

На правах рукопису

Л И З У Н  
Степан Олексійович

**ФІЗИКО-ГЕОЛОГІЧНІ ОСНОВИ  
ДІАГНОСТИКИ НАФТОГАЗОНОСНИХ ОБ'ЄКТІВ  
МЕТОДАМИ ВЗАЄМОДІЇ ПОЛІВ**

- 04.00.17 — Геологія, пошуки та розвідка  
родовищ нафти і газу  
04.00.12 — Геофізичні методи пошуків та розвідки  
родовищ корисних копалин

**А в т о р е ф е р а т**  
дисертації на здобуття вченого ступеня  
доктора геолого-мінералогічних наук

Робота виконана в Інституті геології і геохімії  
горючих копалин АН України

Науковий консультант: академік АН України  
Забігало В.Д.

Офіційні опоненти:

доктор геол.-мін.наук Бойко Ю.Ю.  
доктор технічних наук Кулінкович А.Є.  
доктор геол.-мін.наук Сапухак Я.С.

Ведуча організація - Науково-дослідний інститут геофізичних  
методів розвідки НВО "Нафтогеофізика"  
/ВНДІ геофізики/

Захист відбудеться "18" грудня 1992 р. о 14<sup>30</sup> годині  
на засіданні спеціалізованої ради Д 016.53.01 при  
Інституті геології і геохімії горючих копалин АН України

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ІПТТК  
АН України за адресою: м.Львів, вул.Наукова, 3-а

Відгуки на автореферат в 2 екз., завірені печаткою підприємства,  
просимо надсилати вченому секретарю спеціалізованої ради за  
адресою: 230053, Львів-53, вул.Наукова, 3-а, вченому секретарю  
спеціалізованої ради.

Автореферат розісланий "16" листопада 1992 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради

Бойчевська Л.Т.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00816888 (\$) 

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність досліджень. Одним з основних напрямків діагностики геологічного середовища є вивчення взаємозв'язків між фізичними властивостями, складом та будовою гірських порід. Геофізична діагностика на певному етапі свого розвитку обмежувалася якісною характеристикою фізичних полів, вирішенням структурних задач і опосередкованим пошуком корисних копалин, в тому числі покладів вуглеводнів. На сучасному етапі постає необхідність вирішення більш складних задач, зокрема, виділення різного типу неоднорідностей, складу геологічних тіл, вивчення корисних копалин в складних фізико-геологічних умовах, оцінка їх якісного і кількісного вмісту.

Проблема вдосконалення та розвитку діагностичних методів геологічних об'єктів пов'язана з пошуком нових фізичних ефектів для гірських порід і виявленням більш інформативних параметрів. Одним з перспективних напрямків в цьому плані є вивчення вторинних фізичних процесів, стимульованих в середовищі впливом зовнішніх фізичних полів. Стосовно гірських порід, методи, пов'язані з вивченням вторинних процесів, знаходять своє примінення при вирішенні проблем сейсмічної активності Землі та деяких питань технології підвищення нафтовіддачі пластів. Разом з тим, вивчення осадових порід методами взаємодії до цього часу носило досить фрагментарний характер і наявні дані не складали серйозної основи для оцінки геологічної інформативності вимірюваних параметрів геофізичними методами.

Комплексне вивчення гірських порід як в натурних, так і в лабораторних умовах методами взаємодії фізичних полів дозволить виявити для них нові фізичні ефекти, розширити уявлення про їх фізичні властивості, ввести нові діагностичні параметри та встановити їх зв'язок з геологічними характеристиками середовища. Тим самим виникають умови для створення нових принципів ефективною геофізичною діагностикою геологічних об'єктів, що і визначає актуальність виконаних досліджень.

Мета роботи: розробка фізико-геологічних основ діагностики геологічних середовищ методами стимуляції фізичних процесів під впливом зовнішнього поля як основи розвитку геофізики взаємодії полів.

### Основні завдання досліджень:

- отримати теоретичні співвідношення опису основних процесів взаємодії механотермоелектричних полів в гетерофазному середовищі, провести оціночний аналіз величин параметрів виникаючих ефектів;

- виконати експериментальні модельні дослідження процесів взаємодії, вивчити їх основні закономірності для порід-колекторів різної літолого-фасіальної приналежності та флюїдонасиченості в умовах дії механоелектромагнітних полів;

- розробити методики, нестандартні вимірювальні пристрої і провести дослідно-методичні натурні /свердловинні та наземні/ дослідження з застосуванням методів взаємодії полів;

- створити елементи інтерпретаційних основ геофізичних досліджень методами взаємодії фізичних полів і оцінити ефективність методів при вирішенні окремих задач нафтогазової геофізики.

Поставлені завдання вирішувалися шляхом реалізації наступного комплексу досліджень:

- фізико-математичний модельний аналіз механізмів взаємодії механоелектромагнітних полів у флюїдонасичених середовищах;

- комплексні фізико-хімічні і петрофізичні дослідження порід шляхом експериментального моделювання процесів взаємодії полів;

- натурні дослідження методами взаємодії в свердловинних та наземних умовах;

- математична обробка результатів досліджень і їх геологічна інтерпретація на основі всіх апріорних даних про об'єкт досліджень.

Наукова новизна. Вперше розроблено і сформовано основні принципи і положення геофізики взаємодії полів – нового напрямку дослідження властивостей нафтогазоносних об'єктів:

- з позиції зонної будови речовин описані механізми формування контакту "рідина-тверда фаза" та на її основі розвинуті уявлення про трансформаційні енергетичні процеси в подвійному терті, обґрунтоване застосування методів стимуляції процесів для вивчення гірських порід як іонних систем;

- математичним моделюванням отримана повна система рівнянь, що описує ефекти взаємного впливу електромагнітного та механічного полів з врахуванням взаємодії фаз через терті та впливу напружено-деформованого стану на електрокінетичні процеси в системі; показано, що механоелектричний ефект дозволяє суттєво підвищити контрастність шаруватого середовища в полі пружних хвиль при дії на нього електричного поля;

- з використанням фізичного моделювання проведена експериментальна перевірка отриманих теоретичних співвідношень, виділені різномірні ефекти механоелектромагнітних та термоелектричних

взаємодій, зокрема, акустично викликаної поляризації та тьмічностимульованої деполаризації, які для гірських порід спостерігалися аперше; визначено комплекс нових діагностичних параметрів, пов'язаних з фазово-структурними особливостями середовища;

- для реальних геологічних умов під дією керованого впливу зовнішньої пружної енергії отримано стимуляцію вторинних електрофізичних процесів, здатних впливати на поляризаційні явища в середовищі та спричиняти або інтенсифікувати генерацію ним вторинних електромагнітних імпульсів;

- встановлено зв'язок параметрів вторинних стимульованих полі з наявністю неоднорідностей в геологічному середовищі, зокрема, виявлено аномалії параметрів вібростимульованих поляризаційних процесів над покладами вуглеводнів та інтенсифікацію процесу генерації вторинних електромагнітних імпульсів в зонах з аномальним механічним станом.

#### Практична цінність.

Розроблені методи геофізичної діагностики з використанням принципів взаємодії полів апробовано при проведенні дослідно-методичних робіт Західно-Українською геофізичною розвідувальною експедицією на нафтогазових родовищах Карпатської нафтогазосної провінції /Передкарпатський прогин/; підтверджена їх достатньо висока ефективність при реалізації пошуково-розвідувальних робіт. Комплексні геофізичні дослідження з використанням методів взаємодії полів /зокрема, методів віброгеоелектрики/ проводилися при виконанні пошукових робіт Комплексною геофізичною експедицією Державного геофізичного підприємства "Нафтогеофізика" в різних геологічних регіонах в комплексі з сейсмічними дослідженнями. Додаткова нова інформація дозволила підвищити надійність інтерпретації геофізичних даних.

Запропонований комплекс параметрів, розроблені методики і пристрої для петрофізичних досліджень з використанням методик взаємодії полів дозволяють підвищити ефективність діагностики зразків гірських порід при вивченні їх колекторських властивостей та типу флюїдонасиченості, забезпечуючи при цьому високу експресність.

Розроблена технологічна схема реалізації досліджень методами взаємодії передбачає як їх самостійну реалізацію, так і комплексування з іншими методами /зокрема, сейсмічними/ без суттєвих додаткових фінансових витрат.

