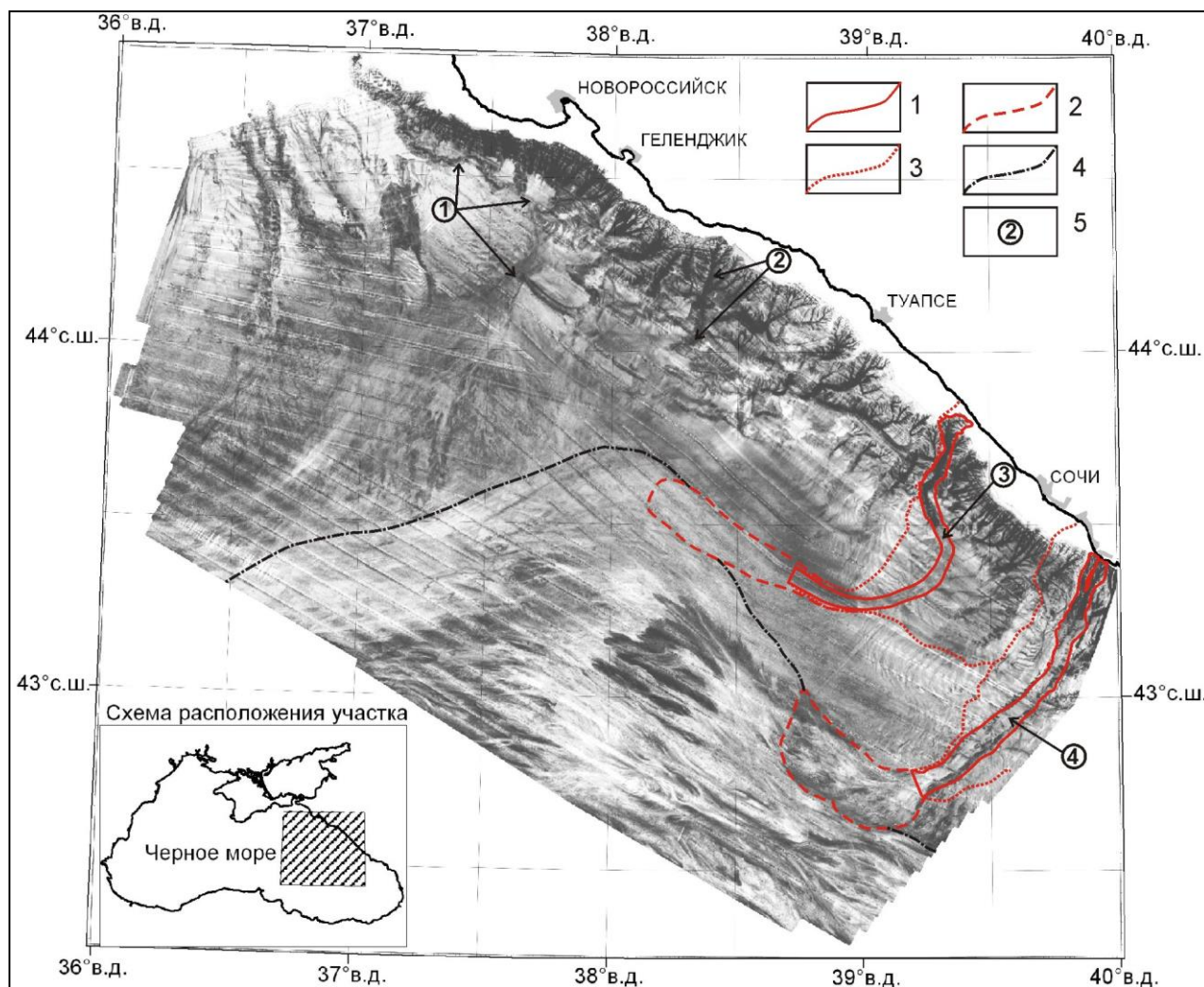
**Ключевые слова:** *подводный каньон, геоморфологический участок, литодинамический процесс, Черное море.*

### **Введение**

Освоение углеводородных ресурсов морей требует учета специфики геоморфологии морского дна и литодинамических процессов. Важным геоморфологическим элементом морского дна служат подводные каньоны. Подводные каньоны характеризуются резкой изменчивостью рельефа и проявлением активных литодинамических процессов, в том числе опасных [Shepard, Dill, 1966]. Соответственно, подводные каньоны рассматриваются как опасный инженерно-геологический фактор при освоении морского дна, в частности при освоении углеводородных ресурсов и подводной трубопроводной транспортировки углеводородов.

В Российском секторе подводные каньоны наиболее хорошо изучены в Черном море. Из крупных подводных каньонов выделяются Анапский, Голубого Потока (Вуланский), Шахе и Мзымты [Андреев, Шельтинг, 2007]. Актуальность их изучения вызвана прокладкой по дну Черного моря транзитных газопроводов, кабелей связи и планируемым освоением углеводородных ресурсов. Среди них каньоны Шахе и Мзымты являются наиболее

крупными и активными (рис. 1). Морфология и литодинамика каньонов Шахе и Мзымты рассмотрена в ряде публикаций [Глазырин, 2018; Глазырин, Мараев, 2018]. Настоящая статья суммирует и дополняет эти сведения в контексте учета геоморфологических и литодинамических особенностей подводных каньонов на примере каньонов Шахе и Мзымты.



