

**В. І. Роман**, канд. фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник  
(Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, Київ, Україна),

**Ю. Ш. Закарієв**, генеральний директор,

**С. М. Рябошапко**, головний спеціаліст (закрите акціонерне товариство  
“ГеоСейсКонтроль”, Москва, Росія),

**В. С. Попков**, провідний інженер,

**М. В. Богаєнко**, провідний інженер (Інститут проблем матеріалознавства  
ім. І. М. Францевича НАН України, Київ, Україна),

**Д. М. Гринь**, канд. фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник,

**Н. І. Мукоєд**, молодший науковий співробітник (Інститут геофізики  
ім. С. І. Субботіна НАН України, Київ, Україна)

## ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ АДАПТИВНИХ СЕЙСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

*Викладені принцип дії і склад адаптивних сейсмокомплексів сейсмозвідувального і сейсмологічного призначення та стан робіт щодо їх створення. Вичерпно ефективними інформаційно та економічно є адаптивні сейсмокомплекси, технологія робіт з якими та їх функціонування ґрунтуються на використанні спектрів відношення сигнал-завада. Адаптивні сейсмокомплекси мають типовий для сейсмореєструвальних комплексів склад технічних та апаратурних засобів збудження, приймання і реєстрування сейсмічних сигналів. Відмінність адаптивних сейсмокомплексів полягає в спеціалізації їх програмного забезпечення. Обов'язковою для адаптивних сейсмокомплексів є можливість обміну інформацією між станцією або центром оброблення спостережених сейсмограм і кожним з одночасно працюючих на площі досліджень сейсμοджерел. У складі адаптивних сейсмокомплексів можливе використання будь-яких сейсμοджерел. Найбільш прийнятними для здійснення адаптивних досліджень є вібраційні сейсμοджерела і відповідно вібраційні сигнали. Інформаційно виправдане підвищення енергетичних потреб адаптивних сейсмокомплексів планується компенсувати створенням і використанням резонансних сейсμοджерел.*

**Ключові слова:** спектр відношення сигнал-завада, адаптивні дослідження, адаптивний сейсмокомплекс, резонансне сейсμοджерело.

Адаптивні спостереження є завершальним етапом технологічного розвитку сейсмічних досліджень геологічного середовища. Вичерпно ефективними інформаційно та економічно є адаптивні спостереження, які ґрунтуються на використанні спектрів відношення сигнал-завада [1, 6, 8]. Примноження інформації про надра і досліджувані геологічні об'єкти здійснюється в процесі спостережень,

інформаційна достатність яких регламентується заданими спектрами відношення сигнал-завада. Структурна детальність сейсмічного вивчення геології середовища досягається часовою роздільною здатністю спостережень цільових сигналів, яка завбачається діапазоном робочих частот їх заданих спектрів відношення сигнал-завада. Параметрична точність диференціації матеріалу середовища досяга-

ється амплітудною роздільною здатністю досліджень, яка забезпечується величиною значень заданих спектрів відношення сигнал-завада як функцій частоти. Просторове адаптування спостережень забезпечують організацією незалежної роботи сейсмоджерел, працюючих на площі досліджень, та обмеженням бази групування сейсмоприймачів або відмовою від нього [9]. Незалежна робота сейсмоджерел та обмежене групування сейсмоприймачів робить можливим одночасне збудження і спостереження поздовжніх і поперечних хвиль різної поляризації, а також суміщення в просторі й часі робіт різного методичного спрямування, наприклад вивчення верхньої частини розрізу і глибинні сейсморозвідувальні дослідження. Виділені з інтерференційних групових сейсмозаписів відпрацювання фізспостережень парціальні сейсмограми сейсмоджерел використовуються для обчислення фактично отриманих спектрів відношення сигнал-завада цільових сигналів, за результатами зіставлення яких з їх заданими відповідниками здійснюють продовження відпрацювання фізспостережень або його завершення. Параметри зондувальних сигналів для продовження спостережень на фізточці обчислюють за даними порівняння фактично отриманих і заданих спектрів відношення сигнал-завада. Задані спектри відношення сигнал-завада формують за результатами оброблення та інтерпретації матеріалів раніше виконаних на площі робіт досліджень. На момент відпрацювання фізспостережень вони відомі і становлять основу геологічних завдань виконуваних спостережень. Відпрацювання фізспостережень завершують за умови досягнення або перевищення фактично отриманими заданих спектрів відношення сигнал-завада всіх цільових сигналів на всіх парціальних сейсмограмах сейсмоджерел.

