

<https://doi.org/10.15407/gpimo2024.01.063>

О.М. Рибак, канд. геол.-мін. наук, старш. наук. співроб.

E-mail: mega.akvatorija@gmail.com

ORCID 0000-0001-5746-7259

О.О. Паришев, канд. геол. наук, старш. наук. співроб.

E-mail: paryshev1974@gmail.com

ORCID 0000-0003-1318-9650

Ю.І. Іноземцев, д-р геол. наук, провідн. наук. співроб.

ORCID 0000-0002-4083-8292

Л.В. Ступіна, канд. геол. наук, старш. наук. співроб.

E-mail: stlada@ukr.net

ORCID 0000-0002-5082-0862

ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України»

01054, Київ, вул. Олесь Гончара, 55 б

МОЖЛИВІ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ «ВОГНЯНИХ ЯВИЩ» У ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ ПІД ЧАС ЗЕМЛЕТРУСІВ 1927 року

Особлива увага при дослідженні Чорного моря приділяється процесам газовіддачі дна. Пошуковою ознакою покладів вуглеводнів можуть бути струменеві газові прояви (сипи), які утворюють поля розсіяних на значній площі газових потоків або спостерігаються у зонах тектонічних порушень. В місцях їх високої концентрації було відкрито поклади газогідратів метану — нового виду нетрадиційної сировини. Інтенсивні, нерідко вибухові газові фонтани фіксувалися і в грязьових вулканах. На цей час в Чорному морі задокументовано десятки грязьових вулканів. Спостереженнями з підводних апаратів було виявлено газуючі карбонатні споруди та газові поля на шельфі, континентальному схилі та в каньйонах палеорік. За такого детального вивчення всіх видів газовіддачі дна Чорного моря, все ж залишилося маловивченим питання вибухового надходження газу в акваторію під час землетрусів. Газові викиди, а також їхнє загоряння під час землетрусів біля північно-західних і південних берегів Криму не пояснюються одними й тими самими причинами. Під час кримських землетрусів 1927 р. з'явилося таке поняття як «вогняні явища». У статті звертається увага на цей, раніше недостатньо вивчений феномен, а також дана інтерпретація можливих джерел появи вогнів у західній частині акваторії.

Ключові слова: Чорне море, землетрус, газові сипи, вогняні явища

Цитування: Рибак О.М., Паришев О.О., Іноземцев Ю.І., Ступіна Л.В. Можливі джерела живлення «вогняних явищ» у західній частині Чорного моря під час землетрусів 1927 року *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2024. **20**, № 1: 63—76. <https://doi.org/10.15407/gpimo2024.01.063>

Вступ

Останні півстоліття охарактеризувалися активними геологічними та геофізичними дослідженнями Чорного моря, які дали змогу уточнити й сформулювати уявлення про геологічну будову морського дна. Були відкриті струменеві газо-виділення, десятки грязьових вулканів, знайдені газогідрати, оцінено вміст метану у водній товщі [1—3, 18]. Здавалося, що дослідженнями охоплені всі види газовиддачі дна Чорного моря. Однак, залишилися маловивченими «вогняні явища», що спостерігалися під час кримських землетрусів 1927 р. На це звертав увагу А.О. Ніконов, який акцентує: «Для розуміння сейсмічних процесів у регіоні та адекватної оцінки небезпеки на сучасному рівні матеріалів бракує» [10, с. 13]. Є.Ф. Шнюков, В.П. Коболев [19] наголошували також на величезних масштабах цього раніше недооціненого явища і його повторюваності у геологічній історії.

Зрозуміти причини появи вогнів намагалися вже під час землетрусу. Так, газета «Известия» (1927, № 213) повідомляє: «Начальник Убекочерваза т. Унковський з приводу вогняних стовпів біля мису Лукул повідомив, що за 30 миль від берега на дні моря утворився великий провал або тріщина. Гази вуглеводню, що вирвалися з провалу, від з'єднання з повітрям спалахнули й утворили видимі з берега стовпи вогню й диму». Вже наступного дня після землетрусу Управлінням із забезпечення безпеки судноплавства на Чорному та Азовському морях (Убекочерназом), що входив до складу Гідрографічного управління, спільно з Севастопольською біологічною станцією Академії наук було організовано експедицію для дослідження змін в донних осадах. Результати цих робіт викладено в роботах Є.Ф. Скворцова, який висловлював жаль про недостатність вивченості дна Чорного моря до землетрусу, у зв'язку з чим і неможливість «зробити висновок більш сміливо, ніж це можливо зараз» [14, с. 63]. І тільки останнім часом використання сучасних геологічних і геофізичних методів на науково-дослідних суднах дало змогу одержати дані, які дали змогу пояснити причини «вогняних явищ» під час землетрусів, які раніше існували у вигляді гіпотез. Причиною таких явищ, на думку багатьох учених, є метан, що надходить із верхньої мантії Землі по глибинних розломах.

Потрібно зазначити, що на південь і південний схід від Криму великі обсяги викидів газів пов'язані з діяльністю підводних грязьових вулканів, тоді як на захід від Криму надходження метану можливо відбувається, на думку Є.Ф. Шнюкова, В.П. Коболева [18], за тектонічними порушеннями.

Фактичні дані про кримські землетруси 1927 р.

Кримські землетруси 1927 р. супроводжувалися багатьма явищами — моретрясінням, хвилями цунамі, підводними зсувами, розвитком вогняних явищ [5, 10]. Останні становлять для геологів найбільший інтерес, бо вказують на існування зон з великою концентрацією метану в осадовій товщі та шляхів руху газів по порушеннях.

Вогняні явища під час кримських землетрусів фіксувалися майже півтора місяця — у вересні та жовтні. Як відомо, поштовхи тривали ще більше. За даними С.В. Шимановського [16], у період з 11 вересня по 31 грудня 1927 р. в Ялті зафіксовано 352 поштовхи. Максимальне число поштовхів відзначалось 12 вересня — 41, найбільша сила ударів — між 8 і 9 балами, далі йде послідовне зни-

ження числа ударів і їхньої сили. Вогняні явища, зафіксовані під час землетрусів, спостерігалися з різних точок Криму на заході, півдні та південному сході від південного узбережжя півострова. У той же час в морі були зафіксовані не тільки вогняні явища, а й моретрясіння, цунамі, гул і «кипіння» моря. Епіцентр знаходився в морі на глибині 17 км у 30 км на південь від Ялти.

