



УДК 551.24:553.981(262.5-17)

<http://dx.doi.org/dopovidi2016.03.055>

Т. А. Мельниченко, А. І. Воробйов, А. М. Гейхман

ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України”, Київ

E-mail: vorobiev@casre.kiev.ua, ageixman@casre.kiev.ua

Вплив геотектонічної активності на обсяги газових виділень у північній частині Чорного моря

(Представлено академіком НАН України В. І. Ляльком)

Наведено результати аналізу зв'язків між геодинамічною активністю та кількістю й обсягами виділень газів у північній частині Чорного моря.

Ключові слова: землетруси, міграція вуглеводнів, аномалії пониження температури поверхні моря, розломи, нафтогазоносність.

Методика проведених досліджень базується на виявленні та підрахунку кількості аномалій пониження температури (АПТ) поверхні моря в теплі сезони року на космічних знімках (КЗ) супутника NOAA, зареєстрованих у тепловому діапазоні, і зіставлення числа АПТ, зафіксованих у різний час, з періодами підвищення тектонічної активності регіону [1–3]. Виявлення нафтогазоперспективних ділянок на морі супутниковими методами повинно базуватися на визначенні аномалій у фізичних характеристиках приповерхневого шару моря.

Сучасні рухи тектонічних плит вздовж розломних зон активізують землетруси (ЗТР) у земній корі, що призводить до підвищення напруг і змін у проникності осадової товщі, за рахунок чого підсилюється процес міграції вуглеводнів (ВВ) до дна моря, а потім до його поверхні. Спливання бульбашок ВВ-газів з дна до поверхні моря стимулює винос холодних придонних морських вод, що спричинює утворення АПТ поверхні моря, які у шельфових зонах Чорного моря (ЧМ) можуть виявлятися супутниковими зйомками у тепловому діапазоні [1].

Флюїдопровідні властивості порід геологічного розрізу і міграція ВВ залежать від ряду факторів. Один з них — напружений стан порід, що зумовлює стискання або їх розтягання. Тектонічне стискання приводить до погіршення проникності флюїдів у шарах геологічного розрізу, а розтягання — до формування флюїдопровідних ділянок та зон підвищеної тріщинуватості [4]. Відомо, що флюїди переміщуються із зон великого геостатичного тиску

© Т. А. Мельниченко, А. І. Воробйов, А. М. Гейхман, 2016

(прогинів) у зони меншого тиску. Об'єм горизонтального переміщення флюїдів відносно вертикального збільшується із зростанням проникності та потужності шарів порід.

Розривні порушення, що розсікають неущільнені глини, є основними шляхами міграції ВВ-флюїдів [4–6]. У деяких випадках вертикальний рух потоку флюїдів відбувається і не по розломах, але за своїм об'ємом він значно менший, ніж потік флюїдів через розривні порушення [3]. При виявленні проявів геофлюїдодинамічних процесів на акваторіях звичайно використовується комплекс геотермічних, геохімічних, гідроакустичних і сейсмоакустичних методів. Виміри у більшості цих методів, як правило, проводяться епізодично і вздовж профілів. Супутникові методи забезпечують оперативність, значні площі покриття, мають відносно невисоку вартість зйомок. Основними критеріями прогнозу нафтогазоносності ділянок акваторії ЧМ за допомогою супутникових методів є прояви геофлюїдодинамічних процесів у вигляді температурних аномалій (за рахунок вивержень газів, які мігрують з глибинних покладів ВВ до поверхні моря) і плівок нафти на поверхні моря. Зважаючи на значну кількість факторів, які впливають на утворення покладів ВВ у акваторії ЧМ, прогноз його нафтогазоносності повинен базуватися на комплексному вивченні процесів генерації, міграції і акумуляції ВВ за допомогою геологічних, геофізичних, геохімічних і супутникових методів. Враховуючи пульсаційність процесів міграції ВВ, для підвищення надійності прогнозу нафтогазоносності необхідно застосовувати супутниковий моніторинг — періодичну реєстрацію супутникових зображень моря у різних спектральних діапазонах, що дає можливість вивчати фізичні характеристики приповерхневого шару морської товщі.