**Рис. 1. Сонарное изображение (отраженный акустический сигнал) морского дна Черного моря, полученное многолучевым эхолотом SIMRAD EM-12**

1 - граница каньона; 2 - граница конуса выноса каньона; 3 - граница подводного бассейна каньона; 4 - граница шлейфа разноса донных осадков; 5 - каньоны: 1 - Анапский, 2 - Голубого Потока (Вуланский), 3 - Шахе, 4 - Мзымты.

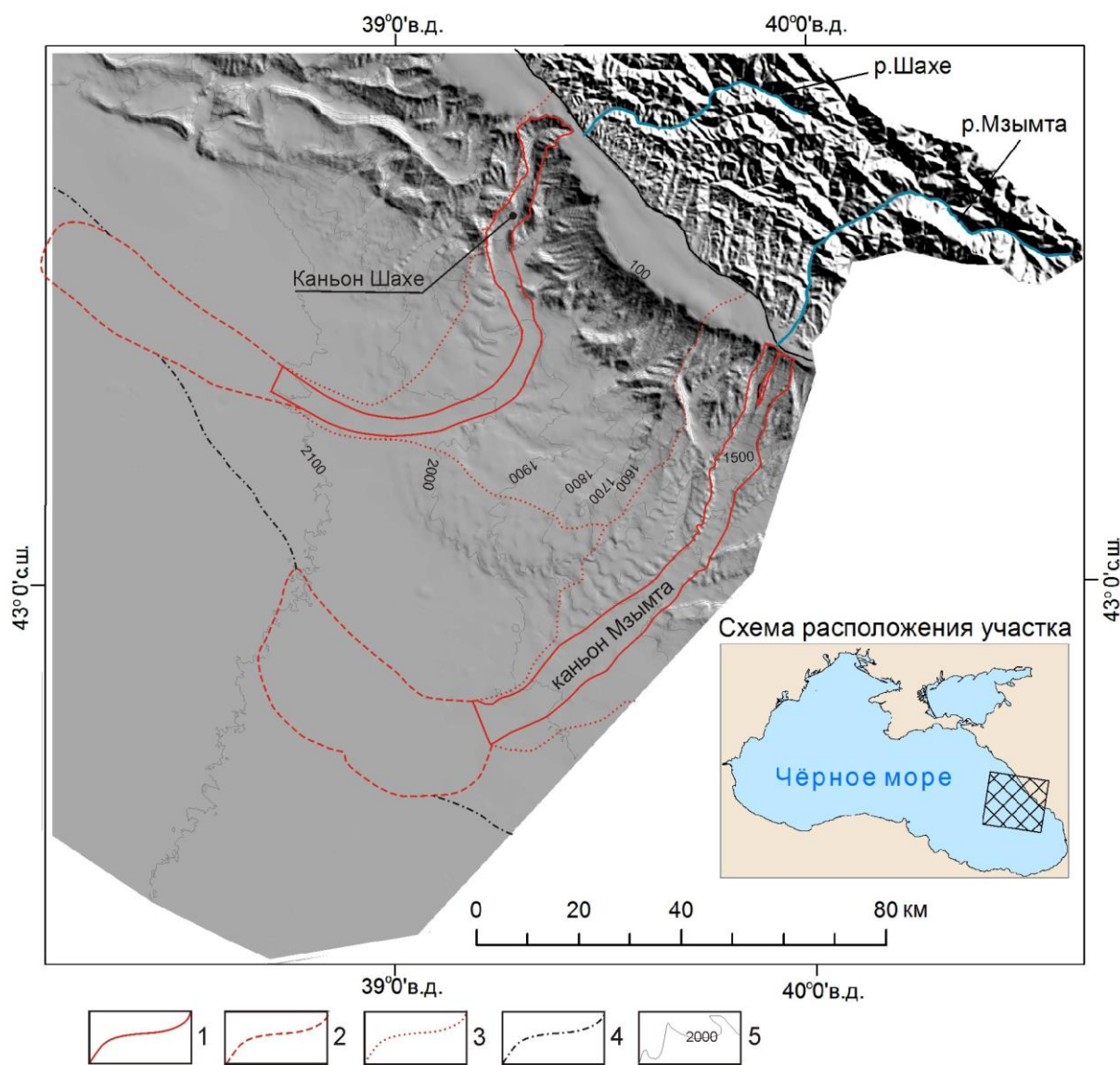
### Материалы и методы исследований

Использованы материалы гидролокации, эхолотирования, сейсмоакустического профилирования, видеонаблюдений, донного пробоотбора, полученные АО «Южморгеология» (ранее ФГУП ГНЦ «Южморгеология») по программам государственного геологического картирования масштаба 1:200 000 (объект 31/95-Г, контракт 44/01/13-56) [Государственная геологическая..., 2000; Государственная

геологическая..., 2015] и государственного мониторинга состояния недр прибрежно-шельфовой зоны (контракты 02/2018-04-ЮРЦ(02), 14/2017-04-ЮРЦ(02), 25/2016-04-1), а также сведения, полученные ФГУГП ГНЦ «Южморгеология» в 1996-1998 г. при съемке дна Черного моря многолучевым эхолотом Simrad EM-12 (объект 5/97-Г).