А.О. Ніконов [10] вважає, що якщо враховувати дані про локальні поштовхи в Севастопольсько-Євпаторійській зоні, то можливо припустити існування окремої сейсмічної зони на захід від узбережжя поблизу Севастополя, яка витягнута, вочевидь, субмеридіонально.

На жаль, фактологічний матеріал щодо вогняних явищ спирається на багато суперечливих даних, що пояснюється масштабністю явища, місцем їхнього розташування, віддаленістю від берега та можливим спостереженням одного спалаху з різних точок випадковими спостерігачами (можливо, за винятком працівників маякової служби). Звідси велике розходження оцінок віддаленості вогняних явищ. А.О. Ніконов [10] наводить свідчення жителів села Нижній Керменчик, що за 35 км на схід від Севастополя, про те, що під час землетрусу вони спостерігали «вогнь червоного кольору у вигляді сильної блискавки» в західному напрямку. У цей момент грозових хмар на заході не було. А.О. Ніконов, спираючись на ці свідчення, пише: «Виходить, що вогняні спалахи справді мали величезні розміри, оскільки їх було видно на відстані до 60—70 км [10, с. 16]. Цей висновок дещо полегшує пояснення спалахів, оскільки основні лінії порушень, поля газових факелів і газогідратів розташовані за межами прибережних зон.

П.А. Двойченко [5] зазначає, що в момент головного поштовху тільки з Севастополя спостерігали триразовий короткочасний спалах білого полум'я біля горизонту моря.

Вогняні явища 12 вересня 1927 р. за спостереженнями з маяків західного узбережжя Криму [5]

Час	Місце спостереження	Характеристика вогняних явищ	Примітки
0 год 17 хв (?) 3 год 23 хв 3 год 32 хв 3 год 41 хв	Севастополь (Костянтинівський равелін)	Триразові спалахи білого полум'я біля горизонту Вогняний спалах тривалістю 1—1,5 хв Спалах висотою 500 м і шириною 1,5 морської милі Спалах висотою 520 м і шириною 1 морську милю	Автор пише про головний поштовх, не вказуючи часу Всі оцінки вогняних явищ візуальні та виконані з маяків
0 год 43 хв 3 год 17 хв 3 год 31 хв 3 год 41 хв	Маяк мис Лукул	Спалахи висотою 500 м і шириною 2 км	
1 год 40 хв* 2 год 48 хв	Маяк Євпаторія	Сяючі хмари («блідий вогнь»), що рухались з півночі на південь завдовжки 2 км	Спостерігач
1 год 00 хв — 3 год 00 хв		Величезні спалахи з полум'ям тривалістю 2 год	Спостерігало понад 20 осіб

* Спалахи довжиною 2 км спостерігалися під час основного землетрусу [10].

Викиди величезних мас вуглеводневих газів на захід від Севастополя описав І.І. Попов [12]. Він відмічав, що під час землетрусу «...з трьох маяків західного узбережжя Криму була помічена величезна вогняна смуга за 30 миль (55 км) від берега на значній відстані між Севастополем і мисом Лукул».

Мабуть, найточніші спостереження були виконані в західній частині Чорного моря з трьох маяків Криму — Костянтинівського равеліну (Севастополь), мису Лукул, Євпаторії. Їх проводили службовці маяків, які мають досвід навігаційних робіт. Найпотужніший поштовх силою 8 балів мав місце 11 вересня о 22 годині 25 хвилин. Але викиди газів у море зафіксовані лише 12 вересня.

Аналіз архівних записів маяків дозволив Л.І. Мітину уточнити послідовність подій [20]. Ці дані доводять, що спалахи дійсно були численними. П.А. Двойченко [5] підкреслює, що після паніки вогняні спалахи вже чітко фіксувалися з усіх маяків західного узбережжя Криму (табл.).

Він оцінював тривалість спалахів 1—1,5 хв, висоту і ширину їх визначали візуально до 500 м вгору і до 2 км завширшки. Вогонь був блідий, слабо світився і дехто визначав його як хмару, що світиться. Таку хмару зафіксовано о 1 год 40 хв, вона швидко рухалася з півночі, причому більше світилася західна її частина. Також повідомляється, що подібні явища спостерігалися у Євпаторії з 1 до 3 год ночі групою понад 20 осіб.

Загалом на захід від Криму спостерігалось 16 вогняних явищ великого масштабу. Найімовірніше, з різних маяків спостерігали різні явища. За часом збігаються лише спостереження з мису Лукул і з Костянтинівського равеліну (Севастополь), які фіксували спалахи 12 вересня о 3 год 32 хв та о 3 год 41 хв. Відстань між маяками — 55 км, тому, можливо, відзначено одні й ті ж самі вогняні явища. В інших випадках має місце розбіжність спалахів у часі, що свідчить про різні об'єкти спостереження.

Реконструкція процесу «вогняних явищ» під час кримських землетрусів

Акваторія Чорного моря на захід і південь від Криму, де були виявлені вогняні явища після землетрусів 1927 р., почала детально вивчатися геологічними та геофізичними методами після 1946 р. Рівень геологічного пізнання за цей час незмірно зріс. Сьогодні з'ясовано геологічну будову регіону, розповсюдження полів газових сипів, грязьових вулканів, газогідратів, а також газових родовищ. Розломна тектоніка, має особливу роль у поширенні газових виходів, які зафіксовані практично по всьому периметру Чорного моря і приурочені переважно до зовнішнього шельфу та верхньої частини континентального схилу, де фіксується Циркумчорноморська система різномасштабних розломів (рис. 1), що, на думку Є.Ф. Шнюкова, В.П. Коболева [18] є зовнішнім обмеженням Чорноморської труби дегазації. Потужний висхідний вуглеводневий потік мегазападини Чорного моря зумовлений проникненням мантійного плюму каналами міграції флюїдів і газових вуглеводнів, які пов'язані з диз'юнктивними деформаціями, ін'єкційними структурами розвантаження глибинної енергії в мантії [7].