Отримані результати ввійшли у звіти виробничих організацій і лягли в основу практичних рекомендацій по реалізації і використанню методів взаємодії полів. Створений апаратурний комплекс та розроблені методи віброелектрокаротажу пройшли практичне опробування при проведенні польових робіт Прикарпатською експедицією дослідження свердловин, а також Управлінням спеціалізованих геофізичних робіт виробничого об'єднання "Старополяннафтегеофізика" /спільно з НВО "Геоінформсистема"/. Пропозиції по широкому практичному впровадженню цього методу передано в об'єднання "Укргеофізика".

Апробація роботи. Основні результати досліджень доповідалися на 6-й, 7-й та 8-й Всесоюзних конференціях "Фізичні властивості гірських порід при високих тисках і температурах" /Ташкент, 1981; Брєван, 1985; Уфа, 1990/; науковій конференції "Комплексні дослідження фізичних властивостей і процесів" /Москва, 1984/; Міжнародній конференції "УЛЬТРАЗВУК-86" /Братислава, 1986/; щорічних республіканських семінарах "Сейсмічні методи пошуків і розвідки корисних копалин" /Київ, 1988-1992/; 1-му і 2-му Всесоюзних семінарах "Нетрадиційні методи геофізичних досліджень геологічного середовища" /Москва, 1989, 1991/; 9-й та 10-й Всесоюзних наукових конференціях "Фізичні процеси гірського виробництва" /Москва, 1989, 1991/; 1-а та 2-а Всесоюзні наради "Інженерно-фізичні проблеми нової техніки" /Москва, 1990, 1992/; 36-му Міжнародному геофізичному симпозиумі /Київ, 1991/; Міжнародній геофізичній конференції по розвідувальній геофізиці СЕР /Москва, 1992/.

Публікації. Зміст дисертації викладений в 72 працях /в тому числі 2 монографії, 11 авторських свідоцтв, 51 стаття, 8 звітів по науково-дослідних темах/.

Об'єм і структура роботи. Дисертація складається із вступу, 7 глав, заключення і списку літературних посилань. Текст викладений на 305 сторінках машинопису, ілюстрації складають 87 рисунків і 15 таблиць. Список літературних посилань містить 259 назв.

З особливою теплотою і вдячністю шаную світлу пам'ять професора Г. І. Петкевича, канд. геол.-мін. наук В. С. Сизоненка і О. Р. Штепана, в співпраці з якими були закладені основи виконаних досліджень.

Ініціатива розвитку цих робіт та наукове керівництво на-

лежить академіку АН України В.Ю.Забігайлу, який своїми цінними порадами і критичними зауваженнями при обговоренні результатів надав велику допомогу при їх виконанні, за що автор висловлює глибоку подяку. Широ вдячний канд.геол.-мін.наук Д.Н.Ляцку і канд. фіз.-мат.наук В.Ф.Кондрату, які на протязі ряду років приймали безпосередню участь в проведенні досліджень і в значній мірі вплинули на розвиток цього наукового напрямку. Конструктивні поради та критичні зауваження з окремих питань дисертації були зроблені професором В.В.Глушком, докт. геол.-мін.наук Р.С.Сейфулінін та докт.геол.-мін.наук Ю.М.Сеньківським, за що висловлюю їм своє признання.

Висловлюю подяку колективам відділу проблем нафтової геофізики ІПТК АН України, Західно-Української геофізичної розвідувальної експедиції і Прикарпатської ЕГДС, завдяки великій допомозі та участі яких були проведені широкомасштабні натурні спостереження.

## З М І С Т      Р О В О Т И

### І. ФІЗИКО-ГЕОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ВЗАЄМОДІЇ ПОЛІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ВІСНУЮТЬ ВУГЛЕВОДНІ

В сучасній розвідувальній геофізиці все ширше проявляються тенденції, пов'язані з нетрадиційними підходами - з дослідженням нових фізичних явищ в гірських породах та їх фізичних параметрів для цілей розвідки з розширенням на цій основі геологічної інформативності геофізичних методів в плані переходу від рішення структурних задач до задач безпосереднього виявлення корисних копалин.

При пошуках корисних копалин використовуються методи пасивних природних полів і методи активних, штучно створених полів. В реальних умовах кожен метод орієнтований на визначення одного фізичного поля на фоні інших природних полів. Безперечно, що ці поля взаємопов'язані і можуть впливати один на одного, активно взаємодіяти між собою. При одночасному застосуванні активних методів слід чекати, що збуджуючі фізичні поля будуть взаємодіяти як з середовищем, так і між собою, спричиняючи виникнення специфічних вторинних ефектів. Стосовно вив-

чення гірських порід ці методи знайшли своє застосування при розгляді питань нелінійної геофізики, сейсмічної активності порід, а також при розробці технологічних аспектів вторинних методів нафтовіддачі пластів.

Фундаментальні теоретичні дослідження і багатий експериментальний матеріал по вивченню явищ взаємодії полів у зв'язку з вказаними проблемами викладені в роботах М.А.Садовського, О.Л.Кузнецова, О.В.Ніколаєва, М.Б.Гохберга, Г.А.Соболева, А.Г.Іванова, М.С.Анциферова, Н.М.Нейштадта, М.І.Мігунова, Є.І.Пархоменко, М.Л.Сургучова, Є.М.Сімкіна, Т.З.Вербицького, Г.Я.Черняка, О.О.Кокарева, А.М.Камшиліна, а також викладені в окремих повідомленнях інших відомих дослідників. В нафтогазовій геофізиці такі роботи проводилися в обмеженому об'ємі і представлені окремими публікаціями.

Розглянемо фізичні передумови розвитку методів взаємодії полів для вивчення гірських порід.

З геофізичної точки зору під дією зовнішнього поля слід розуміти такі наслідки його прикладання, котрі супроводжуються зміною стану середовища, його властивостей, а також виявленням цієї зміни у вторинному полі іншої фізичної природи, ніж збуджуюче поле. Суть і основна ідея геофізичних методів взаємодії полягає в тому, що, впливаючи на геологічну систему полем однієї фізичної природи, спостерігають її відклик у вторинних полях /як правило, іншої природи/, які виникають завдяки відхищенню її від рівноважного стану. В рамках традиційної петрофізики властивості гірських порід розглядають формально як стабільні, хоча їм, як багатофазним системам, в залежності від конкретних умов в більшості характерна нестабільність, що пов'язана з обміном енергії з зовнішнім середовищем. Згідно визначення, сформульованого В.В.Ржевським /1975/, під фізичними властивостями порід слід розуміти їх специфічну поведінку при впливові фізичних полів. Виходячи з цієї тези, виділяють п'ять класів фізичних властивостей гірських порід: щільнісні, механічні, теплові, електромагнітні і радіоактивні. У зв'язку з розроблюваною проблемою виділено шостий клас фізичних властивостей гірських порід: трансформаційні властивості, тобто, здатність середовища каталізувати взаємодію полів, що супроводжується трансформацією енергії полів різної природи. При вивченні насичених середовищ методами стимуляції

процесів опробувався вплив полів різної природи, зокрема, теплового, пружного і електричного.

Метод термоактиваційної спектроскопії ґрунтується на тому, що під впливом температури створюють нерівноважний стан системи, розділяють носіїв зарядів в об'ємі і шляхом охолодження системи до низьких температур фіксують новий стан середовища. При наступному його нагріванні виникають процеси, що спричиняють виникнення вторинних електричних полів, аналіз яких дозволяє отримати інформацію про релаксаційні явища та фазово-структурні перетворення на границі "тверда фаза - флюїд" для іонних систем. Стимуляція процесів відбувається і під впливом пружного поля, створеного сейсмічними або акустичними коливаннями. Експериментальні класичні роботи А.Г. Іванова, Г.Я. Черняка, Е.І. Пархоменко, Назарного, М.І. Мігунова по спостереженню механоелектричних взаємодій в геологічних середовищах розглядають лише один клас ефектів, хоча, згідно теоретичних досліджень В.Н. Ніколаєвського, М.І. Мігунова і В.Ф. Кондрата, при таких взаємодіях виникає сукупність процесів, здатних формувати фізичні поля в середовищі. Безперечний інтерес викликає також вивчення зворотнього ефекту, який полягає в зміні контрастності геологічного середовища в пружному полі при впливі на нього поля електричного. Цей факт залишився практично на стадії констатації без подальшої теоретико-експериментальної розробки.

