

Свлачища в горната част на континенталния склон и свлачищни бразди в периферията на шелфа югоизточно от нос Калиакра

Любомир Ив. Димитров

Институт по океанология, БАН (Варна)

Въведение. Горната част на северозападния континентален склон на Черно море се характеризира с широко развитие на свлачищни процеси (Старов и др., 1986; Айбулатов, 1990; и др.). Тези процеси играят съществена роля при формирането на мезорелефа на съвременното морско дъно (Айбулатов и др., 1991) и изучаването им е важно за възстановяване на динамиката на седиментацията, палеогеографията, за целите на хидрографията, търсенето на полезни изкопаеми, инженерната, хидротехническата и други дейности.

В настоящата работа се дава подробна характеристика на свлачищните тела в ограничен район от българския сектор на Черно море. Със свличането на седиментните маси в горната част на континенталния склон се свързва образуването на откритите в периферията на краевата шелфова тераса конусообразни депресии, наподобяващи форми от типа на газовите кратери (rockmark). Посочва се най-вероятното време и причини за образуването на свлачищата и се прави опит за обяснение на някои съпътстващи явления, като наличието на газонаситени утайки.

Геоложка обстановка. Разглежданият район е разположен в югоизточната част на Мизийската платформа, в района на съчленяването и с дълбоководната котловина. Мизийската платформа е стабилна провинция от ранния Мезозой (Dachev et al., 1988) и е изградена предимно от карбонатни скали с мезокайнозойска възраст. Те залягат моноклинално със слаб наклон в югоизточно направление върху силно нагънатия палеозойски фундамент, като мощността им варира от 5 - 7 km в района на н. Калиакра до 10 - 12 km в подножието на континенталния склон (Монахов и др., 1990). Мизийската платформа се съчленява с дълбоководната котловина посредством флексурно огъване без дълбоко проникващи тектонски нарушения (Туголесов и др., 1988). Нефтегазогенерационния потенциал на каинозойските седименти на континенталния склон и подножие в участъка, граничещ с изследвания район, е незначителен (Троцюк и др., 1990).

Плейстоценът унаследява моноклиналния характер на подстилащите седименти, като мощността му се с увеличава от 55 - 70 m в централните

части на шелфа до повече от 250 - 300 m в периферията му (Куприн, 1988). Особено рязко е увеличаването на мощността на горноплейстоцските седименти в границите на изследвания район, където поради специфичните условия на седиментация (ниско положение на морското ниво -90 - -100 m (Федоров, 1989) и активно потъване на периферията на шелфа), на разстояние 4 - 5 km тя се променя от 2 - 5 m до над 45 - 50 m (фиг. 3.). Това са предимно алевропелитови и карбонатни, мекопластични, полуконсолидирани тини с маломощни, разпокъсани прослойки от средно-зърнести пясъци с черупчест детрит.

Холоценът е представен от алевропелитови, неконсолидирани тини, чиято мощност в границите на района се мени от 0,2 до около 0,8 - 1,0 m на шелфа и от 0,8 - 1,3 до над 3,1 m на континенталния склон на места с прослойки от гурбидити.

Геоморфоложка характеристика. В геоморфолошко отношение разглежданият район обхваща горната част на континенталния склон до дълбочини 500 - 550 m и краевата шелфова тераса - КШТ (Пърличев, 1984). В направление към дълбоководната котловина КШТ се ограничава от границата шелф/континентален склон, разположена на дълбочина 130 - 150 m. От централната зона на шелфа тя е отделена от стъпало с височина от 10 до 15 m, с подножие на дълбочини 110 - 115 m, което съвпада с челото на клиноморфно акумулативно тяло, бележещо стара брегова линия с предновоевксинска-посткарангатска възраст (Маев и др., 1990). В югоизточната част на района КШТ изкликва, като дълбочината на границата шелф/континентален склон намалява до 100 - 105 m. Наклонът на дъното в границите на

