

УДК 551.35.051, 551.46.001.57

ОПОЛЗНЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ И ОТЛОЖЕНИЯ ТУРБИДИТОВЫХ ПОТОКОВ НА КАВКАЗСКОМ МАТЕРИКОВОМ СКЛОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

В.Н. Москаленко, К.М. Шимкус

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

Поступила в редакцию 10.02.04

В зоне шельфа и материкового склона прикавказской области Черного моря (на участке Джанхот—Джубга) в 1998—2002 гг. проведены геолого-геофизические исследования: площадное сейсмопрофилирование, отбор колонок донных отложений дночерпателями и прямооточными трубками, измерения современных потоков осадочного материала с помощью седиментационных ловушек. Получен большой объем новых материалов по геоморфологии, донным осадкам и строению верхней осадочной толщи. Выявлено широкое распространение оползневых образований по всей площади склона и осадочных отложений турбидитовых потоков по долинам и каньонам материкового склона.

Северо-восточное кавказское побережье Черного моря, включая и материковый склон, относится к шестибалльной сейсмоопасной зоне. Материковый склон этого участка побережья от мыса Идокопас до мыса Грязнова представляет собой единый геоморфологический амфитеатр (Архипо-Осиповский), который пересекают чередующиеся долины и хребты, протягивающиеся веером от бровки шельфа до подножия материкового склона (рис. 1). Сложный, обрывистый, резко расчлененный рельеф дна материкового склона, прорезанный многочисленными долинами и каньонами, характеризующийся большими углами наклона, песчано-глинистые отложения (от майкопа до плейстоцена), слагающие верхнюю часть осадочной толщи в этом районе, — все это создает благоприятные условия для возникновения оползней и схода суспензионных осадочных потоков.

Оползни и возникающие с ними осадочные лавины включают огромные массы материала, которые при своем движении вниз по склону разрушают дно, прорезают каньоны, образуют новые осадочные отложения на днищах долин и у подножия склона. В результате их деятельности существенно преобразуется рельеф материковой окраины [1, 2, 4]. Они представляют грозное катастрофическое явление природы и играют ключевую роль в процессах лавинной седиментации на акватории черноморской впадины [3, 5].

Основной задачей исследований было выяснение особенностей распространения оползневых тел на материковом склоне и у его подножия, а также осадочных тел, сформировавшихся в процессе придонного переноса осадочного материала как в подводных долинах, так и в приустьевых их областях, и той роли, которую играли и продолжают играть оползневые процессы и придонное перемещение

осадочного материала в рельефообразовании прикавказской материковой окраины.

Решение этой проблемы весьма актуально, поскольку формирование морфоструктур протекало здесь на фоне интенсивных тектонических движений, способствовавших развитию оползней и мощных придонных потоков осадочного материала вниз по склону. Исследуемый район сейсмически активен и относится к шестибалльной зоне [4]. Проявления сейсмичности указывают на продолжение тектонических процессов и на современном этапе, последствия которых могут быть катастрофическими не только для акватории, но и для побережья.

Сейсмические исследования строения оползней и осадочных образований турбидитовых потоков

Для обнаружения и картирования оползневых образований и осадочных отложений турбидитовых потоков использовалось высокочастотное сейсмическое и акустическое профилирование. В геолого-геофизических экспедициях, выполненных Южным отделением совместно с лабораторией сейсмостратиграфии Института океанологии РАН в период 1998—2002 гг., детальные сейсмические исследования проведены на материковом склоне вдоль кавказского побережья от мыса Идокопас до мыса Грязнова (пос. Новомихайловский). Всего в этом районе выполнено около 970 миль (1800 км) сейсмических и акустических профилей.

Оползни

Внешний вид и внутренняя структура оползневых образований на сейсмических разрезах определяются в первую очередь их размерами и условиями формирования. Крупные оползневые блоки, ото-