Важливим моментом при створенні нових методик є геологічні аспекти. Так, в основу розробки елементів інтерпретації результатів досліджуваних геофізичних методів покладено досягнення по вивченню геологічної будови Карпатської нафтогазоносною провінції, що викладені в ряді монографій, приведені на багатокольорних картах, описані в статтях і фондових матеріалах, які належать В.В. Глушку, М.Д. Єліну, Г.Н. Доленку, В.Н. Утробіну, І.Д. Гофштеїну, А.В. Чекунову, Л.С. Пішвановій, М.Р. Ладиженському, С.П. Вітрику, О.С. Вялову, Я.О. Кульчицькому, В.М. Шербі, Г.І. Петкевичу, Ю.М. Сеньковському, М.Д. Бударкевичу, М.Ю. Войціцькому, Р.С. Сейфулліну, О.С. Щербі, Л.Т. Бойчевській, В.І. Ярошу, Х.Б. Заяць, М.А. Вулю, П.М. Сандлеру, Д.В. Гуржію, М.М. Кудріну та іншим відомим дослідникам. В зв'язку з цим проведено детальний аналіз модельних уявлень про будову нафтогазових покладів і процесів, які в них протіка-

ють, розглянуто геологічні, геохімічні і геофізичні ознаки нафтогазового покладу, що відбивають не тільки наявність вуглеводнів як таких, але і всю гаму особливостей порід, як в продуктивній частині, так і поза нею.

Одним з факторів прояву нафтогазового покладу в геофізичних полях є те, що сукупність аномальних фізичних ефектів створюється вже на стадії свого утворення, оскільки внаслідок заповнення пори вуглеводнями змінюється і параметри середовища. Наявність вуглеводнів формує аномальну за своїми фізико-хімічними властивостями товщу і в надпродуктивних породах, яка володіє також особливим режимом фільтрації і динамікою стану. Зокрема, тут існують області з напруженим механічним станом, в яких ініціюються процеси механо-хімічних деструкцій, здатні впливати на геофізичні поля і формувати власні геофізичні аномалії. Разом з тим в фізиці пласта виділяють ряд факторів /а саме: тиск підслойових вод, пружність флюїду та вм'ящуючих порід, енергію стиснутого газу, тиск газової шалки, енергію молекулярно-поверхневих і капілярних явищ/, які, на наш погляд, у своїй сукупності або в різних можливих комбінаціях можуть активізуватися при впливі на систему зовнішнього фізичного поля і спричиняти формування геофізичних полів.

Отже, нафтогазовий поклад - це слабка фізична неоднорідність з нестійкими фізичними параметрами, що спричиняє неоднозначність її прояву в геофізичних полях. Фізично поклад вуглеводнів являє собою аномальну енергетичну зону, яка перебуває в рівноважному стані і володіє властивістю трансформації енергії одного фізичного поля в інше. Використання цих факторів специфічності покладу і відкриває перспективу розвитку геофізичних методів досліджень, оснований на принципах ресстрації вторинних стимульованих полів, генерованих середовищем.

## 2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ МЕХАНОЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ВЗАМОДІЇ В ПОРИСТИХ НАСИЩЕНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Розглянуто модель статично неоднорідного ізотропного пористого середовища, насиченого електролітом, з врахуванням наявності подвійного шару на границі розділу "твердий каркас - порова ріідина". Використовуючи методи механіки і електроди-

наміки суцільного середовища отримано рівняння опису взаємозв'язку механічних і електромагнітних процесів.

Можна прийняти, що в насиченому середовищі рідина і тверда фаза є електрично зарядженими, а середовище в цілому - електронейтральне. При динамічній деформації пористих насичених середовищ /хвильові процеси/ виникає несинфазний коливаний рух заряджених частинок каркасу, що приводить до виникнення змінної різниці потенціалів між двома точками середовища. Це уявлення /Н.І.Френкель, В.М.Ніколаєвський/ про природу одного з найбільш відомих і найпростіших ефектів механоелектромагнітних взаємодій в пористих насичених середовищах знайшов своє місце в практиці. Однак існують і інші механізми взаємодії, які супроводжуються виникненням вторинних ефектів іншого ґатунку. Показано, що поряд з електрокінетичним слід враховувати деформаційний механізм зміни електропровідності середовища, а взаємодія збурення електричного поля з зарядовою системою тіла приводить до виникнення пондеромоторних сил. Отримана система рівнянь описує механоелектромагнітні процеси в поровій рідині і каркасі, включає рівняння балансу мас, рівняння балансу імпульсу, рівняння електродинаміки, тобто, є повна система рівнянь для визначення механічних і електромагнітних полів в насичених пористих середовищах.

Взаємодія між цими полями в межах кожної фази обумовлена наявністю електромагнітних складових в рівняннях механіки і механічних складових в рівняннях електродинаміки, взаємодія процесів забезпечується контактними умовами. На основі методу осереднення ця система рівнянь зведена в кінцевому варіанті до безрозмірного вигляду і описує ефекти взаємного впливу електромагнітного і механічного полів при протіканні макроскопічних процесів в середовищі. В отриману систему рівнянь входить параметри, які характеризують взаємодію твердої і рідкої фаз за рахунок тертя, взаємодії електромагнітного поля і поля деформації і описують вклад струму зміщення порівняно зі струмом провідності. Система рівнянь враховує напружено-деформований стан середовища, який викликаний фільтрацією рідини або прикладанням електричного поля, і вплив вихідного напружено-деформованого стану на електрокінетичні процеси, а тим самим, і на вторинні поля, що формуються ними.

Взаємодія механічного і електромагнітного полів характе-

ризується параметрами  $q$  і  $E$  :

$$q_R = \frac{(\alpha_{10} \rho_{10})^2}{\delta_0 A}; \quad E = \frac{1}{A \gamma \cdot \alpha_{20} \rho_0 \cdot U_0 \gamma_f \rho_{20} E_0},$$

де:  $\delta_0$  - коефіцієнт електропровідності,  $\rho_{10,20}$  - густина рідкої і твердої фаз,  $\alpha$  - пористість,  $A$  - вектор швидкості руху фаз,  $\gamma_f$  - елементарність середовища,  $U_0$  - швидкість переміщення точок середовища,  $\gamma$  - визначає залежність провідності від деформації.

Отже, параметри залежать як від фізичних властивостей рідкої фази, так і від структурних характеристик середовища.

Таким чином, виконані теоретичні дослідження показують, що параметри, які описують ефекти механоелектромагнітних взаємодій, інформативні відносно фазово-структурних особливостей середовища, що відкриває перспективи їх використання для вивчення гірських порід.

### 3. МЕХАНОЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ В ПОРИСТИХ НАСИЧЕНИХ СЕРЕДОВИЩАХ В ЗОВНІШНЬОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

На основі рівнянь електромагнітомеханіки пористих насичених середовищ розглянуто окремі питання впливу зовнішнього електричного поля на позадовжні і поперечні хвилі, проведено оціночні дослідження механізмів сейсмоелектричного і електросейсмічного ефектів, розглянуто вплив зовнішнього електричного поля на відбиття позадовжньої пружної хвилі від границі розділу середовища, приведено підхід і деякі результати вивчення впливу пружних коливань на електрофізичні властивості насичених середовищ.

Розглянуто пористе насичене електролітом середовище, в якому розповсюджується плоска пружна хвиля, і створене однорідне постійне електричне поле напруженості  $E$ . Для цих умов отримане дисперсійне рівняння для позадовжньої хвилі з врахуванням електрокінетичних властивостей середовища, розв'язок якого є виразом для хвильового числа. Відзначимо важливу особливість такого рішення: дійсні і уявні частини хвильових чисел, що характеризують розповсюдження хвиль в протилежних напрямках, відрізняються по величині, тобто, вплив електричного поля на розповсюдження хвиль в протилежних напрямках

ного поля на характеристики пружної хвилі залежить від величини і напрямку його вектора напруженості. Аналіз цього рівняння показує, що для фазової швидкості хвиля не чутлива до електрокінетичних властивостей середовища, а коефіцієнт затухання з ростом  $q$  зменшується: для середовищ з  $q = 1$  він у два рази менший, ніж для середовищ з  $q = 0$ . На основі виконаних оціночних досліджень встановлених залежностей показано, що вплив електричного поля на коефіцієнт затухання залежить від напрямку вектора  $E$ , його величини, а також структурних і фізичних характеристик самого середовища. Відносна зміна коефіцієнта затухання пружної енергії при достатньо сильному електричному полі досягає десятків процентів.

Аналогічні дослідження виконано для поперечної хвилі. Встановлено, що в прийнятому наближенні вплив електрокінетичних і електрострикційних властивостей середовища, а також вплив зовнішнього електричного поля спричиняють лише зміну коефіцієнта затухання, не впливаючи на фазову швидкість. Підтверджено вплив напрямку вектора електричного поля на знак та величину коефіцієнта затухання.