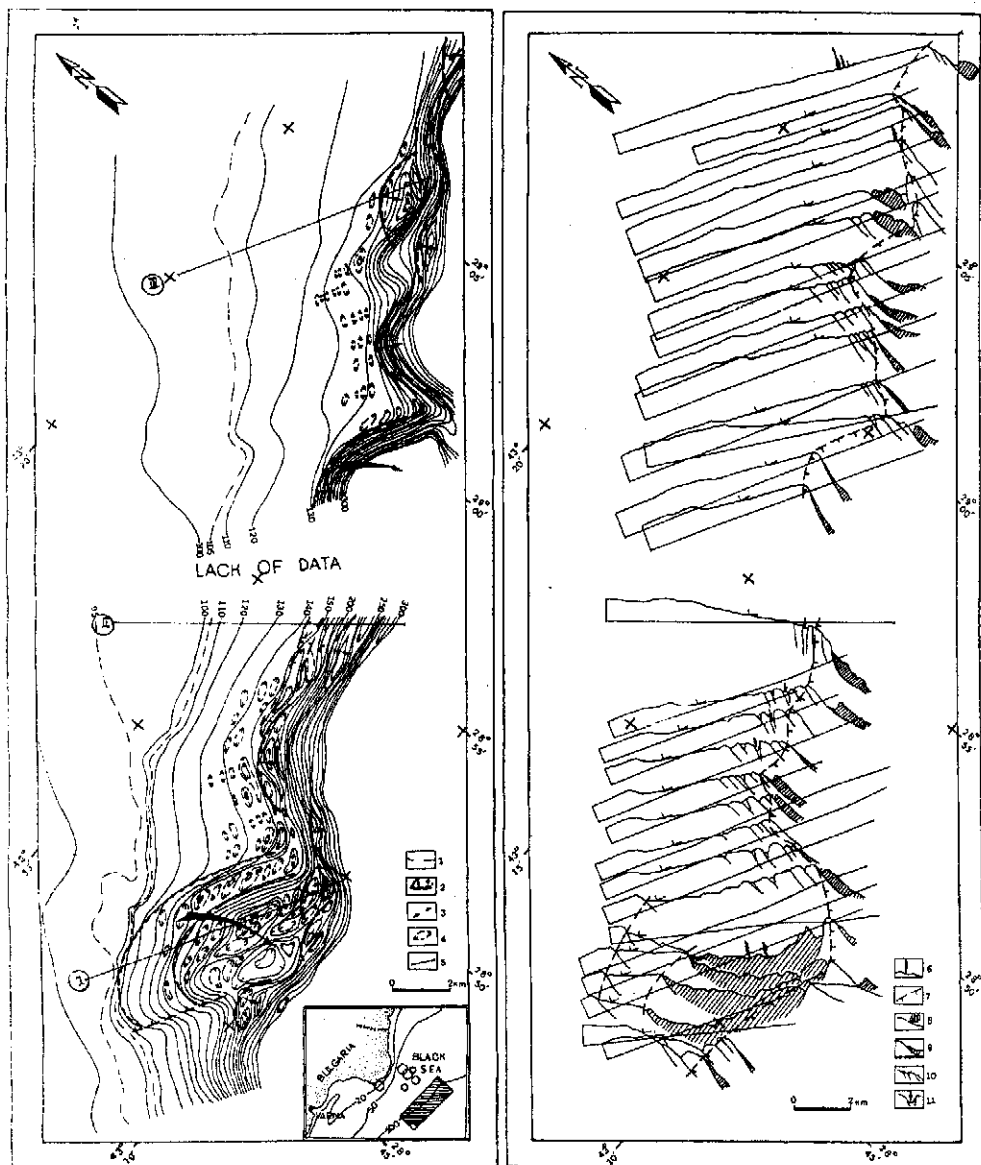
КШТ е под един градус и варира от 0,45° до 0,8°. Склонът се бележи от ясна пречупка и разко увеличаване на наклона до 5 - 6,5°, като на места надхвърля 10°. Характерно за горната част на склона в целия северозападен сектор на Черно море е развитието на свлачищни процеси (Айбулатов, 1990).

Необходимо е да се отбележи, че изследваният район е в непосредствена близост до Шабленската епицентрална зона и е със значителна сеизмична активност - от 0,05 до 0,12 по Ризниченко (Evastal., 1988).

Методика и техника. Базисните данни са получени по профили, разположени на разстояние около 500 m един от друг и ориентирани в посока 300 WNW-120 ESE. Изследвана е екваторията от н. Шабла до н. Калиакра, при дълбочини на водния слой от 10 до 500 m. На 80% от профилите съвместно с батиметричните пормери е изследвана и горната част на седиментния комплекс посредством метода на непрекъснатото сейсмоакустично профилиране.