### Геоморфология и литодинамика подводных каньонов Шахе и Мзымты

Каньоны Шахе и Мзымты расположены напротив устьев одноименных крупных рек. Верховья каньонов глубоко врезаются в шельф, а протяженное днище - в континентальный склон и подножье с формированием плоских конусов выноса на абиссальной равнине с протяженными шлейфами разноса донными течениями (см. рис. 1, 2).



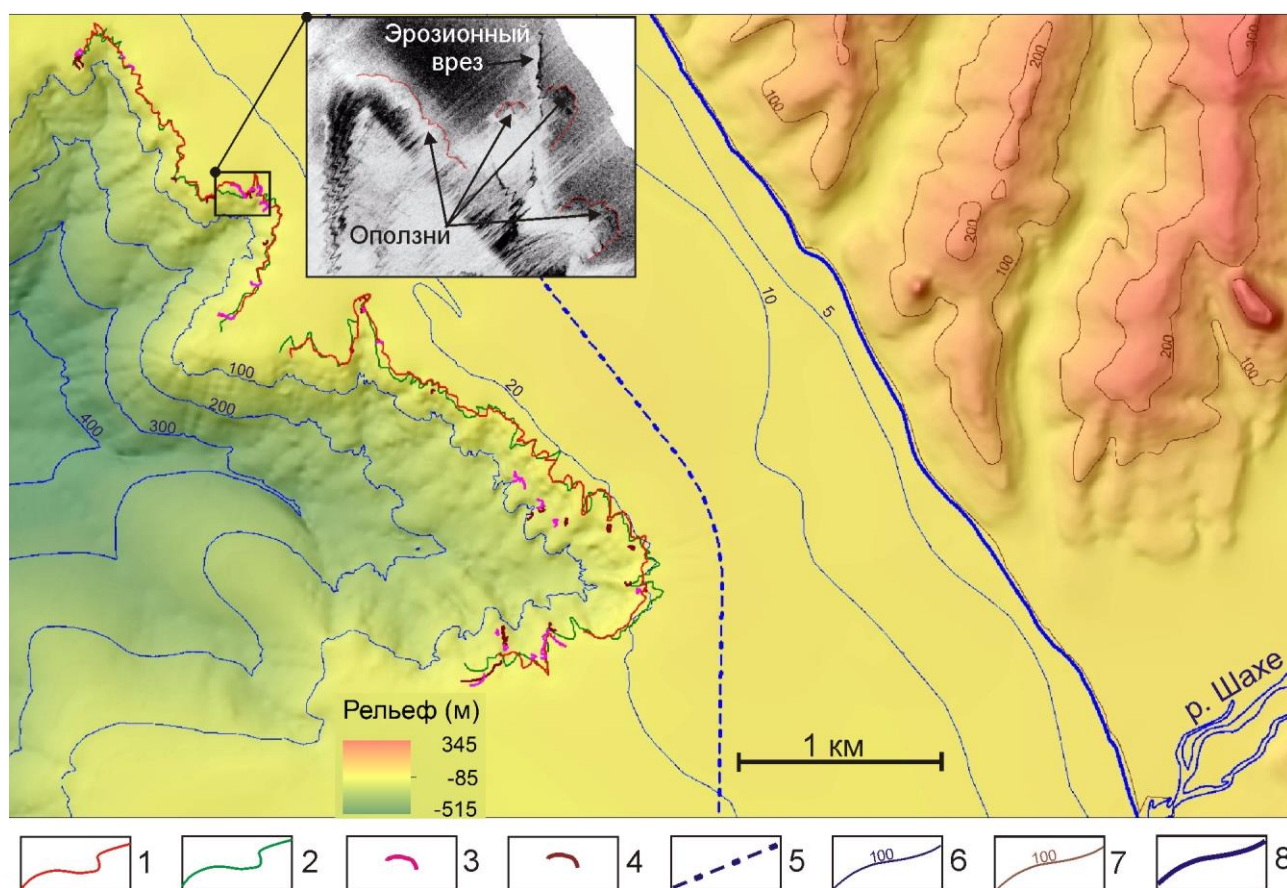
**Рис. 2. Карта расположения подводных каньонов Шахе и Мзымты**

Свето-теневой рельеф основан на данных многолучевого эхолотирования SIMRAD EM-12.

1 - граница каньона; 2 - граница конуса выноса каньона; 3 - граница подводного бассейна каньона; 4 - граница шлейфа разноса донных осадков; 5 - изобаты, через 100 м.