Що стосується впливу розломів на міграцію газу під час землетрусу, то вчені по-різному розглядають це питання. Зокрема, Соорет et al. [22] вважають, що під час землетрусу тектонічні порушення розширюються і стають спроможними пе-

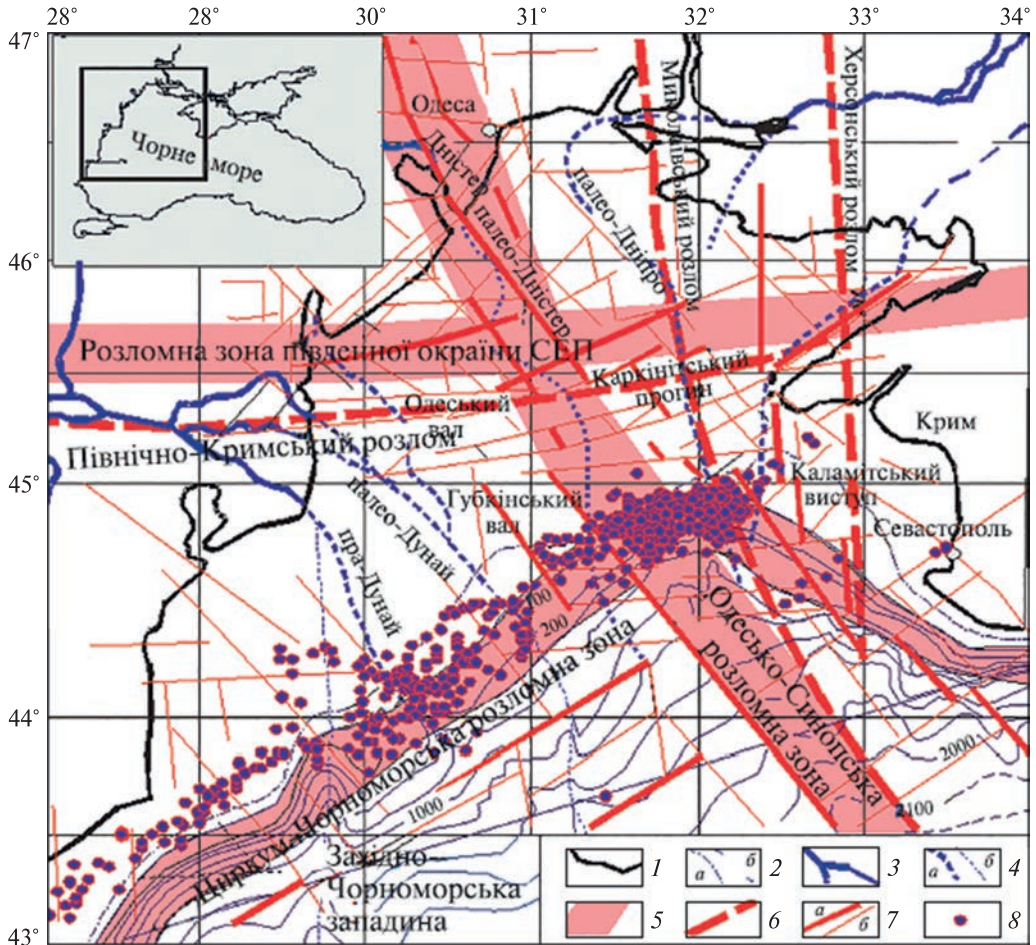


Рис. 1. Структурно-тектонічна схема північно-західної акваторії Чорного моря на тлі основних геоморфологічних елементів: 1 – берегова лінія; 2 – бровка шельфу (а), ізобати глибини моря (б); 3 – дельти річок; 4 – палеodelьти річок: встановлені (а), передбачувані (б); 5 – розломні зони мантіїного закладення; 6 – розломи консолідованого фундаменту; 7 – тектонічні порушення першого (а) і другого рангу (б); 8 – газові прояви [18]

реносити значну кількість флюїду, тобто поштовхи землетрусів, струшуючи осадову товщу, призводять до розвантаження газових акумуляцій. Nunn, Muelbrock [30] вважають, що саме газ, який заповнює розломи і тріщини, має достатню виштовхуючу силу, щоб пробити собі шлях вгору.

Фактично ці різні підходи до вирішення цього питання мають свої підстави. У відповідних умовах, на думку Є.Ф. Шнюкова, розвиток глибинних розломів не короткочасний, вони мають зазвичай тривалу еволюцію, зокрема включаючи різного масштабу розвантаження глибинних газів. Наявність у геологічних відслоненнях таких мінералів, як кварц і кальцит, що утворюються під час міграції флюїду і вистилають розломи, свідчить про те, що розломи слугували шляхами міграції газо-флюїдних потоків [19]. Гази накопичуються в осадовій товщі, у різного роду акумуляціях, зокрема й родовищах. Багато нафтових резервуарів замикаються розломами, що сприяють утриманню флюїдів навіть у неглибоких газових пастках.

Clayton and Hay [21] стверджували, що розломи які залягають на 1000 м нижче морського дна виступають ущільненою перепороною, а не міграційними шляхами, тому що горизонтальне напруження зазвичай є достатнім, щоб закрити їх. Відкритими вони можуть залишатися в разі високого порового тиску флюїду [24] або сейсмічної активності, що може спричинити розвантаження газових скупчень. Із трьох можливих фаз флюїдів (вода, нафта, газ) газ стискається найбільше, тому його розширення на випуску є найбільш енергетичним. Під час землетрусу цілком припустимим є свіже надходження порцій газів глибинними розломами.

А.О. Ніконов, зіставляючи час відомих поштовхів і вогняних явищ, дійшов висновку, що вогняні та димові завіси слідували за коливаннями і могли бути пов'язані з порушеннями суцільності порід на дні [10].

Подібні явища спостерігалися і в інших регіонах. Так, під час землетрусу 23 серпня 1817 р. у місті Ейон, що розташоване за 30 км від Патри, річка на захід від міста сплеснула дуже густим димом, перш ніж її поглинуло море. У той самий час мис на східному краї затоки Ейон був покритий морем, яке раптом стало дуже гарячим [33]. Паралельно береговій лінії в акваторії півострова Аліка утворилися покмарки, що збігаються з великою частиною головного розлому Ейон. Soter [33] припустив, що вони і забезпечували канал для виходу газу під час сейсмічних явищ.

