

<https://doi.org/10.15407/gpimo2025.01.057>

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»

вул. Олеся Гончара, 55 б, Київ, 01054, Україна

ВОГНЯНІ ЯВИЩА У ЧОРНОМУ МОРІ

ПІД ЧАС КРИМСЬКИХ ЗЕМЛЕТРУСІВ 1927 РОКУ

ЯК МОЖЛИВІ ІНДИКАТОРИ НАФТОГАЗОНОСТНОСТІ

У статті досліджено зв'язок між кримськими землетрусами 1927 року та активністю підводних грязьових вулканів на південь від Криму. Особливу увагу приділено масовим газовим викидам, що супроводжувалися вогняними спалахами, як потенційним індикатором підповерхневих процесів. Показано, що грязьові вулкани, які зазвичай формуються в межах сейсмічно активних складчастих систем альпійського тектогенезу, разом з іншими геологічними структурами — магматичними вулканами, покладами вуглеводнів, артезіанськими басейнами, гейзерами — є складовими флюїдно-динамічних систем, чутливих до змін тектонічного напруження у земній корі. Дослідження таких систем відкриває нові перспективи для моделювання механізмів формування та прогнозування сейсмічних подій.

Ключові слова: *грязьові вулкани, Чорноморська западина, землетруси, вогняні явища, газові викиди.*

Вступ

Упродовж останніх десятиліть на Землі спостерігається збільшення стихійних явищ, серед яких землетруси призводять до одних із найсерйозніших наслідків. Тому вивчення причин виникнення та прогнозування землетрусів залишатиметься найважливішим завданням для науковців.

Цитування: Рибак О.М., Паришев О.О., Іноземцев Ю.І., Ступіна Л.В. Вогняні явища у Чорному морі під час кримських землетрусів 1927 року як можливі індикатори нафтогазоносності. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2025. **21**, № 1: 57—71. <https://doi.org/10.15407/gpimo2025.01.57>

Всі сучасні моделі формування землетрусів спираються на те, що це — геодинамічний процес, який проявляється у скиданні енергії при напружено-деформованому стані гірських порід, що, в свою чергу, призводить до змін в режимі міграції висхідних флюїдів у зонах глибинних розломів [6, 7, 20]. Тобто формування комплексів аномальних концентрацій флюїдів підземних систем і приземної атмосфери вказує на підготовку до сильного землетрусу [22]. Деякі з цих процесів уже добре вивчені, однак, наприклад, виникнення вогняних явищ під час землетрусів ще потребує подальшого ґрунтового дослідження. Такі явища спостерігались під час землетрусів в різних регіонах світу [25, 41—45], у тому числі і під час кримських землетрусів 1927 року [11, 19].

Крим є одним із найбільш сейсмічно активних регіонів України. Тут землетруси фіксують з найдавніших часів. Останні катастрофічні землетруси сталися в 1927 р., їх епіцентр був розташований у морі на глибині 17 км за 30 км на південь від Ялти і приурочений до Південнокримської сейсмоактивної зони. Вона співпадає з Циркумчорноморською розломною зоною, де відбуваються протилежно спрямовані сучасні вертикальні рухи, що супроводжуються поштовхами.

**Фактичні дані про кримські землетруси 1927 р.
в акваторії Чорного моря**

За даними С.В. Шимановського [32] у період з 11 вересня по 31 грудня 1927 р. в Ялті було зафіксовано 352 поштовхи. Максимальне число поштовхів спостерігали 12 вересня — 41, найбільша сила ударів — між 8 та 9 балами, далі йшло послідовне зниження числа ударів і їхньої сили. Під час землетрусу в морі були зафіксовані не тільки вогняні явища, але і моретрясіння — його збурення біля берега, гул, «кипіння», цунамі. Вогняні явища під час землетрусів фіксували майже півтора місяця — у вересні та жовтні і спостерігали з різних точок Криму — на заході, півдні та південному сході. Так, 14 вересня 1927 р. о 17 год 23 хв за 7 км

Таблиця 1. Вогняні явища за спостереженнями з маяків західного берега Криму [11]

Дата, час	Місце спостереження	Характеристика вогняних явищ
14.09.1927 р. 17 год 25 хв 17 год 54 хв	с. Кучуккоя поблизу Алупки	За 7 км від селища у морі спостерігався стовп газів білого кольору заввишки до 200 м, тримався 3—4 секунди, потім розсіявся і відразу ж піднявся інший. Вогонь і дим у морі
02.10.1927 р., 03.10.1927 р. вночі 04.10.1927 р. 22 год 00 хв 23 год 15 хв	20—25 км на захід і південний захід від Судака проти с. Привітне (Ускут)	Спочатку з'явилася біляста смуга, яка поступово почервоніла. О 22 год 40 хв смуга потьмяніла, задимилася, вціліла лише частково. Ця частина о 23 год. 15 хв. спалахнула яскравим полум'ям, за 5 хвилин вогонь опустився у воду і знову спалахнув у вигляді великої заграви, яка протрималася понад годину. Мали місце вибухи, що нагадують вибухи шрапнелей. Тривалість явища — 2 год 30 хв
04.10.1927 р.	Феодосія, у напрямку до Анапи за 30 км	Вогняні стовпи в морі

