

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА МОДИФІКАЦІЙ ВЕДЕННЯ СЕЙСМОРОЗВІДКИ ЩОДО ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Під час проведення антитерористичної операції, для забезпечення життєдіяльності військ і виконання бойових задач, постає питання проведення пасивної розвідки, а саме сейсморозвідки. У статті проведено аналіз методів та модифікацій ведення сейсморозвідки щодо їх застосування під час проведення антитерористичної операції. Показано основні класифікаційні ознаки за якими розрізняються методи та модифікації сейсморозвідки. Представлені переваги та недоліки даних методів та модифікацій і на основі цих даних було визначено, що для ефективного ведення сейсморозвідки в умовах проведення антитерористичної операції необхідно комбінувати існуючі методи та їх модифікації: метод відбитих хвиль, метод прохідних хвиль та модифікований метод спільної глибинної площадки.

Ключові слова: сейсморозвідка, метод відбитих хвиль, метод заломлених хвиль, метод прохідних хвиль, класифікаційні ознаки, сейсморозвідка.

Вступ. Сейсморозвідка виникла на початку двадцятих років ХХ століття. В своєму первісному розвитку вона була тісно пов'язана з сейсмологією – наукою про землетруси. Цьому в більшій мірі сприяли роботи академіка Галіцина Б.Б., який створив методи реєстрації сейсмічних коливань та збагативши сейсмологію багатьма основними теоретичними роботами. Перші сейсморозвідувальні роботи методом заломлених хвиль (в найпростішому варіанті “перших вступів”) були проведені під керівництвом Нікіфорова П.М. у 1927 році. У 1923 році Воюцькому В.С. був виданий патент на винахід методу відбитих хвиль. Однак практична реалізація цього методу стикнулася із значними технічними та методичними труднощами. Тому лише у 1935 році почались польові роботи методом відбитих хвиль, розроблені і серійно виготовлені перші типи сейсморозвідувальних станцій. З плином часу виникла проблема у вдосконаленні фундаментальних теоретичних основ сейсморозвідки. Сейсморозвідка досягла доволі високого рівня досконалості. Проте особливо актуальним питання вивчення сейсморозвідки стало під час проведення антитерористичної операції (АТО). Це обумовлено:

а) стійким автоматичним функціонуванням:
- у складних метеоумовах (дощ, сніг, туман);
- в умовах поганої оптичної видимості (ніч);
- у напрямках на джерела сильної освітленості (сонце);
- в умовах сильного задимлення і запилення;
- в умовах пересіченого рельєфу місцевості (пагорби, гірські перевали, ущелини, русла річок і інше);

б) повною скритністю, оскільки не формуються зондуючі сигнали, за якими можливо визначити місце розташування сейсморозвідувальної системи. Це виключає їх завчасне виявлення і знищення;

в) можливістю дистанційного ведення розвідки (на достатньо великій відстані);

г) виключення втрат особового складу, що залучається до проведення пасивної сейсмічної розвідки.

Метою статті – є аналіз методів та модифікацій ведення сейсморозвідки щодо їх застосування під час проведення АТО.

Виклад основного матеріалу. Загальна кількість різноманітних методів сейсмозвідки досить велика. Однак на практиці фактично використовується лише їх обмежена кількість. Для класифікації цих методів в сейсмозвідці використовується дванадцять різноманітних ознак, представлених в таблиці [1].

Таблиця

Класифікаційні ознаки методів та модифікацій сейсмозвідки

№ з/п	Класифікаційні ознаки	Методи та модифікації сейсмозвідки
1	Галузь застосування	Глибинні сейсмічні зондування земної кори Регіональні сейсмічні дослідження Нафтогазова Рудна Вугільна Інженерна Промислова (свердловинна) Шахтна
2	Фізико-географічні умови проведення робіт	Сухопутна Морська Річкова (озерна) Десантна
3	Ступінь детальності досліджень	Рекогносцирувальна Пошукова Детальна
4	Просторово-часове орієнтування досліджень	Одномірна (метод центрального проміння) - <i>1D</i> Двомірна (профільна) - <i>2D</i> Тримірна (просторова) - <i>3D</i> Тримірна, яка повторюється в часі - <i>4D</i>
5	Виділені цільові хвилі	Відбиті Заломлені Прохідні
6	Частотний діапазон коливань, що використовуються	Ультразвуковий Акустичний Верхньочастотний Середньочастотний Нижньочастотний
7	Тип пружних хвиль, що використовуються	Продольні Поперечні Обмінні Поверхневі Каналові П'єзоелектричні