Ехолотните изследвания са извършени с ехолот SIMRAD - EA200 с вертикална разрешаваща способност 0,2 - 0,5 m. Сейсмоакустичните наблюдения са проведени с електродинамичен източник на еластични вълни (boomer). Регистрацията е водена в честотен диапазон 480 - 2100 Hz при централна честота на спектъра на излъчваните колебания - 1200 Hz. В качеството на приемно устройство е използвана 50-елементна пиезозкоса с правоъгълно разпределение на чувствителността на база 5 m. Вертикалната разрешаваща способност на бумерните профили е около 0,8 - 1,0 m. Привръзката на профилите е осъществена със спътникова навигация (GPS) с абсолютна точност 0,01 морска миля.

* Твърде широкият обхват на този термин, налага уточнението, че в настоящата работа той се използва за обозначаване на локални понижения на морското дъно, ненадхвърлящи 500 m по оста и 45 m дълбочина.



Фиг. 1. Батиметрична карта на изследвания район и карта на профилната мрежа със съответстващия им релеф на морското дъно. 1 - изобати в т; 2 - свлачищни откоси и посока на свличане; 3 - по-значими тектонски нарушения; 4 - депресии на морското дъно с дълбочини по-малки от 5 т; 5 - профилни линии; 6 - батиметрични профили на релефа на дъното с указана дълбочина в т; 7 - свлачищни тела; 8 - разривни нарушения; 9 - грабенови структури

Резултати и интерпретация. В началото на склона са локализирани множество седиментни тела, залягащи върху силен отразяващ хоризонт, маркиращ рязка промяна на акустичния импеданс. Мощността на изграждащите ги седименти нараства надолу по склона, където те са с хаотична вътрешна отразяваща структура и обикновено асоциират със силно нагънати или нарушени пластове. Техните геоморфоложки и акустични характеристики позволяват тези тела еднозначно да бъдат интерпретирани като свлачища.

На повечето сейсмоакустични профили ясно може да се разграничи зоната на разтягане от зоната на компресия на седиментите, както и да се определят отделните елементи на свлачищата - тилевата им част, короната, свлачищният откос, челото, тялото и свлачищният език (фиг. 2).

Поради близкото разположение на отделните свлачища, тилевите им части се сливат в единна зона, която започва от дълбочини 130 - 135 m и завършва на границата шелф/континентален склон. Морското дъно в зоната е прорязано от множество конусообразни депресии и стъпала с малка амплитуда. Първоначално се локализируют една - две малки депресии, постепенно, в посока към склона, размерите им се увеличават, честотата на срещането им нараства, а в периферията на КШТ те следват една след друга, като морското дъно наподобява дълбоко разорана повърхност. Размерите им варират в голям диапазон - от 0,5 до повече от 35 m дълбочина (средно 3 - 6 m) и от 50 - 70 m до над 300 m в диаметър (средно 90 - 130 m). Профилът им се променя от симетричен, остро V-образен до плавно U-образен, но повечето от тях са с неправилен, асиметричен профил (фиг. 3) и нерядко се срещат двойни депресии. Акустичният образ на седиментите е представен от добре стратифицирани, непрекъснати, субхоризонтални отразяващи хоризонти, като в зоната на депресиите те са огънати и следят релефа на дъното. Значителна част от депресиите асоциират с повърхностни разривни нарушения, проникващи в седиментите от 10 - 15 до 45 - 50 m и по-дълбоко. Обикновено те са наклонени в посока към континенталния склон и в дълбочина се огъват, като наклонът им значително намалява. Порядко се срещат „обърнати“ нарушени - наклонени в посока към брега, които



Фиг. 2. Спаркерен профил, илюстриращ елементите на свлачищните тела, нарушените в тилевите им части и характерните хорст-гребенови структури (профилна линия III)

обикновено съпътстват „нормалните“, като на места образуват характерни хорст - грабенови структури (фиг. 2).