Наявність зазначеного критерію контролювання відпрацювання фізспостережень та їх завершення є основою створення автоматизованих адаптивних сейсмокомплексів. Контрольованість і керуваність адаптивних сейсмокомплексів

за показниками якості спостережень забезпечує можливість здійснення автоматичної комп'ютерної супервізії відпрацювання фізспостережень у процесі польових робіт [5], яка, на відміну від існуючої практики супервізії, не призводить до необхідності повторного відпрацювання фізточок, які не відповідають вимогам геологічних завдань.

Метою цієї роботи є розгляд улаштування та стану розроблення адаптивних сейсмокомплексів для сейсморозвідувальних і сейсмологічних досліджень.

Адаптивні сейсмокомплекси мають типовий для сучасних комп'ютеризованих сейсмореєструвальних комплексів склад технічних та апаратурних засобів збудження, приймання і реєстрування сейсмічних сигналів. Відмінність адаптивних сейсмокомплексів полягає в зумовленій використанням спектрів відношення сигнал-завада спеціалізації програмного забезпечення технології робіт з ними та підтримці їх функціонування в процесі відпрацювання фізспостережень. Обов'язковою для адаптивних сейсмокомплексів є можливість обміну інформацією між станцією або центром оброблення спостережених сейсмограм і кожним з одночасно працюючих на площі досліджень сейсмоджерел. У складі адаптивних сейсмокомплексів можливе використання будь-яких сейсмоджерел. Найбільш прийнятними для здійснення адаптивних досліджень є вібраційні сейсмоджерела і відповідно вібраційні зондувальні сигнали.

Першочерговою ланкою оброблення спостережених інтерференційних сейсмограм одночасного відпрацювання фізспостережень багатьма сейсмоджерелами є виділення з них парціальних сейсмограм сейсмоджерел, можливість якого передбачається кодуванням збуджуваних ними зондувальних сигналів [7, 8]. Подальше оброблення кожної з парціальних сейсмограм сейсмоджерел полягає в їх деконволюції, формуванні трас деконвольованих цільових сигналів і завад, обчисленні їх спектрів і спектрів відношення сигнал-завада та порівнянні обчислених спектрів

відношення сигнал-завада цільових сигналів з їх заданими відповідниками. За результатами порівняння фактично отриманих і заданих спектрів відношення сигнал-завада виробляються сигнали й команди продовження відпрацювання фізспостереження або його завершення.

Для сучасних багатоканальних і надбагатоканальних сейсморозвідувальних систем спостережень [9] актуальним є питання зменшення витрат часу обчислювального супроводження фізспостережень, яке вирішується роботою програм з критичними найменш інтенсивними цільовими сигналами, ускладненими найбільш інтенсивними завадами. Визначені таким чином умови продовження відпрацювання фізспостережень або їх завершення для некритичних ситуацій виконуються автоматично. Аналіз сейсмозаписів і відбір з-поміж них критичних здійснюється порівняно нескладними швидкодіючими програмами. Сприятливими в цьому відношенні чинниками є статистична еквівалентність завад на однойменних трасах парціальних сейсмограм сейсмоджерел, а також достатня латеральна витриманість інтенсивності цільових сигналів.

Пріоритетом сучасної нафтогазової сейсморозвідки є великі обсяги досліджень і висока продуктивність їх відпрацювання за умови утримання якості сейсмозаписів у межах їх прийнятності, що не завжди досягається, незважаючи на надлишковість систем та обсягів матеріалів спостережень. Перевагою адаптивних сейсмічних досліджень є передбачена геологічним завданням спостережень їх якість за статистичної мінливості продуктивності відпрацювання фізспостережень залежно від сейсмогеологічних умов і впливів довкілля. Суть адаптивної технології сейсмічних досліджень і застосування спектрів відношення сигнал-завада полягає в оптимізації використання енергії збудження зондувальних сигналів та оптимальному обробленні спостережених сигналів.