Коефіцієнт поглинання:

$$\frac{R_m \sqrt{\varepsilon_{20}} \varepsilon_{\kappa}}{2 \varepsilon_{\kappa} \varepsilon_{10}} = \frac{\rho_0 \mu_0 \nu_0 \alpha_{20} \sqrt{\alpha_{20} \rho_{20}} \rho_{20} \delta_{20} E_0 x}{2 \rho_0 \rho_0 \omega^2},$$

де:  $\rho_{20}$  - густина твердої фази,  $\rho_0$  - вихідна густина,  $\mu$  - магнітна проникність,  $\varepsilon_{\kappa}$  - діелектрична проникність,  $R$  - число Рейнольдса,  $\omega$  - частота,  $E_0$  - напруженість поля.

Аналіз рівняння показує, що при наявності поля  $|E| > 0$  коефіцієнт поглинання має менше значення, а при його відсутності - більше. З рівняння випливає також, що вплив електричного поля посилюється при переході до більших частот, більш суттєвим для низькоомних, слабопроникних, але з достатньою пористістю середовищ, електропровідність яких залежить від прикладеної механічної напруженості.

Розглянуто також перетворення хвиль на границі розділу середовища в умовах дії електричного поля, як один з варіантів трансформаційних енергетичних процесів в геологічному середовищі. Отримано систему рівнянь, на основі яких оцінено коефіцієнт перетворення хвилі. Показано, що зовнішнє електричне поле здатне змінювати величини коефіцієнтів проходжен-

ня та відбивання позадодвньої хвилі, а характер залежності визначається умовами його впливу. На прикладі слабоконтрасних середовищ з різною електроінетичною активністю показано, що границя їх розділу, практично прозора для пружної енергії в діапазоні сейсмічних частот, починає проявлятися з підвищенням напруженості прикладеного електричного поля, тобто, коефіцієнт проходження хвилі зменшується, а відбивання зростає, досягаючи при певних умовах 35-40%. Для сильно контрастних середовищ електричне поле здатне змінити коефіцієнт відбивання не більше, ніж на 10%.

Важливе значення при розгляді електросейсмічних ефектів в шаруватому середовищі, як один з основних механізмів втрати енергії сейсмічної хвилі, має сам процес перетворення хвилі першого роду у хвилю другого роду. Доведено, що для таких середовищ вже при порівняно невисоких полях  $E < 50 \text{ В/м}$  можна досягнути значної /порядку 10%/ зміни коефіцієнта поглинання сейсмічної енергії.

Проаналізовано електромеханічний ефект, пов'язаний із взаємодією зарядженої фази з зовнішнім електричним полем, а також вплив на нього електрострикційного і теплового механізмів. На цій основі сформульована система рівнянь, отримано її рішення і з допомогою числових методів виконано оцінки параметрів оцікуваних величин. Встановлено, зокрема, що електротермомеханічний ефект в значній мірі визначається пористістю і пружністю зразка.

Розглянуто співвідношення, які описують вплив періодичної пружної дії на електропровідність пористих середовищ. Основним механізмом такого впливу, очевидно, слід вважати закривання та відкривання тріщин і пор при зміні напруженого стану. Показано, що крім осередненої складової коефіцієнта електропровідності в умовах вібродії, виникають також періодичні складові частотою  $f$ ,  $2f$  і т.ін. Зміна осередненої складової електропровідності залежить не лише від амплітуди коливань, але і від характеристик матеріалу каркасу, пористості, параметру розподілу пор. Тому слід очікувати, що цей параметр буде мати різні величини для порід, що знаходяться в межах контура і поза ним.

#### 4. ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ, СТИМУЛЬОВАНИХ КРІОБАРИЧНИМ ВПЛИВОМ В ПОРИСТИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Теоретичні дослідження ефективності взаємодії електромагнітного і пружного полів вказує на визначальну роль в цих процесах електрокінетичних явищ. Характер їх протікання в подвійному електричному шарі і стан міжфазних границь в певній мірі розкривається при їх аналізі з позиції багатофазних іонних систем в умовах впливу температурного поля. Останнє слід розглядати як стимулюючий фізичний фактор, здатний привести в дію електрофізичні процеси, близькі тим, що виникають при дії пружної енергії.

Суттєвим для розуміння механізму і природи електричних властивостей твердо-рідинних систем є те, що електрохімічна активність кристалічних поверхонь визначається скопченням електрично активних структурних дефектів. Під впливом активних центрів поверхні твердої фази здійснюється послідовне впорядкування структури і естафетний трьохмірний механізм. Це найбільш ймовірно в тих випадках, коли шляхами передачі інформації про структури, що утворилися, є мікропори, які вміщують адсорбовані молекули полярної рідини. Для гірських порід роль цього механізму слід вважати визначальною. Всю рідку фазу в пористому середовищі слід розглядати як квазікристалічну систему з різним ступенем впорядкованості, що визначається енергетичним станом. Для опису властивостей цієї системи запропоновано зонно-енергетичну модель, будова і параметри якої визначаються ступенем і характером зв'язків рідини з твердою фазою.

Важлива інформація про параметри і природу електрофізичних процесів іонопровідних систем отримується методами термічної стимуляції провідності /ТСП/ і деполіаризації /ТСП/. Завдяки цим методам можна провести розділення процесів за енергетичними і часовими характеристиками і оцінити, тим самим, спектр їх складових. Коротко суть методичних операцій по вимірюванню методами ТСП і ТСД така: зразок гірської породи нагрівають до відповідної температури, діють на нього певним полем /електричним, пружним, електромагнітним/ і в подальшому в умовах цієї дії охолоджують до температури рідкого азоту, стабілізуючи стан носіїв зарядів в зразку; потім зовнішня

поле знімають і проводять нагрівання зразка з одночасною реєстрацією виникаючого при цьому струму. Зареєстровані криві характеризуються при певних температурах екстремумами; їх морфологія і параметри змінюються в залежності від складності природи процесів.

Експерименти виконувались на зразках керну і моделях іонопровідних середовищ. Для їх проведення був створений спеціальний пристрій, який дозволяє проводити термоелектричні вимірювання в діапазоні температур 77...500 К у вакуумі або атмосферах різних газів /кисню, азоту, метану/. Перш за все була досліджена структура процесів, які формують електрофізичні властивості середовища. Аналізом обробки експериментальних діаграм встановлено, що можна виділити низькотемпературну, середньотемпературну і високотемпературну складові з різними часовими і енергетичними параметрами. Найбільш низькотемпературний процес, пов'язаний, очевидно, з носіями зарядів в області вільної рідини. Середньотемпературний процес обумовлений зарядами, що зазнали впливу поверхні твердої фази. Високотемпературний процес слід віднести до зарядів, адсорбованих різними активними центрами поверхні твердої фази.

Значний об'єм досліджень присвячений вивченню впливу на структуру поляризаційних процесів кількісного вмісту глини і її мінерально-структурних характеристик. Встановлено, що збільшення глинистості супроводжується підвищенням величини розрядного струму деполіризації в області низькотемпературного процесу. Зміна мінерального складу глин приводить до зближення по температурі першого і другого процесів. Слід відмітити відсутність диференціації по енергіях активації для третього процесу.

Вплив літологічного складу якісно характеризується типами кривих залежності  $I(T)$  ТСП і ТСД з різною морфологією, яка визначається відмінностями параметрів формуючих процесів. Наприклад, для кривих, отриманих на пісковиках, завжди характерна значна амплітуда сигналу вузьколокального типу для першого процесу ТСП і чітка диференціація всіх трьох процесів ТСД в інтервалі температур 300 К; для туфів - злиття низькотемпературних процесів ТСП в єдиний.

Вплив пористості і проникності на параметри термостимульованих процесів вивчалися на колекції пісковики з подібним

гранулометричним складом і кількісним вмістом однакового за речовинним складом цементу при достатньо широкому діапазоні зміни фільтраційно-емісійних властивостей. Встановлено, що для струму провідності ТСП кореляція з колекторськими властивостями практично відсутня. Разом з тим, для параметрів поляризаційних процесів очевидне зростання параметрів ТСД з ростом пористості і проникності досліджувальних пісковиків.

Таким чином, на зразках гірських порід показано, що вплив первинного температурного поля викликає в іонопровідних системах процеси, здатні формувати вторинні електричні струми, параметри яких пов'язані зі структурними характеристиками твердої фази. Розвинуто новий напрям досліджень - термобаровакуумна петрофізика.

