

УДК 556.013

КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ АЗОВО-ЧОРНОМОРСЬКОГО БАСЕЙНУ – НЕОБХІДНА УМОВА ОПТИМАЛЬНОГО І СТАЛОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

© А.І. Гончар, Л.І. Шличек, 2007

Науково-технічний центр панорамних акустичних систем НАН України, м. Запоріжжя

Морські дослідження природних ресурсів повинні передбачати отримання інформації одночасно за декількома океанологічними дисциплінами: гідрофізика, хімія, біологія, геологія та геоecологія. Комплекс технічних засобів дослідницького судна повинен сприяти також рішенню практичних завдань в інтересах гідрографії (забезпечення навігаційної безпеки), пошуково-рятувальних операцій, екологічного контролю та екологічної безпеки видобутку і транспортування вуглеводневої сировини, іншої мінеральної сировини акваторій.

Морские исследования природных ресурсов должны предусматривать получение информации одновременно по нескольким океанологическим дисциплинам: гидрофизика, химия, биология, геология и геоecология. Комплекс технических средств исследовательского судна должен способствовать также решению практических заданий в интересах гидрографии (обеспечение навигационной безопасности), поисково-спасательных операций, экологического контроля и экологической безопасности добычи и транспортировки углеводородного сырья, другого минерального сырья акваторий.

Sea researches of natural resources are able to anticipate the receiving of information simultaneously according several oceanological branches of science: hydrophysics, chemistry, biology, geology, geoecology. The complex of technical means of the search craft are able to facilitate the decisions of practical tasks in the interests of hydrography: (navigation accident prevention), search-and-rescue operations, ecological control and ecological security of extraction of hydrocarbon and others mineral raw of water space.

ЕНЕРГОРЕСУРСИ, ОКЕАНОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ДИСТАНЦІЙНІ ЗАСОБИ, ДОННІ ВІДКЛАДИ, ГАЗОГІДРАТИ

Сьогоднішні реалії забезпечення енергоресурсами України такі, що вкрай необхідним стає вивчення ресурсних можливостей її морів, нарощування розвідки та видобутку корисних копалин, прокладка підводних кабелів, трубопроводів, екологічний контроль акваторій.

Враховуючи, що активізація морської господарської діяльності супроводжується помітним зростанням вартості судового часу, основними напрямками розвитку морських технологій в сучасних умовах є комплексність і оперативність всіх робіт, що проводяться.

Комплексність передбачає виконання робіт в рамках однієї науково-дослідної або інженерно-розвідувальної програми, спрямованих на одержання інформації одночасно за декількома океанологічними дисциплінами, такими як гідрофізика, хімія, біологія, морська метеорологія, геологія та геоecологія.

Реалізація розвідки, комплексності та оперативності океанологічних досліджень може бути досягнута створенням єдиного багатоцільового автоматизованого модульно-блочного інформаційно - вимірювального комплексу, здатного забезпечити процес автоматизації збору первинної, попередньої та остаточної обробки інформації при вивченні рельєфу та ґрунту дна, геофізичних і гідрометеорологічних полів Світового океану, а також екологічних параметрів середовища.

Гідроакустичний модуль такого комплексу повинен забезпечувати:

- зйомку по площі, метою якої є отримання рівномірного з високою щільністю покриття дна вимірами глибин для побудови цифрової моделі рельєфу дна або його псевдооб'ємного зображення;

- профілювання і стратифікацію шарів донних відкладів з визначенням товщі та типу ґрунту кожного шару;

- контроль трас прокладки та стану магістральних підводних трубопроводів, кабелів та інших підводних споруд;

- пошук затонулих та екологічно небезпечних об'єктів, що можуть знаходитися на дні (наприклад, звалища вибухових речовин, боєприпасів, інших хімічно активних речовин), виявлення навігаційних перешкод,

- виявлення характерних просторових, акустичних ознак окремих виявлених об'єктів.

Гідрофізичний та гідрохімічний модулі забезпечують вивчення та контроль за визначеними показниками стану водного середовища і т. д.

