



УДК 528.8.04:001.12(1-9)(26.03)

Академік НАН України В. І. Лялько, А. І. Воробйов, А. М. Гейхман

Зміщення бульбашок газу при спливанні з дна до поверхні моря

Аналізуються величини зсуву течіями у морській товщі бульбашок газу при їх спливанні і виносі холодних придонних вод з дна до поверхні моря, що приводить до утворення аномалій зниження температури (АЗТ), які при достатніх об'ємах виділень газу можуть слугувати пошуковим критерієм наявності покладів вуглеводнів (ВВ). Під впливом морських течій відбувається зміщення АЗТ поверхні моря по латералі на відстані до кілька сотень метрів відносно місць виділення ВВ з дна моря, що необхідно враховувати при пошуках покладів ВВ на морі за матеріалами супутникових зйомок у тепловому діапазоні.

Ключові слова: супутникові зйомки, тепловий діапазон супутникових зйомок, аномалії зниження температур поверхні моря, швидкісні шари моря, спливання бульбашок газу.

Важливим критерієм прогнозу нафтогазоносності в межах акваторії Чорного моря за допомогою космічних методів є прояви міграції вуглеводнів у вигляді плівок нафти на поверхні моря та аномалій зниження температури (АЗТ) поверхні моря у теплий сезон року за рахунок виносу холодних придонних вод (процес газліфтингу) при спливанні бульбашок газу з дна до поверхні моря [1–10].

Прояви міграції газів з глибинних покладів вуглеводнів (ВВ) при достатніх обсягах вивержень газу з дна моря можуть бути виявлені за допомогою супутникових методів, що дозволяє виділяти ділянки для постановки детальних сейсмічних робіт. Для підвищення ефективності супутникових методів при виявленні місць виділення ВВ з дна моря у Центрі аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України розроблено ряд способів, на які отримано патенти [3–6].

За рахунок зносу течіями бульбашок газу при їх спливанні з дна до поверхні моря відбувається зсув АЗТ відносно місця виверження газу. Тому при прогнозі положення глибинних покладів ВВ необхідно врахувати не тільки непертикальність розривних порушень, уздовж яких відбувається міграція вуглеводнів з глибинних покладів до дна моря, а й зміщення АЗТ поверхні моря та їх положення на супутникових зображеннях, зареєстрованих у тепловому діапазоні.

© В. І. Лялько, А. І. Воробйов, А. М. Гейхман, 2015

Вирішення задачі визначення зміщення АЗТ та їх відображення на космічних знімках (КЗ) теплового діапазону відносно виділень газу на дні моря дає змогу спільну обробку і нагромадження рядів КЗ, зареєстрованих у різні періоди часу, що дозволяє підвищити ефективність супутникових технологій при виявленні малих за обсягами виділень ВВ з дна моря.

У даній роботі описано алгоритми і програми обчислення зміщення АЗТ з урахуванням параметрів течій (швидкостей і напрямів), які використовуються у новій супутниковій технології пошуку покладів нафти і газу, що базується на визначенні і врахуванні зміщення АЗТ відносно місць виділення ВВ з дна моря, а також наведено приклади застосування цього підходу.

Інформацію про швидкості течій у шарах морської товщі для заданого часу можна отримати згідно результатів обчислень прогностичної моделі в Чорноморському центрі Морського гідрофізичного інституту НАН України [8], який є частиною Міжнародної системи Європейських Центрів Морських Прогнозів у проєкті MYOCEAN (<http://www.myocean.eu>). Дані про течії, температури та інша інформація оновлюються кожні три години та знаходяться у файлі NET. NC — цифровому файлі у кодах ASCII, при цьому задається 38 інтервалів глибин шарів моря.

Існуюча сітка спостережень гідрофізичних параметрів має розмір 5×5 км. В опис вхідних даних входять 5 гідрологічних параметрів, серед яких зональна (широтна) компонента швидкості течії, що розглядається в залежності від глибини, та меридіональна компонента швидкості течії. У каталозі REANALIS зберігається архів даних, на сайті MYOCEAN — космічні знімки на сайті LANDSCAPE. На сайті http://www.Dvs.next.ua/index_ru.shtml виставлено сирі, майже не оброблені КЗ. Використовуються дані зйомок супутниками **MODIS**, **NOAA** й **МЕТОР**.

Для перегляду КЗ в меню сайту http://www.Dvs.next.ua/index_ru.shtml необхідно увійти в “Морской портал НКАУ”. На цьому сайті зберігається інформація стосовно Чорного і Азовського морів.

Для визначення зносу бульбашок газу і пов’язаних з ними аномалій температури, а також плівок нафти на поверхні моря відносно місць виділення ВВ з дна моря розроблено програмний комплекс, який дозволяє розв’язувати пряму і зворотну задачі. При розв’язанні прямої задачі за точками виділення ВВ на дні моря та параметрами течій обчислюється положення АЗТ на поверхні моря.