#### 5. АКУСТОСТИМУЛЬОВАНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ У ФЛЮІДОВМІЩУЮЧИХ ПОРОДАХ

Гірська порода - це гетерогенна система, реакція якої на зовнішню дію фізичного поля є інтегральним ефектом середньозважених в залежності від дольової участі елементарних відкликів кожної /відносно однорідної за структурою і складом, а отже, і по фізичних властивостях/ компоненти.

Пружна хвиля, розповсюджуючись в такому гетерогенному середовищі, здатна змінювати його властивості в цілому і кожної компоненти, зокрема, викликати зміну стану, вторинні ефекти, одним з яких є виникнення змінної різниці потенціалів. Отримати нові інформативні діагностичні параметри можна шляхом вивчення нових явищ, що виникають в насичених середовищах при дії пружної енергії, і на цій основі створити нові методики досліджень. В зв'язку з цим виконано цикл теоретико-експериментальних модельних досліджень електромагнітних явищ, які виникають в насиченому пористому середовищі при дії на нього пружних коливань ультразвукового діапазону. Теоретичні співвідношення, які описують зміну електропровідності рідин /нафти і електроліту/ під впливом пружної енергії, вказують на відмінність для них величини цього ефекту.

Отримано наступні результати експериментальних досліджень для вільних флюїдів:

- вуглеводні здатні істотно змінювати свій опір при дії пружної енергії на кілька порядків;

- величина ефекту зміни опору істотно відрізняється для електролітів і вуглеводнів.

Встановлено, що при припиненні дії зовнішнього поля опір нафти релаксує в більшості випадків до свого початкового значення. Причому, час релаксації знаходиться в прямій залежності від величини вихідного значення опору і коливається в межах від десятків секунд до десятків хвилин. Значні зміни діелектричних властивостей нафти обумовлені появою вільних носіїв зарядів, зокрема, неспарених електронів, які виникають в результаті деструктивних процесів. Це експериментально підтверджено даними по дослідженню спектрів електронного парамагнітного резонансу /ЕПР/. Встановлений ефект дозволяє провести якісне розділення рідин, що отримало своє підтвердження в результатах досліджень на моделі шаруватого середовища. Виміри показали, що дія ультразвуку змінює електричний опір нафти, що міститься в порах твердої фази, а для електроліту ефект не спостерігається. Розподіл опору для прошарків моделі, отриманий в умовах дії на середовище пружних коливань, відрізняється від вихідного більшою диференційованістю по розрізу для пластів з різними наповнювачами. Більш контрастно проявляються також межі між пластами з різною пористістю при їх однотипній флюїдонасиченості. Змінюючи час дії, його частоту і інтенсивність, встановлено, що збереження ефекту після дії зміни опору для насичених середовищ значно менше, ніж для вільних рідин.

Окрема серія експериментів була присвячена вивченню впливу енергії пружних коливань на величину і кінетику формування сорбційних зарядів, а також електрокінетичних потенціалів з тим, щоб вивчити можливість зміни постійного електричного поля насичених пористих середовищ при такій дії. Встановлено, що дія ультразвуку істотно змінює кінетику процесу сорбції, а також величини сорбційного заряду і електрокінетичного потенціалу. Для умов капілярного ефекту спостерігається стрімке зростання електрокінетичного потенціалу, що підтверджує визначальну роль енергетично активної частини двійного електричного шару при формуванні приросту постійного електричного поля в умовах зовнішнього впливу.

На моделі шаруватого середовища, використовуючи можливість створених ностандартних вимірвальних пристроїв, проводилися виміри методом потенціалу і градієнт-потенціалу з впливом і

без впливу пружної енергії. Встановлено, що потенціал поляризації, виміряний в умовах впливу пружної енергії, досягає більших значень, а морфологія кривої є більш диференційованою. Іншими словами, вплив ультразвуку підвищує контрастність розчленування об'єкту за структурно-літологічними особливостями елементів середовища. Спостережуваний сигнал фактично є потенціалом поляризації, що виникає під дією акустичного імпульсу, і його можна трактувати як акустично викликаний потенціал. Описане явище слід розглядати як самостійний феномен, вперше розглянутий з позицій зонно-енергетичної будови міжфазової границі, що визначає його новизну в цілому. Тобто, слід говорити про нове явище в іонопровідних середовищах, яке визначене нами як акустично викликана поляризація /АВП/. С.Ю.Веласян визначає штучно викликану поляризацію як "процес переходу природньо викликаної поляризації в штучно створений стан під дією прикладеного до середовища електромагнітного впливу". Згідно наших досліджень, енергія пружних коливань здатна ініціювати також ефекти, впливаючи на енергоактивну зону в області контакту фаз.

Нами досліджено вплив ультразвуку на параметри сигналу ШВПЕ при різних параметрах збуджуючого поля /час дії, частота, інтенсивність/. Показано, що при цьому збільшуються потенціали поляризації і активізуються компоненти в області малих часів релаксації. Крім того, параметри сигналу, виміряного в умовах акустичного впливу, володіють більш тісним зв'язком з смісно-фільтраційними характеристиками середовища, ніж для вихідного сигналу. Коефіцієнт кореляції для цього зв'язку, встановлено по традиційній методиці, складав 0,6, а при дослідженні на цій самій колекції зразків з приміненням методики акустичної активізації середовища величина його складала вже 0,8.

Окрема серія модельних експериментів по дослідженню ефектів механоелектромагнітних взаємодій в насичених середовищах і їх основних закономірностей присвячена вивченню вторинного електромагнітного випромінювання /ЕМВ/, яке генерується середовищем при проходженні в ньому пружної енергії. Основні закономірності цього випромінювання досліджувалися в двох аспектах:

- вплив умов і режимів зовнішньої дії на параметри стимульованого ЕМВ;

- вивчення зв'язку цих параметрів з петрофізичними характеристиками зразків та їх флюїдонасиченістю.

При дослідженнях на зразках керну, пористість яких змінювалася в межах 5...25%, встановлено, що збільшення відкритої пористості /при решта ідентичних умовах/ супроводжується квазілінійним зростанням амплітуди ЕМВ. На величину цього сигналу впливає також ступінь насиченості зразків і концентрація розчину. При зміні концентрації в межах одиниць процентів амплітуда ЕМВ збільшується: при досягненні значень порядку 18...20% вона стабілізується і при подальшому збільшенні концентрації генераційна здатність системи падає.

З використанням шаруватої моделі визначено основні закономірності ЕМВ в зв'язку з типом насичуючого флюїду. Нафтонасичені прошарки моделі характеризуються пониженими значеннями амплітуди ЕМВ і спюри сигналу при цьому ускладнені коливаними вищих гармонік. Прешарки, насичені сольовими розчинами, виділяються сигналом з високою амплітудою і частотою, яка відповідає частоті збуджуючого сигналу. Отже, за величиною і характером вторинного ЕМВ, генерованого середовищем при проходженні в ньому пружної хвилі, можна виділити прошарки з різними типами флюїдонасиченості.

Виходячи з модельних уявлень про пори як природні резонатори, які володіють власною частотою коливань, розглянуто умови оптимізації збудження вторинного ЕМВ в пористих середовищах. Отримано теоретичні співвідношення для оцінки амплітуди ЕМВ в залежності від частоти збуджуючого впливу. Експерименти по резонансному збудженню вторинного ЕМВ в зразках гірських порід показали, що при певних частотах пружних коливань спостерігається аномальне зростання його амплітуди. Цей висновок переконливо підтверджений результатами досліджень на штучних зразках з наперед заданими структурними параметрами, що дозволило задати необхідний розмір пор, а тим самим, і діапазон частот можливого резонансного збудження. Для цих зразків спостерігали аномальне зростання амплітуди ЕМВ в діапазоні частот, що відповідали теоретично розрахованим їх значенням.

Таким чином, виконані лабораторні експериментальні дослідження і отримані при цьому результати дозволили створити петрофізичну основу методів взаємодії полів для пари "пруж-

на енергія - електричне поле" в першій частині цієї взаємодії - при сейсмоелектричних дослідженнях.

## 6. ПРУЖНІ КОЛИВАННЯ В НАСИЩЕНИХ СЕРЕДОВИЩАХ, ЩО ПІДДАЮТЬСЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ. ЕЛЕКТРО-СЕЙСМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Прямим експериментальним підтвердженням впливу електричного поля на розповсюдження пружних коливань в насичених середовищах є результати натурних сейсмічних досліджень Д.Н.Лящюка по вивченню електросейсмічного ефекту. Однак, реалізація цих досліджень в натурних умовах поставила сукупність невирішених питань, які пов'язані з природою самого ефекту, його основних закономірностей, що вимагало проведення детальних модельних досліджень.