Енергетичний спектр відношення сигнал-завада, який є основою визначення

оптимального фільтра виявлення ускладненого завадами сигналу незалежно від його інтенсивності, однозначно визначає оптимальний фільтр відтворення сигналу. У свою чергу оптимальний фільтр відтворення в спектральній формі є обов'язковим множником спеціалізованих фільтрів оптимального оброблення ускладнених завадами спостережених сигналів [3, 6]. Дія оптимального фільтра відтворення полягає в мобілізації енергії спостережених сигналів для досягнення найкращої можливої якості їх визначення. Проте це не означає, що досягнута якість відповідає вимогам досліджень. Підвищення детальності і параметричної точності адаптивних досліджень у кінцевому підсумку досягається збільшенням енергії зондувальних сигналів.

Здійснення адаптивних досліджень можливе із застосуванням серійних вібраторів. Однак на цей час можливості збільшення їх потужності вичерпані. Особливо це стосується потужних пересувних вібраторів для робіт на нафту й газ, обмежених вимогами вантажності і прохідності, незважаючи на встановлення їх на спеціалізованих транспортних засобах.

Резерви підвищення енергії збудження сейсмічних сигналів варто шукати в зменшенні її внутрішніх втрат у сейсмоджерелах. Перспективними щодо цього є добротні резонансні системи [2].

На фото наведено експериментальний зразок резонансного сейсмоджерела вертикальної дії, який складається з трьох конструктивно і функціонально ідентичних секцій, кожна з яких живиться однією з фаз трифазної напруги змінного струму, яка виробляється відповідним перетворювачем енергії з можливістю встановлення потрібної частоти. Робочою є однакова для всіх секцій частота резонансу їх механічних коливальних систем. Амплітуда коливання систем секцій витримується однаковою. Коливання двох суміжних з трьох довільно упорядкованих секцій відрізняються по фазі на третину періоду подібно співвідношенню фаз трифазних електричних систем.

Механічна коливальна система секції складається з коливного якоря, пружно з'єднаного з її корпусом. Центрування якоря здійснюється пружними пластинами, видимими на фото над корпусом верхньої секції і між корпусами верхньої й середньої та середньої й нижньої секцій. У верхній частині якоря розміщений постійний магніт системи розгойдування, в нижній – пакет короткозамкнутих кілець системи гальмування. У верхній частині внутрішньої поверхні корпусу встановле-



**Фото. Експериментальний зразок резонансного сейсмоджерела**

на жорстко з'єднана з ним обмотка системи розгойдування, розміщена в зоні ефективної взаємодії магнітного поля струму в ній і магніту якоря. У нижній частині внутрішнього простору корпусу з можливістю зміщення стосовно нього та якоря встановлена обмотка системи гальмування, розміщена в зоні ефективної взаємодії магнітного поля струму в ній і магнітного поля струмів, наведених ним у короткозамкнутих кільцях якоря. Проміжки між коливною масою і внутрішніми поверхнями обмоток розгойдування і гальмування витримані з дотриманням вимог ефективної взаємодії магнітних полів рухомої й нерухомої частин секції та відсутності тертя між ними. Обмотка гальмування встановлена з можливістю ковзання зовнішньої поверхні її каркаса по внутрішній поверхні корпусу. З каркасом обмотки гальмування жорстко з'єднані верхні кінці стержнів, нижні кінці яких жорстко з'єднані з дископодібними платформами, видимими на фото між корпусами верхньої й середньої та середньої й нижньої секцій. Нижні кінці стержнів нижньої секції жорстко з'єднані з хрестовиною, до якої жорстко кріпиться відсутня на фото випромінювальна плита сейсмоджерела. Зазначені стержні розміщені в отворах днищ корпусів секцій з можливістю руху в них без тертя. Стержні нижньої секції розміщені з можливістю руху без тертя всередині встановлених між днищем нижньої секції і хрестовиною циліндричних пружин, на яких виважена маса всіх корпусів секцій, жорстко з'єднаних між собою. Дископодібні платформи верхньої і середньої секцій жорстко з'єднані між собою і хрестовиною видимими на фото видовженими зовнішніми стержнями і разом з обмотками гальмування і випромінювальною плитою складають активну частину сейсмоджерела. Його реактивна частина складається з жорстко з'єднаних між собою корпусів секцій. На фото відсутній механізм притискання випромінювальної плити до ґрунту, який складається з притискного вантажу, виваженого демпферами на хрестовині. У пересувних сейсмоджерелах у ролі при-