В границите на КШТ поддънният отразяващ хоризонт, привързан към долището на новоевксин - холоценските утайки, следи релефа на дъното, като мощността на горележащите седименти е сравнително постоянна и само в по-крупните депресии забележимо е увеличена. Повечето нарушения са погребани под тези седименти, въпреки че на места се срещат и проникващи до съвременното дъно.

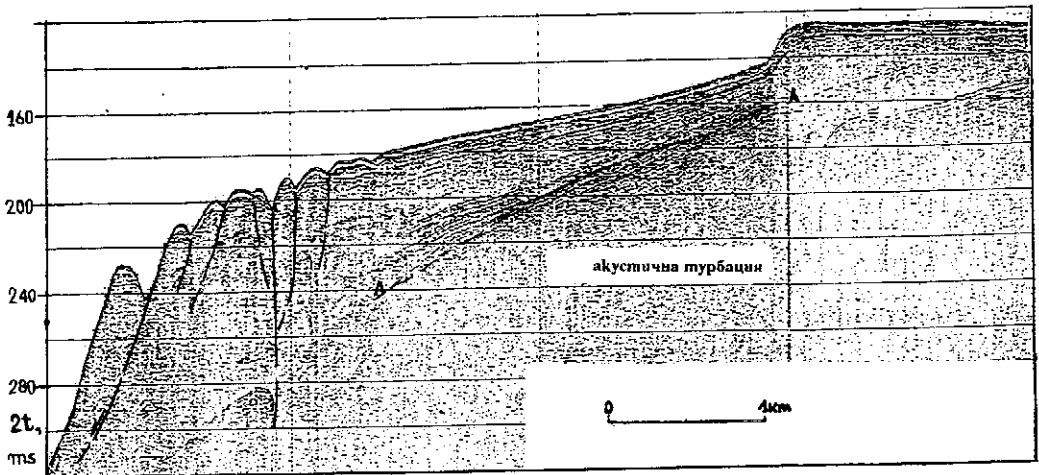
Нарушенията, които са изразени в релефа на морското дъно като стъпала и депресии, са породени от силите на разтегляне, характерни за тиловите части на свлачищата. Депресиите, които не асоциират с разривни нарушения, най-вероятно са образувани вследствие на пластичното течение на неконсолидираните утайки, увлечени от свличащия се материал.

На сейзмоакустичните и ехолотни записи, на много места в седиментите (20 - 30 ms двоен пробег на вълните под дъ-

ното), предимно в централните зони на КШТ и под по-крупните депресии, а също така във водното тяло над тях са локализирани характерни акустични аномалии, указващи за вероятно наличие на изолирани области от газонаситени утайки и излаз на газ от морското дъно.

Свлачищните откоси обикновено са с колянообразна форма в план (фиг. 1) с наклони 4,5° - 6°, на места до 9° - 10°. Започват от дълбочини 150 - 160 m до 220 m, като максималните разкрития са около 45 - 50 m. От подножията на откосите, в седиментите на повечето от свлачищните тела, по една или няколко фази, се следят силни отразяващи хоризонти, изолирани в границите на свлачищата. Повечето от тях, са с „лъжичкообразна“ форма, косо разположени спрямо отраженията блезещи стратификацията на пластове в челата на свлачищата и най-вероятно маркират повърхностите на свличане.

Челата обикновено са изразени, като депресии на морското дъно, чиито повърхности са нерядко вълнообразно на-



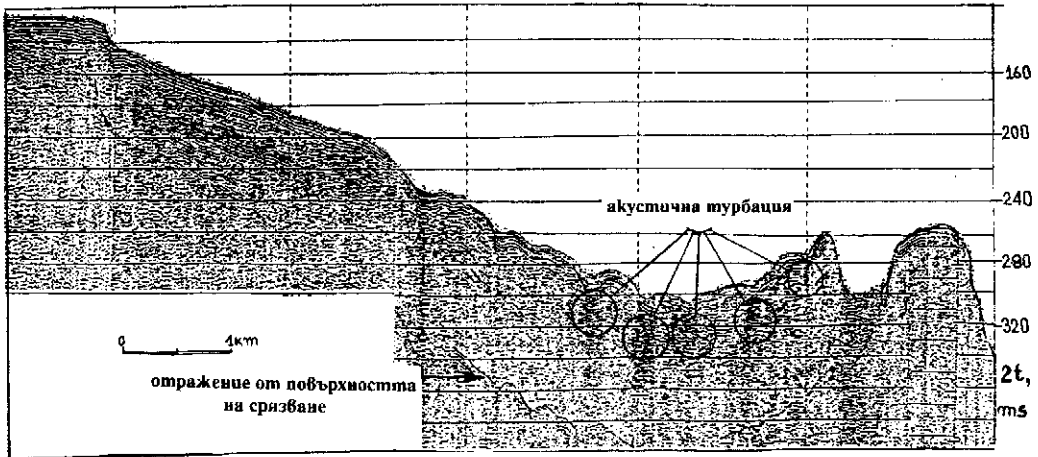
Фиг. 3. Сейзмоакустичен профил, илюстриращ депресиите в периферията на краевата шелфова тераса (профилна линия II). А - А - отразяващ хоризонт в долището на холоцен - посткарангатските седименти