Програмний комплекс також дозволяє розв’язувати зворотну задачу — обчислення і введення поправки на зсув АЗТ поверхні моря відносно місць їх виділення та визначати положення точок надходження ВВ на дні моря.

Для забезпечення ефективності виявлення виділень газу вибирають літній період часу, сприятливий з точки зору більш простих і стабільних у часі моделей циркуляції морської товщі.

У товщі Чорного моря діють течії, напрям і швидкості яких змінюються залежно від часу, глибини і географічного положення ділянки моря [2, 8]. Швидкості течій у береговій зоні не перевищують 20–30 см/с, а в області основної Чорноморської течії (ширина 40–80 км) на поверхні моря можуть досягати 40–50 см/с. У глибоководній частині Чорного моря швидкості течій становлять 5–15 см/с і зменшуються з глибиною [2]. Течії у товщі моря спричинюють зміщення АЗТ поверхні моря відносно ділянки виверження метану за рахунок зносу бульбашок газу при їх спливанні з дна до поверхні моря. Рис. 1 ілюструє осереднену залежність зміни швидкості течій з глибиною.

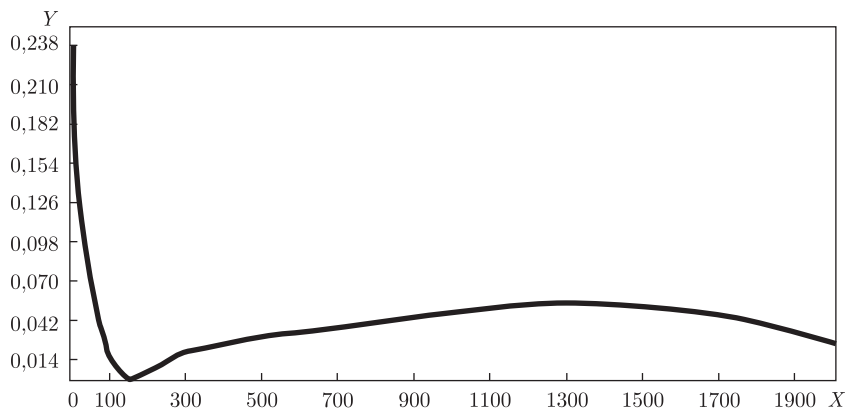


Рис. 1. Осереднена залежність змін модулів швидкості течій з глибиною. Вісь Y — швидкість, м/с; X — глибина, м

З рисунку видно, що найбільш високі швидкості течій спостерігаються в інтервалі глибин від 0 м до 70–80 м, а в глибоководній частині моря швидкості течій змінюються досить повільно і не перевищують 6 см/с. При цій швидкості течій зміщення АЗТ при спливанні бульбашок газу з глибини 2000 м до глибини 200 м становитиме 540 м. Це свідчить про те, що при малих швидкостях течій і значному інтервалі глибин зміщення АЗТ можуть бути досить значними.

При розв'язанні прямої і зворотної задачі визначення зміщення аномалій зниження температури поверхні моря, швидкості спливання бульбашок газу задають із врахуванням результатів досліджень, наведених у науковій публікації [9]. За цими даними встановлено, що переважаюча частина бульбашок газу має швидкості спливання в діапазоні від 0,2 до 0,3 м/с. Такі швидкості підйому мають бульбашки газу з розмірами від 1,2 до 20,0 мм. При середній швидкості спливання бульбашок газу 0,2 м/с для підйому їх з глибини 600 м до поверхні моря необхідно 100 хв. У разі одношарової моделі моря і швидкості течії у ній 0,2 м/с зміщення місця спливання бульбашок газу на поверхню моря відносно місця їх виділення з дна моря може становити 750 м, що свідчить про значні величини зміщень АЗТ.

При врахуванні зміщення АЗТ поверхні моря для заданої прямокутної ділянки кожного із КЗ, зареєстрованих у різні періоди часу, обчислюють карту аномальних температур поверхні моря. Зміщення пікселів на кожному КЗ визначають за значеннями напрямів і швидкостей течій, які обчислюють за параметрами відповідної моделі циркуляції [8]. Загальний знос течіями бульбашок газу при їх спливанні з дна до поверхні моря дорівнює сумі зносів у кожному з N шарів морської товщі [4, 5].