Мета проведеного дослідження полягала у вивченні зв'язків між геодинамічною активністю ЧМ та прилеглої до ЧМ території Малої Азії, в межах північно-західної частини якої у серпні 1999 р. відбулося кілька сильних ЗТР, і обсягами виділень газу, які визначалися за матеріалами супутникових зйомок (СЗ) північної частини ЧМ у тепловому діапазоні. Основна увага була приділена аналізу кореляції підвищення тектонічної активності, яке спостерігалось перед катастрофічними ЗТР, один з яких відбувся 17 серпня 1999 р. в районі м. Ізміт (північна частина Анатолійської тектонічної плити — в межах західної частини Північно-Анатолійського розлому).

Для обчислення графіків залежності магнітуд ЗТР від часу було вибрано прямокутну ділянку Малої Азії з координатами 35–42 градусів по широті і 26–45 градусів по довготі. На рис. 1 наведено графіки магнітуд ЗТР, які відбувалися в цьому регіоні протягом серпня 1999 р. На графіках катастрофічний ЗТР проявляється у вигляді пікового стрибка з магнітудою 7,9 бала за шкалою Ріхтера. На графіку рис. 1, *a* по осі абсцис винесено номери ЗТР, а по осі ординат — значення магнітуд ЗТР. Протягом усього серпня 1999 р. у даному регіоні спостерігався високий рівень сейсмічності: середній рівень магнітуд ЗТР становив 4–4,5 бала за шкалою Ріхтера, а загальна кількість ЗТР досягла 160.

На графіку рис. 1, *b* по осі абсцис винесено дату ЗТР, а по осі ординат — значення магнітуд ЗТР. З рис. 1, *b* видно, що перед катастрофічним землетрусом 17 серпня відзначалося зменшення сейсмічної активності (середнє значення магнітуди становило 3 бали, а кількість ЗТР — один за добу). 17 серпня відбулося 14 ЗТР, причому магнітуди їх поступово збільшувалися від 3,3 до 5,1 бала, а потім різко зросли до 7,9 бала за шкалою Ріхтера. Аналіз ЗТР у вересні 1999 р. показав спад фонового рівня сейсмічної активності — кількість землетрусів зменшилася до 40 за весь місяць. За період з жовтня по грудень 1999 р. графіки магнітуд мають складний характер. На початку жовтня спостерігалось локальне у часі зниження рівня тектонічної активності і пов'язаної з нею сейсмічності і більш тривалий у часі підвищений фоновий рівень сейсмічності (близько 3,8 бала за шкалою Ріхтера).