тискного вантажу використовується маса транспортного засобу.

Для збудження зондувальних сигналів попередньо поданням напруг на обмотки розгойдування активізуються коливальні системи секцій. За відсутності напруг на обмотках гальмування секцій або в разі їх однаковості силова дія реактивної частини сейсмоджерела на його активну частину відсутня, подібно тому як при з'єднанні зіркою збалансованих фаз трифазних електричних систем відсутній струм в їх спільному проводі. Під час збудження зондувальних сигналів розбалансування спільної дії секцій здійснюється таким чином, що в кожний момент часу фрагменти електричної копії зондувального сигналу подаються тільки на обмотки гальмування однієї або двох суміжних секцій. Тактована частотою розгойдування циклічна черговість активізації секцій здійснюється протягом тривалості збудження зондувального сигналу. Формування необхідних сигналів тактування та активізації секцій виконується системою керування сейсмоджерела, з виходом якої електрично з'єднані обмотки систем гальмування секцій. Фрагменти силового впливу секцій інтегруються активною частиною сейсмоджерела і викликані їх спільною дією коливання його випромінювальної плити, поширюються в середовище у вигляді зондувального сигналу. Форма зондувальних сигналів (імпульсна, поліімпульсна, вібраційна) визначається формою їх заданих електричних копій, генерованих системою керування сейсмоджерела.

Сила взаємодії активної і реактивної частини сейсмоджерела, а відповідно і сила дії сейсмоджерела на ґрунт і середовище, пропорціональна однаковій для всіх секцій швидкості коливань якоря кожної з них [4]. Отже, дієвим чинником функціонування сейсмоджерела є швидкість коливань якоря кожної із секцій. Звичайно резонансні властивості механічних систем характеризують залежністю амплітуди  $S$  їх вимушених гармонійних коливань  $s = S \cos(gt + \phi)$  від частоти  $\Omega$  змушуючої гармонійної сили  $F = F_0 \cos \Omega t$ ,

$$S = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\delta^2\Omega^2}},$$

де для секцій сейсмоджерела  $m$  – маса якоря,  $\omega_0$  – циклічна частота вільних коливань ідеалізованої системи без тертя,  $\delta$  – коефіцієнт згасання коливань реальної системи. Максимальне значення амплітуди коливань  $S_{max}$  досягається на частоті  $\Omega_s = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}$ ,  $S_{max} = \frac{F_0}{2\delta m \omega}$ , де  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$  – циклічна частота вільних згасаючих коливань системи  $s = S_0 e^{-\delta t} \sin(\omega t + \phi_0)$ . Резонансна характеристика механічної системи для швидкості коливань має вигляд  $V = S\Omega = \frac{F_0\Omega}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\delta^2\Omega^2}}$ . Макси-

мальне значення швидкості коливань

$$V_{max} = \frac{F_0}{2\delta m}$$

досягається на частоті  $\Omega_v = \omega_0$ . Резонансна характеристика механічних систем для швидкості коливань збігається з резонансною характеристикою електричних систем для струму. Гострота резонансної кривої для швидкості коливань характеризується її відносною напівшириною  $\frac{\Delta\Omega}{\Omega_v} = \frac{2\delta}{\Omega_v}$ , обернена величина якої є добротністю системи  $Q$ . Навіть для порівняно низькодобротних реальних систем резонансні частоти  $\Omega_s$  і  $\Omega_v$  мало відрізняються від частоти  $\omega$  вільних згасаючих коливань і між собою [10].