Напрями течій та їх абсолютні величини наведені у вигляді GRD файлів, які зручно представляти у вигляді векторних карт. Є можливість будувати карти швидкостей течій на 38 рівнях з діапазону глибин від 0 до 2100 м [5]. Як видно з рис. 2, кожна точка морського дна є точкою виділення газових бульбашок, які спливають з дна до поверхні моря зі швидкістю 0,2 м/с. У процесі спливання бульбашки газу зносяться течіями. Рисунок демонструє карту зміщення течіями бульбашок газу, які вони зазнали в процесі спливання з дна до поверхні моря. Значення величин та напрямів зміщень відносяться до точки початку відповідного вектора. Параметр величин відображають довжиною вектора відносно довжини вектора, який наведений у лівому нижньому куті рисунку і є аналогом масштабу.

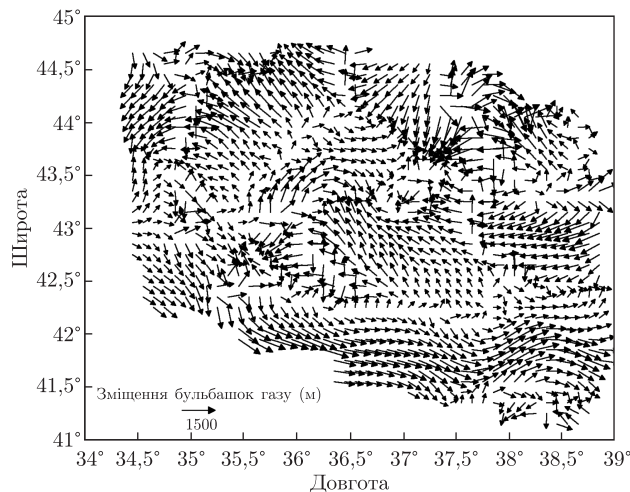


Рис. 2. Карта зміщення бульбашок, якщо вважати кожен точку морського дна джерелом виділення бульбашок газу.

Зміщення наведені в метрах, латеральні координати — в градусах. Використані карти швидкостей течій на 00.00 год 01.06.2013 р.

Як відзначалось вище, поведінка морських течій досить складна, наприклад, з глибиною напрям течій може змінюватись у широкому діапазоні. З рис. 2 видно, що найбільші зміщення бульбашок газу спостерігаються в межах Основної Чорноморської течії та в північно-східній частині Чорного моря. Також видно, що карта зміщень бульбашок газу має досить складний характер по латералі. Зокрема на ній спостерігаються ділянки, де зміщення бульбашок газу майже відсутні. Ці ефекти ймовірно виникають внаслідок різного напрямку течій у різних шарах морської води.

На підставі наведеного вище можна зробити висновок про те, що величини зміщення бульбашок газу при спливанні з дна до поверхні моря залежать від багатьох факторів: зокрема глибини моря, швидкості спливання, а також швидкості і напрями течій у шарах морської товщі, які змінюються з часом. Останній фактор є особливо важливим при нагромадженні карт температур поверхні моря, які обчислюють за рядами супутникових знімків, зареєстрованих у тепловому діапазоні.

Внесок у зміщення бульбашок газу інтервалу глибин моря до 100 м від його поверхні при швидкості течій 40 см/с може досягати близько 200 м. У глибоководній частині Чорного моря ця величина за рахунок значної потужності інтервалу глибин (до 1900 м) при швидкості течій 6 см/с може досягати 500 м.

Цитована література

1. *Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування* / За ред. В.І. Лялька, М.О. Попова. – Київ: Наук. думка, 2006. – 360 с.
2. *Блатов А.С., Иванов В.А. Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Черного моря.* – Киев: Наук. думка, 1992. – 244 с.
3. *Пат. Україна № 77811. Спосіб пошуку нафтогазоносних об'єктів на морському шельфі* / А.І. Воробйов., В.І. Лялько, М.О. Попов. – Бюл. № 1 від 15.01.2007 р.
4. *Пат. Україна № 94322. Спосіб пошуку покладів газу на морі* / А.І. Воробйов, В.І. Лялько. – Бюл. № 8 від 26.04.2011 р.