Єдина система збору, обробки та збереження інформації, створена на базі комп'ютерних систем кожного модулю, з'єднаних в єдину мережу:

- формування звітних матеріалів пошуку об'єктів, зйомки рельєфу, дистанційної ґрунтової зйомки та отриманих даних з інших модулів з прив'язкою до координат і часу отримання інформації,

- довгострокове збереження отриманої інформації в електронному вигляді,

- можливість з високою вірогідністю відновлення її при моніторингу акваторії.

Отримана за допомогою багатопроменевих ехолотів інформація про рельєф і ґрунт морського дна має тривимірний характер і в результаті комп'ютерної обробки перетворюється в батиметричну карту. Детальність такої карти, обмежена розрізнявальною здатністю приймально-випромінюючої системи, може бути істотно розширена, якщо сполучити ці дані з двомірною картиною рельєфу дна, одержаною за допомогою гідролокаторів бокового обзору (ГБО).

Задача вивчення структури верхньої товщі морського дна – перших десятків і сотень метрів донних відкладів вирішується з використанням сучасних цифрових систем гідроакустичного профілювання і стратифікації. Ці засоби сприяють вирішенню завдань підвищення ефективності профілювання (збільшення ефективної глибини профілювання та підвищення розрізнявальної здатності завдяки застосуванню параметричних антен та складних зондуючих сигналів), розвитку алгоритмів реконструкції внутрішньої структури дна за особливостями його відгуку на заданий зовнішній вплив, розвитку апаратно-програмних реалізацій систем профілювання (приймально-передавальних трактів, алгоритмів управління та обробки отриманої інформації).

Особлива увага повинна приділятися розвитку дистанційних засобів ґрунтової зйомки через те, що їх використання дозволяє виконувати дослідження під час руху судна, що забезпечує більш високу продуктивність зйомки. Інформація про ґрунт отримується від відбитих дном акустичних сигналів шляхом удосконалення програмного забезпечення їх обробки. Обробка полягає в установленні кореляційних зв'язків між акустичними та фізико-механічними параметрами ґрунту, частотних, часових або кутових характеристик відбитих сигналів, а також на принципах розпізнавання образів методом порівняння їх з еталонними. При цьому повинно забезпечуватися виділення в розрізі донних відкладів відбиваючих меж та поділ шарів, безперервне простежування цих меж по профілю, оцінка акустичних та фізико-механічних характеристик донних відкладів, визначення типу шаруватого ґрунту,

визначення товщини шарів, оконтурювання у просторі положення об'єктів, однорідних за фізико-механічними властивостями, пошарове визначення коефіцієнту відбиття та інших акустичних характеристик донних відкладів; автоматична класифікація ґрунту на декілька гранулометричних класів - мули, глини, піски, грубоуламкові відкладення (скельний ґрунт) і т.п., формування масивів вимірних глибин шарів з зазначенням типу ґрунту і прив'язкою до поточних координат, що надходять від прийомоіндикатору GPS, необхідних для складання ґрунтових карт та розрізів донного ґрунту, архівування та відтворення первинної інформації робочих галсів.

За геологічною структурою дна та його особливостями в окремих районах існують непрямі акустичні ознаки можливої наявності в дні корисних копалин [1-12]. Відомо, що такими ознаками наявності вуглеводневої сировини та газу є так звані «озерний ефект» [1], порожнини різної форми, пастки, конусоподібні форми в шаровій структурі дна, виходи газу (газові факели) і грязьові вулкани [2-6], які гарно фіксуються гідроакустичними засобами (профілографами, ехолотами та гідролокаторами) як неоднорідності водного середовища. Ехограма «газового факелу», наприклад, являє собою стійкі області підвищеної концентрації спливаючих із дна пухирців газу, що на ехограмі відображається у вигляді акустичної аномалії. Однак, використання в якості індикатора «газових факелів» не завжди виправдано. Це пов'язано з тим, що родовище не завжди супроводжується наявністю «газових факелів». Іншим стійким індикатором родовищ є особливості поля зворотного розсіювання у верхньому шарі відкладів при профілюванні. Ці ділянки характеризуються більш швидким спадом розсіювання сигналу в товщі дна порівняно з фоновим значенням. Це, можливо, пов'язано з концентрацією в товщі дна пухирців газу. Характеристики донного ґрунту, визначені в результаті класифікації (хвилевий опір, чисельно рівний добутку щільності та швидкості розповсюдження звуку, більш точно відображає гранулометричний склад відкладів ніж окремо щільність та швидкість звуку), корелюють з підґрунтовою структурою. Метод дистанційної акустичної донної термометрії - вимір температури у верхньому шарі донних відкладів, при якому термометричною величиною є тривалість сигналу зворотного донного розсіювання акустичних хвиль, заснований на тому, що при зменшенні температури донних відкладів збільшуються тривалість ехо-сигналу через зменшення поглинання і його рівень за рахунок збільшення розсіювання від шаруватої структури [4, 5] – також може бути використаний для розвідки корисних копалин.