Кінетична енергія якоря внаслідок гальмування та уповільнення його руху зменшується на величину енергії збудження сейсмічних коливань

$$dE = d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = mv dv = vF dt, \text{ де } F = m \frac{dv}{dt}$$

діюча на випромінювальну плиту сейсмоджерела сила збудження сейсмічних коливань. Відповідно потужність їх збудження  $p = \frac{dE}{dt} = vF$ . Енергетична ефективність сейсмоджерел та їх економічність характеризується потужністю  $\frac{p}{F}$  збудження сейсмічних коливань, яка припадає на одиницю ініціюючої їх сили. Для резо-

нансних сейсmodжерел мірою їх енергетичної ефективності є швидкість коливань якоря  $\frac{P}{F} = v$ . На частоті резонансу  $V_{max} = \frac{F_0}{2\delta m} = \frac{F_0 Q}{m\omega_0}$ , звідки впливає енергетична та економічна перспективність добротних резонансних сейсmodжерел.

Завданням створення і випробування експериментального зразка резонансного сейсmodжерела в складі експериментального зразка адаптивного сейсмокомплексу є обґрунтування переваг адаптивної технології сейсмічних досліджень і резонансного збудження сейсмічних хвиль. Складовими елементами експериментального зразка адаптивного сейсмокомплексу є резонансне сейсmodжерело, серійні автономні одноканальні сейсмореєструвальні пристрої, система керування сейсмокомплексом і програмне забезпечення формування зондувальних сигналів та оброблення спостережених сейсмограм. Вхідними сигналами системи керування є вихідні сигнали датчиків прискорення коливного руху якорів коливальних систем секцій резонансного сейсmodжерела і керувальні електричні копії зондувальних сигналів, сформовані портативним комп'ютером сейсмокомплексу. Вихідними сигналами системи керування є секційні фрагменти електричних копій зондувальних сигналів, які подаються на обмотки гальмування секцій резонансного сейсmodжерела.

Зареєстровані сейсмореєструвальними пристроями спостережені сейсмограми періодично зчитуються та обробляються комп'ютером сейсмокомплексу або стаціонарним комп'ютером. Результатом оброблення є висновок про необхідність продовження спостережень або можливість їх завершення. Параметри зондувальних сигналів продовження спостережень використовуються для формування комп'ютером сейсмокомплексу їх керувальних копій. Відповідно до енергетичних можливостей експериментального адаптивного сейсмокомплексу його планується випробувати в енергетично доступних інженерних геолого-геофізичних

дослідженнях. Обмежена потужність резонансного сейсmodжерела експериментального адаптивного сейсмокомплексу може бути компенсована довготривалою автономною реєстрацією і накопиченням спостережуваних сигналів.

За результатами створення і випробування експериментального адаптивного сейсмокомплексу його розробниками і виробниками (відділ регіональних проблем геофізики Інституту геофізики НАН України – проектування сейсмокомплексу і резонансного сейсmodжерела, розроблення і виготовлення системи керування сейсмокомплексом, розроблення і використання програмного забезпечення сейсмокомплексу; відділ композиційних матеріалів Інституту проблем матеріалознавства НАН України – розроблення і виготовлення резонансного сейсmodжерела) планується розроблення і виготовлення робочого зразка адаптивного сейсмокомплексу з резонансним сейсmodжерелом у його складі для інженерних геолого-геофізичних досліджень. Питаннями, які потребують з'ясування випробуваннями експериментального адаптивного сейсмокомплексу для обґрунтування розроблення його робочого зразка, є зокрема визначення потужності резонансного сейсmodжерела для виконання проектного кола завдань його використання, конструктивне забезпечення збудження пружних хвиль потрібної поляризації, доцільність автономного приймання і реєстрування спостережуваних сигналів, можливість підвищення верхньої межі робочих частот.