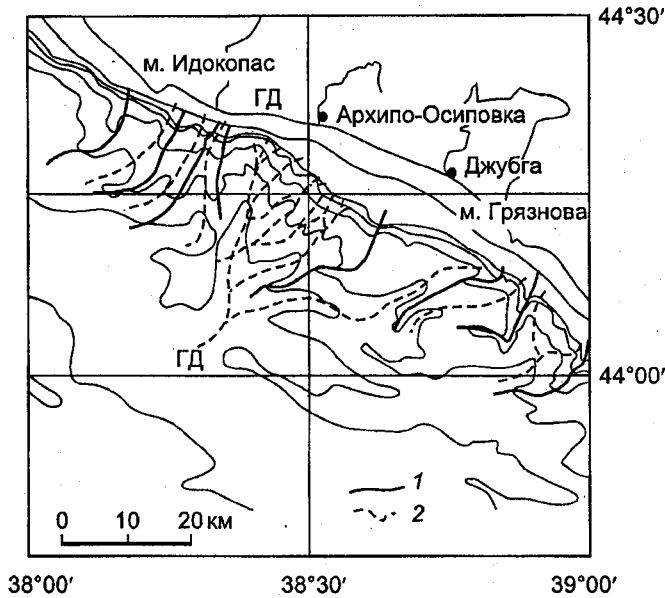


Рис. 1. Схема расположения хребтов и долин:
1 — хребты; 2 — долины и каньоны; ГД — Главная долина

рвавшиеся от своего основания и переместившиеся на небольшое расстояние, как правило, сохраняют свою слоистую внутреннюю структуру. Оползневые блоки, перемещающиеся вниз по склону на значительные расстояния, при своем движении дробятся на части, фрагменты поворачиваются произвольно, и на сейсмических разрезах часто невозможно определить слоистую структуру отдельных их частей. В целом оползневое образование становится сейсмически однородным телом. В верхней части материкового склона чаще встречаются крупные оползни. Подножия материкового склона достигают преимущественно раздробленные на отдельные фрагменты и перемешанные с турбидитовыми отложениями оползневые образования. Характерным признаком оползневого образования является наличие на сейсмическом разрезе слабоизогнутой плоскости скольжения в основании оползневого тела (рис. 2, а). На материковом склоне рельеф дна характеризуется чрезвычайной сложностью, большой расчлененностью. Присутствие в разрезе наклонной, относительно гладкой и четкой сейсмической границы, перекрытой чаще всего акустически однородной массой осадочного материала в виде изолированного тела (рис. 2, б), свидетельствует об оползневой природе образования этой границы и о том, что вышележащее осадочное образование — оползневое тело.

Типичный пример оползневого тела для верхней части материкового склона приведен на рис. 2, б. Оползень располагается на глубине около 850 м на удалении 3,4 мили от берега. Его размеры сравнительно небольшие, толщина около 20—25 м, длина основного тела (без последующего шлейфа) около 350—400 м. Форма линзовидная. Внутренняя структура неясная.

Примеры оползней на средней части склона (рис. 2, в) приведены для профиля, который проходит по борту Главной долины. Оползни располагаются на глубине 1200—1500 м в виде налегающих друг на друга тел. Мощность нижнего оползневого тела достигает 50—80 м, длина вдоль склона около 1000 м. Отдельные фрагменты этого оползневого тела имеют слоистую структуру. В верхней его части отчетливо видно место отрыва оползня и амплитуда перемещения. На месте отрыва образовался крутой уступ высотой около 60 м.

В нижней части материкового склона, где дно характеризуется небольшими углами наклона, встречаются оползни в виде деформированных в складки придонных осадочных отложений (рис. 2, г). Эта часть склона непосредственно примыкает к Главной долине (рис. 1). На детальной батиметрической карте этот достаточно обширный участок склона, примыкающий к тальвегу с плоским дном Главной долины, имеет волнисто-чешуйчатый рельеф дна, характерный для гравитационных оползневых структур. Придонный слой осадков оползневыми процессами деформирован в складки, но еще не оторван от нижележащей толщи. Длина отдельной волны в рельефе дна изменяется в пределах 150—300 м.

Оползни покрывают материковый склон практически сплошным плащом, за исключением небольших участков. На всех сейсмических профилях выделены участки вероятного присутствия оползневых образований. Большинство оползней располагается в верхней и средней частях склона. По данным сейсмопрофилирования построена схема распространения оползневых структур в этом районе (рис. 3). На схеме видно, что центральная часть Главной долины свободна от оползней. В западной части исследуемого района материкового склона (на западной границе Архипо-Осиповского амфитеатра) поперек склона протягивается относительно свободный от оползневых структур достаточно широкий коридор. Аналогичный коридор располагается и на восточном крыле амфитеатра.