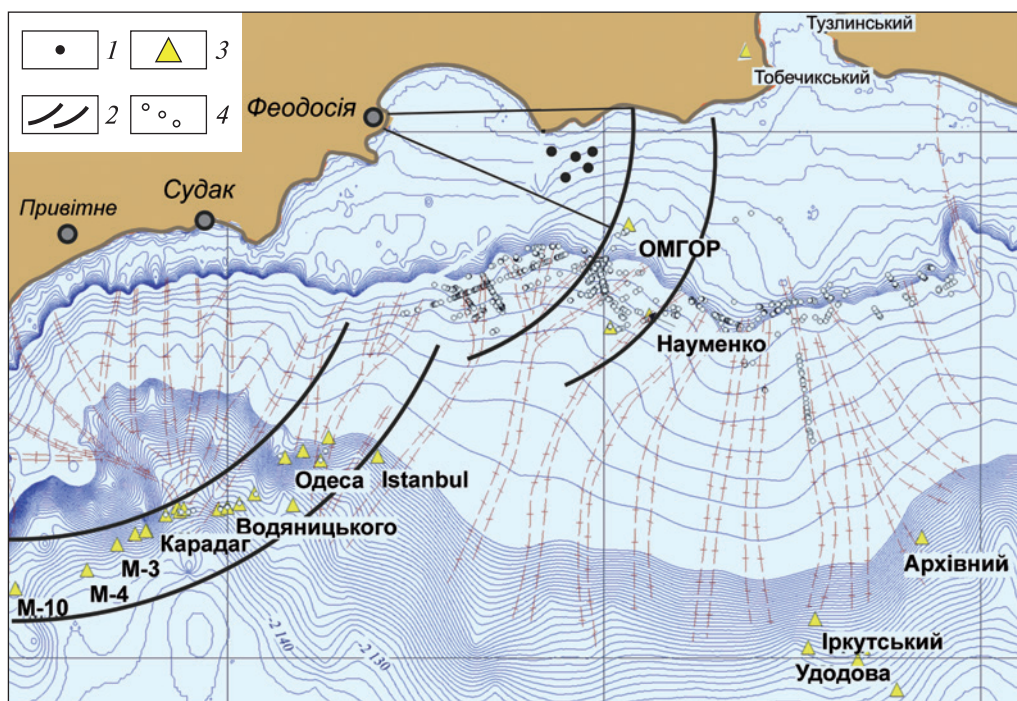


Рис. 1. Зони видимості вогняних явищ (50 і 70 км) із с. Привітне і м. Феодосія: 1 — грязьові вулкани, виявлені геофізичними методами; 2 — зона спостережуваних вогняних явищ із с. Привітне і м. Феодосія [27]; 3 — грязьові вулкани; 4 — газові сипи

від берега проти Кучуккоя (біля Алупки) невідомий спостерігач побачив стовп білої пари (на нашу думку, метану) заввишки приблизно 200 м. Через 3—4 секунди він розсіявся і на його місці піднявся інший. Поштовхів у цей час в Ялті не спостерігали [19].

За А.О. Ніконовим [19] вогняні явища бачили в морі 2, 3 і 4 жовтня 1927 р. напроти села Ускут (Привітне) за 20—25 км на південний захід від Судака (табл. 1, рис. 1). Детально описано лише вогняне явище 4 жовтня 1927 року. Опис наводить П.А. Двойченко зі слів очевидця Є. Карповича: «4/X на початку 23 год серед моря, приблизно проти с. Ускут, з'явилася спочатку слабка біляста смуга, що поступово набувала дедалі яскраво-червоного кольору. Близько 22 год 40 хв з боку берега помічено потьмяніння її у вигляді задимлення, яке пересувалося до центру смуги і захопило останню на 2/3. Частина, що залишилася, о 23 год 15 хв спалахнула полум'ям розміром 0,75 м², від якого ніби відокремлювалися іскри. Яскраво-червоний вогонь протримався близько 5 хвилин, а потім він занурився у воду, залишаючи слід, видимий на великій площі освітленої поверхні. За кілька секунд полум'я знову швидко спалахнуло в тому самому місці й на значному просторі у вигляді великої заграви. Такі спалахи тривали понад годину. Вони мали яскраво-червоний колір, причому спалахи повторювалися дуже часто, одночасно в декількох місцях у напрямку до Судака. У проміжках між спалахами тричі спостерігали явища, що нагадували вибухи шрапнелей у повітрі, досить високо над морем. Однак спалахи були настільки сильні, що світилися хмари. У бінокль було видно язика полум'я».

Грязьові вулкани як індикатори землетрусів

Пояснення причин вогняних явищ під час землетрусів раніше існували у вигляді гіпотез. І тільки активні геологічні, геофізичні дослідження в останнє десятиліття дали змогу підійти до цього питання на основі фактичних даних. Вогні під час землетрусів пов'язують з метаном, що надходить з верхньої мантії Землі по глибинних розломах [14]. Це питання розглядалось нами у попередніх публікаціях [25, 40].

На захід від Криму під час землетрусів 1927 року відбулися значні викиди метану, які супроводжувалися вогняними явищами. Ці події були наслідком прориву потужного мантійного газо-флюїдного плюму, спричиненого активізацією тектонічних порушень різного масштабу в межах Одесько-Синопської та Циркумчорноморської розломних зон. Метан, мігруючи по глибинних розломах і вирываючись із земної кори, під дією електричних зарядів, що виникають при терті та зіткненні порід, може спалахувати, внаслідок чого виникають вогняні явища.

Як показали багатолітні дослідження, великі обсяги викидів газу пов'язані з діяльністю підводних грязьових вулканів, які є приналежністю сейсмічно активних складчастих систем альпійського тектогенезу та їхніх обрамлень, до яких безпосередньо входить територія Кримсько-Чорноморського регіону. Встановлено [7, 20], що грязьовий вулканізм локалізовано в тектонічних лінеаментах першого порядку, їхніх перетинах або в складних тектонічних вузлах динамічно активних зон земної кори. Регіонами поширення грязьових вулканів є Азербайджан, Туркменістан, Дагестан, Грузія, Росія, Україна, Румунія та ін. країни світу. З цим явищем пов'язані родовища нафти і газу, залізних руд, бальнеологічної сировини. Грязьові вулкани несуть велику геологічну і сейсмічну інформативність про регіон, у якому вони розташовані. Так, за даними азербайджанських учених [9, 18 та ін.], у Південному Каспії тривимірною зйомкою було зареєстровано понад 100 субвертикальних геологічних тіл, частину з них було визначено як грязьові вулкани. Вони є зонами виходу на поверхню флюїдів і розущільненого осадового матеріалу. Структура грязьового вулкана може пронизувати весь осадовий чохол від поверхні до фундаменту на глибині 20 км і, ймовірно, глибше. Найбільші вулканічні тіла приурочені до глибинних розломів [31].

Даних про коріння чорноморських і азовських вулканів наразі небагато. Питанню дослідження структури грязьових вулканів та глибини їхнього залягання в Азово-Чорноморському басейні приділяють недостатньо уваги, хоча сучасні методи сейсмічного зондування приповерхневих (0,0—0,5 км) і глибинних (до 50 км) структур земної кори є досить інформативними. На жаль, у публікаціях про сейсмічні дослідження з борту суден, що працювали за програмою ЮНЕСКО в Чорному морі, такі дані також відсутні.