Найбільш енергетично та операційно напруженою є робота потужних багатоканальних і надбагатоканальних сейсмокомплексів високопродуктивних досліджень на нафту й газ. Категоричною умовою їх улаштування й оснащення є автоматизація функціонування в процесі відпрацювання фізспостережень. Відповідно до протоколу про наміри і попередніх домовленостей розроблення і виготовлення дослідного зразка автоматизованого адаптивного сейсмокомплексу нафтога-

зового призначення здійснюватиметься ЗАТ НППЦ “ГеоСейсКонтроль”, Москва, Росія (координація робіт співчасників створення сейсмокомплексу, розроблення і супроводження його програмного забезпечення), ЗАТ “ГЕОСВИП”, Москва, Росія (розроблення і виготовлення дослідного зразка резонансного сейсмоджерела і розроблення системи керування сейсмокомплексом), ВАТ СКБ СП, Саратов, Росія (розроблення і виготовлення системи керування сейсмокомплексом та інсталяція програмного забезпечення сейсмоприймальної і сейсмореєструвальної апаратури). Імітація незалежної роботи багатьох сейсмоджерел та отримання інтерференційних групових сейсмограм, необхідних для завчасного розроблення і випробування програмного забезпечення нафтогазового сейсмокомплексу, виконуватиметься з використанням експериментального і робочого зразків інженерного сейсмокомплексу та серійних вібраторів і сейсмореєструвальних пристроїв.

Створення енергетично оцадливих резонансних сейсмоджерел та адаптивних сейсмокомплексів сприяє здійсненню активного сейсмічного моніторингу надр для практичних потреб (оптимізація експлуатації родовищ нафти й газу і нафтогазовидобутку, контролювання тектоніки вироблених і діючих шахтних полів, вивчення розвитку карстових явищ тощо) та сейсмологічних досліджень. Можлива віддаленість пунктів збудження зондувальних сигналів від джерел енергопостачання і неперервна або тривала дія систем моніторингу потребують притаманної розроблюваним сейсмокомплексам мінімізації витрат енергії і характерного для нафтогазових сейсмокомплексів ступеня автоматизації їх функціонування. Постає питання про доповнення існуючої мережі сейсмологічних станцій мережею пунктів збудження аналогічного призначення для вивчення тектонічної еволюції надр і можливості передбачення сейсмологічних катастроф. В Інституті геофізики НАН України розпочато проектування планетарних систем активного сейсмічного моніторингу надр.

Вершиною технічної, електронної і програмної складності і досконалості та операційної швидкодії сейсмічних техніко-технологічних агрегатів, створення яких започатковане розробленням їх базового експериментального зразка, є адаптивний нафтогазорозвідувальний сейсмокомплекс. Його розроблення у свою чергу започаткує зворотний процес доцільного запозичення технічних, електронних і програмних досягнень для створення адаптивних сейсмокомплексів сейсмозвідувального і сейсмологічного призначення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Алелюхин Н. П., Гринь Д. Н., Закариев Ю. Ш., Насыбулин Е. Х., Роман В. В., Роман В. И., Рябошапко С. М., Шпортюк В. Г., Тарасов Н. В., Асан-Джалалов О. А.* Сейсморазведочный комплекс. Патент РФ № 2488847 С1.2013//Бюл. № 26, 2013.
2. *Алелюхин Н. П., Закариев Ю. Ш., Насыбулин Е. Х., Роман В. В., Роман В. И., Рябошапко С. М., Тарасов Н. В., Асан-Джалалов О. А.* Способ возбуждения сейсмических волн. Патент РФ № 2488848 С1.2013//Бюл. № 26, 2013.
3. *Гурвич И. И., Боганик Г. Н.* Сейсмическая разведка: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Недра, 1980. – 551 с.
4. *Копылов И. П.* Электрические машины. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 380 с.
5. *Рогачук М. П., Тищенко М. В., Оломський С. В., Василюк Ю. А., Рябошапко С. М., Роман В. І., Мукоєд Н. І.* Автоматизація супервізії сейсмічних досліджень//*Нафтогазова галузь України.* – 2013. – № 6. – С. 41–43.
6. *Роман В. І.* Спектри відношення сигнал-завада адаптивних геофізичних досліджень//*Геофізичний журнал.* – 2013. – 36, № 2. – С. 186–190.
7. *Роман В. И., Закариев Ю. Ш., Рябошапко С. М., Гринь Д. Н., Мукоєд Н. И.* Интенсивная сейсморазведка//*Збірник наукових праць УкрДГРІ.* – Київ: УкрДГРІ, 2013. – № 4. – С. 35–41.
8. *Роман В. І., Шпортюк Г. А., Гринь Д. М., Мукоєд Н. І.* Адаптивні сейсмічні дослідження: моделі реєстрації сейсмічних полів//*Геофізичний журнал.* – 2011. – 33, № 6. – С. 152–156.
9. *Череповский А. В.* Сейсморазведка с одиночными приёмниками и источниками:

обзор современных технологий и проектирование съемок. – Тверь: ООО Изд-во “ГЕПС”, 2012. – 134 с.

10. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1968. – 939 с.

#### REFERENCES

1. Alelyuhyn N. P., Gryn D. N., Zakariyev Yu. Sh., Nasibulyn E. H., Roman V. V., Roman V. I., Ryaboshapko S. M., Shportyuk V. G., Tarasov N. V., Asan-Dzhalalov O. A. Seismic exploration complex. Patent RF number 2488847 C1. 2013//Bull. number 26, 2013. (In Russian).

2. Alelyuhyn N. P., Zakariyev Yu. Sh., Nasibulyn E. H., Roman V. V., Roman V. I., Ryaboshapko S. M., Tarasov N. V., Asan-Dzhalalov O. A. A method of excitation of seismic waves. Patent RF № 2488848 C1. 2013//Bull. number 26, 2013. (In Russian).

3. Gurvich I. I., Boganik G. N. Seismic exploration: a textbook for high schools. – 3rd ed., Rev. – Moskva: Nedra, 1980. – 551 p. (In Russian).

4. Kopylov I. P. Electrical machinery. – Moskva: Energoatomizdat, 1986. – 380 p. (In Russian).

5. Rogachuk M. P., Tyshchenko M. V., Olomskiy S. V., Vasyliuk Yu. A., Riaboshapko S. M., Roman V. I., Mukoied N. I. Automation of supervision of seismic studies//*Naftogazova galus Ukrainy*. – 2013. – № 6. – С. 41–43. (In Ukrainian).

6. Roman V. I. The spectra of signal-to-noise ratio adaptive geophysical research//*Geophysical journal*. – 2013. – 36, № 2. – P. 186–190. (In Ukrainian).

7. Roman V. I., Zakariyev Yu. Sh., Ryaboshapko S. M., Grin D. N., Mukoied N. I. Intensive seismic exploration//*Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI*. – Keiv: UkrDHRI, 2013. – № 4. – P. 35–41. (In Russian).

8. Roman V. I., Shportyuk G. A., Gryn D. M., Mukoied N. I. Adaptive seismic studies: of model of seismic fields registration//*Geophysical journal*. – 2011. – 33, № 6. – P. 152–156. (In Ukrainian).

9. Cherepovskij A. V. Seismic exploration with single receivers and sources: a review of modern technology and design surveys. – Tver: Publishing house GERS, 2012. – 134 p. (In Russian).

10. Javorskij B. M., Detlaf A. A. Handbook of physics. – Moskva: Nauka, 1968. – 939 p. (In Russian).

Рукопис отримано 13.01.2015.