№ з/п	Класифікаційні ознаки	Методи та модифікації сейсмозв'язки
8	Засоби збудження сейсмічних хвиль	Природні струси Вибухи повітряні Вибухи в свердловинах Вибухи в траншеях Вибухи ліній детонуючого шнура Удари Імпульсні невибухові джерела Вібраційні джерела Електроіскрові джерела Групування джерел в просторі Групування джерел в просторі Групування джерел в часі
9	Складові коливань в середі, що реєструється	Вертикальна складова Z (на суші) -1С Всебічний тиск P (на морі) -1С Горизонтальна складова X або Y -1С Двокомпонентні спостереження (Z і X, Z і Y і т.п.) -2С Трикомпонентні спостереження (X, Y, Z) -3С Чотирикомпонентні спостереження (на морі) (X, Y, Z, P) -4С Багатокомпонентні (азимутальні) спостереження
10	Система спостережень	Поздовжнє профілювання Непоздовжнє профілювання Вертикальне профілювання Сейсмозондування Широкий профіль Слалом-лайн Площадні спостереження Багатократні перекриття
11	Вид групування сейсмоприймачів (або джерел)	Поодинокі сейсмоприймачі Повздовжні групи Поперечні групи Площадні групи
12	Характер розділення хвиль за різними ознаками при реєстрації, обробці та інтерпретації	Регульований направлений прийом Сумування за спільною глибинною точкою Поляризаційний прийом Фокусування хвиль при випроміненні та/або при прийманні Дифракційне перетворення Кореляційне виділення хвиль

Однак треба пам'ятати, що довільний набір класифікаційних ознак в багатьох випадках не може відповідати сейсмічному методу, що реально реалізується. Тому використання сукупності ознак для характеристики того чи іншого виду сейсмозв'язувальних робіт потребує розуміння суті кожного з них та їх взаємної сумісності. Сейсмічні дослідження можуть використовуватись в різних областях геології і на різноманітних стадіях ведення геологорозв'язувального процесу [2]. При цьому особливості досліджуваної геологічної

середі та технології проведення польових робіт обумовлюється формуванням основних груп специфічних модифікацій сейсморозвідки. Під час вивчення *глибинної будови земної кори* завжди виконуються в певному об'ємі глибинні сейсмічні зондування (ГСЗ) [3, 4]. В СРСР за майже 60 років з 1949 року за допомогою ГСЗ було вивчено будову земної кори та виконано більш ніж 250 тисяч кілометрів профілів. Важливу роль сейсмічна розвідка зіграла і при вирішенні деяких задач в рудній, вугільній та шахтній геології. Застосування сейсмічної розвідки при пошуках твердих корисних копалин стало основою для створення специфічного напрямлення в сейсморозвідці – *рудна сейсморозвідка*. Великий вклад в розвиток цього напрямлення внесли керівник відділу рудної сейсморозвідки Караєв Н.А. та доцент кафедри геофізики Свердловського гірничого інституту Шмаков В.Н. Велика роль сейсмічної розвідки при вирішенні задач інженерної геології, гідрогеології та інженерно-будівельних досліджень. Специфіка польових робіт, а також застосування прийомів обробки отриманої інформації вимагала створення особливої області сейсморозвідки – *інженерної сейсморозвідки*. Цей вид робіт за кількістю використовуваних сейсморозвідувальних станцій стоїть на другому місці після нафтогазової сейсморозвідки. Також проводиться *сейсморозвідка скальних ґрунтів* та *сейсморозвідка нескальних ґрунтів*. Однак основне напрямлення використання сейсмічної розвідки – пошук та розвідка родовищ нафти та газу. Саме в цій галузі застосування сейсмічної розвідки є найбільш ефективним геофізичним методом. Істотна різниця в техніці та технології проведення сейсмічних робіт на суші та на морі обумовило формування двох основних видів сейсмічної розвідки - сухопутної (наземної) та морської [5]. Характер виконання сейсмічних робіт за окремими ізольованими профілями або по сукупності одночасно вивчаємих ліній визначає відповідно двовимірний (2D) або тривимірний (3D) вигляд сейсмічних досліджень. В останні роки почали виконувати значні за об'ємом, періодично повторювані в часі, сейсморозвідувальні роботи за технологією 3D на площах досліджень з метою здійснення контролю над ходом розробки нафтогазових покладів. Таку технологію робіт прийнято називати 4D. Якщо при цьому ще використовувати реєстрацію різних компонент вектора зміщення хвильового поля X , Y , Z та хвиль тиску P (при спостереженнях на морському дні), то такі технології називають технологіями 4D/4C.