О.Ф. Лимонов та ін. [17], Є.Ф. Шнюков, О.Я. Нетребська [37, 38] на підставі аналізу регіональних сейсмічних матеріалів по Чорному та Азовському морях зафіксували коріння грязьових вулканів не тільки в майкопських відкладах, що характерно для цього регіону, а й також у мезозойських відкладах. Подібна глибина фіксується майже для всіх грязьових вулканів, що розташовані в Західно-Чорноморській западині на південь від Криму.

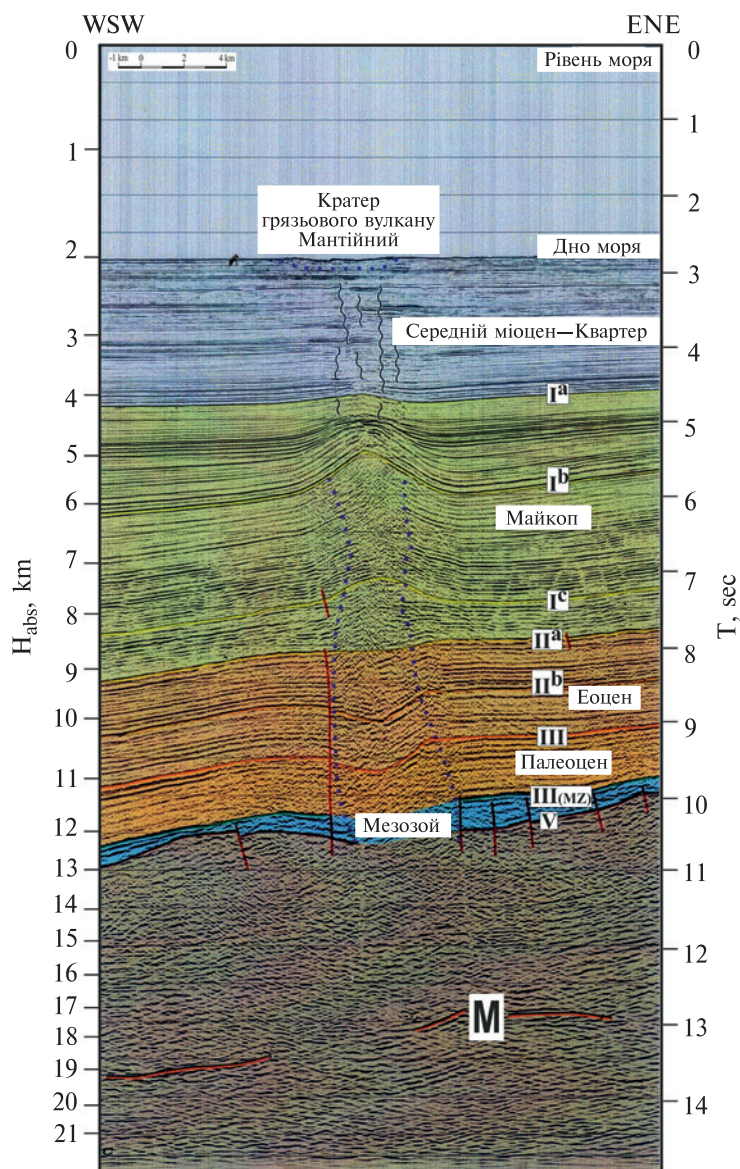


Рис. 2. Фрагмент тимчасового сейсмічного розрізу, що характеризує глибинну геологічну обстановку в зоні грязьового вулкану Мантійний [36]

Особливо показовий у цьому відношенні грязьовий вулкан Мантійний з координатами 43°39'56,5" пн. д. і 33°09'17,5" сх. ш. (рис. 2). Глибинне сейсмічне зондування показало, що цей грязьовий вулкан може являти собою як свого роду флюїдний плюм, що пронизує майже 10 км осадового покриву: міоцен-четвертинну товщу (3 км), майкопські (5 км), еоценові (2 км), палеоценові (1,2 км) відклади, малопотужні мезозойські відклади (0,25—0,75 км) і далі заглиблюється у верхи фундаменту, ймовірно до поверхні Мохо [29]. Вірогідно, що цей грязьовий вулкан, так само як й інші аналогічні структури, є каналом проникнення вуглеводнів, що асоціюються з глибинними розломами або ін'єкційними зонами [12].

Вивчення грязьових вулканів, розташованих на територіях, прилеглих до Чорного моря, має велике значення. Зокрема, дослідження уламкового матеріалу грязьових вулканів Керченсько-Таманського регіону показало, що коріння керченських вулканів переважно сягає майкопських відкладів, а таманських — верхньої крейди [34].

Сейсмічні дослідження гори Карабетова, що безпосередньо прилягає до Чорного моря [28], виявили вертикальну низькошвидкісну зону, яку автори пов'язують із насиченим флюїдами підвідним каналом та областю живлення на глибині 4,5—9 км. Нижче 9 км сейсмічна картина менш контрастна, проте аномалія простежується до глибини 15 км. Таким чином, грязьові вулкани, як і магматичні, а також нафтові і газові поклади, артезіанські свердловини, гейзери тощо, є частиною природних флюїдо-динамічних систем і слугують індикаторами геодинамічних процесів у земних надрах. Очевидно, що грязьові вулкани не слід розглядати лише як пасивні геологічні структури і шляхи міграції глибинних флюїдів. Розломи, які виконують роль підвідних каналів для грязьових вулканів, є активними геологічними структурами, в яких відбуваються власні фізико-механічні процеси і які чутливо реагують на зміни тектонічного напруження в земній корі, наприклад, грязьовими виверженнями або експлозіями.

Протягом останнього десятиліття з'явилася значна кількість публікацій, присвячених дослідженню парагенетичного зв'язку між землетрусами та грязьовим вулканізмом [1, 2, 5, 20, 21].

Великі виверження грязьових вулканів, таких як банка Ліванова (Південний Каспій), Шіхзарлі (Гобустан), Джау-Тепе (Керченський п-ів), сталися після сильних землетрусів, відповідно Красноводського (1895) і Шемаханського (1892). Чотири грязьовулканічні острови було виявлено в Аравійському морі в прибережній зоні після землетрусу 25 листопада 1945 року. Численні грязьовулканічні прояви спостерігали після Ашгабатського землетрусу 1948 р. у межах зони епіцентру.