Водораздельные части каньонов Шахе и Мзымты поражены верхнелепистоцен-голоценовыми оползнями с погребенными оползневыми телами нижнечаудинского и верхнеэоплейстоценового возрастов [Государственная геологическая..., 2000; Государственная геологическая..., 2015]. Оползневые тела образуют волнисто-грядовый рельеф морского дна. Высота гряд составляет от 10 до 30 м, ширина – от 0,5 до 1,5 км, длина - до 7 км [Государственная геологическая..., 2015].

Головная часть каньона Шахе изогнутым клином вдается в шельфовую часть на 8 км. Ширина вреза достигает 8 км, а глубина - до 700 м. Верхняя кромка каньона на шельфе - абразионно-эрозионная граница шельфа - и, соответственно, активного развития опасных абразионно-эрозионных и декливиальных процессов продвинута с глубины 100 м до 20 м и располагается уже в 300 м от подводного газопровода «Джубга-Лазаревское-Сочи» (рис. 3).



**Рис. 3. Морфология головной части каньона Шахе с развитием декливиальных и абразионно-эрозионных процессов по данным гидролокации бокового обзора бровки шельфа с детализационной врезкой сонарного изображения дна (свето-теневой рельеф)**  
 1 - абразионно-эрозионная граница 2018 г.; 2 - абразионно-эрозионная граница 2017 г.; 3 - оползни 2018 г.; 4 - оползни 2017 г.; 5 - подводный газопровод «Джубга-Лазаревское-Сочи»; 6 - изобаты, м; 7 - изогипсы, м; 8 - береговая линия.

Вершина каньона располагается в 1,5 км от берега и в 2,6 км от устья р. Шахе, как границы сопряженного бассейна денудации. Средняя скорость продвижения абразионно-

эрозионной границы головной части каньона к берегу оценивается за период 2008-2018 гг. в 2,6 м/год с вариациями от -10,2 до 16,2 м/год на отдельных участках. Максимальные скорости продвижения фиксируются в боковых частях клиновидной формы с его расширением, а минимальная - в вершинной части клина, где продвижение каньона компенсируется поставкой терригенного материала с бассейна денудации р. Шахе и перехватом вдольберегового транзита.

Абразионно-эрозионная граница головы каньона Мзымты почти вплотную придвинута к берегу на дистанцию до 17 м, в среднем составляя 475 м. В отличие от каньона Шахе его головная часть имеет широкий фронт, образованный ответвлениями, носящими самостоятельные названия [Имеретинская низменность..., 2011]. Глубина эрозионных врезов этих ответвлений достигает 100-150 м. Средняя скорость продвижения абразионно-эрозионной границы к берегу за период 2008-2017 гг. оценивается в 2,0 м/год с вариациями от -4,2 до 11,3 м/год на отдельных участках.

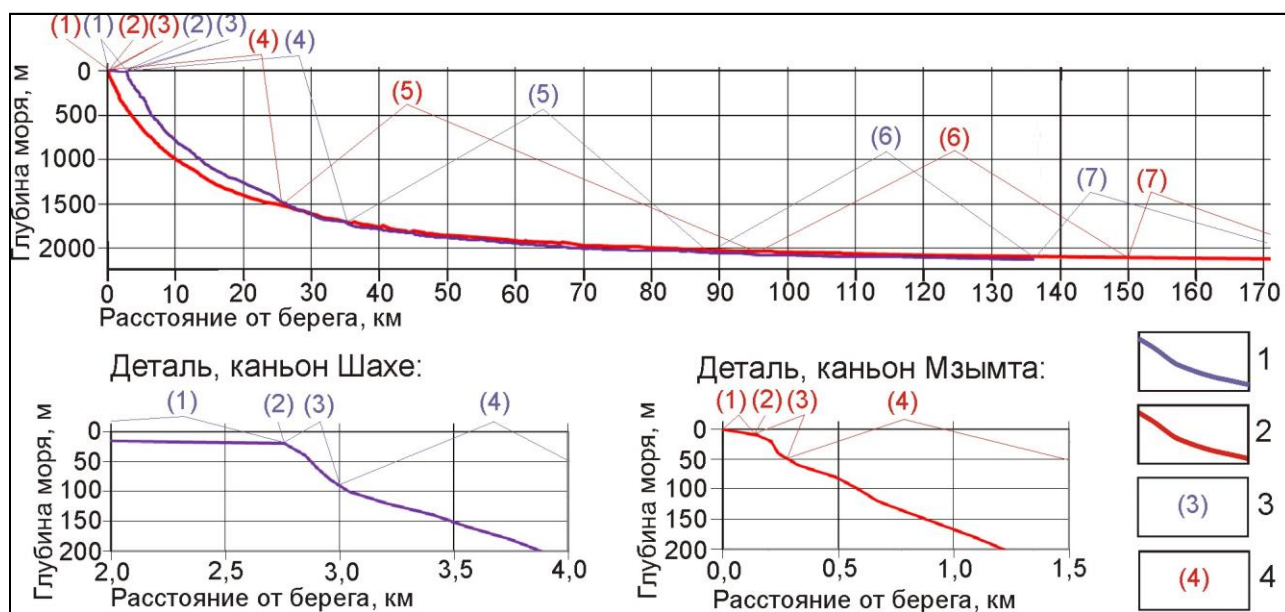
В генерализованном виде форма головной части каньона Мзымты в плане в соответствии с [Mazières et al., 2014] приближается к предельной - субпараллельной береговой линии. Развитие каньонов предельного типа происходит за счет бокового расширения их головной части, а вершинная граница подчиняется береговой и остается относительно стабильной. Вместе с этим часть ответвлений каньона имеет клиновидную форму, где продолжается активное продвижение к берегу с выравниванием общего фронта головной части каньона Мзымты относительно берега.