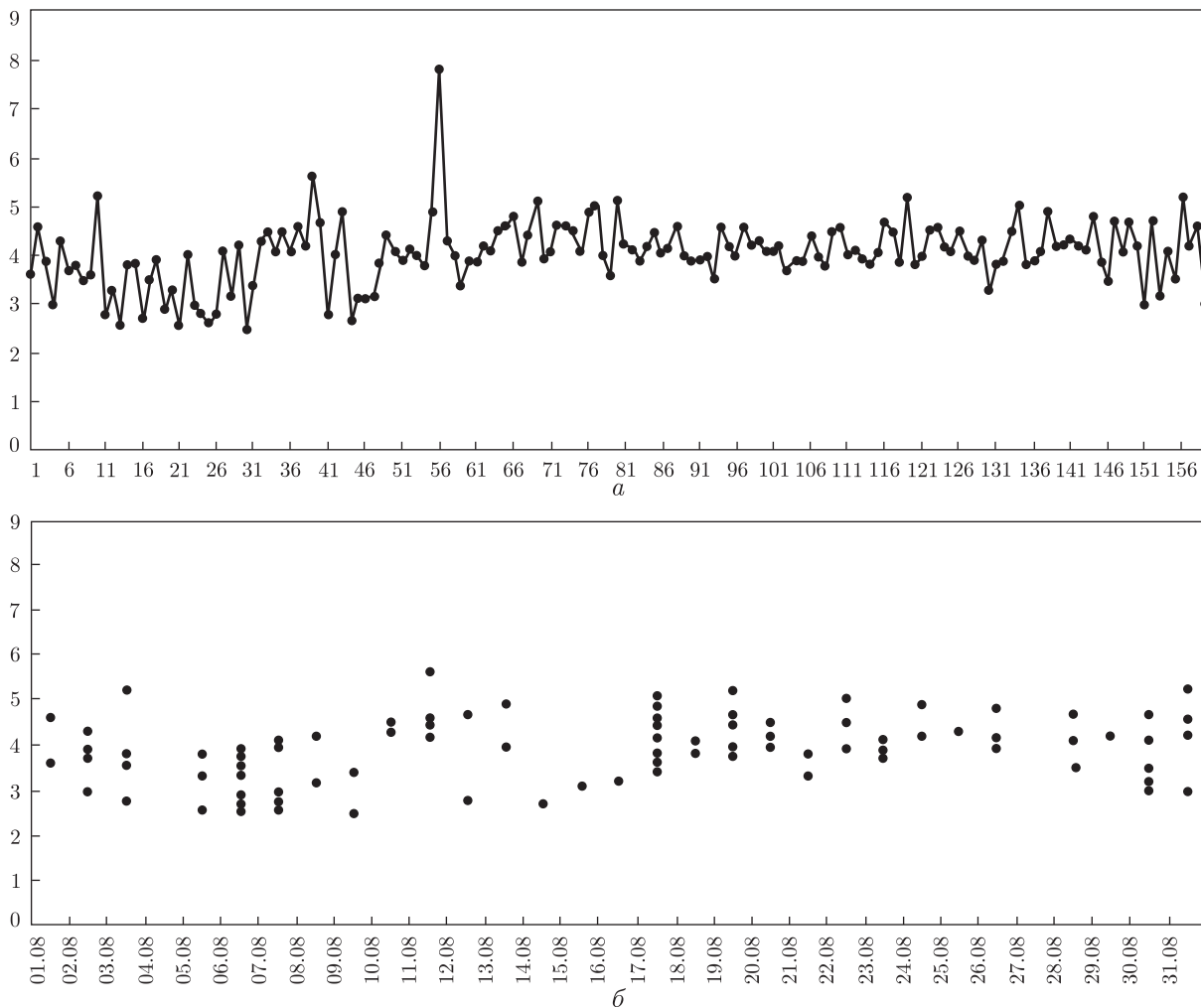


Рис. 1. Графік магнітуд землетрусів, які відбулись у серпні 1999 року

12 листопада 1999 р. відбувся катастрофічний землетрус з магнітудою 7,5 бала. Перед цим ЗТР спостерігалось зниження магнітуд з 5,3 до 2,6 бала, а потім різке зростання до 7,5 бала за шкалою Ріхтера. Після цього ЗТР відбувалося поступове зменшення рівня сейсмічності до середини грудня, а потім — його підвищення.

Протягом грудня 1999 р. зареєстровано кілька локальних у часі трендів зміни рівня сейсмічності в першій і другій половині місяця. Зіставлення тектонічної активності з кількістю виділень газу і пов'язаних з ними АПТ поверхні моря проведено за матеріалами СЗ північної частини ЧМ у межах економічної зони України. На рис. 2 і 3 наведено результати виявлення АПТ у північно-східній і північно-західній частинах ЧМ за матеріалами космозйомок у червні–серпні 1999 р. Крім 1999 р. були також проаналізовані КЗ супутника NOAA за травень–вересень 2000 і 2001 рр. у північно-східній і північно-західній частинах ЧМ. Результати підрахунку числа АПТ поверхні моря у відповідні періоди часу наведено у табл. 1.

По північно-східній частині ЧМ проаналізовано 64 КЗ супутника NOAA: за червень — 7, за липень — 30, за серпень — 27. На п'яти знімках виявлено: на двох знімках 9 АПТ у

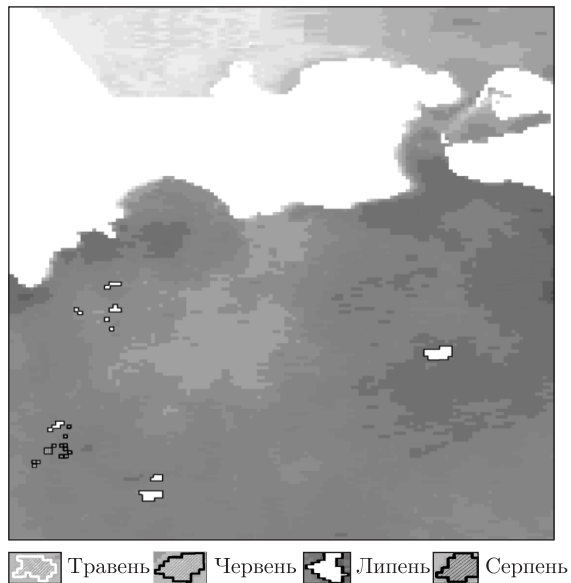


Рис. 2. АПТ поверхні моря, виявлені за КЗ у північно-східній частині ЧМ у 1999 році