Осадочные отложения турбидитовых потоков

Большой объем осадочного материала, выносимый горными реками кавказского побережья в море, продукты разрушения прибрежной полосы суши волнением моря, а также осадочный материал, возникающий во время оползневых процессов, перемещаются по долинам и каньонам материкового склона в глубоководную часть моря. Сброс осадочного материала с шельфа к подножию материкового склона происходит в виде внезапно образующихся осадочных турбидитовых потоков, аналогичных селевым потокам на суше или снежным лавинам в горах. Эти осадочные потоки несут большой объем материала и обладают колоссальной энергией. Как и горные реки, они углубляют и расширяют долины и каньоны, по которым они движутся. Некоторая часть

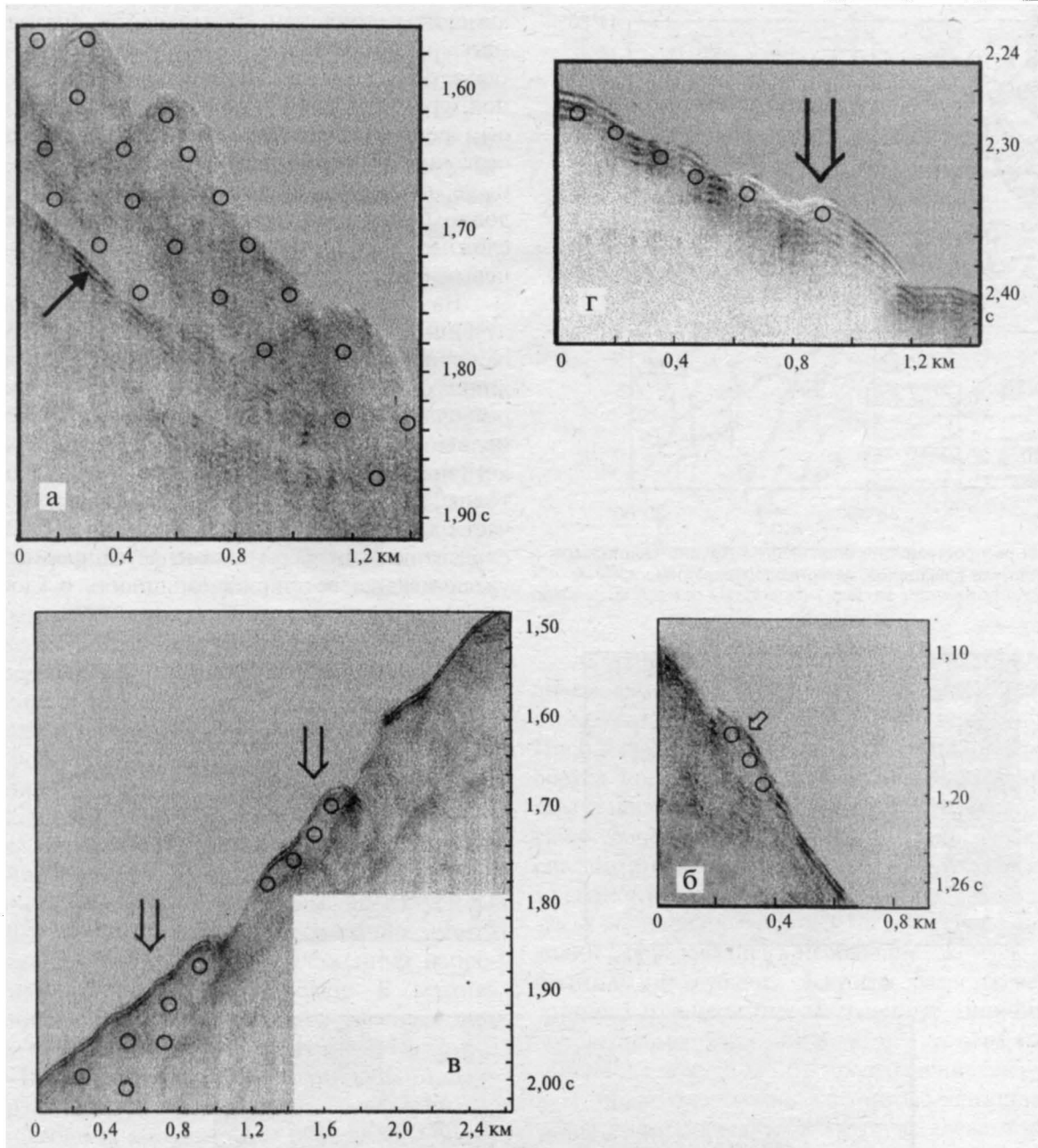


Рис. 2. Примеры разрезов оползней разного типа:

а — оползень сложной структуры, стрелка указывает на четко выраженную границу скольжения оползня; б — типичный оползень для верхней части материкового склона; в — оползень с почти вертикальной поверхностью срыва; г — пример оползневых гравитационных складок для нижней части склона, оползневая масса пород смята в складки. Стрелки указывают на оползневые тела

осадочного материала накапливается в тальвегах долин и каньонов, засыпая неровности рельефа. Осадочные отложения долин и каньонов также подвержены размывам последующими сходами турбидитовых потоков.

Разрез осадочных отложений долин и каньонов материкового склона представляет собой сложное многократно переотложенное осадочное образование. Осадки имеют, как правило, слоистую структуру с включением тел различного размера, часто неясного строения. Этими включениями могут быть обломки пород, оторванные со склонов долин, или фрагменты оползней. Поперечное сечение долины, таль-

вег которой выполнен осадочными отложениями, имеет характерные очертания: крутые склоны долины резко переходят в слабонаклонную сравнительно ровную поверхность осадочного тела.

В верхней части материкового склона, характеризующейся наибольшей крутизной, тальвег каньонов обычно представляет собой грубое каменистое дно. Осадочные образования встречаются в отдельных углублениях и карманах (рис. 4, а, б). В средней части склона по мере выполаживания тальвега долин и каньонов мощность осадочных образований увеличивается (рис. 4, в) и у подножия материкового склона достигает в отдельных местах 300 м.

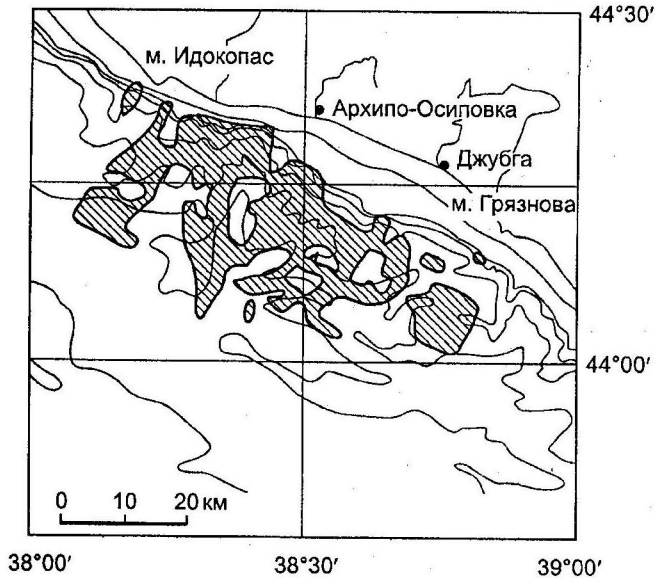


Рис. 3. Схема распространения оползней на Архипо-Осиповском участке кавказской материковой окраины

лине и ее каньонам. В верхней и средней частях материкового склона до глубин примерно 1000 м тальвег Главной долины и впадающих в нее каньонов характеризуется резко расчлененным и изменчивым рельефом. Днище долины покрыто слоистыми осадочными отложениями мощностью до 40 м, а ниже по склону, на расстоянии 3,5 км, тальвег долины сужается, рельеф дна становится более сложным и осадочные отложения осложнены оползневыми структурами.

На высокочастотных акустических разрезах, полученных вдоль Главной долины, отчетливо видны основные особенности формирования осадков на днищах долин и каньонов — это переслаивание осадочных линз, глубокие размывы и повторное заполнение осадками образовавшихся промоин. Аналогичная картина наблюдается и для крупных “притоков” — каньонов Главной долины. В средней части материкового склона на глубине 1000—1500 м с удалением от берега изменяется форма долины, увеличивается ее ширина, мощность осадочных от-