Длина каньона Шахе составляет около 85 км с превышением около 2050 м, Мзымты - 95 км с превышением около 2025 м. К каньонам примыкают обширные плоские конусы выноса, протягивающиеся в абиссальную котловину Черного моря. Конус выноса каньона Шахе достигают 50 км при ширине в 15 км до глубин около 2130 м. Конус выноса каньона Мзымты - 55 км шириной 28 км до глубин порядка 2100 м. В нижней части оба конуса выноса перемываются и наращиваются шлейфом разноса контурными течениями донных осадков по абиссальной равнине (см. рис. 1, 2).

В соответствии с [Brothers et al., 2013] вдоль тальвега каньонов выделяется несколько геоморфологических участков: выпуклый, врезанный и затруднения движения. Кроме этого, дополнительно следует выделить примыкающие ниже к каньону участки глубоководного конуса выноса и шлейфа разноса (рис. 4). Эти участки различаются характером литодинамики и, соответственно, набором опасных геологических процессов.

Выпуклый (оползневой) участок весьма узкий (до первых сотен метров), расположен в голове каньона (см. рис. 4). Характеризуется преимущественно аккумуляцией донных отложений за счет выноса рек с широким развитием оползней (см. рис. 3), оплывин, крипа и

осыпания. Развиты абразионно-эрозионные процессы, присутствуют протяженные эрозионные ложбины стока. Аккумулируемый материал удаляется преимущественно оползневыми процессами с формированием мутьевых потоков на ниже примыкающем к нему врезанном участке. Ширина зафиксированных оползневых тел достигает 230 м, а длина - до 90 м. Средняя пораженность активными оползнями составляет не менее 17%. Донные осадки в разрезе с глубины уже в 1-1,5 м интенсивно загазованы, что дополнительно провоцирует оползнеобразование (рис. 5а). Нередко такие загазованные осадки обнажены в оползневых зеркалах скольжения.