Серед усіх вищеперерахованих видів та ознак сейсмічної розвідки основним є кінематичний тип використовуваних цільових хвиль. У відповідності з цією класифікаційною ознакою в сейсморозвідці виділяють три основні методи досліджень: метод відбитих хвиль (МВХ), метод заломлених хвиль (МЗХ) та метод прохідних хвиль (МПХ), який реалізується з використанням свердловин або інших гірничих виробок [6, 7].

Метод відбитих хвиль. Цей метод є найбільш ефективним та розвиненим методом сейсморозвідки, який застосовується в наш час. Він був запропонований в США в 1917 році Фессенденом Р. та Карчером Ж. в 1919 році, у Великобританії Дж. Івенсом та У.Уітні у 1922 році та незалежно від них в СРСР в 1923 році Воюцьким В.С.

В наш час основними напрямками використання МВХ є:

- для виявлення глибини та форми залягання кордонів розділу в розрізі різноманітних геологічних нашарувань;
- виявлення структурних та не структурних пасток корисних копалин, особливо нафти та газу;
- для отримання даних о літології, фаціальному складі гірських порід, умов їх утворення та інше.

Що стосується військового спрямування, то МВХ можливо застосувати для отримання інформації про наявність та рух сил і засобів противника.

Пружні хвилі в МВХ збуджують за допомогою проведення вибухів неглибоких свердловинах або спеціальних невибухових джерел на поверхні землі. На поверхні землі реєструється відбиті хвилі від достатньо протяжних геологічних кордонів, на яких помітно змінюється хвильовий опір (акустична жорсткість) сусідніх товщ. Після реєстрації пружних хвиль вивчають їх кінематичні (час приходу, швидкість розповсюдження і ін.) та динамічні (амплітуда, частота та ін.) характеристики. Відбиті хвилі завжди реєструються на фоні перешкод глибинного та поверхневого походження. Тому для їх виділення застосовують спеціальні прийоми збудження, запису та обробки, ефективно використовуючи різницю в кінематичних та динамічних характеристиках відбитих хвиль та хвиль-перешкод. В процесі обробки широко застосовують такі перетворення польових записів, які суттєво збільшують відношення амплітуд корисного сигналу до середнього рівня амплітуд хвиль-перешкод. Кінцеві результати обробки представляють у вигляді сейсмічних зображень середі за окремими лініям або перетинам, які прийнято називати часовими та/або глибинними динамічними розрізами. Принциповою особливістю МВХ є той факт, що запис відбитих хвиль відбувається на відносно невеликих віддаленнях від джерел пружних хвиль. Завдяки цьому променеві пучки відбитих хвиль, що повертаються завжди опиняються доволі вузькими: діаметр їх перетину рідко перевищує 2-3 км. Ця обставина, в сукупності з можливістю виділення імпульсів окремих відбиттів, забезпечує високу детальність, розподільчу здатність та точність вивчення геологічної середі, що і визначає провідну роль МВХ серед інших методів сейсморозвідки. Недоліками даного методу є складність відрізнити вступ відбитих хвиль від вступів прямих хвиль, заломлених хвиль і поверхневих хвиль та те, що обробка даних висуває високі вимоги до швидкодії та пам'яті обчислювальних машин, що використовуються з цією метою. Одним з основних сучасних варіантів реалізації МВХ є *метод спільної середньої (глибинної) точки (ССТ)*, що був запропонований в США Мейном У. Його основою є: польові спостереження за складними системами багатократних перекривань, сортування вихідних трас в сейсмограми за принципом приналежності їх до спільної точки, розрахунок та ввід спеціальних статистичних та кінематичних поправок. Принциповою особливістю даної модифікації є те, що в процесі отримання часових розрізів будуть істотно послаблені як регулярні так і нерегулярні хвилі переваги. Недоліком є: те що для обробки результатів висуваються високі вимоги до швидкодії та пам'яті використовуваних обчислювальних машин.