Характерною властивістю гідратів і гідратонасичених порід є знижена щільність (порядка 850 кг/м^3). Швидкість звукової хвилі в газогідратах метану складає 1600-1900 м/с, що пояснюється великим зчепленням між гідратними зернами, утворюючими жорсткий каркас. Швидкість звукової хвилі в піщаних відкладах газогідратів досягає 3000 м/с [12]. За експериментальними даними гідратуутворення приводить до збільшення швидкості поздовжніх хвиль в незцементованих пісках від 1850 до 2690 м/с, а в зцементованих гідратами породах від 3000 до 3500 м/с [13].

Найпростіша модель газогідратного покладу може бути представлена в вигляді однорідного пласта зі зниженою щільністю й підвищеною швидкістю пружних хвиль. В такій моделі газогідратного покладу повинні відповідати дві контрастні межі - у поверхні дна, зв'язаної з покрівлею покладу та на нижній граничній глибині. Зміна щільності відкладів та швидкості розповсюдження в них пружних хвиль при гідратуутворенні створює передумови для виявлення газогідратів сейсмічними та акустичними методами. Оскільки газогідрати розподілені в відкладній товщі вкрай нерівномірно і зустрічаються

різномасштабні структурні аномалії, може знадобитися застосування набагато більш складних структурно-акустичних моделей газогідратного покладу.

Гідрати звичайно поширені в нижній частині зони гідратоутворення, а вище по розрізу їх вміст поступово скорочується. Тому покриття газогідратного шару звичайно не дає чітких відбиттів [14]. Сама ж зона гідратоутворення звичайно починається нижче поверхні дна від 0,5 до 10 та більше метрів. В зв'язку з цим для виявлення покриття гідратних пластів необхідно застосування акустичних методів (робоча область частот 0,1-10 кГц) з дуже високою розрізнявальною здатністю.

Постановка ряду нових проблем, зв'язаних з освоєнням сировинних ресурсів потребує залучення новітніх засобів досліджень, математичного моделювання неоднорідних донних структур, а також засобів системного аналізу.

При цьому визначення особливостей поля відгуку модельної донної структури та співвіднесення з цими особливостями окремих її елементів (шарів, порожнин, включень) є першочерговою і актуальною задачею. Її рішення потребує створення розвинених структурно-акустичних моделей дна, які враховують шаруватість, флюїдо- та газонасиченість ґрунтів, наявність в ґрунтах пор, порожнин, включень різних форм та властивостей.

Акустичні властивості і конфігурація реальних донних структур можуть бути досить різноманітними. Форма та розміри локалізованих або розподілених структурних елементів, топологія й природа донних шарів, розташування компактних локалізованих неоднорідностей відносно меж розподілу середовищ, - все це істотно впливає на складність відповідних моделей і визначає характерні прийоми їх аналізу. Додаткові труднощі викликає необхідність просторової постановки задачі, врахування стохастичного характеру природних середовищ (варіації властивостей донних ґрунтів), а також анізотропний (направленість приймально-передавальних антен) та імпульсний (нестационарна постановка задачі) характер акустичного поля збудження.

При вивченні складноструктурованого середовища за допомогою акустичних полів реальні ехо-сигнали відображають узагальнену хвилову картину, в якій вплив окремих структурних особливостей поєднаний складним чином, внаслідок чого важко дати однозначну інтерпретацію експериментальних даних без залучення фізико-математичних моделей середовищ і теоретичних методів їх аналізу. Тому другий, найбільш складний етап моделювання процесу профілювання полягає в створенні моделі, що описує просторово-часові особливості формування та розповсюдження акустичного поля в середовищах з заданою структурою і аналітико - чисельному визначенні відгуку середовища на зовнішній вплив.