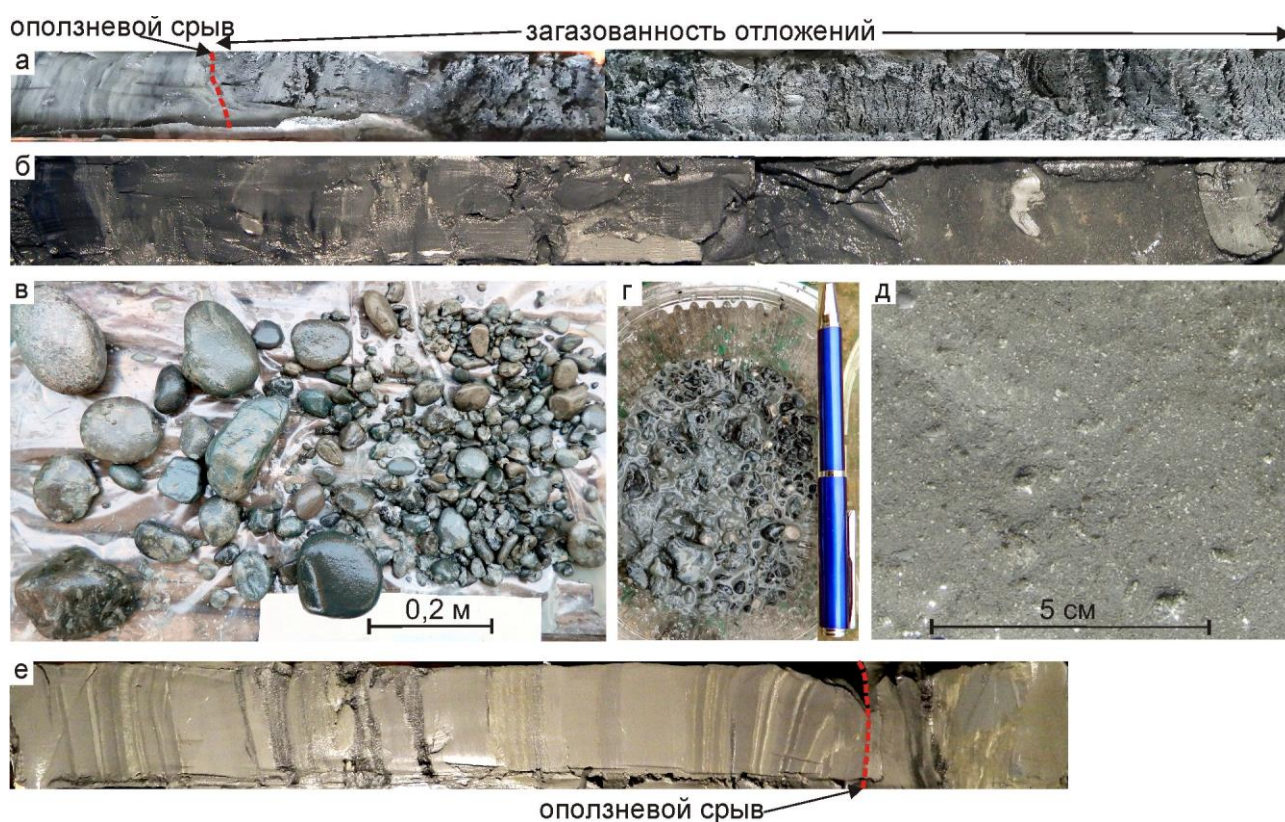


**Рис. 4. Характеристики геоморфологических участков морского дна вдоль тальвегов каньонов Шахе и Мзымта**

1-2 - продольные профили дна вдоль тальвега каньонов: 1 - Шахе, 2 - Мзымты; 3-4 - геоморфологические участки морского дна на продольных профилях вдоль каньонов: 3 - Шахе, 4 - Мзымты. Геоморфологические участки: 1 - шельф; 2 - граница головы каньона (кромка шельфа); 3 - выпуклый (оползневой) участок; 4 - врезанный каньон (вогнутый профиль); 5 - участок затруднения движения (выполаживание профиля); 6 - глубоководный конус выноса; 7 - шлейф разноса.

Участок врезанного каньона имеет выраженный вогнутый профиль (см. рис. 4). У каньона Шахе он протягивается до глубины около 1700÷1750 м на расстояние порядка 32 км. У каньона Мзымты эти параметры составляют, соответственно, 1478÷1500 м и 25 км. Поперечный профиль каньона и его соподчиненных врезов на участке вогнутого профиля имеет V-образное сечение, трансформирующееся в нижней части участка до U-образного с расширением. Некоторые отвершки каньонов имеют щелеобразный поперечный профиль. Это область разветвления вершинной части и углубления днища, интенсивного развития абразионно-эрозионных и обвально-осыпных процессов, транзита терригенного материала, формирования и прохождения мутьевых потоков. Интенсивность этих процессов нарастает к

вершинам каньона. В результате участок обладает расчлененным абразионно-эрозионным рельефом с протяженными вертикальными стенками, уступами, карнизами, останцами, расщелинами и врезами, прислоненными декливиальными шлейфами. В днище каньона обнажаются коренные породы, присутствует прерывистый плащ донных осадков преимущественно псаммопсефитовой размерности, вплоть до валунников (рис. 5в). Головные части каньонов унаследованно врезаются в авандельты и погребенные долины рек, где отмечается подрусловая разгрузка подземных вод. Нередко отвершки каньонов и их ответвления развиваются вдоль тектонических трещин, по которым фиксируется субаквальная разгрузка подземных вод.



**Рис. 5. Фотографии донных осадков (грунтов) с различных участков морского дна**

*а -* грунтовая колонка с выпуклого участка каньона Мзымты: алевропелитовый ил с проявлением оползней и загазованности, интервал 0,3-1,8 м, глубина 75 м; *б -* грунтовая колонка с участка затруднения движения каньона Мзымты: интенсивно обводненная и фрагментированная оползневыми процессами с блоками песка и алевропелитового ила, интервал 0,0-1,6 м, глубина 1503,7 м; *в -* валунно-галечные отложения с врезанного участка каньона Мзымты, глубина 1400 м; *г -* гравийно-галечные отложения с участка затруднения движения каньона Мзымты, интервал 0,5 м, глубина 2000 м; *д -* конус выноса каньона Мзымты: поверхность перемытого осадка, сложенного мелкими комочками ила, глубина 2068 м; *е -* борт каньона Мзымты: илы кокколито-сапропелевые и пелитовые с прослоями песка, оползневые текстуры, интервал 1,0-2,0 м, глубина 1750 м.

Участок затруднения движения наиболее протяженный и отвечает пологому днищу каньона (см. рис. 4). На этом участке оно имеет выраженный корытообразный профиль шириной до 8 км. В основное русло каньона впадают крупные боковые каньоны,

преимущественно левого борта, дополнительно сгружающие сюда осадочные массы. У каньона Шахе этот участок протягивается до глубины 2050÷2100 м на расстояние около 53 км. У каньона Мзымты - до глубины 2025÷2030 м на расстояние около 70 км. На участке за счет выполаживания и расширения днища каньона происходит потеря скорости транспортировки частиц и отложение донных осадков. В разрезе донных осадков и по площади присутствуют отложения от галечной (рис. 5г) до пелитовой размерности, нередко с большим содержанием детрита наземной растительности. Отличительной чертой сгружаемого сюда через более крутой участок врезанного каньона (зону транзита) осадочного материала служит высокая обводненность отложений и широкое развитие оползневого перемещения с фрагментацией разреза (рис. 5б). Оползневые тела образуют поперечный волнисто-грядовый рельеф широкой корытообразной долины. Высота крупных оползневых тел (гряд) составляет 10÷30 м, ширина – 0,5÷1,5 км, протяженность – до 5 км. Наряду с этим присутствуют русловые протоки, по которым периодически проходит транзит осадочного материала от мутьевых потоков.