Аналізуючи зв'язок вивержень грязьових вулканів із землетрусами, Ф.С. Ахмедбейли (1975) стверджував, що сейсмічні поштовхи створюють умови і можуть сприяти виверженню грязьових вулканів. Особливо це добре проявляється, якщо вулкан накопичив значну кількість аномально високого тиску в кореневій системі, але його недостатньо для прориву. Зазначається також, що в ряді випадків виверження грязьових вулканів і землетрусів збігаються в часі, а інколи інтервал між подіями становить кілька днів. Часто осередки виверження вулкана й епіцентр сейсмічного поштовху, що спровокував його, розташовуються поруч, хоча відомі випадки їхнього значного віддалення один від одного.

У межах Кримського регіону одними з найбільш інформативних щодо сейсмічних процесів є грязьові вулкани Керченського півострова. Нині тут нараховують 17 грязьових вулканів, всі вони знаходяться в сопково-грифонній стадії розвитку і повільно вивергають на поверхню рідку грязь, сопкову воду, газоподібні вуглеводні — в основному метан [35, 38, 39].

Державна наукова установа «МорГеоЕкоЦентр НАН України» має багаторічний досвід моніторингу динаміки грязьових вулканічних сопок, фіксації їх активізації та відбору сопкових газів для аналітичних досліджень. Спостереження підтверджують вплив сейсмічних подій на активність грязьових вулканів, що проявляється у збільшенні кількості водно-грязьової суміші на поверхні сопок

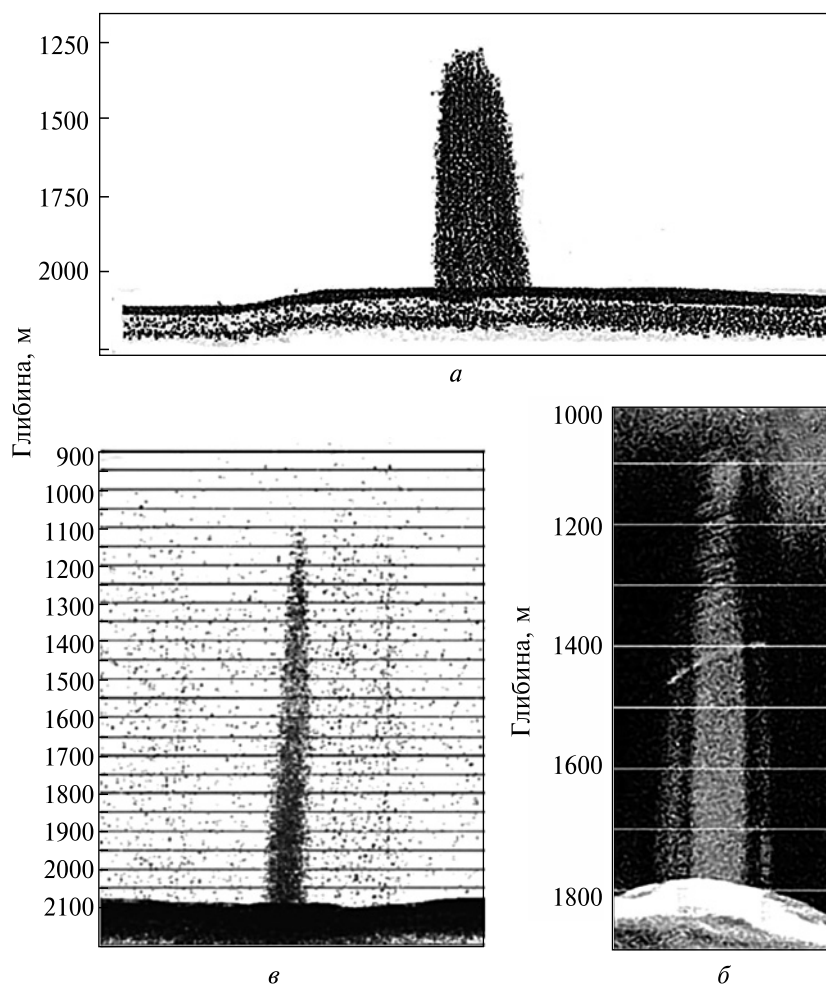


Рис. 3. Газові фонтани грязьових вулканів: а — Двуреченського; б — Helgoland; в — Одеса

напередодні, під час та після землетрусів, або навіть провокує їх виверження. Оптимальними для досліджень було обрано Булганацький грязьовий вулкан та сопку Андрусова — найбільш активні грязьові вулкани регіону. Зокрема на сопці Андрусова 13 липня 2012 р. зафіксовано масштабне виверження, яке супроводжувалося гулом та викидом густої сопкової грязі. Це виверження, ймовірно, було спровоковане землетрусом магнітудою 4,2 бала, що стався 12 липня 2012 р. о 02 год 20 хв у Румунії з епіцентром на глибині 114 кілометрів.

З літературних джерел відомо багато випадків виверження грязьових вулканів, що супроводжувалися землетрусами, викидами великого об'єму порід і газів на висоту десятки і сотні метрів, а також грандіозними пожежами.

Подібні «вогняні виверження» регулярно спостерігають в окремих регіонах острова Тринідад, М'янми (Бірма), Колумбії, на Сицилії, у Марокко, а також на певних ділянках Абшеронського та Таманського півостровів, в акваторіях Каспійського та Азовського морів. У Таманській провінції за період з 1818 по 2005 рр. близько 15 % вивержень супроводжувалися «вогняними явищами» [38],