5. Пат. Україна № 104515. Спосіб виявлення покладів газу з урахуванням зносу аномалій пониження температур поверхні моря / В.І. Лялько, Г.К. Коротаєв, А.І. Воробйов, Ю.Б. Ратнер, А.Л. Холод, А.М. Гейхман. – Бюл. № 3 від 10.02.2014 р.
6. Пат. Україна № 107124. Спосіб пошуку покладів газу з урахуванням зносу аномалій пониження температур поверхні моря / А.І. Воробйов, В.І. Лялько, А.М. Гейхман. – Заявл. 05.03.2013; Бюл. № 22 від 25.11.2014 р.
7. Гожик П. Ф., Багрій І. Д., Войцицький З. Я., Гладун В. В. та ін. Геолого-структурно-термо-атмо-геохімічне обґрунтування нафтогазоносності Азово-Чорноморської акваторії. – Київ: Логос, 2010. – 419 с.
8. Дорофеев В. Л., Коротаев Г. К., Мартынов М. В., Ратнер Ю. Б. Система мониторинга гидрофизических полей Черного моря в квазиоперативном режиме: [Зб. наук. праць] // Екологічна безпека прибережної і шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу. – 2004. – Вип. 11. – С. 9–23.
9. Егоров В. Н., Артемов Ю. Г., Гулин С. Б. Метановые сипы в Черном море. Средообразующая и экологическая роль. – Севастополь: НИЦ ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – 405 с.
10. Спутниковые методы поиска полезных ископаемых: Сб. ст. / Под ред. В. И. Лялько, М. А. Попова. – Киев: Карбон, Лтд, 2012. – 436 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. Blatov A. S., Ivanov V. A. Hydrology and hydrodynamics of the shelf zone of the Black Sea, Kiev: Nauk. Dumka, 1992 (in Russian).
3. Pat. of Ukraine No 77811. Way of finding oil and gas facilities offshore, A.I. Vorobyov., V.I. Lyalko, M.O. Popov, Bull. No 1, 15.01.2007 (in Ukrainian).
4. Pat. of Ukraine No 94322, Way of finding gas reserves in the sea, A.I. Vorobyov, V.I. Lyalko, Bull. No 8, 26.04.2011 (in Ukrainian).
5. Pat. of Ukraine No 104515. Method for detecting gas deposits including depreciation anomalies of sea surface temperature lowering, V.I. Lyalko, G.K. Korotaev, A.I. Vorobiev, Y.B. Ratner, A.L. Cholod, A.M. Geykhman, Bull. No 3, 10.02.2014 (in Ukrainian).
6. Pat. of Ukraine No 107124, Way of finding deposits of gas including depreciation anomalies of sea surface temperature lowering, A. I. Vorobiev, V. I. Lyalko, A. M. Geykhman, Bull. No 22, 25.11.2014 (in Ukrainian).
7. Hozhyk P. F., Bagriy I. D., Voytsytskyi S. Ya. Gladun V. Y. et al. Geological and structural-thermal atmospheric-geochemical justify the Azov-Black Sea oil and gas area, Kiev: Logos, 2010 (in Ukrainian).
8. Dorofeev V. L. Korotaev G. K., Martynov M. V., Ratner Y. B. The monitoring system of the Black Sea hydrophysical fields in the quasi-operational mode: Ecological safety of coastal and shelf zones and complex use of shelf resources, 2004, 11 (in Ukrainian).
9. Egorov V. N., Artemov Yu. G., Gulyn S. B. Methane vents in the Black Sea. Environment-forming and ecological role, Sevastopol. SPC ECOS-Hydrophysics, 2011 (in Russian).
10. Satellite methods for mineral exploration, Collection of articles, Ed. V.I. Lyalko, M.A. Popov, Kiev, Carbon, Co., Ltd., 2012 (in Russian).

Смещение пузырьков газа при всплывании со дна до поверхности моря

ГУ “Научный центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины”, Киев

Анализируются величины смещений течениями в морской толще пузырьков газа при их всплывании и выносе холодных придонных вод со дна к поверхности моря, что приводит к образованию аномалий понижения температуры (АПТ), которые при достаточных объемах выделений газа могут служить поисковым критерием наличия залежей углеводородов (УВ). Под влиянием морских течений происходит смещение АПТ поверхности моря по латерали на расстояния до нескольких сотен метров относительно мест выделений УВ со дна моря, что необходимо учитывать при поисках залежей УВ на море с помощью спутниковых съемок в тепловом диапазоне.

Ключевые слова: спутниковые снимки, тепловой диапазон спутниковых снимков, аномалии понижения температур поверхности моря, скоростные слои моря, всплывание пузырьков газа.

Academician of the NAS of Ukraine V. I. Lyalko, A. I. Vorobiev, A. M. Geykhman

Displacement of gas bubbles at emerging from the bottom to the sea surface

Scientific center for Aerospace Research of Earth institute of Geological Science of the NAS of Ukraine, Kiev

Displacements of gas bubbles by currents in the sea thickness are analyzed at their emerging and carrying out of cold benthonic waters from the sea bottom to the sea surface that leads to the formation of temperature lowering anomalies, which, at sufficient volumes of gas discharges, can serve as the search criterion of the presence of hydrocarbon deposits. Under the influence of sea currents, there is a lateral displacement of temperature lowering anomalies along the sea surface at distances up to several hundred meters relatively the places of hydrocarbon discharges from the sea bottom. This should be considered during the searches for hydrocarbon deposits on the sea by means of satellite surveys in the thermal range.

Keywords: satellite pictures, thermal range of satellite pictures, anomalies of temperatures lowering of the sea surface, floating of gas bubbles, speed of currents.