Выположенные склоны подводного бассейна каньона, примыкающие к участку затруднения движения и межканьонные участки повсеместно поражены крупными оползнями, образующими здесь поперечный волнисто-грядовый рельеф (см. рис. 2). В грунтовых колонках присутствуют следы оползневых процессов - оползневые срывы, нарушение непрерывности и целостности разреза, его фрагментация (рис. 5е).

В пределах глубоководного конуса выноса преобладают процессы аккумуляции осадков преимущественно алевропелитового состава с периодическим развитием эрозионных русловых процессов. Донный пробоотбор показал частое наличие в пределах площади конуса выноса и грубозернистых осадков (пески, гравийно-галечные отложения), где они зачастую прикрыты маломощным слоем перемытого осадка, сложенного из комочков ила различного состава (рис. 5д). В понижениях на поверхности донных осадков присутствует обильная взвесь древесного детрита.

Шлейф разноса донными течениями образован контурными, интерферирующими с конусами выноса. На сонарном изображении морского дна он имеет струйчато-перистый рисунок в средних частях, веерообразный – в периферийных (см. рис. 1). Присутствуют протяженные эрозионные врезы шириной от 100 до 200 м. Непосредственно по трассе газопровода «Голубой поток» глубина врезов варьирует от 2 до 6 м при ширине от 80 до 160 м. Такой рисунок сонарного изображения дна связывается с придонными литодинамическими потоками [Губенков, 2007]. Здесь преобладают процессы аккумуляции пелитовых осадков с периодическим развитием эрозионных русловых процессов и плоскостного размыва от прохождения придонных контурных течений и отголосков



мутъевых потоков по каньону с отложением алевро-песчаных осадков.

### Заключение

Выделенные вдоль тальвега подводного каньона геоморфологические участки и примыкающие глубоководный конус выноса и шлейф разноса обладают индивидуальным набором и характером развития опасных литодинамических процессов, имеют собственные особенности строения и состава верхней части разреза донных отложений.

Приведенные данные и параметры каньонов определяют их как важный инженерно-геологический фактор, требующий учета при проектировании нефтегазовых инженерно-технических сооружений на морском дне.

### Литература

*Андреев В.М., Шельтинг С.К.* К геоморфологии Российского сектора Чёрного моря // Геология морей и океанов: материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. - М., 2007. - Т. IV. - С. 6-8.

*Глазырин Е.А.* Морфология и литодинамика каньона Мзымта, как фактор влияния на береговую зону Сочи // Грозненский естественнонаучный бюллетень. - 2018. - Т. 3. - № 2. - (10). - С. 16-25.

*Глазырин Е.А., Мараев В.Л.* Подводные каньоны Мзымты и Шахе: морфология, литодинамические процессы // Система Черного моря. - М.: Научный мир, 2018. - С. 84-105.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. - Изд. 2-е. Серия кавказская. Лист К-37-IV (Сочи). Объяснительная записка. - СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. - 135 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. - Издание второе. Серия Кавказская. Листы К-37-XV (Подводный каньон Мзымты), К-37-XVI (Абиссаль 16). Объяснительная записка. - СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. - 116 с.

*Губенков В.В.* Современные эрозионно-аккумулятивные процессы в абиссали восточной части Черного моря // Геология морей и океанов: материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. - М., 2007. - Т. IV. - С. 59-61.

Имеретинская низменность. Природно-геологические условия, проблемы освоения / С.П. Ломов, С.П. Карчевский, С.П. Карпачёв, П.С. Уварова, С.П. Кульдин, С.П. Салмин, С.П. Шевцов, С.П. Щавелёв, С.П. Кушнерук, И. Никифоров; под ред. И.П. Балабанова. - М.: ООО «Издательский дом Недра», 2011. - 281 с.

*Brothers D.S., Brink U.S., Andrews B.D., Chaytor J.D., Twicheland D.C.* Geomorphic process fingerprints in submarine canyons // Marine Geology. - 2013. - Vol. 337. - P. 53-66.

*Mazières A., Gillet H., Castelle B., Mulder T., Guyot C., Guyot C., Garlan T., Mallet C.* High-resolution morphobathymetric analysis and evolution of Capbreton submarine canyon head (Southeast Bay of Biscay—French Atlantic coast) over the last decade using descriptive and numerical modeling // Marine Geology. - 2014. - Vol. 351. - P. 1-12.