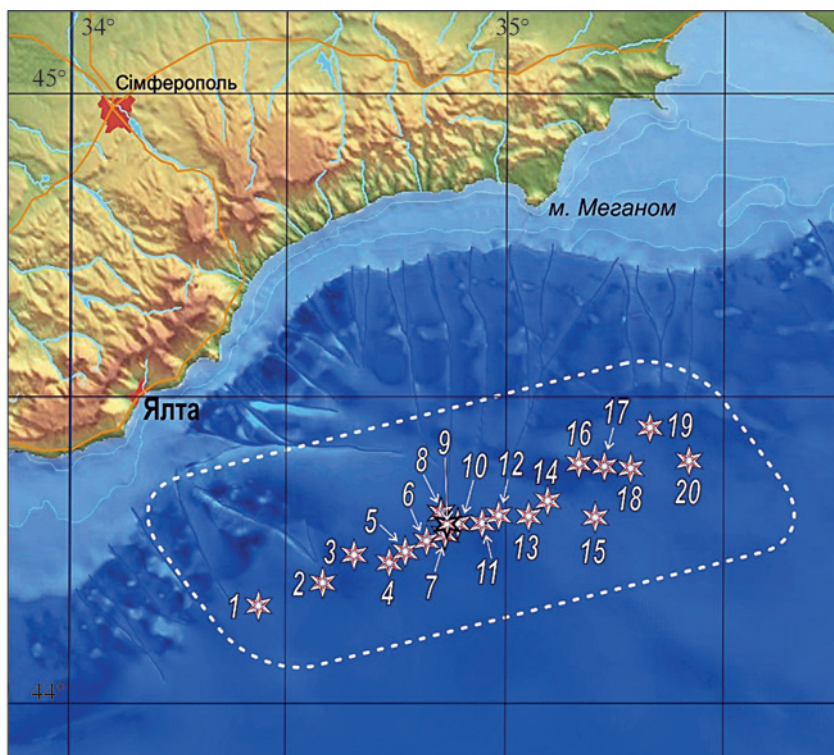


Рис. 4. Грязьові вулкани западини Сорокіна: 1 — М10, 2 — М4, 3 — М3, 4 — Севастополь, 5 — Ялта, 6 — Карадаг, 7 — Масандра, 8 — Безіменний, 9 — М2, 10 — М1, 11 — Двуреченського, 12 — Helgoland, 13 — Водяницький, 14 — NIOZ, 15 — Казакова, 16 — Одеса, 17 — М12, 18 — Балаклава, 19 — Тбілісі, 20 — Istanbul

в Азербайджані — 40 %. Фіксували вогняні явища і на Керченському півострові. Деякі з цих подій корелюють із сейсмічною активністю.

Пояснення «вогняних явищ» біля південних берегів Криму під час землетрусів 1927 р. вибухами грязьових вулканів западини Сорокіна видається цілком прийнятним. Серед понад 20 вулканів западини є справжніми гігантами, які продукують потужні факели навіть за спокійної сейсмічної обстановки (рис. 3).

Геологічну будову чорноморського дна на південь від Криму, зокрема на південь від с. Привітне, звідки спостерігали вогняні явища, визначає западина Сорокіна (рис. 4). Загалом западина Сорокіна — найбільш газонасичена геологічна структура Чорного моря. Під час морських експедицій ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України» тут спостерігали гігантські газові факели над багатьма грязьовими вулканами. Так, окрім найпотужнішого викиду газу над вулканом Двуреченського (фонтан діаметром до 400 м і висотою до 800 м), що був зафіксований у 57 рейсі науково-дослідного судна «Професор Водяницький» (2002), грандіозні фонтани, хоч і з меншим діаметром струменів, але часто більшої висоти (див. рис. 3) спостерігали над грязьовими вулканами: Балаклава (висота фонтану газів 1 126 м), Карадаг (1 074 м), Водяницького (в одному випадку 800 м, в іншому 1300 м), Казакова (900 м), Одеса (900 м), Тбілісі (500 м), Helgoland (1300 м), NIOZ (700 м), М-12 (600 м).

Потужність газових струменів під час поштовхів землетрусів може миттєво зростати, що призводить до виходу газу на поверхню води й виникнення вогняних явищ, подібних до тих, які, за словами очевидців, спостерігали на суходолі, а також в Каспійському морі. Йдеться про «вогняні стовпи», «стовпи білого диму», «білясту смугу диму», яка поступово забарвлювалася в червоний колір, коли хмара метану розгоралася (див. табл. 1). Спалахи, що нагадують вибухи шрапнелі, — це результат вибухів суміші метану та повітря, яка утворюється під час виверження метану грязьовими вулканами. Метан горить за концентрації в повітрі 4,4—16 %, найчастіше 9,5 %, а вибухає після досягнення рівня 14 %. Тобто послідовне насичення метаном повітря, що вже містить горючі компоненти (наприклад, фтористий і фосфористий водень) призводить до вибуху і горіння [25].

На думку А.О. Ніконова [19], вогняні явища на південь від Південного берега Криму під час землетрусів 1927 р. доцільно пов'язати з місцевими епіцентрами, причому сила струсів в епіцентральної області становила до 4—5 балів. У цьому випадку міг спрацювати механізм дії грязьових вулканів, активованих основними поштовхами. Дещо осібно стоїть викид, зафіксований за 7 км на південь від Алупки. На нашу думку, джерелом газу міг бути ще не вивчений грязьовий вулкан на континентальному схилі.

Інформації щодо спостережень із Феодосії недостатньо. Згідно [19], «з Феодосії в 30 км у напрямку до Анапи (тобто в інший бік від основного вогнища і також на великій від нього відстані) у морі було помічено вогняні стовпи». Звернемо увагу на певну неточність у цій інформації: напрямком Феодосія — Анапа приблизно за 30 км майже перекривається м. Чауда, отже, можна припустити, що вогняні явища проявилися далі в морі. За даними Д.А. Туголєсова та ін. [30], на південь від м. Чауда, поряд із западиною Сорокіна, розташовується Керченсько-Таманський прогин. Іншими словами, за спостереженнями з Феодосії, вогняні явища фіксували вже в межах іншої великої структури — Керченсько-Таманського прогину. У спостереженнях цих явищ привертає увагу важлива деталь: «помічені вогняні стовпи». Не стіна, не вибух, не рухомий вогонь, як на заході біля Євпаторії, а саме стовпи. Це нагадує викиди грязьових вулканів, які спостерігали на Каспії [1, 4, 36, 39] або в Азовському морі (вулкан Голубицький).

У районі на південь від м. Чауда відомі три активні грязьові вулкани — Мітіна, ОМГОР, Науменка — та група з п'яти сліпих, неактивних на момент подій грязьових вулканів, зафіксованих сейсмічним профілюванням (рис. 5). Активні вулкани розташовані далі, на межі прямої видимості (див. рис. 1). Ймовірно, на схід від Феодосії на Кримський землетрус прореагували саме грязьові вулкани, які й сформували «вогняні стовпи», що підтверджують форми газових викидів. Оскільки всі вулкани розташовані над зонами великих тектонічних порушень, що безсумнівно вказує на їхнє глибинне підживлення, вони, вірогідно, і були каналами надходження вибухової суміші газів.