Метод заломлених хвиль. В методі заломлених хвиль (МЗХ) зазвичай реєструється та аналізується головні, рефрангировані та заломлено-рефрангировані хвилі, траєкторії променів та годографи. Метод заломлених хвиль застосовують при регіональних дослідженнях, розвідці на нафту та газ, вугілля, тверді корисні копалини, ґрунтові води, при інженерно-геологічному вишукуванні. МЗХ є основним геофізичним методом проведення інженерно-будівельних вишукувань та при розвідці ґрунтових вод. При інженерно-будівельних вишукуваннях МЗХ є одним з ефективних способів вивчення пружних та деформаційних характеристик ґрунтів на великих за площею досліджень будівельних об'єктах. Головною перевагою МЗХ є: великий діапазон доступних для досліджень глибин від перших метрів до 10-15 та більше кілометрів, можливість визначення граничної швидкості в шарах, мала залежність від перешкод зі сторони кратно відбитих та поверхневих хвиль. Недоліком метода є менша детальність розтину розрізу по вертикалі та низьку точність вивчення малоамплітудних структурних піднімань в порівнянні з МВХ. Для ведення регіональних та пошуково-регіональних робіт на нафту та газ було розроблено сучасну модифікацію МЗХ - метод спільної глибинної площадки. Цей метод був запропонований Монастиревим В.К. Основою даної модифікації є використання багатократного профілювання при флангових системах спостережень з виносом та сумуванням за середньою глибинною площадкою. У

зв'язку із використанням багатократного сумування корисної інформації підвищується достовірність та зменшується похибка, пов'язана з впливом сейсмічних променів.

Метод прохідних хвиль. Метод прохідних хвиль, або свердловинна сейморозвідка, поєднує групу сейморозвідувальних технологій, в яких приймання або збудження хвиль здійснюються в глибоких свердловинах. Основною перевагою МПХ є: можливість вивчення свердловинного та між свердловинного простору, в тому числі і на великих відстанях. Аналіз сейсмічних записів дозволяє легко виділяти основні типи реєструємих хвиль. Застосування МПХ обумовлено тим, що коли під впливом інтенсивних багатократних хвиль, високого рівня приповерхневих перешкод чи складної геологічної будови розрізу результати наземної сейморозвідки недостатньо надійні. Недоліками є: залежність від умов збудження, яка призводить до деякої відмінності сейсмічних розрізів отриманих від різних пунктів збудження та постійна зміна середі реєстрації. Першою з застосовуваних модифікацій свердловинної сейморозвідки було запропоновано - *сейсмокаротаж* (США, 1926 році), який не втратив значення й по теперішній час. Сейсмокаротажем є спосіб спостережень в свердловинах, призначений для визначення середніх швидкостей в середі шляхом вимірювання часу розповсюдження сейсмічних хвиль, збуджуваних у устя свердловини або на деякій відстані від нього, до свердловинного приймача, який занурюється на різні глибини. Перевагою даної модифікації є можливість максимально точно визначити пластові швидкості та розподільчу здатність модифікації метода. Вертикальне сейсмічне профілювання (ВСП) – це модифікація методу МПХ біля свердловинних та між свердловинних досліджень (Гільперин, 1971, 1977), призначена для вирішення комплексу геологічних, методичних та технологічних завдань сейморозвідки на усіх етапах геологорозвідувального процесу. Основою для аналізу хвильового поля за матеріалами ВСП є звідні сейсмограми по стволу свердловини для кожного пункту збудження. По своїй суті - це інтегральний сейсмокаротаж, який виконується з використанням багатоканальних зондів із спеціальними прижимними пристроями, які забезпечують щільний контакт сеймоприймачів із стінками скважини. Це дозволяє позбутися від впливу на записи сильних завад різного походження та відслідковувати хвилі в подальших вступках. Новим напрямком останнього часу в області свердловинної сейморозвідки є метод глибинного сейсмоторпедування (ГСТ). Цей метод свердловинних сейсмічних досліджень з застосуванням глибинних джерел коливань та комбінованих систем спостережень був розроблений Силаєвим В.А. В методі ГСТ в якості джерела коливання використовується вибухи торпед невеликої ваги в глибоких свердловинах великого діаметра. При правильному виборі заряду, типу торпеди та розташування заряду в стволі свердловини не відбувається руйнування свердловини та формуються різноманітні види сейсмічних хвиль. Аналіз сейсмічних записів дозволяє легко виділяти основні типи реєструємих хвиль. Недоліками є: залежність від умов та правильності збудження сейсмічних хвиль.