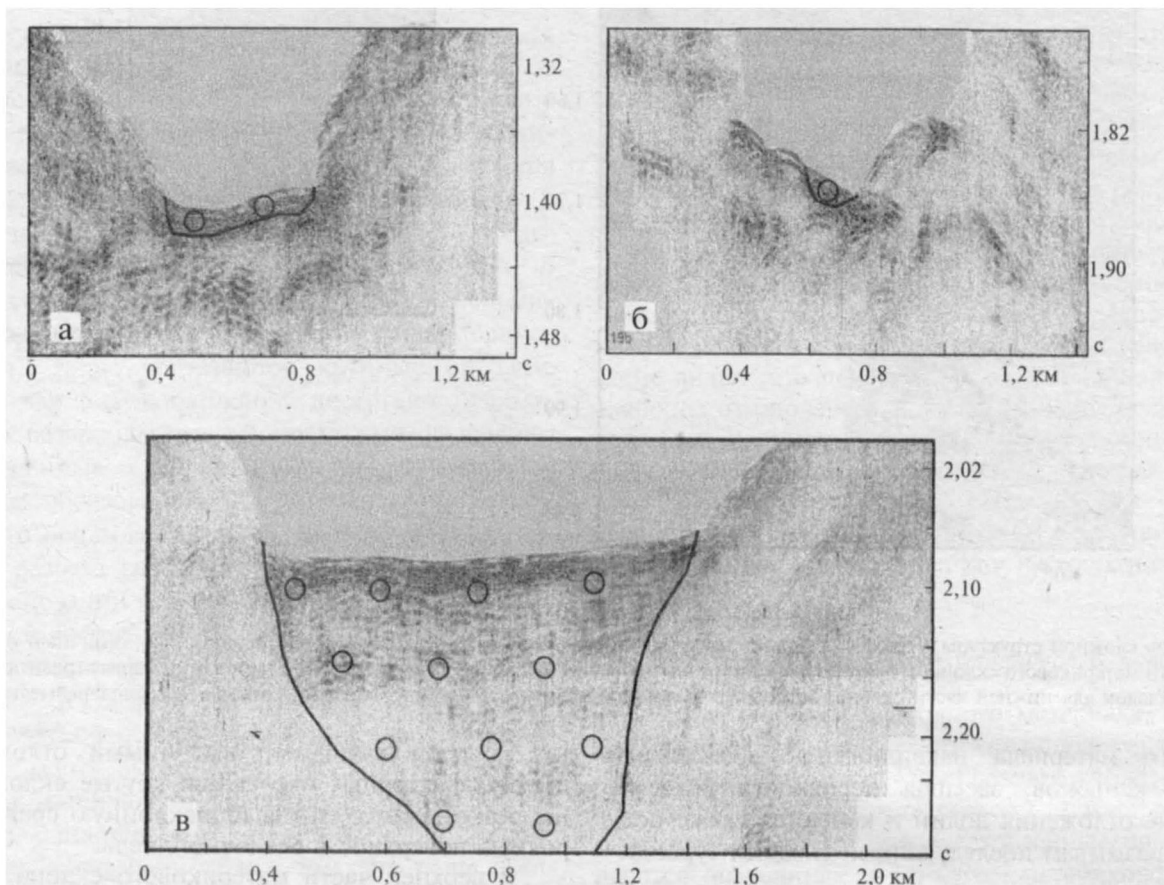


Рис. 4. Поперечные разрезы долин и каньонов: а, б — верхняя часть склона; в — средняя часть склона; кружочки — осадочные отложения турбидитовых потоков

По всем долинам и каньонам, пересекающим материковый склон исследуемой площади, в разном объеме идет транспортировка осадочного материала от берега в глубоководную часть моря. Наиболее мощный осадочный поток проходит по Главной до-

ложений в ее осевой части, осадки становятся более стратифицированными.

По сейсмическим данным построена схема пространственного расположения осадочных отложений долин и каньонов (рис. 5), на которой отчетливо

видны основные пути переноса осадочного материала из прибрежной зоны в глубоководную часть моря. Основную и подавляющую часть исследованной площади занимает Главная долина со своими многочисленными каньонами. В юго-восточной части полигона располагается, возможно, не менее крупная транспортная осадочная система. Мощность осадков в осевой части Главной долины достигает 300 м.

Геологические исследования

Одной из основных задач геологических исследований было опробование оползневых осадочных тел, выявленных на сейсмических профилях, с тем чтобы выяснить их геологическое строение и генезис. Геологическое опробование осуществлялось с учетом особенностей рельефа дна и материалов сеймопрофилирования. На краю шельфа и в верхней зоне материкового склона были отобраны пробы донных отложений. С помощью грунтовых трубок диаметром 124 мм с металлическим вкладышем взято 13 колонок осадков. Получено геологическое подтверждение широкого развития оползневых процессов в верхней зоне материкового склона.