Найбільш географічно близькими до місця вогняних явищ є грязьові вулкани Керченського п-ва, які доцільно залучити для співставлення та аналізу подібних процесів. Викиди газів у море в районі спостережень були грандіозними й можуть порівнюватися з масштабними виверженнями керченських вулканів. А.М. Плотников [23] оцінив найпотужніші з них. Так, під час виверження вулкана Джау-Тепе в атмосферу було викинуто близько 90 млн м³ газу, а під час

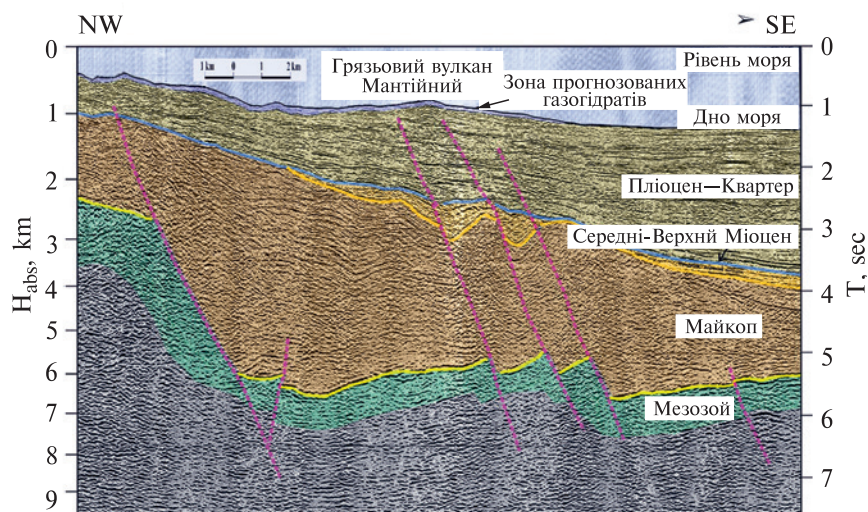


Рис. 5. Тимчасовий сейсмічний розріз за методом спільної глибинної точки у районі грязьового вулкана Мітіна, що ілюструє будову кайнозойських відкладів у зоні впливу вулкана. Стратиграфічне положення відбиваючих горизонтів подано за М.С. Победаш, 2006 р. [37]

виверження вулкана Джарджава (Восходовський) — 66 млн м³. І це лише безпервні викиди впродовж одного виверження.

Ще більші обсяги газу зафіксовані в Азербайджані. Так, за даними Р. Р. Рахманова [24], середній об'єм викиду газу за одне виверження вулкана становив 250 млн м³. Подібний масштаб явищ дозволяє припускати можливість великих одномоментних викидів і на південь від Криму під час землетрусів 1927 року. Зазначимо, що тривалість деяких вивержень сягала трьох діб. Це дозволяє припустити, що в районі на південь і південний схід від Криму в атмосферу могло бути викинуто сотні мільйонів кубічних метрів газу.

По осі западини Сорокіна, майже субпаралельно береговій лінії, проходить великий тектонічний розлом, над яким і локалізовано більшість грязьових вулканів. Вулкани керченського схилу загалом також приурочені до системи розломів, витягнутих уздовж узбережжя. Отже, точкові прояви вогняних явищ, які, по суті, є проявами активності грязьових вулканів, безпосередньо пов'язані із системою порушень Циркумчорноморського розлому.

Цю думку ще у 1928 році висловив П.А. Двойченко (с. 80): «З огляду на те, що відомостей про землетрус із Малої Азії отримано не було, а з іншого боку, на Кавказьких берегах він проявився дуже слабо, — можна припускати, що він мав лінійний характер, причому сейсмічна лінеамента була приурочена або до підводного грабена (смердюча канава рибалок), або до крутого обриву континентальної тераси в бік глибокої улоговини (до двох кілометрів) центральної частини Чорного моря».

Загалом можливість пов'язати всю сукупність грязьових вулканів із субпаралельною береговій лінії системою порушень Циркумчорноморського або інших розломів свідчить про подібність причин виникнення вогняних явищ як на захід від Криму, так і на південь від нього, де грязьові вулкани слугували каналами виходів газів.

Грандіозні масштаби вогняних явищ, очевидно пов'язаних із грязьовим вулканізмом, а також наявність гігантських газових фонтанів над вулканами навіть у спокійний період, ставлять питання про необхідність урахування потенціалу цих структур у практиці розвідки нафти й газу.

Останніми роками порушують питання про можливий мантийний генезис метану в Чорному морі, перегляд традиційних уявлень про виключно біогенне походження вуглеводнів та надання уваги потенціалу великих похованих акумулюючих тіл палео-Дунаю, палео-Дніпра, палео-Дону та інших річкових систем [26]. Згідно з уявленнями П.М. Кропоткіна та Б.М. Валяєва, грязьові вулкани відіграють роль каналів, якими абіогенні гази надходять із глибинних шарів Землі, зокрема з мантиї. Таким чином, глибинне походження грязьових вулканів є цілком імовірним [34, 36, 39].

За А.М. Дмитрієвським і Б.М. Валяєвим [12, 13] насправді глибоководні грязьові вулкани є прикладами наскрізних локалізованих потоків глибинних вуглеводнів, що проходять крізь осадовий чохол.

Дослідження мінералогії сопкової брекчії морських і континентальних вулканів засвідчили постійну присутність у ній акцесорних кількостей глибинних мінералів — самородних (залізо, залізо-манган, золото, срібло, мідь, свинець, цинк, хром тощо), сульфідів (піротин, сульфід заліза й нікелю, галеніт, сфалерит тощо), оксидів заліза, лантану, церію та інших рідкісноземельних елементів, а також карбідів. Ці мінерали іноді трапляються у вигляді мікроскопічних сферул [34]. Такий склад підтверджує правомірність уявлень П.М. Кропоткіна [15, 16] про вуглеводневу дегазацію Землі крізь так звані «труби дегазації», роль яких виконують грязьові вулкани.

Очевидно, що одним із перспективних напрямів пошуків вуглеводнів є вивчення грязьових вулканів Чорного моря, зокрема вулканів западини Сорокіна. І.М. Губкін [10] ще свого часу висунув ідею першочергового використання грязьових вулканів як орієнтирів для пошуків нафти й газу. Так, виверження азербайджанського вулкана Лок-Батан, де на сопковому полі у свердловині № 45 був отриманий потужний фонтан (20 тис. м³ на добу), стало підтвердженням цієї ідеї. Фонтан діяв протягом місяця, а сам вулкан функціонує вже багато років і дав понад 30 млн т нафти та 2 млрд м³ газу. Нещодавно також зафіксовано його нові гігантські виверження [1, 5].