Багато схожих повідомлень про спостереження вогняних явищ під час землетрусів з'явилося по всьому світу [25, 26, 29, 32, 34]. У цих роботах описуються різного виду вогні, які спостерігались під час землетрусів не тільки в морських акваторіях, а й на суші. Очевидці землетрусу на південному заході Німеччини повідомляли про світлові аномалії, зокрема про вогняні кулі в повітрі 16 листопада 1911 р. [25]. У Китаї сотні людей спостерігали вогняні кулі, що передували трьом землетрусам Сунгпан-Пінву 16—23 серпня 1976 р. [35]. Серед них група сейсмологів спостерігала, як вогняна куля піднімається від землі на висоту 10 або 15 м. Потім «куля зігнулася в дугоподібній траєкторії і зникла, коли вона падала до землі, зовні це нагадувало рух метеора. Маленьке конусоподібне поглиблення було знайдене на поверхні в точці виходу газу». Ouellet [31] повідомив, що перед Сангвайським землетрусом 25 листопада 1988 р. у Квебеку (Канада) «... вогняні кулі діаметром кілька метрів періодично виходили із землі на відстані до кількох метрів від спостерігачів. Інші були помічені за кілька сотень метрів у небі, нерухомі або що рухались». Degg [23] опублікував фотографії дифузних вогнів землетрусу в Японії, де це явище було добре задокументовано.

Реконструкція вогняних явищ на захід від Криму являє собою досить складне завдання. На відміну від тридцятих роках минулого століття, весь шельф північного заходу Чорного моря добре вивчений геофізично. Пробурено численні свердловини з метою пошуків покладів вуглеводнів та встановлено важливу роль розломів у локалізації газових акумуляцій. Зокрема, простежено субмеридіональні Одесько-Синопський, Миколаївський, Євпаторійсько-Криворізький (інакше Херсонський) субмеридіональні розломи, широтні порушення (див. рис. 1).

За даними [4] сейсмічність північно-західної частини Чорного моря безпосередньо пов'язана з розломною тектонікою, про що можуть свідчити локальні поштовхи під час кримського землетрусу зафіксовані в Севастопольсько-Євпаторійській зоні. Сейсмогенеруючим є зокрема Одеський розлом. Субпаралельно

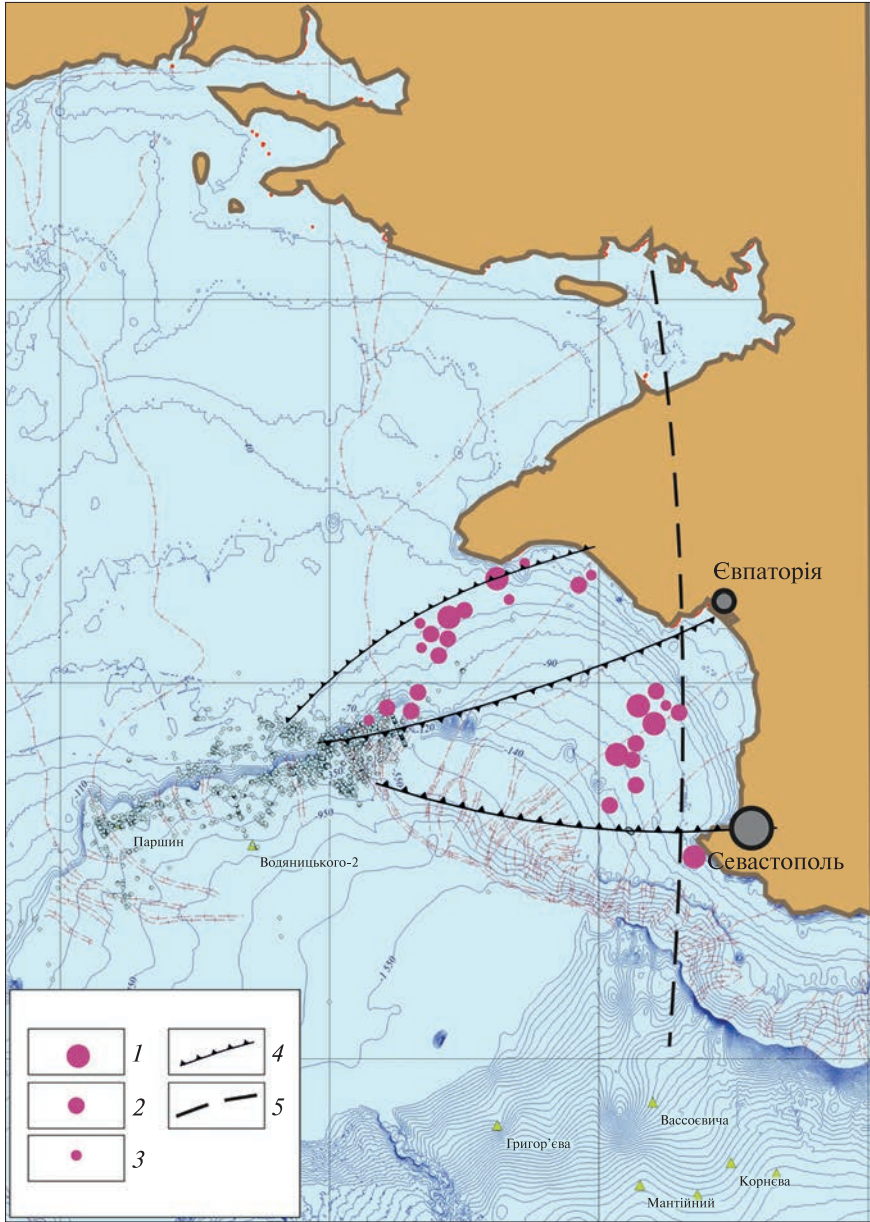


Рис. 2. Епіцентри землетрусів біля Євпаторійсько-Скадовського розлому [3, 5, 10, 13 з доповненням авторів]: 1 — епіцентри землетрусів зі встановленою глибиною вогнища (15—30 км); 2 — епіцентри землетрусів зі встановленою глибиною вогнища (0—15 км); 3 — епіцентри землетрусів з невстановленою глибиною вогнища; 4 — субширотні глибинні розломи першого порядку; 5 — Євпаторійсько-Скадовський розлом

Одеському розлому проходить Євпаторійсько-Скадовсько-Криворізьке порушення (рис. 2). У тлумаченні Г.М. Доленка, О.І. Паріяки, І.П. Копача [6] цей розлом простягається в північно-північно-західному напрямку від західних меж гірської споруди Криму, потім дещо на захід від м. Євпаторія та Балаклавського