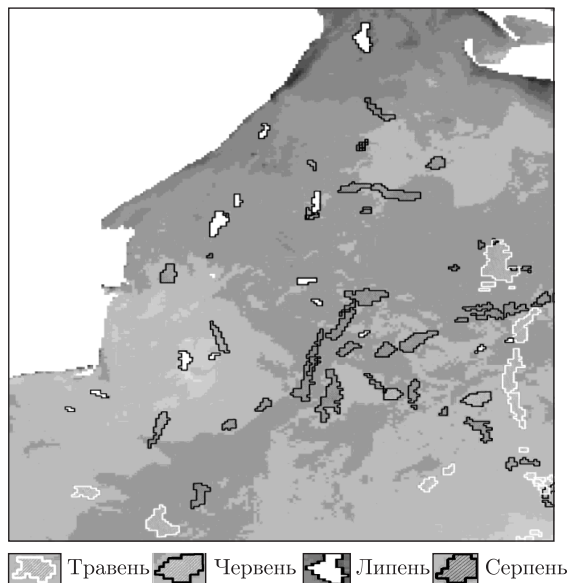


Рис. 3. АПТ поверхні моря, виявлені за КЗ у північно-західній частині ЧМ у 1999 році

серпні, на трьох — 9 АПТ у липні. В середньому виявлено 9 АПТ за місяць. По північно-західній частині ЧМ проаналізовано 102 КЗ супутника NOAA: за травень — 17, за червень — 15, за липень — 32, за серпень — 38. На 22-х з них виявлено АПТ: 13 на чотирьох КЗ, зареєстрованих у травні, 5 на трьох КЗ — у червні, 18 на шести КЗ — у липні, 37 на дев'яти КЗ — у серпні. У середньому виявлено 18 АПТ за місяць. Результати, наведені в табл. 1, свідчать про зв'язок кількості АПТ, виявлених протягом травня–серпня 1999 р. в різних районах ЧМ, зі збільшенням тектонічної активності в північно-західній частині ЧМ порівняно з північно-східною частині ЧМ. Це можна пояснити близькістю північно-західної частини

Таблиця 1. Аномалії пониження температури морської поверхні у різні періоди тектонічної активності, визначені за матеріалами космозйомок

| Область зйомок супутником NOAA | Рік | Місяць | Аналізовано КЗ | Відібрано КЗ з АПТ | Кількість виявлених АПТ | Середня кількість АПТ за місяць |
|--------------------------------|------|----------|----------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Північно-східна частина ЧМ | 1999 | Червень | 7 | — | — | 9 |
| | | Липень | 30 | 3 | 9 | |
| | | Серпень | 27 | 2 | 9 | |
| Північно-східна частина ЧМ | 2000 | Травень | 8 | 2 | 6 | 10 |
| | | Червень | 15 | — | — | |
| | | Липень | 30 | 6 | 22 | |
| | | Серпень | 26 | 2 | 3 | |
| | | Вересень | 4 | — | — | |
| Північно-східна частина ЧМ | 2001 | Травень | 9 | 1 | 4 | 4 |
| | | Червень | 9 | 1 | 3 | |
| | | Липень | 10 | — | — | |
| | | Серпень | 14 | 3 | 6 | |
| | | Вересень | 1 | — | — | |
| Північно-західна частина ЧМ | 1999 | Травень | 17 | 4 | 13 | 18 |
| | | Червень | 15 | 3 | 5 | |
| | | Липень | 32 | 6 | 18 | |
| | | Серпень | 38 | 9 | 37 | |

ЧМ до області підвищення сейсмічної активності, яке спостерігалось в цей період у межах Північно-Анатолійського розлому.

На підставі вищенаведених даних можна зробити такі висновки.

Найбільшу кількість АПТ виявлено за матеріалами КЗ NOAA протягом травня–серпня 1999 р. у північно-західній частині ЧМ у період найвищої сейсмічної активності, яка спостерігалась в цей час у межах західної частини Північно-Анатолійського розлому.