Погляди І.М. Губкіна підтримували багато геологів. Зокрема, Р.Р. Рахманов [24] наголошував на особливій ролі грязьових вулканів як індикаторів нафтогазоносності надр. Однак у Криму ці критерії поки не підтвердилися: 20 свердловин глибиною до 400 м, пробурених на найбільшому вулкані Керченського півострова — Булганаку, поки що виявилися безрезультатними. Такою ж була й свердловина поблизу вулкана Джау-Тепе. Імовірно, свердловини були просто недостатньо глибокими.

З огляду на це, можна стверджувати, що пошуки вуглеводнів поблизу грязьових вулканів залишаються перспективними. Грандіозні викиди газу, які супроводжуються «вогняними явищами», свідчать про значний потенціал цих морфоструктур, що приурочені до великих тектонічних порушень. Грязьові вулкани Чорного моря потребують спеціального та детального геофізичного дослідження. Можна надіятися, що великі акумуляції газу в сопковій брекчії та прилеглих ділянках морського дна зможуть бути зафіксовані й, можливо, освоєні.

Висновки

З вищенаведеного, очевидно, що вогняні явища під час кримських землетрусів 1927 р. на півдні та південному сході від Криму спостерігались у Південнокримській сейсмічній смузі, яка просторово зосереджена на континентальному схилі. Межа континентальної мілини та крутого схилу Чорноморської западини збігається з Циркумчорноморською розломною зоною, де відбуваються протилежно спрямовані сучасні вертикальні рухи. Нерівномірність цих рухів супроводжується поштовхами, які спричиняють землетруси.

Різномасштабні порушення Циркумчорноморської розломної зони служать міграційними каналами для геофлюїдних потоків і чітко проявляються у розподілі аномальних газових розвантажень у вигляді сипів, факелів та потужних газових фонтанів грязьових вулканів. Саме тут, на південь та південний схід від Криму, в активних тектонічних зонах прогинів Сорокіна та Керченсько-Таманського, де потужна осадова товща та наявність аномально високих пластових тисків сприяють розвитку глибоководних грязьових вулканів, знаходиться основна їх кількість.

Грязьові вулкани є активною зоною висхідної міграції глибинних газово-флюїдних потоків, які проходять через осадовий розріз і контролюються розломами та флексурно-схидними зонами. Очевидно, що сейсмічні поштовхи порушили розвиток грязьовулканічного процесу, що призвело до порушень акумуляцій грязьових вулканів і катастрофічних викидів глибинних вуглеводнів. Тобто відбувся прорив потужного мантийного газово-флюїдного потоку в розушільнені активні тектонічні зони прогинів.

При цьому сейсмічні поштовхи могли значно посилити об'єми емісії вуглеводнів в атмосферу, що й призвело до появи спалахів. Все це вказує на подібність причин виникнення вогняних явищ як на заході від Криму, так і на півдні та південному сході від нього. Різниця тільки в тому, що в першому випадку вважають надходження газу по великих порушеннях з залученням в процес вже накопичених в цій зоні акумуляцій газів, в полях газових факелів та газогідратів. На півдні та південному сході газові флюїди були каналізовані по грязьовим вулканам.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алиев Ад.А. Грязевые вулканы Каспия. Характерные особенности проявления и извержений. *Каталог респ. сейсм. службы*. Баку. 2011. С. 30—38.
2. Алиев Ад.А., Байрамов А.Л. Влияние сейсмичности на грязевой вулканизм в Азербайджане и некоторые парадоксы. *Тр. Ин-та геологии Аз. АН*. № 36. Баку: Nafta-Press, 2008. С. 40—51.
3. Алиев Ад.А., Байрамов А.Л. Закономерности пространственно-временного распределения грязевых вулканов Южно-Каспийской впадины. *Тр. Ин-та геологии Аз. АН*. № 35. Баку: Nafta-Press, 2007. С. 25—45.
4. Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р. Атлас грязевых вулканов мира. Баку: Nafta-Press, 2015. 322 с.
5. Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Рахманов Р. Р. Каталог извержений грязевых вулканов Азербайджана (1810—2007 гг.). Баку: Nafta-Press, 2009. 110 с.
6. Барсуков В.Л., Варшал Г.М., Гаранин А.В., Замокина Н.С. Значение гидрохимических методов для краткосрочного прогноза землетрясений. Гидрохимические предвестники землетрясения. Москва: Наука, 1985. С. 3—17.