**В. И. Роман**, Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина,  
**Ю. Ш. Закариев**, закрытое акционерное общество “ГеоСейсКонтроль”, Москва, Россия,  
**С. М. Рябошапко**, закрытое акционерное общество “ГеоСейсКонтроль”, Москва, Россия,  
**В. С. Попков**, Институт проблем материаловедения им. И. М. Францевича НАН Украины, Киев, Украина,

**Н. В. Богаенко**, Институт проблем материаловедения им. И. М. Францевича НАН Украины, Киев, Украина,

**Д. Н. Гринь**, Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина,

**Н. И. Мукоед**, Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина

#### ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ АДАПТИВНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изложены принцип действия и состав адаптивных сейсмокомплексов сейсморазведочного и сейсмологического назначения и состояние работ по их созданию. Исчерпывающе эффективными информационно и экономически являются адаптивные сейсмокомплексы, технология работ с которыми и их функционирование основаны на использовании спектров отношения сигнал-помеха. Адаптивные сейсмокомплексы имеют типичный для сейсморегистрирующих комплексов состав технических и аппаратурных средств возбуждения, приёма и регистрации сейсмических сигналов. Отличием адаптивных сейсмокомплексов является специализация их программного обеспечения. Обязательной для адаптивных сейсмокомплексов является возможность обмена информацией между станцией или центром обработки наблюденных сейсмограмм и каждым из одновременно



работающих на площади исследований сейсмоисточников. В составе адаптивных сейсмокомплексов возможно использование любых сейсмоисточников. Наиболее приемлемыми для осуществления адаптивных исследований являются вибрационные сейсмоисточники и соответственно вибрационные зондирующие сигналы. Информационно оправданное повышение энергетических потребностей адаптивных сейсмокомплексов планируется компенсировать созданием и использованием резонансных сейсмоисточников.

**Ключевые слова:** спектр отношения сигнал-помеха, адаптивные исследования, адаптивный сейсмокомплекс, резонансный сейсмоисточник.

**V. I. Roman**, Institute of geophysics NAS of Ukraine;

**Y. Sh. Zakariiev**, Joint stock company Scientific-industry center "GeoSeisContol", Moscow, Russia;

**S. M. Ryaboshapko**, Joint stock company Scientific-industry center "GeoSeisContol", Moscow, Russia;

**V. S. Popkov**, Institute for problems of Materials Science NAS of Ukraine;

**M. V. Bogaenko**, Institute for problems of Materials Science NAS of Ukraine;

**D. M. Gryn**, Institute of geophysics NAS of Ukraine;

**N. I. Mukojed**, Institute of geophysics NAS of Ukraine

### **TEXNICAL-TECHNOLOGICAL COMPLEXES FOR ADAPTIVE SEISMIC STUDIES**

Operating principles and composition of adaptive seismic complexes with seismic exploration and seismologic functions and state of works on their creation have been developed. Adaptive seismic complexes with their technology of operation and their functioning are based on application of spectra of ratio signal-noise are comprehensively effective from informational and economical viewpoint. Adaptive seismic complexes have got typical for seismic registering complexes composition of technical and logistic means of excitation, receiving and registration of seismic signals. Distinction of adaptive seismic complexes is caused by application signal-noise ratio spectra, specialization of their software, technology of its operating, and support of its functioning during physical observation works. It is compulsory for adaptive seismic complexes to have a possibility to exchange information between the station or the center of processing of observed seismograms and each of simultaneously working seismic sources within the observation area. Any seismic sources can be used as components of adaptive seismic complexes. The most acceptable for realization of adaptive studies are vibration seismic sources and corresponding sounding signals.

Increase of energy demands of adaptive seismic complexes needs optimization of processing the signals obtained based on application of signal-noise ratio spectra in order to reach the best possible quality of identification of target signals. Finally increase of structural detail and parametric accuracy of adaptive studies can be reached by increase of energy of sounding signals.

Information reasonable increase of energy demand of adaptive seismic complexes is expected to be compensated by creation and application of resonance seismic sources.

The basic point is creation of adaptive seismic complex for engineering geological-geophysical studies with resonance seismic source included. The climax of technical, electronic and software complexity and perfection as well as operational velocity is an adaptive oil and gas exploration seismic complex. Its creation is the basis for development of systems for active seismic monitoring of the depth in order to study their tectonic evolution and ability to foresee seismologic disasters.

**Keywords:** spectrum of ratio signal-noise, adaptive research, adaptive seismic complex, resonance seismic source.