Особливості цифрової реєстрації та обробки профілограм, включаючи прив'язку до навігаційних даних і томографічну реконструкцію донної структури, описуються системними моделями конкретних апаратно-програмних реалізацій систем профілювання.

Сформовані структурні моделі можуть бути багаторазово використані як «віртуальні полігони» для систем профілювання, що розробляються.

Математичне моделювання процесу профілювання дає можливість детально проаналізувати багато важливих аспектів обстеження структури дна: моделі, для яких необхідна постановка і рішення прямої та зворотної задач гідроакустики, дають можливість оцінювати точність реконструкції структури середовища, що профілюється. Як правило, ці моделі вимагають аналітико – чисельного визначення акустичного поля в системі «антена

профілографу - водна товща - дно», для чого необхідно мати детальне математичне уявлення про структуру середовищ (структурні моделі), знати особливості формування і розповсюдження полів (гідроакустичні моделі), їх реєстрації і обробки (системні моделі).

Створення структурної моделі, яка містить батиметричні та літологічні особливості дна, а також специфіку водної товщі, є першим етапом моделювання процесу профілювання. Для оцінки характеристик середовищ і оцінки ехо-сигналів між ними необхідно мати аналітичний опис умов, які накладаються на акустичне поле, що вимагає створення взаємно адекватних структурної та акустичної моделей водної та осадової товщі.

Потужність зони, в якій можливе гідратуутворення, не перевищує в Чорному морі сотень метрів. Тому застосування геоакустичних методів, що поступаються за глибинністю сейсмозвідці, представляється можливим і економічно обґрунтованим.

Література

1. Whitticar M.J. Relationships of interstitial gases and fluids during early diagenesis in some marine sediments. Report S.F.B.95, Kiel University, Kiel, 1978.
2. Акустические проявления газовых факелов в водной толще и морском дне /Доклады X научной школы-семинара акад. Бреховских «Акустика океана» - М.: ГЕОС, 2004.
3. Количественная оценка параметров газовых факелов //Сборник трудов 16 сессии РАО, М.: ГЕОС, 2005. Т.2. -С. 230-233
4. Шнюков Е.Ф., Пасынков А.А., Клещенко С.А. и др. Газовые факелы на дне Черного моря. -Киев, ПП 2Гнозис», 1999.-133с.
5. Шнюков Е.Ф. Газогидраты метана в Черном море//Геология и полезные ископаемые океана.-2005.- №2.- С. 41-52
6. Метан-стратегический ресурс Украины. Е.Е.Совга, С.П.Любарцева, А.А.Любицкий. МГИ НАН Украины. - Севастополь, 2007.- 64 с., ил.22, библиограф.54 (Серия Современные проблемы океанологии)
7. Любицкий А.А. Гидроакустические исследования явлений активного газовыделения в северо-западной части Черного моря//Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.-Севастополь: ЭКОСИ, -Гидрофизика, 2003.-вып.9 -С.226-240.
8. Зубова М.А. Гидраты природных газов в недрах Мирового океана // Морская геология и геофизика: обзор ВНИИ экономики минерального сырья и геолого-разведочных работ, М., 1988.
9. Фролов А.Д. Электрические и упругие свойства мерзлых пород и льдов. ОНТИ РАН 1998, 515с.
10. Экстремально глубокое проникновение высокочастотных акустических волн на арктическом шельфе //Доклады 9-ой школы-семинара акад. Л.М.Бреховских. Москва, 2002.- С.274-277.
11. Макогон Ю.Ф. Природные газовые гидраты: распространение, модели образования, ресурсы //Российский химический журнал, 2003, т.XLVII, №3.
12. Зубова М.А. Гидраты природных газов в недрах Мирового океана // Морская геология и геофизика: обзор ВНИИ экономики минерального сырья и геолого-разведочных работ, М., 1988.
13. Горчилин В.А., Лебедев Л.И. О признаках газогидратов в осадочной толще Черного моря и возможном типе ловушек углеводородов // Геологический журнал №5, 1991
14. Tucholke B.E., Bryan G.M., Ewing J.I. Gas-hidrate horizons detected in seismic-profiler data from the western North Atlantic // AAPG Bull. 1977, vol.61, №5, - P. 628-707.