7. Войтов Г.И., Юсупов С.Ш. Изотопно-углеродный предвестник сильных тектонических землетрясений. *Докл. РАН*. 1996. Т. 346. № 3. С. 392—395.
8. Геологическая оценка трасс линий связи Севастополь—Евпатория, Севастополь—Керчь, Севастополь—Поти (29 рейс НИС «Професор Водяницкий»). Киев: ОМГОР, 2003. 177 с.
9. Голубов Б.Н., Имагилов Д.Ф. Трубообразные тела под дном Северного Каспия и флюидный режим его недр. *Генезис нефти и газа*. Москва: ГЕОС, 2003. С. 78—80.
10. Губкин И.М. Грязевые вулканы Советского Союза и их связь с генезисом нефтяных месторождений Крымско-Кавказской геологической провинции. *Тр. 17 Междунар. геол. конф.* Т. 4. 1940. С. 33—66.
11. Двойченко П.А. Черноморские землетрясения 1927 г. в Крыму. *Природа*. 1928. № 6. С. 523—541.
12. Дмитриевский А.Н., Валяев Б.Н. Углеродная дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений: развитие идей П. Н. Кропоткина. *Мат-лы конф. «Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений»*. Москва: ГЕОС, 2010. С. 7—10.
13. Дмитриевский А.Н., Валяев Б.Н. Флюидогеохимические и генетические аспекты гидратоносности разреза осадков дна Мирового океана. *Геодинамика и нефтегазоносные структуры Черноморского региона*. 2002. С. 58—59.
14. Краюшкин В.А. Абиогенно-мантийный генезис нефти. Киев: Наук. думка, 1984. 176 с.
15. Кропоткин П.М., Валяев Б.Н. Геодинамика грязевулканической деятельности (в связи с нефтегазоносностью). *Геологические и геохимические основы поиска нефти и газа*. Киев: Наук. думка, 1980. С. 148—178.
16. Кропоткин П.Н., Валяев Б.Н. Тектонический контроль процессов дегазации Земли и генезис углеводородов. *Тр. XXVII геол. конгресса*. Т. 13. Москва: Наука, 1984. С. 13—25.
17. Лимонов А.Ф. Грязевые вулканы. *Соросовский образовательный журнал*. 2004. Т. 8. № 1. С. 63—69.
18. Мамедов П.З., Гулиев И.С. Субвертикальные геологические тела в осадочном чехле Южно-Каспийской впадины. *Изв. Аз. АН. Науки о Земле*. 2003. № 3. С. 10—15.
19. Никонов А.А. Крымские землетрясения 1927 г. Неизвестные явления на море. *Природа*. 2002. № 9. С. 13—20.
20. Осика Д.Г. Флюидный режим сейсмически активных областей. Москва: Наука, 1981. 204 с.
21. Осика Д.Г., Черкашин В.И. *Флюидодинамика и сейсмичность*. Махачкала. 2004. 176 с.
22. Парфонова В.В. Тяжкие вздохи Земли. *Литературная газета*. № 23. 2002.
23. Плотников А.М. Потери углеводородов на грязевых вулканах Керченского полуострова. Геология и нефтегазоносность Причерноморской впадины. Киев: Наук. думка. 1967. С. 72—81.
24. Рахманов Р.Р. Грязевые вулканы и их значение в прогнозировании газонефтеносности недр. Москва: Недра, 1987. 174 с.
25. Рибак О.М., Паришев О.О., Иноземцев Ю.И., 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. С. 63—76. <https://doi.org/10.15407/grimo2024.01.063>
26. Русаков О.М., Кутас Р.И. Проблемы оценки нефтегазоносности северо-восточной части украинского сектора Черного моря. *Геофиз. журнал*. 2011. Т. 33. № 4. С. 50—61.
27. 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.
28. Собисевич А.Л., Горбатилов А.В., Овсяченко А.Н. Глубинное строение грязевого вулкана Горы Карабетовой. *ДАН РАН*. 2008. 22, № 4. С. 542—546.
29. Старостенко В.И., Макаренко И.Б., Русаков О.М. и др. Геофизические неоднородности Черного моря. *Геофиз. журн*. 2010. 32, № 5. С. 3—20.
30. Туголесов А.Д., Горшков А.С., Мейснер Л.Б., Соловьев В.В., Хахалев Е.М. Тектоника мезокайнозойских отложений Черноморской впадины. Москва: Недра, 1985. 216 с.

31. Хаустов В.В. О глубинных водах Южно-Каспийской впадины. *Ученые записки: электронный журнал Курского гос. ун-та*. 2011. № 2(18). 8 с.
32. Шимановский С.В. Сообщение о Крымском землетрясении 12 сентября 1927 г. Черноморские землетрясения 1927 года и судьбы Крыма. Симферополь: Крымгосиздат. 1928. С. 43—49.
33. Шнюков Е.Ф. Грязевые вулканы Черного моря как поисковый признак газогидратов метана. *Литология и полезн. ископаемые*. 2013. С. 119—127.
34. Шнюков Е.Ф. Флюидогенная минерализация грязевых вулканов Азово-Черноморского региона. Киев: ГНУ ОМГОР НАН Украины. 2016. 194 с.
35. Шнюков Е.Ф., Гнатенко Г.И., Нестеровский В.А. Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона. Киев: Наук. думка, 1992. 199 с.
36. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Пасынков А.А. Газовый вулканизм Черного моря. Киев: Логос. 2013. 384 с.
37. Шнюков Е.Ф., Нетребская Е.Я. Корни черноморских грязевых вулканов. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2013. № 1. С. 87—92.
38. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А., Кутний В.А., Гусаков И.Н., Трофимов В.В. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар, 2005. 176 с.
39. Шнюков Е.Ф., Янко В.В. Газоотдача дна Черного моря: геолого-поисковое, экологическое и навигационное значение. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*. Т. 19. Вип. 4(23). 2014. С. 225—241.
40. Шнюков Є.Ф., Коболев В.П. Вогняні газові плюми під час ялтинських землетрусів 1927 року. *Геол. і кор. копалини Світового океану*. 2021. № 4. С. 3—21.
41. Cooper, M.C., Selley, R.C., Cartwright, J.A. 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, P. 163—165.
42. Derr, J.S. Earthquake lights: a review of observations and theories. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 63, 1973. P. 2177—2187. <https://doi.org/10.1785/BSSA0630062177>
43. Gold, T., Soter, S. Fluid ascent through the solid lithosphere and its relation to earthquakes. *Pure Appl. Geophys.* 122. 1985. P. 492—530. <https://doi.org/10.1007/BF00876389>
44. Montandon, F. Lueurs et malaise d'origine seismique. *Geogr. Helv.* 3, 1948. P. 157—178.
45. Ouellet, M. Earthquake lights and seismicity. *Nature*. 348, 1990. P. 492. <https://doi.org/10.1038/348492a0>

Стаття надійшла 09.04.2025

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

SSI «MorGeoEcoCenter NAS of Ukraine»

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

**FIRE PHENOMENA IN THE BLACK SEA
DURING THE 1927 CRIMEAN EARTHQUAKES
AS POSSIBLE INDICATORS OF OIL AND GAS POTENTIAL**

This article explores the relationship between the 1927 Crimean earthquakes and the activity of submarine mud volcanoes south of Crimea. Particular emphasis is placed on massive gas emissions accompanied by fiery flashes, considered potential indicators of subsurface processes. It is shown that mud volcanoes - typically formed within seismically active fold systems of Alpine tectogenesis — along with other geological structures such as magmatic volcanoes, hydrocarbon deposits, artesian basins, and geysers, are components of fluid-dynamic systems sensitive to changes in tectonic stress within the Earth's crust. The study of such systems opens new perspectives for modeling the mechanisms of seismic event formation and for predicting seismic activity. Furthermore, the observed fiery phenomena may point to the region's significant hydrocarbon potential.

Keywords: mud volcanoes, Black Sea basin, earthquakes, fiery phenomena, gas emissions.