Основну увагу в таких дослідженнях було приділено вивченню процесу розповсюдження пружної хвилі в пористих насичених середовищах при умовах проходження в них електричного струму. При цьому визначався спосіб і режим впливу енергії електричного поля з метою вибору оптимальних умов керування сукупністю процесів, здатних впливати на параметри пружного імпульсу. Шляхом виміру максимально можливої кількості параметрів пружного імпульсу визначено комплекс найбільш чутливих з них до такого типу впливу. Вивчено характеристики пружного імпульсу як в режимі проходження через середовище, в якому протікають процеси зарядопереносу, так і в режимі відбиття його від границь розділу "рідина - пористе середовище" і "пористе середовище - рідина".

Слід розрізняти два типи впливу електричного поля:

- динамічний - пов'язаний з перенесенням мас і процесами агрегування, тобто, вплив, який відбувається опосередковано через стимуляцію сукупності вторинних динамічних процесів в середовищі;

- статичний - викликає нерівноважний енергетичний стан середовища шляхом просторового розділення зарядів електричним полем.

Параметри пружного імпульсу вимірювалися на насичених зразках керну. Електроди в одному випадку контактували безпосередньо зі зразком, а в іншому - між ними розташовували запірні прокладки, утворюючи тим самим вимірювальний конден-

сатор. Змінюючи різницю потенціалів до 600 В, через кожні 50 В проводили запис акустичного сигналу, який пройшов через зразок. Оцінка швидкості акустичного імпульсу показала, що її зміна при дії електричного поля складала не більше 2% від вихідної величини, що співмірно з точністю вимірів і практичної цікавості не представляє.

Однак, для акустичних імпульсів, записаних без дії поля і в умовах електричної дії, спостерігається відмінність в морфології сигналу. Це свідчить про зміни його амплітудно-часотних характеристик. Так, при прямій дії електричного поля /співпаданню напрямку вектора електричного поля і хвильового вектора імпульсу/ зростання різниці потенціалів супроводжується практично лінійним ростом амплітуди сигналу, який досягає насиченості при певній напрузі. Зміна полярності електричного поля на протилежну змінює і характер самої залежності; а саме: після незначного росту амплітуди при невисоких значеннях різниці потенціалів відбувається різка зміна характеру залежності і подальше підвищення напруги приводить до зменшення амплітуди і гасіння акустичного сигналу. При ортогональності векторів вплив електричного поля практично не виявляється.

Для середовищ з постійними параметрами в діапазоні 10 кГц... 5кГц нами досліджено вплив частоти пружного імпульсу на величину спостережуваного ефекту. Встановлено, що приріст амплітуди, стимульований дією електричного поля, більший в області вищих частот.

При використанні запірних електродів впливу електричного поля на пружний імпульс не спостерігалось.

Таким чином, встановлено, що електричне поле здатне змінювати динамічні характеристики пружного імпульсу. Цей ефект визначений нами як електроакустичний /або електросейсмічний/ в залежності від використаного пружного поля.

Досліджено також вплив електричного поля на акустичний імпульс, що пройшов в двошаровому середовищі, що вміщує рідину і насичене пористе тіло. Для цього використовувалась модель, в якій пісковик з паралельними гранями і вмонтованими електродами, розташовували в рідині. Така система дозволяє створювати струмові процеси тільки в насиченому середовищі. Було зареєстровано нормально падінний акустичний сигнал

який пройшов через систему "рідина-границя контакту - насичене пористе тіло". Основний результат цієї частини досліджень полягає в тому, що для двошарового середовища також спостерігається збільшення амплітуди сигналу при дії електричного поля. При цьому було однозначно засвідчено, що визначальним фактором для величини і характеру електросейсмічного ефекту є сила струму, який проходить в середовищі. Тому всі закономірності розглядалися в зв'язку саме з цим параметром. Подальші виміри показали, що при малих значеннях струму амплітуда лишається практично постійною для всіх фаз зареєстрованого сигналу. При підвищенні сили струму до сотень міліампер амплітуда починає рости. Ця тенденція зберігається до струмів порядку 2,5...3 А. Чутливість до струмових процесів неоднакова для різних частин сигналу: при однаковій силі струму перевищення амплітуди для 3-ї і 4-ї фаз становило 10% від вихідного, а для 8-11-ї воно досягало 35%.

Для числової оцінки встановленого ефекту нами використано коефіцієнт затухання, оскільки в основі спостережуваного явища є зменшення енергетичних втрат в середовищі за рахунок стимуляції процесів і безпосередньої підкачки пружної енергії електричною. Встановлено залежність коефіцієнта затухання від сили струму у зразку для низькоенергетичної частини сигналу і показано, що він може змінюватись при певних умовах до 40%.

Проведено також дослідження впливу електричного струму на відбиття пружної хвилі від границі розділу середовищ з різними властивостями. Дослідження проводились з допомогою сумішеного акустичного датчика при вимірюванні двох відбитих імпульсів: перший від границі розділу "рідина - тверда фаза", а другий від границі "тверда фаза - рідина". Виміри показали, що акустичний сигнал, відбитий від границі переходу з рідини в насичене середовище практично не змінює своїх параметрів. Для сигналу, який пройшов через зразок і відбився від границі насичене середовище-рідина, знову спостерігається збільшення амплітуди і спостерігаються всі решта описані вище закономірності. При збільшенні шаруватості досліджуваного середовища для електричного поля підсилює контрастність границь розділу, збільшуючи параметри зареєстрованих відбитих від них акустичних імпульсів.

Отримані результати розглядаємо як петрофізичну основу методів взаємодії полів для пари "пружна енергія - електричне поле" в другій частині цієї взаємодії - для електросейсмічних досліджень.

## 7. КОМПЛЕКСНІ ВІБРОЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ. ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЇ

Натурні спостереження методами взаємодії полів, їх опробування, оцінка геологічної інформативності та ефективності розроблених методів та побудова технології вимірювань проводилися в регіонах з різною геологічною будовою, а саме: в Передкарпатському прогині, Прибалтійській синеклізі та Прикаспійській западині. Найбільшій об'єм таких досліджень виконано на нафтогазових родовищах Вільче-Волицької зони Передкарпатського прогину, а саме: в межах Залужанського, Свидницького, Коханівського родовищ. Слід зауважити, що будова геологічного розрізу продуктивних горизонтів неогену характеризується наявністю тонкошаруватих пластів, що вміщують багатопластові поклади вуглеводнів на цих родовищах. Однією із проблем нафтогазової геології є діагностика таких пластів /особливо з покладами газу/, бо звичайні методи ГДС не завжди дають достатній результат, що, в свою чергу, приводить до зниження ефективності пошукових і розвідувальних робіт.

Розглядаючи ці родовища з точки зору динамічно врівноваженої системи, необхідно відмітити, що в таких системах багатопластових родовищ Зовнішньої зони існують реальні передумови інтенсифікації під дією фізичних полів сукупності процесів, здатних вплинути на геофізичні поля.

Так, на родовищі Залужани дослідження проводилися в двох зонах /в межах родовища і поза ним/, в яких при розносах електродів 50, 150, 250 і 500 м вимірювали величину потенціалів природного поля як без зовнішнього впливу, так і при вібродії на середовище. В результаті було встановлено, що в одній з досліджуваних зон спостерігається зростання різниці потенціалів після вібраційної активації середовища. Для виявленого ефекту вивчалися основні залежності:

- залежність величини ефекту від параметрів збуджувачого

поля /частоти, потужності, кількості накопичень, геометрія розташування джерел пружних коливань/ як методу оптимізації умов збудження;

- зміна вібростимульованих потенціалів в залежності від особливостей геологічної будови об'єкту досліджень та наявності вуглеводнів.

Дослідження показали, що існує оптимальний діапазон частот, при якому можна отримати максимальний ефект нагнітання енергії пружних коливань в середовище і отримати максимальний ефект зміни потенціалів природнього поля для даного об'єкту спостережень. Збільшуючи кількість вібраторів /потужність впливу/, встановлено, що лише група з не менше, ніж з трьох вібраторів може спричинити в середовищі процеси, які впливають на геоелектричні поля. В подальших експериментах використовувалась група з п'яти вібраторів, що забезпечувало надійність збудження цього ефекту.