*Shepard F.P., Dill R.F.* Submarine canyons and other sea valleys. - Rand McNally, Chicago, Illinois, 1966. - 381 p.

**Glazyrin E.A.**

Joint-Stock Company «Southern Scientific & Production Association for Marine Geological Explorations» (JSC «YUZHMOREGEOLOGIYA»), Gelendzhik, Russia, eaglazyrin@mail.ru

**GEOMORPHOLOGY AND LITHIDONAMICS OF SUBMARINE CANYONS  
AS AN ENGINEERING GEOLOGICAL FACTOR OF HYDROCARBON RESOURCES  
DEVELOPMENT (THE RUSSIAN BLACK SEA SECTOR)**

*Geomorphological and lithodynamic features of submarine canyons are considered on the example of the Black Sea canyons of Shahe and Mzymta. Sonar, echo-sounding, seismic acoustic profiling, underwater video surveillance and bottom sampling were used. Presents information about the structure, size and speed of advancement of the head parts of the canyons. Along the longitudinal profile of the canyons, the main geomorphological areas are distinguished — landslide domain (convex/linear), entrenched canyon (concave), channel levees, as well as adjacent areas deep sea fans and apron of sediment transport. It is shown that the selected areas have an individual character of lithodynamic processes and the development of dangerous geological processes, have their own features of the structure and composition of the upper part of the section of bottom sediments.*

*The data and parameters of canyons define them as an important engineering and geological factor that requires a careful considering when designing petroleum engineering instalations on the seabed.*

**Keywords:** submarine canyon, geomorphological area, lithodynamic processes, Black Sea.

**References**

Andreev V.M., Shel'ting S.K. *K geomorfologii Rossiyskogo sektora Chernogo morya* [For geomorphology of the Russian Black Sea]. Geologiya morey i okeanov: materialy XVII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (Shkoly) po morskoy geologii. Moscow: GEOS Publ., 2007, vol. IV, pp. 6-8.

Brothers D.S., Brink U.S., Andrews B.D., Chaytor J.D., Twicheland D.C. Geomorphic process fingerprints in submarine canyons. *Marine Geology*, 2013, vol. 337, pp. 53-66.

Glazyrin E.A. *Morfologiya i litodinamika kan'ona Mzymta, kak faktor vliyaniya na beregovuyu zonu Sochi* [Morphology and lithodynamics of Mzymta canyon as the factor of influence on the shore area of Sochi]. Groznenskiy estestvennonauchnyi bulletin, 2018, vol. 3, no. 2 (10), pp. 16-25.

Glazyrin E.A., Maraev V.L. *Podvodnye kan'onny Mzymty i Shakhe: morfologiya, litodinamicheskie protsessy* [Underwater canyons: morphology, lithodynamic processes (using the example of the Mzymta and Shahe canyons)]. Sistema Chernogo morya. Moscow: Scientific World, 2018, p. 84-105.

*Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000. Izd. 2-e. Seriya kavkazskaya. List K-37-IV (Sochi). Ob'yasnitel'naya zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1: 200 000. Izd. the 2-nd. Caucasian serie. Sheet K-37-IV (Sochi). Explanatory letter]. St. Petersburg, izd-vo SPb kartfabriki VSEGEI, 2000, 135 p.

*Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Kavkazskaya. Listy K-37-XV (Podvodnyy kan'on Mzymty), K-37-XVI (Abissal' 16). Ob'yasnitel'naya zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1:200 000. Second edition. Caucasian serie. Sheets K-37-XV (Underwater canyon Mzymta), K-37-XVI (Abyssal 16). Explanatory letter]. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2015, 116 p.

Gubenkov V.V. *Sovremennye erozionno-akkumulyativnyye protsessy v abissali vostochnoy chasti Chernogo morya* [Modern erosion-accumulative processes in abyssal of the east part Black Sea]. Geologiya morey i okeanov: materialy XVII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (Shkoly) po morskoy geologii. Moscow, 2007, vol. IV, pp. 59-61.

*Imeretinskaya nizmennost'. Prirodno-geologicheskie usloviya, problemy osvoeniya* [Imeretinskaya lowland. Geological conditions and development problems]. S.P. Lomov, S.P. Karchevskiy, S.P. Karpachev, P.S. Uvarova, S.P. Kul'din, S.P. Salmin, S.P. Shevtsov, S.P. Shchhavelev, S. P. Kushneruk, I. Nikiforov; pod red. I.P. Balabanova. Moscow: OOO «Izdatel'skiy dom Nedra», 2011, 281 p.

Mazières A., Gillet H., Castelle B., Mulder T., Guyot C., Guyot C., Garlan T., Mallet C. High-resolution morphobathymetric analysis and evolution of Capbreton submarine canyon head (Southeast Bay of Biscay-French Atlantic coast) over the last decade using descriptive and numerical modeling. *Marine Geology*, 2014, vol. 351, p. 1-12.

Shepard F.P., Dill R.F. Submarine canyons and other sea valleys. Rand McNally, Chicago, Illinois, 1966, 381 p.

© Глазырин Е.А., 2019