По данным литологических исследований придонных осадков, собранных на материковом склоне и у его подножия на участке от Геленджика до Джубги, определены районы проявления оползневых процессов, развития турбидитов в разрезе верхнечетвертичных отложений, а также участки дна с выходами коренных пород.

Коренные породы обнаружены на глубинах 1100–1150 м в районах материкового склона, отстоящих далеко друг от друга и расположенных напротив Геленджика и Архипо-Осиповки. В верхней части склона (глубина 300 м) они залегают под маломощным слоем плейстоценовых глин. На глубинах 1500–1800 м разрез верхнечетвертичных отложений содержит признаки оползания, чаще всего на склонах подводных хребтов. Они обнаружены также в вершинной части отдельной возвышенности, расположенной в этой зоне, оползневая природа которой установлена по данным сеймопрофилирования и морфологическим особенностям. В нижней части материкового склона в руслах подводных долин по данным детальным определений гранулометрического состава выявлены многочисленные слои турбидитов в голоценовом и позднеголоценовом разрезах осадков. Здесь скорости осадконакопления превышают 50 см/тыс. лет.

Полученные материалы свидетельствуют о том, что на прикавказском материковом склоне процессы переотложения осадочного материала активно происходили в позднем плейстоцене, в голоцене и продолжают действовать на современном этапе, оказывая существенное влияние на формирование мезо- и микроформ рельефа дна не только на материковом склоне, но и у его подножия.

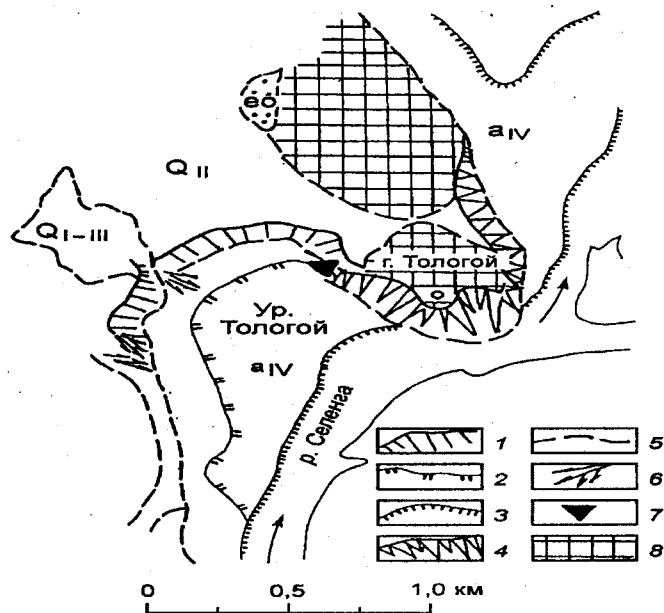


Рис. 5. Схема распространения осадочных отложений турбидитовых потоков на Архипо-Осиповском участке кавказской материковой окраины

С процессами оползания связано отсутствие голоценовых и более древних донных отложений на отдельных участках континентального склона. Пробы грунта, поднятые прямоточными трубками с бортов подводных долин и крутых откосов склона, характеризуются брекчиевидной текстурой осадков. Наибольшее развитие, судя по геологическим материалам, эти процессы получили в верхней и средней зонах континентального склона.

У подножия склона, где в устьях подводных долин образовались небольшие конусы выноса, грунтовыми трубками вскрыты разрезы верхнего и среднего голоцена, представленные типичными глубоководными фациями. Ближе к устьям подводных каньонов получили распространение терригенные илы, преимущественно алевритово-глинистые. Здесь часты прослойки мелких и крупных алевритов с градиционной текстурой. Это позволяет отнести их к отложениям суспензионных потоков. Кокколитовые глинисто-сапропелевые и сапропелевые илы в районах конусов выноса играют явно подчиненную роль, образуя маломощные прослойки. Их значение возрастает с удалением от устьев подводных долин или на положительных формах рельефа дна.