В результаті проведених методичних досліджень з врахуванням встановлених закономірностей була запропонована схема виміру потенціалів, стимульованих вібрацією. Спочатку вимірювали вихідні значення потенціалів природнього поля і будували їх розподіл для даного профілю. Далі на кожному пікеті проводили вібрацію і вимірювали потенціали як безпосередньо при вібрації, так і через певний проміжок часу після її припинення. Усереднивши ці значення, отримували розподіл вібростимульованих потенціалів вздовж цього ж профілю. Для більш ретельного виділення особливостей зміни вимірних величин в залежності від об'єкту використовували відносний параметр, що визначався як відношення різниці вібраційного /або поствібраційного/ значення потенціалу і його вихідної величини до цієї вихідної величини.

Дослідження, виконані з приміненням описаної методики для кількох профілів родовища Залужани, показали, що вібраційна дія збільшує потенціали природнього поля, формуючи позитивні аномалії введеного нами відносного параметра для тих профілів, які пролягають над продуктивними пластами. Для родовища Коханівка було вибрано два профілі, що перетиналися в певній частині. Співставлення результатів показало, що отримано аномалії вібропотенціалів, які співпадають між собою саме в тих частинах профілю, де вони перетинають продук-

тивну частину розриву.

На полігонних територіях роботи проводилися на протязі трьох сезонів, що дозволило переконатися у відтворваності отриманих результатів. Встановлено, що для вибраних профілів вібраційна дія помітно формувала аномалію природнього поля на одним і тих самих ділянках, що співпадали з продуктивною частиною розриву. Отже, можна стверджувати, що вимірювання методом вібраційної стимуляції природніх потенціалів дозволяє підвищити надійність геофізичних досліджень при виявленні скопчень вуглеводнів в тонкопоруватих розривах.

Зроблений висновок переконливо підтверджено результатами робіт в Прибалтійській синеклізі; на виділених п'яти структурах було проведено деталізаційні роботи методом вібростимуляції природнього поля, за результатами яких, була проведена відбраковка окремих структур як таких, що не дали аномалій вібростимульованих потенціалів. Результати буріння підтвердили високу надійність проведених досліджень.

Наступна методика, що включена в комплекс віброгеоелектричних спостережень - це метод потенціалів викликаної поляризації. Вимірювання проводилися для фазово-частотних спостережень ВП-ВПМ з використанням установки дипольного профілювання з кількома розносомі. Методика вимірювання наступна. Спочатку на кожному пікеті профілю заміряли вихідні параметри ВП по стандартній методиці. Далі включали вібратори, які розташовувались в зоні вимірювальних електродів і проводили замір параметрів ВП безпосередньо при вібрації. Вібрацію припиняли і вимірювали поствібраційні зміни параметрів ВП, враховуючи релаксаційний характер цих процесів. Отримані гістограми розподілу параметрів показали, що вібродія здатна змінювати параметри поляризаційних процесів і при цьому спостерігається залежність величини ефекту від особливостей геологічної будови об'єкту досліджень.

Узагальнення цієї частини натурних спостережень та оцінка їх геологічної інформативності показали, що максимальні зміни поляризаційних параметрів під дією вібрації відбуваються в зоні геологічних неоднорідностей, зокрема, в периферійних частинах родовищ, аномальних за своїми фізико-хімічними характеристиками. Попередній висновок полягає в тому, що метод вібро-ВП підвищує надійність оконтурювання родовищ і ви

ділення зон газводняного контакту.

В коло виконаних віброелектричних досліджень був включений також метод ЗСВ. З його приміненням виконано невеликий об'єм робіт на Коханівському родовищі. Дослідження проводилися в двох варіантах - "диполь-петля" і "петля-в петлі" при довжині диполя 1 км, силі струму 30 А та петлі розміром 60 x x 60 м, віддаленої від центру диполя на 1 км. При проведенні вібраційної дії в області збуджуєчого диполя не спостерігалося ніяких змін величини, або характеру зареєстрованого електричного сигналу. Найбільш суттєвий ефект було отримано у випадку, коли вібрація здійснювалась групою з п'яти вібраторів, розташованих в межах виміральної петлі, а електричний сигнал реєстрували після поперечної дії на середовище пружних коливань. Показано, що найоптимальніший час для формування ефекту віброзміни електричних параметрів середовища становить 30-40 хвилин після припинення вібрації.

Профіль для дослідження методом вібро-ЗСВ на родовищі Коханівка в своїй центральній частині пролягає над продуктивними пластами. Дискретні вимірювання в окремих точках цього профілю показали, що для периферійних пікетів вібраційний приріст ЕРС не перевищував 5%, що співмірно з похибкою вимірювання і тому вплив вібрації на геофізичні параметри в даній точці середовища не виявляється. Для пікетів, розташованих ближче до центру профілю, величина ЕРС, стимульованої вібрацією зростає, збільшуючи свої значення на 70% відносно вихідних. При профільних вимірюваннях методом вібро-ЗСВ встановлено, що в окремих ділянках профілю виникають аномалії, які не спостерігаються без вібрації. За своїм положенням ці аномалії відповідали пікетам, для яких спостерігався вібраційний ефект зміни ЕРС і при дискретних вимірюваннях. Багатократні повторення підтвердили відтвореність спостережуваного ефекту як за характером зміни, так і за своєю величиною, що дозволяє ввести його в ряд закономірних явищ.

Значна увага при натурних дослідженнях була приділена вивченню електромагнітних імпульсів, які генеруються геологічним середовищем. Дослідження методом вібростимульованого ЕМВ виконані на тих самих полігонних родовищах Передкарпатського прогину. Реєстрація ЕМВ проводилася за допомогою приладу РВНДЗ-2, який вимірював кількість імпульсів, що гене-

руються середовищем за одиницю часу в діапазоні частот 5...50 кГц.

Для досліджень вибрали профілі на Коханівському і Залужанському родовищах, одні з яких перетинали контури родовищ, інші проходили поза ними. З дискретністю 50 м заміряли інтенсивність генерації ЕМВ в трьох режимах: до вібрації, безпосередньо під час вібрації і після припинення вібрації. Вимірювання виконувалися за допомогою двох приладів, одні з яких розташовувалися безпосередньо на профілі, а другий на окремій віддаленій точці. Це дозволяло вимірювати флюктуації природнього електромагнітного випромінювання, а тим самим, при аналізі результатів існувала можливість провести відбраковку псевдоаномалій.

При дослідженнях з вібрацією на окремих точках середовища були відпрацьовані методичні особливості вимірів:

- розташування вібраторів відносно точки досліджень;
- вибір частоти, потужності і кількості накопичень вібрації;
- визначення оптимального напрямку розташування вимірювальних антен відносно профілю.

Режимні спостереження інтенсивності ЕМВ безпосередньо при вібрації показали, що для окремих ділянок досліджуваних зон процес генерації інтенсифікується по мірі збільшення кількості накопичень вібрації на них.

При профільних вимірюваннях з вібраційною активацією середовища на кожному пікеті заміряли порядку 40...50 значень інтенсивності ЕМВ, які в подальшому осереднювалися і в результаті отримували криву розподілу інтенсивності генерації вібростимульованого ЕМВ вздовж профілю. Співставивши її з вихідним полем, встановили, що в результаті вібрації на певних ділянках профілю виникли локальні максимуми, пов'язані з підвищеною активізацією генеруючої здатності середовища. Виявлено переважаючі напрямки, для яких активація приводить до анізотропного розподілу інтенсивності вібростимульованого ЕМВ, що пов'язане, очевидно, з особливістю геологічної будови виявлених зон.

Співставлення отриманих результатів з геолого-геофізичними розрізами досліджуваних товщ показало, що мінімальні значення інтенсивності ЕМВ припадають на продуктивну частину ро-

арізу, формуючи в ній негативну аномалію. Механічно напружені зони аномально реагують на зовнішній вплив пружної енергії, формуючи інтенсивні екстремуми ЕМВ, тобто, в таких зонах появляються позитивні аномалії поля.

Дослідження методом вібростимульованого ЕМВ, виконані на інших родовищах Передкарпаття та в Прибалтійській синеклізі, переконливо підтвердили правильність зроблених висновків. Варто виділити результати спостережень, проведених і на вугільних родовищах в зв'язку з проблемою виявлення та локалізації тектонічних порушень. Вібраційна стимуляція дозволяє виділяти аномалії над зонами порушень, які у вихідному полі не проявлялися і не реєструвалися іншими геофізичними методами. Отже, методика вібростимульованого ЕМВ може бути рекомендована як самостійна для локалізації зон з аномальним механічним станом, а в комплексі з іншими методами - для проведення деталізаційних робіт при дослідженнях нафтогазових родовищ.