гънати: Акустичният образ показва непрекъснати отразяващи хоризонти, слабо нагънати или разкъсани от плитки нарушения, които прекъсват по схема на налягане върху отраженията от повърхността на свличане. Мощността на седиментите, изграждащи челата, е значително по-малка от тази в областта на свлачищните тела (фиг. 2).

Седиментите в свлачищните тела са с увеличена мощност, силно нагънати и нарушени вследствие на пресирането при акумулирането им. Акустичният им образ е изграден предимно от хаотично разположени, къси, отразяващи площадки и дифракционни вълни, въпреки че на места присъстват отделни непрекъснати, но силно деформирани отражения.

Забележително по местоположение, големина и морфология е ротационното свлачище, разположено в югоизточната част на изследвания район. Основните му елементи са разположени в границите на КШТ и само езикът му продължава в горната част на континенталния склон (фиг. 1). На морското дъно то е изразено като асиметрично, ванов-

образно понижение с размери по осите 6 km и 3 km, отворено към склона в южна посока. Бортовете му приблизително се очертават по изобати 160 m и 200 m, а най-ниските централни части достигат до 250 m. Преходът от шелфовата тераса към „ваната“ се осъществява посредством две стъпала с денивелация около 30 m първото и 40 - 45 m второто, началото на което съвпада със северния борт на „ваната“. Повърхността на морското дъно в областта на стъпалата и централните ѝ части е силно нагъна, а акустичният образ на утайките е хаотичен с множество дифракционни вълни (фиг. 4). Мощността на турбидираните седименти е около 100 ms (75 m при $V=1500$ m/s), като в основата им се проследява силно отразяващ, нагънат хоризонт, вероятно бележеш повърхността на свличане. Пластовете в горната част на свлачището са с ненарушена стратификация и отраженията от тях прекъсват върху повърхността на свличане по схема на налягане. Акустични аномалии, указващи за вероятно наличие на газонаситени утайки и излаз



Фиг. 4. Сейсмоакустичен профил, илюстриращ свлачищното тяло в южната част на изследвания район (профилна линия I). Ясно се вижда силно отразяващият хоризонт, подстилащ седиментите с хаотична вълнова картина, интерпретиран като повърхност на свличане

на газ от морското дъно във водната среда, са локализирани в централните части на „ваната“, в най-нарушената зона на свлачищното тяло и обикновено са разположени под депресиите на дъното (фиг. 4).

В развитието на това свлачище могат да се отделят два основни етапа (фиг. 5). През първия етап са се хлъзнали и свлесли надолу по склона крайните, източни блокове на КШТ, като едновременно са инициирани съпътстващите свлачищни разседи в тиловата му част и вероятно основната свлачищна повърхност. През следващия етап се е развивало основното свлачище, при което пластовете се разкъсват и обрушват, като стратификацията им напълно се нарушава. Първоначално свлеченият блок в началото на склона е служил като своеобразна преграда, която не е позволила свличането да продължи надолу по склона и същевременно е насочил по-подвижния материал на юг, по линията на максималния наклон.

Подобно (циркусно) е и свлачището в централната част на изследвания район, в началото на склона (фиг. 1), на което е локализирана само северната му част. Свлачищният му откос е с максимални дименсии - наклон около 12° и денивелация 55 - 60 m, а основното тяло е разположено на дълбочини 290 - 350 m.