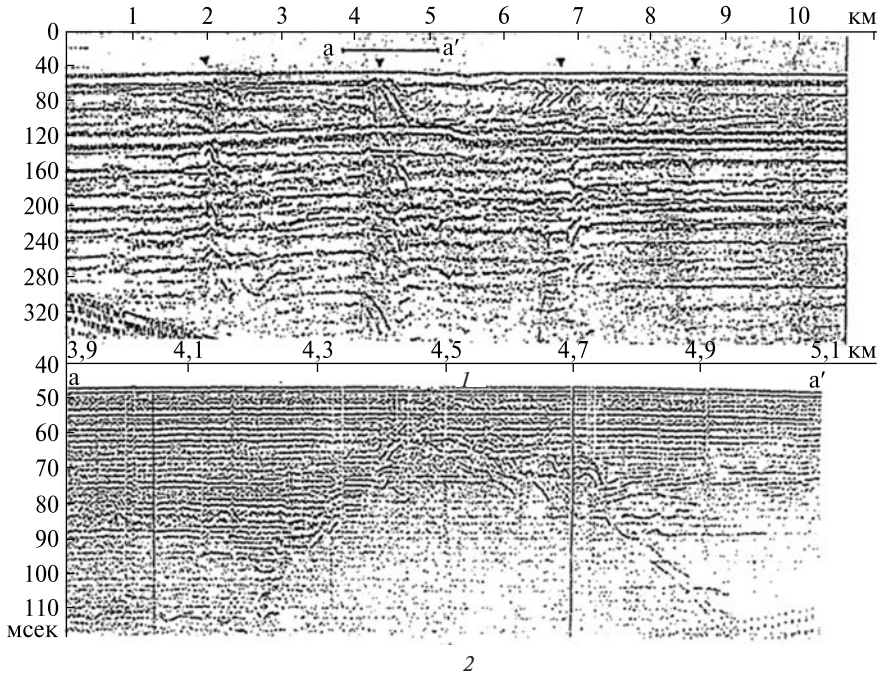


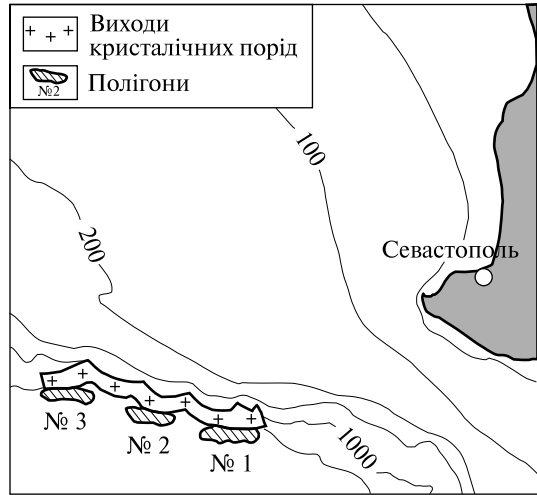
Рис. 3. Сейсмограми профілю галса № 15 зони газовиділень: 1 — пневматична гармата; 2 — іскрове джерело на ділянці $a-a'$ [3]

п-ова, через район м. Скадовськ в напрямку м. Кривий Ріг. У межах Українського кристалічного щита на південь від Кривого Рогу розлом позначається інтенсивними магнітними та гравітаційними аномаліями. У Степовому Криму сейсмічні дослідження показали, що цей розлом виражений різким скиданням з амплітудою 500 м по поверхні палеозою. Розлом розділяє Євпаторійський і Західно-Новоселівський блоки Новоселівського підняття. На південь від Євпаторії розлом не простежено, його припускають за даними палеотектоніки, різким обривом Головного пасма Кримських гір, різким вигином ізобат дна на південь від Балаклави. Поруч із цим розломом на південний захід від Євпаторії та Севастополя розташовуються епіцентри багатьох землетрусів зафіксованих з 1909 до 1986 р., які, можливо, стали шляхами надходження газів під час землетрусу 1927 р. (див. рис. 2).

Саме з Євпаторійського маяка спостерігалось полум'я, що мігрувало з півночі на південь, о 1 год 40 хв 12 вересня 1927 р., зумовлене викидом величезного об'єму газу з Євпаторійського розлому субмеридіонального напрямку, займанням його в північній частині та рухом полум'я з півночі на південь, по мірі загоряння метану.

Один із можливих варіантів появи грандіозних спалахів полум'я 12 вересня о 3 год 31 хв і о 3 год 41 хв, що спостерігались з мису Лукул і Костянтинівського равеліну Севастополя, можна пояснити впливом поштовхів землетрусу на газові скупчення північного заходу. Так, ще в рейсах науково-дослідних суден (НДС) «Михайло Ломоносов» [13], «Київ» [3] виявлено зону газонасичених мулів на континентальному схилі, причому особливо значні аномальні зони були ло-

Рис. 4. Положення акустичних аномалій на Ломоносівському підводному кристалічному масиві [2]



калізовані на захід і на південний захід від Севастополя (у палеогирлі Каланчака) (рис. 3). Під час проведення ехолотного проміру з борту НДС «Михайло Ломоносов» за 25 миль на південний захід від Севастополя було виявлено аномалію у вигляді купола над корінним дном. Опущена ґрунтова трубка вдарилася у тверді кристалічні породи Ломоносівського підводного масиву (рис.

4). Цю точку обстежили гідрографи на судні «Створ», які підтвердили акустичну природу аномалії і виявили ще дві аналогічні на захід і на схід від першої на відстані 1,5–2,8 км. У наступних рейсах НДС «Іхтіандр» центральну аномалію (полігон № 2) було детально вивчено [2]. З'ясувалося, що вона складається з чотирьох відокремлених куполоподібних газових об'єктів (рис. 5, 6). Західне і східне поля залишилися невивченими.