Висновки. Таким чином аналіз існуючих методів та модифікацій ведення сейморозвідки показав, що в наш час виділяють три основні методи: відбитих хвиль, заломлених хвиль та прохідних хвиль та відповідні їм модифікації: метод спільної середньої (глибинної) точки, метод спільної глибинної площадки та вертикальне сейсмічне профілювання. Кожен з розглянутих методів та модифікацій має свої переваги та недоліки.

Для підвищення ефективності ведення пасивної сейморозвідки під час проведення АТО виникає необхідність у комбінуванні розглянутих методів та модифікацій. А саме методу відбитих хвиль, методу прохідних хвиль та модифікованого методу спільної глибинної площадки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. <http://www.geogyservis.ru/publishing/metody-seysmorazvedki/>
2. Продайвода Г.Т. Основы сейсмоакустики: Навчальний посібник / Г.Т. Продайвода // Київ: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет". – 2001. – 296 с.
3. Жуланов И.Н. Скважинные акустические исследования в гетерогенных средах / И.Н. Жуланов // Пермь: Пресстайм, 2006. – 144 с.
4. Бондарев В.И. Сейсморастведка: Учебник / В.И. Бондарев // Екатеринбург: Информационно-издательский центр, 2007.- 469 с.
5. <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=26006177>
6. https://uk.wikipedia.org/wiki/Сейсмічна_розвідка
7. Хмелевской В.К. Основы геофизических методов: учебник для вузов / В.К. Хмелевской, В.И. Костицын // Пермь - 2010 – 400 с.

REFERENCE:

1. <http://www.geogyservis.ru/publishing/metody-seysmorazvedki/>
2. Prodayvoda G.T. Osnovi seysmoakustiki: Navchal'niy posibnik / G.T. Prodayvoda // Kiev: Vidavnichopoligrafichniy tsentr "Kiiv'skiy universitet". – 2001. – 296 s.
3. Zhulanov I.N. Skvazhinnye akusticheskie issledovaniya v geterogennykh sredakh / I.N. Zhulanov // Perm': Presstaym, 2006. – 144 s.
4. Bondarev V.I. Seysmorazvedka: Uchebnik / V.I. Bondarev // Ekaterinburg: Informatsionno-izdatel'skiy tsentr, 2007.- 469 s.
5. <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=26006177>
6. https://uk.wikipedia.org/wiki/Сейсмічна_розвідка
7. Khmelevskoy V.K. Osnovy geofizicheskikh metodov: uchebnik dlya vuzov / V.K. Khmelevskoy, V.I. Kostitsyn // Perm', 2010. – 400 s.

Без рецензії.

к.т.н., доц. Савков П.А., к.т.н., доц. Пампуха І.В., Лукіяничук А.А.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДИФИКАЦИЙ ВЕДЕНИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ПО ИХ ПРИМЕНЕНИЮ ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Во время проведения антитеррористической операции, для обеспечения жизнедеятельности войск и выполнения боевых задач, возникает вопрос о проведения пассивной разведки, а именно сейсморастведки. В статье проведен анализ методов и модификаций ведения сейсморастведки по их применению при проведении антитеррористической операции. Показаны основные классификационные признаки по которым различаются методы и модификации сейсморастведки. Представлены преимущества и недостатки данных методов и на основе этих данных было определено, что для эффективного ведения сейсморастведки в условиях проведения антитеррористической операции необходимо комбинировать существующие методы и их модификации: метод отраженных волн, метод проходных волн и модифицированный метод общей глубинной площадки.

Ключевые слова: сейсморастведка, метод отраженных волн, метод преломленных волн, метод проходных волн, классификационные признаки, сейсморастведка.

Ph.D. Savkov P.A., Ph.D. Pampuha I.V., Lukiyanchuk A.A.

ANALYSIS OF METHODS AND MODIFICATIONS OF SEISMIC PROSPECTING FOR THEIR USE DURING AN ANTITERRORIST OPERATION

A question of conducting passive reconnaissance in particular seismic survey arises in order to provide the sustainability of military force and accomplishment of combat assignments during the

antiterrorist operation (ATO). The article analyses the methods and modifications of seismic survey and their usage during the ATO. The main classification features of methods and modifications of seismic survey are shown in the article. The advantages and disadvantages of these methods and modifications are represented in the article. Received data determine the necessity of combination of existing methods and modifications (reflexion survey, transmitted wave method and modified method of common depth platform) for the effective seismic survey during the ATO.

Keywords: seismic survey, reflexion survey, transmitted wave method, modified method of common depth platform, classification features.