По данным исследований с помощью седиментационных ловушек, установлено резкое возрастание величин потоков осадочного материала по мере приближения ко дну. В ловушке, расположенной у подножия склона на горизонте 1800 м, в 100 м над поверхностью дна, поток составил 8,2 г/м²/сут, т.е. в 200 раз меньше, чем на дне. По данным седиментационной ловушки, выставленной в 20 м от поверхности дна в нижней части подводной долины (глубина моря 1670 м), поток составил 24,94 мг/м²/сут, что почти в 4 раза больше его величины на горизонте

те 1550 м. Таким образом, основная часть материала переносится в непосредственной близости от дна. Такая закономерность характерна для суспензионных потоков.

Закключение

Анализ материалов комплексных геолого-геофизических исследований выявил следующие особенности строения и развития Архипо-Осиповского участка континентальной окраины Черного моря.

1. Оползни имеют широкое и практически повсеместное распространение на кавказском материковом склоне.

2. В днищах многочисленных долин и каньонов, прорезающих материковый склон, накопились осадочные отложения турбидитовых потоков. Строение и мощности этих осадков вдоль долин изменчивы и свидетельствуют о крайне неравномерном процессе седиментации, связанном как с неодинаковой энергией турбидитовых потоков, так и с чередованием периодов аккумуляции и размыва осадочного материала. Наиболее устойчивой областью аккумуляции является подножие склона, где получили развитие конусы выноса, которые продолжают свое формирование и на современном этапе. Местами здесь наблюдаются включения фрагментов оползневых тел.

3. Результаты изучения колонок верхнечетвертичных донных отложений подтверждают развитие оползневых процессов на континентальном склоне, особенно на более крутых его участках, где донные

отложения вообще отсутствуют и обнажаются коренные породы.

4. Рельеф дна Архипо-Осиповского участка материковой окраины Черного моря сформировался под сильным воздействием оползневых процессов, которыми охвачена большая часть континентального склона изученной области вероятнее всего по причине ее тектонической активности и доминированию нелитифицированных или мало литифицированных отложений в строении осадочной толщи.

5. Интенсивное неотектоническое дробление кромки шельфа и ее эрозия с развитием многочисленных подводных долин и каньонов характерны для позднечетвертичного времени и проявляются в настоящее время.

6. Мониторинг современных осадочных потоков с помощью седиментационных ловушек однозначно свидетельствует об интенсивном переносе осадочного материала придонными турбидитовыми осадочными потоками к подножию склона, что вероятнее всего является следствием оползневых процессов, порожденных сейсмоструктурной. Эти потоки прямо не связаны с речным стоком, поскольку на прилегающем водосборе нет крупных рек и, кроме того, устья существующих рек отделены от головных частей подводных каньонов достаточно широкой полосой шельфа.

7. Интенсивные оползневые процессы и сходы турбидитовых потоков на кавказском материковом склоне играют существенную роль в процессах лавинной седиментации на акватории черноморской впадины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москаленко В.Н. Оползневые процессы и осадочные лавины на кавказском материковом склоне // Наука Кубани. 2000. № 4. С. 33—37.

2. Москаленко В.Н., Шимкус К.М. О роли крупных оползневых образований — олигострим и олигостром в позднекайнозойском осадконакоплении Черного моря // Океанология. 1976. Т. 16, вып.4. С. 655—660.

3. Шимкус К.М. Современные потоки терригенного материала в Черном море // Геология морей и океанов. Т. 1. М., 1999. С. 157—158.

4. Шимкус К.М., Москаленко В.Н., Евсюков Ю.Д. и др. О роли неотектоники, оползневых и эрозионно-аккумулятивных процессов в формировании прикавказской материковой окраины // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М., 2002. С. 402—416.

5. Шимкус К.М., Русаков В.Ю., Лукашин В.Н. Потоки взвеси и ее состав в Прикавказской области Черного моря // Геология морей и океанов. Т. 1. М., 1999. С. 159—160.

SLUMPS AND DEPOSITS OF TURBIDITE FLOWS ON CAUCASIAN CONTINENTAL SLOPE OF BLACK SEA

V.N. Moskalenko, K.M. Shimkus

In 1998—2002 in Caucasian region of the Black Sea a geological-geophysical research was fulfilled: high resolution seismic studies of the sediment depositions, sampling of bottom sediments, measurements of recent fluxes of sedimentary material near the foot of the continental slope. Many landslips and turbidity sediments was revealed there. Two maps were prepared: on first the areas of distribution slide rocks are shown, on second — locations turbidity sediments.