Зона підвищеного вмісту метану в донних відкладах (газонасичені мули) тягнеться на глибинах близько 900 м уздовж континентального схилу на захід приблизно на 25 км і в районі гирла палео-Каланчака дає ще одну аномалію, яку ми виявили 1989 р. з борту НДС «Михайло Ломоносов». В її межах було відібрано п'ять геологічних трубок. Так трубка на глибині 900 м дала змогу виявити нетиповий розріз осаду, що був представлений зеленувато-сірим косощаруватим діатомовим мулом. Під час дослідження колонки в ній повсюдно почалося активне газовиділення з різким запахом сірководню, особливо інтенсивне — в інтервалі 0,62–1,07 м. За визначеннями С.О. Клещенко, газ мав такий склад (об'ємні %): CH_4 — 68,11; CO_2 — 24,14; N_2 — 7,74. H_2S був присутній по всьому розрізі, найбільш значний вміст (150 мл/л) зафіксовано у шарі 60–70 см [17].

Вивчення речовинного складу колонки під бінокелем дало змогу виявити дрібні безбарвні або білі кристалики льоду (газогідрати), що швидко зникали. В окремих випадках у трубках також було встановлено високий, до 97,9 мл/л вміст метану. Усі мули колонок внаслідок високого газонасичення під час виділення газу розпадалися на шматки [2]. Можливо, струс таких газонасичених донних осадів під час землетрусу призвів до руйнування газогідратів і до потужного викиду газів, що спричинило займання метану над водою. Подальші дослідження привели до відкриття й оконтурювання в цьому районі скупчень газогідратів [8]. Поля газогідратів і поля газових факелів віддалені від берега на 100–200 км, що не збігається з показаннями спостерігачів вогняних явищ (див. рис. 2).

На нашу думку, більш вірогідним джерелом «вогняних явищ» є розташовані ближче до берега (30 миль) згадані вище аномальні скупчення газів біля схилу Ломоносівського підводного масиву (див. рис. 4). На отриманих ехограмах один

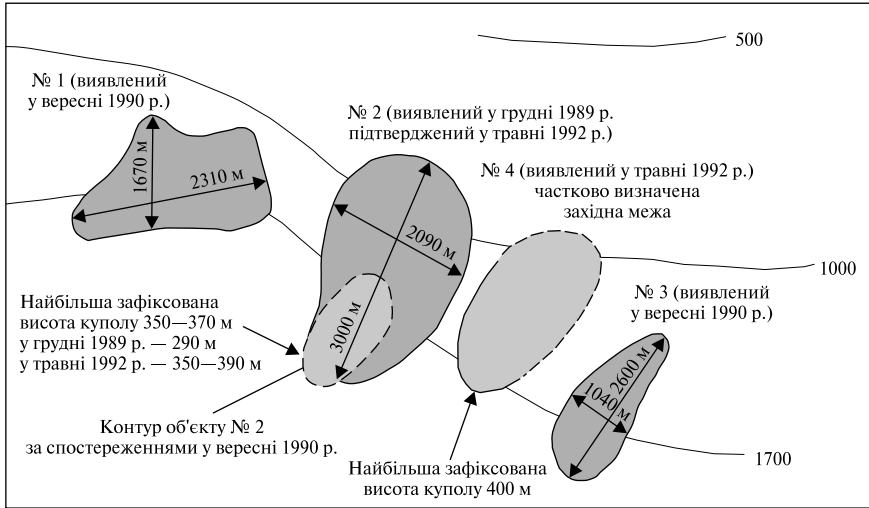


Рис. 5. Просторове положення акустичної аномалії № 2, що складається з чотирьох відокремлених газових куполів [2]

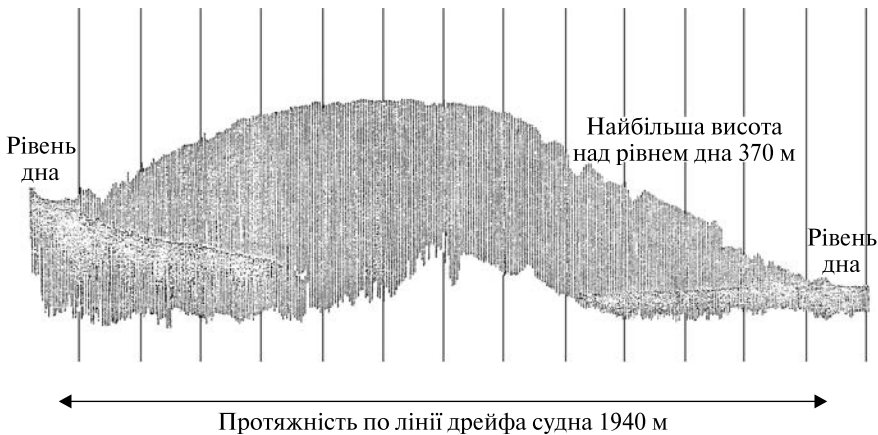


Рис. 6. Ехограма одного з підводних об'єктів аномального акустичного поля № 2 під час перетину його із заходу на схід у дрейфі судна (16 год 30 хв — 17 год 30 хв 10 травня 1992 р.) [2]

із чотирьох об'єктів вивченної центральної аномалії являє собою купол газу розмірами $2000 \times 500 \times 370$ м. Таких куполів виявлено кілька і розташовані вони прямо на тектонічному порушенні. Акустичні аномалії, що спостерігаються з ехолотів, містять лише невеликий відсоток метану, але через їхні великі розміри обсяг газу буде значним.

При впливі землетрусу таких «міхур» газів, рухаючись вгору, дає над водною поверхнею спалахи, які цілком відповідають опису. Ці газові скупчення є найближчими до точок вибухів, отриманих за спостереженнями з маяка. Дані Є.Ф. Скворцова [14] показують точку вибуху трохи північніше (рис. 7). Звертають на себе увагу спалахи, що трасують Євпаторійський розлом. Мабуть, у цьому випадку відбувалося розвантаження акумуляцій газів безпосередньо по