Дискусия. Определянето на времето на образуване на свлачищните тела, тяхната активност днес и съпътстващите ги явления са важни за изучаване на седиментационните процеси, за целите на хидрографията при извършването на хидротехническа дейност на морското дъно в района и др.

Относително постоянната мощност на новоевксин - холоценските седименти, под които са погребани по-голямата част от разривните нарушения и свлачищните тела е указание, че процесите на свличане и разломяване са се извършили преди отлагането им, най-вероятно през

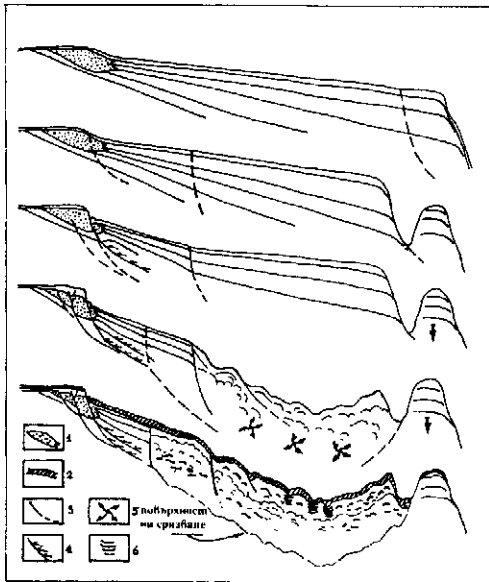
горния плейстоцен. Същевременно наличието на нарушения, проникващи и в съвременните седименти навеждат на мисълта, че процесите са активни и в най-ново време.

Както беше изтъкнато, през горния плейстоцен са съществували специфични условия на седиментация в района - ниско стоеие на морското ниво, активно потъване на периферната част на шелфа и високи скорости на седиментация. Тези условия предполагат, че отложените по това време седименти ще бъдат погребани неконсолидирани и силно обводнени. Твърде вероятно е те да са и с относително високо съдържание на газ, продукт на биохимичното преобразуване на органичното вещество съдържащо се в тях. Подобни седименти са пластични, леко подвижни, в относително нестабилно състояние и лесно могат да бъдат въвлечени в свлачищни процеси. Една от причините за активирането на свличането на тези седименти може да бъде промяната на морското ниво в хода на предновоевксинската трансгресия, непосредствено след отлагането им. Същевременно близостта на изследвания район до Шабленската епицентрална зона навежда на мисълта, че свлачищата могат да бъдат инициирани от земетресения.

Установените върху сейсмоакустичните и ехолотните записи характерни аномалии са указание за наличие на изолирани плитко залягащи газонаситени утайки, а на места - и за излаз на свободен газ от морското дъно във водната среда. Наличната информация за района и регионалната геоложка обстановка показват, че миграционните процеси от дълбочина са незначителни. Ето защо е твърде вероятно в процеса на свличане да е настъпила трансформация на разворения в утайките седиментационен и/или биогенен газ, който впоследствие е мигрирал по латерала, а на места е достигнал и до морското дъно. При излаза

му в морската среда е твърде вероятно и образуването на действителни газови кратери, но това предположение може да бъде потвърдено или отхвърлено само при детайлното заснемане на дъното с локатор за страничен обзор. Възможно е и усилване на свлачищната дейност вследствие освобождаващия се в хода на самия процес газ.

Изводи. 1) В началото на континенталния склон в изследвания район е установено широко разпространение на свлачищни тела. Вероятното време на най-голяма активност на свлачищните



Фиг. 5. Схеми, илюстриращи етапите в развитието на свлачището в южната част на изследвания район. 1 - акумулативно тяло с посткарангатска възраст; 2 - съвременни - новоевксин - холоценски седименти; 3 - разривни нарушения; 4 - зона, в която ненарушените пластове в челото на свлачището налягат върху свлачищната повърхност; 5 - трансформиране на разтворения газ в свободна състояние; 6 - акумулации на свободен газ в седиментите

процеси е горен плейстоцен, като не се изключва съвременна свлачищна дейност. Най-вероятна причина за активирането на свлачищата считаме промяната на морското ниво в хода на предновоевксинската трансгресия, но те могат да бъдат предизвикани и от чисто гравитационни причини или да са инициирани от земетресенията в близко разположената Шабленска епицентрална област.