Виявлені протягом 1999–2001 рр. АПТ поверхні моря можна пов'язати з підвищенням тектонічної активності в цьому регіоні, що стимулює збільшення обсягів вертикальної міграції ВВ-газів у осадовій товщі до дна моря, а потім спливання бульбашок ВВ-газів до поверхні моря. Оскільки бульбашки газу, піднімаючись вгору, проходять через товщу води і виносять на поверхню холодні придонні води, то на поверхні моря утворюються АПТ (зафіксовані на КЗ).

Кількість виявлених АПТ на поверхні моря залежить від тектонічної активності. Підвищення сейсмічної активності спричиняє збільшення обсягів виділень газів з дна моря і кількості АПТ.

Найбільш ефективно супутникові методи можна використовувати для пошуків покладів газу в періоди підвищення сейсмічної активності, коли відбувається зростання обсягу вертикальної міграції ВВ-газів з глибинних порід і їх виділень з дна моря, що приводить до збільшення значень АПТ поверхні моря.

Цитована література

1. *Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування* / За ред. В. І. Лялька, М. О. Попова. – Київ: Наук. думка, 2006. – 357 с.
2. *Воробйов А. І., Лялько В. І., Попов М. О.* Спосіб пошуку нафтогазоносних об'єктів на морському шельфі: Пат. на винахід 77811 Україна. – Оpubл. 15.01.2007, Бюл. № 1.
3. *Шнюков Е. Ф., Ступіна Л. В., Рыбак Е. Н. и др.* Грязевые вулканы Черного моря (каталог). – Киев: Логос, 2015. – 259 с.

4. Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. – Москва: КДУ, 2005. – 560 с.
5. Егоров В. Н., Артемов Ю. Г., Гулин С. Б. Метановые сипы в Черном море: средообразующая и экологическая роль / Под. ред. Г. Г. Поликарпова. – Севастополь: НПП “ЭКОСИ-Гидрофизика”, 2011. – 405 с.
6. Ермаков В. И., Зорькин Л. М., Скоробогатов В. А., Старосельский В. И. Геология и геохимия природных горючих газов: Справочник / Под. ред. И. В. Высоцкого. – Москва: Недра, 1990. – 315 с.

References

1. *Multispectral remote sensing methods in problems of nature*, Ed. V.I. Lyalko, M.A. Popov, Kiev, Nauk. Dumka, 2006 (in Ukrainian).
2. Vorobyov A.I., Lyalko V.I., Popov M.O. Patent of Ukraine № 77811, Way of finding oil and gas facilities offshore, Publ. 15.01.2007, Bull. No 1.
3. Shnyukov E.F., Stupina L.V., Rybak E.N. et al. Mud volcanoes of the Black Sea (catalog), Kiev: Logos, 2015 (in Russian).
4. Khain V.E., Lomize M.G. Geotectonics with fundamentals of geodynamics, Moscow: KDU, 2005 (in Russian).
5. Egorov V.N., Artyomov Yu.G., Gulin S.B. Metane vultures in the Black Sea: sredoobrazuyushchy and ecological role, Sevastopol: NPTs “EKOSI-Gidrofizika”, 2011 (in Russian).
6. Ermakov V.I., Zorkin L.M., Skorobogatov V.A., Staroselsky V.I. Geologiya and geochemistry of natural combustible gases: Reference book, Moscow: Nedra, 1990 (in Russian).

Надійшло до редакції 15.09.2015

Т. А. Мельниченко, А. И. Воробьев, А. М. Гейхман

ГУ “Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины”, Киев

E-mail: vorobiev@casre.kiev.ua, ageixman@casre.kiev.ua

Влияние геотектонической активности на объемы газовых выделений в северной части Черного моря

Приведены результаты анализа связей между геодинамической активностью, количеством и объемами выделений газов в северной части Черного моря.

Ключевые слова: землетрясения, миграция углеводородов, аномалии понижения температуры поверхности моря, разломы, нефтегазоносность.

T. A. Melnichenko, A. I. Vorobiev, A. M. Geykman

Scientific Center for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Science of the NAS of Ukraine, Kiev

E-mail: vorobiev@casre.kiev.ua, ageixman@casre.kiev.ua

Influence of the geotectonic activity on volumes of gas seeps in the north part of the Black Sea

The results of the analysis of relations between the geodynamic activity and the volume of releasing hydrocarbon gases in the northern part of the Black Sea are presented.

Keywords: earthquakes, migration of hydrocarbons, anomaly of a lowering in the temperature of the sea surface, faults, petroleum potential.