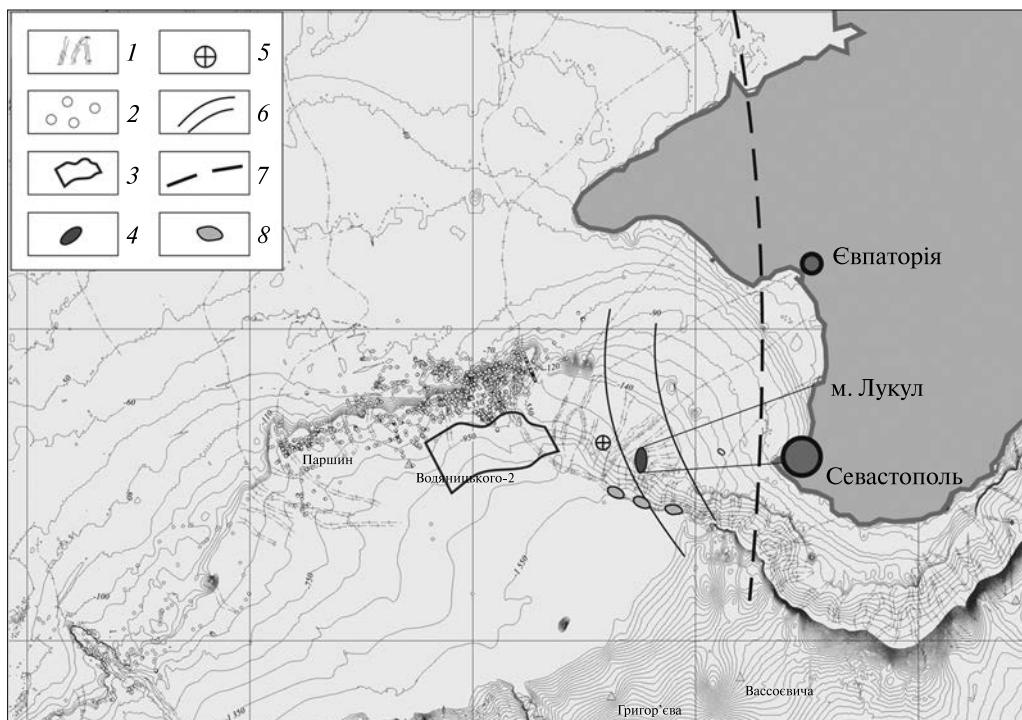


Рис. 7. Вогняні явища, що спостерігались з маяка м. Лукул і м. Севастополь із зазначенням точки найбільшого вогняного явища (12 вересня 3 год 30 хв — 3 год 40 хв) [14]: 1 — система каньйонів палео-Каланчака; 2 — факели (сипи); 3 — контур поля газогідратів; 4 — спалах газу під час землетрусу 12 вересня 1927 р.; 5 — запеленгована точка найбільшого вогняного явища; 6 — зона вогняних спалахів, що спостерігались із мису Лукул і Севастополя; 7 — Євпаторійсько-Скадовський розлом; 8 — поле акустичної аномалії

розлому. Як бачимо, Євпаторійсько-Криворізький розлом у своєму південному продовженні відіграє визначальну роль у формуванні вогняних явищ у морі на захід від Криму.

Висновки

З вищенаведеного очевидно, що «вогняні явища» під час кримських землетрусів 1927 р. спостерігалися в районі сейсмічної північно-західної частини Чорного моря, що безпосередньо пов'язана з розломною тектонікою і де розташовуються епіцентри багатьох землетрусів. Під час сейсмічних подій по глибинним розломам виштовхується значна кількість флюїдів. Цей процес, вочевидь і відбувався на захід від Криму. Полум'я спостерігалося в районі Євпаторійського розлому який примикає до Одесько-Синопської розломної зони глибинного закладення. Остання перетинає Циркумчорноморську розломну зону. Рух і тертя порід під час поштовхів призводять до виникнення електричних розрядів і, як наслідок, займання газів, що вириваються під час землетрусу. Це полум'я поширювалося на північ по Євпаторійському розлому, а на південний схід по Циркумчорноморському, де розташовані газові аномалії Ломоносівського підводного масиву.

Тут газ, вирываючись на поверхню моря, загорався, так як відомо що займання метану можливо при надходженні його в атмосферу в кількості 150 л/с, [11]. Треба зазначити, що з дна Чорного моря на добу надходить мільйони м³ метану.

Таким чином, поштовхи призвели до викидів і загорання метану в районі перетинів глибинних розломів, які є каналами розгрузки газово-флюїдних скупчень з нижчих горизонтів. Далі полум'я трасовано поширювалося по цим порушенням, залучаючи до процесу всі газові акумуляції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Геологические исследования 44 рейса НИС «Академик Вернадский» в Черное море. Препр. Киев: ОМГОР ЦНПМ АН Украины. 1993. 76 с.
2. Геологические исследования рейса НИС «Ихтиандр» в Черное море / под ред. Е.Ф. Шнюкова. Препр. НАН Украины, ОМГОР ЦНПМ; 94—1. Киев, 1994. 106 с.
3. Геология Черного моря (по результатам геологических и геофизических исследований 5-го рейса НИС «Киев»). Киев: ОМГОР ЦНПМ НАН Украины, 1997. 190 с.
4. Геофизические параметры литосферы южного сектора Альпийского орогена / ред. Вольвовский Б.С., Старостенко В.И. Киев: Наук. думка, 1996. 215 с.
5. Двойченко П.А. Черноморские землетрясения 1927 г. в Крыму. *Природа*. 1928. № 6. С. 523—541.
6. Доленко Г.Н., Парыляк А.И., Копач И.П. Структурно-тектонические этажи нефтегазоносности Крымской нефтегазоносной провинции. Геология и нефтегазоносность Причерноморской впадины. 1967. С. 5—16.
7. Коболев В.П. Плюмтектонический аспект рифтогенеза и эволюции мегавпадины Черного моря. *Геол. і кор. копалини Світового океану*. 2016. № 2. С. 16—36.
8. Коболев В.П., Верпаховская А.О. Скопления газовых гидратов в палеодельте Днепра как объект сейсмических исследований. *Геол. і кор. копалини Світового океану*. № 1. 2014. С. 81—93.
9. Краюшкин В.А. Абиогенно-мантийный генезис нефти. Киев: Наук. думка, 1984. 176 с.
10. Никонов А.А. Крымские землетрясения 1927 года: неизвестные явления на море. *Природа*. 2002. № 9. С. 13—20.
11. Ольштынский С.П. Эмиссия газа в атмосферу с поверхности Черного моря. Междунар. науч. конф. «Фундаментальные исследования важнейших проблем естественных наук на основе интеграционных процессов в образовании и науке». Севастополь, 2006. С. 14—18.
12. Попов И.И. Землетрясения Крыма и территорий, прилегающих к Черному морю. Ч. 1. гл. «Крым». Москва, 1969. С. 447—459.
13. Результаты геологических исследований 51 рейса в Черное море НИС «Михаил Ломоносов». К., Препр. ИГН. № 90—8.1990. 49 с.
14. Скворцов Е.Ф. Некоторые результаты экспедиции по исследованию грунта Черного моря в связи с землетрясением. Черноморские землетрясения 1927 г. и судьбы Крыма. Симферополь: Крымгосиздат. 1928. С. 50—63.
15. Химический энциклопедический словарь. Москва: Советская энциклопедия, 1983. С. 327.
16. Шимановский С.В. Сообщение о крымском землетрясении 12 сентября 1927 г. Черноморские землетрясения 1927 г. и судьбы Крыма. Симферополь: Крымгосиздат, 1928. С. 43—49.
17. Шнюков Е.Ф., К्लешенко С.А., Авилов В.И. и др. Газовые аномалии в донных осадках северо-запада Черного моря. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 1993. № 4. С. 7—9.
18. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П. О глубинной природе дегазации дна Черного моря. *Геотехнологии*. 2018. № 1. С. 1—11.
19. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П. Вогняні газові плюми під час ялтинських землетрусів 1927 року. *Геол. і кор. копалини Світового океану*. 2021. № 4. С. 3—21.
20. Шнюков Е.Ф., Митин Л.И., Щипцов А.А. Опасное Черное море. Киев: Логос, 2011. 567 с.