2) В периферията на краевата шелфова тераса, в непосредствена близост с началото на свлачищата са локализиранни характерни отрицателни форми на релефа на морското дъно. В разрез, по линията на профилите, те твърде много наподобяват на формите от типа на газовите кратери - V- или U- образни депресии.

Приликата и закономерната промяна на определени депресии от профил към профил, връзката на повечето от тях с повърхностни нарушения, както и непосредствената им близост със свлачищата дава основание да се предположи, че откритите форми не са изолирани, а представляват система от удължени депресии и канали, развита по разривни нарушения, породени от напрежението на разтягане в тилните части на свлачищата.

3.) Извършването на хидротехническа дейност на морското дъно в района е потенциално опасно, особено при дълбочини на морето, по-големи от 120 m, поради сравнително мощния слой (20 - 50 m) полуконсолидирани, на места и газонаситени утайки, както и поради голямата вероятност за реактивиране на стари и инициране на нови свлачища.

Вмайки предвид голямото сходство в геолого - геоморфоложките характеристики на КИШТ и горната част на континенталния склон, може да се прогнозира развитието на аналогични процеси в областта на прехода шелф - континентален склон от 44° паралел на югозапад до изследвания район.

Литература

Айбулатов, Н. 1990. Динамика твердого вещества в шельфовой зоне. Л., Хидрометеоздат, 271 с.; Айбулатов, Н. и др. 1991. Мезо - и микро формы донного рельефа шельфа и вехней части континентального склона западного сектора Черного моря. - *Океанология (С.)*, 21: 58 - 71.; Куприн, П. 1988. История геологического развития континентальной окраины западной части Черного моря. М., МГУ, 312 с.; Маев, Е., М. Лохин, Т. Кръстев. 1990. Структура, морфология и история развития внешней части западного шельфа Черного моря. - В: *Геологическая эволюция западной части Черноморской котловины ...*, С., БАН, 332-339.; Монахов, И. и др. 1990. Геология и нефтегазоносность западной части Черного моря. С., Техника, 183 с.; Пърличев, Д. 1984. Террасы болгарского черноморского шельфа. - В: *Изучение геологической*

истории ..., Киев, Наукова думка, 25-28.; Старовойтов, А. 1986. Автореферат на соискание титула кандидата геолого-минералогических наук.; Троцюк, В. и др. 1990. Оценка нефтегенерационного потенциала Кайнозойских отложений континентального склона болгарского сектора Черного моря. - В: *Геологическая эволюция ...*, С., БАН, 631-657.; Туголесов, Д. и др. 1985. Тектоника мезокайнозойских отложений черноморской впадины, М., Недра, 215 с.; Федоров, П. 1988. Проблема изменения уровня Черного моря в плейстоцене. - *Бюлл. МОИП*, 63(4): 55 - 61.; Dachev, С., V. Stanev, P. Bokov. 1988. Structure of the Bulgarian Black Sea area. - *Bolletino di Geofisica*, XXX, No117 - 118, 79 - 107.; Eva, С., M. Ruscetti, D. Slejko. 1988. Seismicity of the Black sea region. - *Bolletino di Geofisica*, XXX, No117 - 118, 53 - 66.

Slides in the upper part of the continental slope and plow structures in the peripheral shelf terrace in the Black Sea SE of Cape Kaliakra

Lyobomir Dimitrov

Institute of Oceanology, Bulgarian Academy of Sciences (Varna)

(Summary)

A variety of gravity structures caused by slope slumping processes are observed in geophysical profiles from the peripheral shelf terrace and upper part of the continental slope in the Black sea southeast cape Kaliakra. On the upper slope a series of rotational-transitional slides are developed on areas of 5 - 6° to 10° gradient. Two circular rotational slides are localized too. It is given a brief description of the slide's divisions. The data suggest that they are geologically recent - Upper Pleistocene.

The most probable triggering mechanisms are sea level change, earthquakes or sediment instability. A system of plow structures and slide grooves is developed along a tensional faults landward the slide crowns on the peripheral shelf terrace. Their profiles on the echo-sounder and shallow seismic sections are V or U cone shaped depressions, similar to pockmark and it can made an incorrect interpretation, especially if there are evidences for shallow gas as it is in this case.

Постъпила на 01.04.93 г.