21. Clayton C.J., Hay, S.J. Gas migration mechanisms from accumulation to surface. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*. 41. 1994. P. 12–23.
22. Cooper, M.C., Selley, R.C. and Cartwright, J.A. 1998. Vertical gas migration mechanisms in the Central North Sea, studied with ultra high resolution digital 2D and 3D seismic data. In: Curzi, P.V. and Judd, A.G. (eds.) *Abstracts and Guidebook*, Vth International conference on Gas in Marine Sediments, Bologna, September 1998, 163–165. (abstract)
23. Derr J.S. Earthquake lights: a review of observations and theories. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 63, 1973. P. 2177–2187.
24. Dewhurst D.N., Yang Y., Aplin A.C. Permeability and fluid flow in natural mudstones. In: Aplin, A.C., Fleet, A.J., Macquaker, J.H.S. (eds.) *Muds and Mudstones: Physical and Fluid Flow Properties*. Special Publication 158, Geological Society of London, Bath U.K. 1999. P. 23–43.
25. Galli I. Raccolta e classificazione di fenomeni luminosi osservati nei terremoti. *Boll. Soc. Sismol. Ital.* 14. 1910. P. 221–447.
26. Gold T., Soter S. Fluid ascent through the solid lithosphere and its relation to earthquakes. *Pure Appl. Geophys.* 122. 1985. P. 492–530.
27. Judd A., Hovland M. Seabed Fluid Flow: The Impact on Geology, Biology and the Marine Environment. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535918>
28. Mack K. Das suddeutsches Erdbeben vom 16 November, 1911, Abschnitt VII: Lichter-scheinungen. *Wurttembergische Jahrbucher fur Statistik und Landeskunde*, Jahrg. 1912, Part I. 1913. P. 131–139.
29. Montandon F., Lueurs et malaise d'origine seismique. *Geogr. Helv.* 3, 1948. P. 157–178.
30. Nunn J.A., Muelbroek P. Kilometer-scale upward migration of hydrocarbons in geopressured sediments by buoyancy-driven propagation of methane-filled fractures. *American Association of Petroleum Geologists (Bulletin)*. 86. 2002. P. 907–918.
31. Ouellet M. Earthquake lights and seismicity. *Nature*. 348, 1990. P. 492.
32. Papadopoulos G.A. Luminous and fiery phenomena associated with earthquakes in the east Mediterranean. In: Hayakawa, M. (Ed.), *Atmospheric and Ionospheric Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes*. Terrapub, Tokyo, 1999. P. 559–575.
33. Soter S. Macroscopic seismic precursors and submarine pockmarks in the Corinth-Patras Rift, Greece. *Tectonophysics*. 308. 1999. P. 275–290.
34. Terada T. On luminous phenomena accompanying earthquakes. *Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo*, 1931. 9. P. 225–255.
35. Wallace R.E., Teng T.-L. Prediction of the Sunpan-Pingwu earthquakes, August 1976. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 70. 1980. P. 1199–1223.

Стаття надійшла 04.03.2024

O.M. Rybak, PhD (Geol. & Mineral.), Senior Researcher

e-mail: mega.akvatorija@gmail.com

ORCID 0000-0001-5746-7259

O.O. Paryshev, PhD (Geol.), Senior Researcher

e-mail: paryshev1974@gmail.com

ORCID 0000-0003-1318-9650

Yu.I. Inozemtsev, Dr. Sci. (Geol.), Leading Researcher

ORCID 0000-0002-4083-8292

L.V. Stupina, PhD (Geol.), Senior Researcher

e-mail: stlada@ukr.net

ORCID 0000-0002-5082-0862

MorGeoEcoCenter NAS of Ukraine

55b st. Oles Honchar, Kyiv, 01054, Ukraine

POSSIBLE POWER SOURCES FOR THE «FIRE PHENOMENA» IN THE WESTERN PART OF THE BLACK SEA DURING THE EARTHQUAKES IN 1927

Particular attention is paid to the processes of gas production from the Black Sea seabed. A search sign of hydrocarbon deposits can be jet gas manifestations (seeps), which form fields of gas flows dispersed

over a large area or observed in areas of tectonic disturbances. In areas of high concentration, deposits of methane gas hydrates, a new type of unconventional raw material, have been discovered. Intense, often explosive gas fountains have also been recorded in mud volcanoes. So far, dozens of mud volcanoes have been documented in the Black Sea. Observations from underwater vehicles have revealed gassy carbonate structures and gas fields on the shelf, continental slope, and in the canyons of the paleorivers.

With such a detailed study of all types of gas release from the Black Sea floor, the issue of explosive gas flow into the water area during earthquakes remains poorly understood. Gas emissions and their ignition during an earthquake off the northwestern and southern coasts of Crimea are not explained by the same causes. During the Crimean earthquakes of 1927, the concept of «fire phenomena» was coined. The article draws attention to this previously insufficiently studied aspect of the earthquakes, and also gives an interpretation of possible sources of the appearance of lights in the western part of the water area.

Keywords: Black Sea, earthquake, gas sands, fire phenomena