Проведено також комплекс свердловинних спостережень методами стимуляції електрофізичних процесів. Для реалізації цих досліджень була розроблена і виготовлена свердловинна апаратура, яка дозволяла проводити каротаж методами КС і ПС в стандартному режимі та в умовах впливу вібрації на стінки свердловини, а також вимірювати зміни самоелектричні потенціали. Дослідження впливу пружних коливань на величину ПС виконувались по такій схемі.

А. В режимі каротажу:

- проводили запис сигналу ПС по стандартній методиці без вібрації;

- вимкнули вібратор і при одночасній дії на стінки свердловини пружної енергії знову проводили вимірювання потенціалів ПС;

Б. При дискретному записі:

- свердловинний прилад опускали до певної глибини і реєстрували сигнал ПС в даній точці;

- вимкнули вібратор і записували сигнал ПС, який формувався безпосередньо під впливом вібрації;

- вібратор вимкнули і записували поствібраційну релаксаційну сигнал ПС.

В результаті проведених досліджень встановлено:

- вібраційна дія приводить до суттєвого збільшення потенціалів ПС;

- каротажна крива вібро-ПС характеризується більшою диференційованістю по розрізу, ніж вихідна, як за рахунок більш рельєфного виділення аномалій вихідного сигналу, так і за рахунок появи нових аномальних ділянок, стимульованих віброрією.

Описані зміни стійкі і мають хорошу відтворюваність. В залежності від особливостей розрізу сигнал збільшується від 5 до 20 раз, а в окремих випадках потенціал вібро-ПС в 50 раз переважає вихідне значення. Збільшення сигналу підвищує чутливість вимірюваного фізичного параметра до структурно-літологічних особливостей середовища і, як правило, додаткові максимуми на кривих вібро-ПС відповідають пластам пісковиків з аномальними емкiсно-фільтраційними властивостями, які не відбилися на вихідній кривій.

Висока ефективність методу вібро-ПС показана і при дослідженнях свердловин Північно-Ставропольського підземного газового сховища. Розріз його представлений відкладами майкопської серії, електрометрична характеристика яких не дозволила розчленувати цю товщу за даними стандартних методик. Каротаж методом вібро-ПС дозволив виділити ряд промажків пісковиків з аномальними електричними властивостями, як потенційних колекторів газу.

Розглянуті модельні уявлення про геоелектричні процеси, які формують геофізичні поля над нафтогазовими покладами і розвинуті нові для них елементи, які дозволяють пояснити виникнення аномалій, стимульованих віброрією. При поверхневій віброрієй на флюїдонасичені проникні породи в них виникає деформація покладу, обмеженого зверху водопідпірним горизонтом, що збільшує тиск в поровому просторі. При цьому рідина спрямовується в напрямку зони з меншим тиском, створюючи умови для поступлення газової фази з глибини, тобто, виникають вертикальні і латеральні переміщення мас, які суттєво змінюють геохімічну обстановку в середовищі. Витіснення газу створює умови для протікання сорбційних процесів на твердій фазі адатних змінювати зарядообмін для системи "електроліт-тверда фаза" і суттєво впливати на електричне поле даної частини середовища.

Поряд з широкимасштабними процесами масопереносу виникають мікропроцеси на границі розділу фаз, які в значній мірі визначають електрофізичні властивості середовища в цілому. От-

же, вібродія порушує динамічну рівновагу з геологічному середовищі, стимулюючи процеси в системі "насичена пара-флюїдоми-щуючий глост-геологічне середовище", змінюючи у верхній частині розрізу співвідношення водень-кисень, а, отже, хімізм процесів в зоні гіпергенезу в цілому. В результаті виникають не-стаціонарні процеси, що спричиняють описані електромагнітні аномалії над неоднорідностями геологічного середовища.

#### ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ, ЩО ПРОПОНУЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ:

1. В гірських породах як гетерогенних іонних системах вплив механотермічних полів ініціює виникнення вторинних процесів, здатних формувати їх власні поля, зокрема електромагнітні, параметри яких достатньо чутливі щодо властивостей досліджуваного ефекту, що може використовуватися для діагностики гірських порід, утворюючи основу петрофізики взаємодії полів.

2. Електрокінетична активність насичених середовищ дозволяє шляхом прикладання до них електричного поля здійснювати керований вплив на коефіцієнти затухання і відбивання пружних хвиль /поперечних та поздовжніх/ при поширенні їх в шаруватому середовищі, підвищуючи його контрастність в пружному полі і роздільну здатність сейсмічного методу в цілому.

3. Періодична дія пружної енергії на поверхню геологічного середовища викликає в ньому різномасштабні ефекти, стимулюючи вторинні геоелектромагнітні поля в енергетично активних зонах, до яких слід віднести нафтогазові поклади та зони з аномальним механічним станом, і на основі аномалій стимульованих власних геофізичних полів системи проводити локалізацію геологічних неоднорідностей.

4. Вплив високочастотних пружних коливань на насичене середовище /зокрема, на стінки свердловини/ стимулює різномасштабні процеси в залежності від особливостей пластів, спричиняючи високу роздільну здатність методів віброкаротажу. Такі дослідження слід проводити по схемі "каротаж-каротаж при дії".

#### В И С Н О В К И

1. Проаналізовано рівень використання методів взаємодії фізичних полів при вивченні властивостей і процесів для гірських порід. Розроблена концептуальна основа дослідження їх властивостей методами стимуляції процесів при дії і взаємо-

дії фізичних полів. Сформульовано ряд термінів і понять петрофізики взаємодії полів.

2. Розвинуті уявлення про зонну будову границі контакту твердої і рідинної фаз. З використанням методів вакуумного термокріогенного впливу експериментально виміряно струми термічної стимуляції для моделей, що підтверджує правильність цих уявлень стосовно гірських порід як іоннопровідних систем. При активації таких середовищ відбувається поєднане збудження ряду енергетично різнорівневих процесів. Проведені оцінки їх енергії активації і часу релаксації. Встановлено зв'язок цих параметрів з ємкісно-фільтраційними характеристиками і літолого-мінералогічними особливостями середовища.

3. Для пружної енергії змінює провідність гірських флюїдонасичених порід. Ефект зростання провідності для нафтонасичених зразків значно перевищує його для зразків, що містять електроліт. Періодичний вплив пружної енергії викликає виникнення, поряд зі змінним /сайсмоелектричний ефект/, постійного електричного поля. Для встановленого явища підкреслена його феноменальність як явища, що спостерігалось вперше. Введено поняття "акустично викликана поляризація" /АВП/. Показано, що при збудженні АВП стимулюється частина середовища з іншими енергочасовими параметрами, ніж при електричній поляризації. Разом з тим встановлено, що акустичний імпульс змінює параметри імпульсу електрично викликаної поляризації /ВП/ і цей вплив залежить від характеру флюїду та параметрів вміщувачого середовища.

4. Насичене середовище при проходженні в ньому пружних хвиль генерує вторинні електромагнітні імпульси, частота яких співмірна а з кратна частоті пружних коливань. Параметри імпульсів істотно залежать від типу вміщувачого флюїду і характеристик твердої фази, яка містить флюїд: для нафтонасичених середовищ імпульс, як правило, володіє підвищеними частотами при невеликих амплітудах порівняно з електролітами.

5. Енергія електричного поля, яке діє на флюїдонасичене середовище, здатна змінювати умови розповсюдження в ньому пружної енергії, сприяючи проходженню високочастотної частини спектру і ефективно впливає на коливання з малими амплітудами. Експериментально підтверджено теоретичні співвідношення, згідно яких вплив електричного поля залежить від співвідношення

напрямків вектора його напруженості і хвильового вектора пружного імпульсу. Встановлено залежності коефіцієнта затухання пружної хвилі в насиченому середовищі від сили струму з ній.

6. З використанням моделі шаруватого середовища промодельовані виміри методами природних потенціалів, провідності і викликаної поляризації, а також каротажу методами ПС і вторинних електромагнітних імпульсів при дії пружних "оливань на середовище. Показано, що ця дія змінює електричні параметри середовища в цілому, підвищуючи інформативність вимірюваних параметрів відносно особливостей його будови. Створено і розвинуто принципи петрофізики стимульованих процесів як основи розвитку нових геофізичних методів спостережень.

7. Кар'яна вібродія стимулює в геологічному середовищі широкомасштабні процеси зарядомасопереносу, викликаючи зміну геофізичних полів, зокрема, потенціалів природного поля. Характер і величина вібростимульованих потенціалів залежать від особливостей будови геологічного середовища і пов'язані з наявністю в ньому неоднорідностей, обумовлених скупченням вуглеводнів. Реалізація методу природного поля /ПП/ в умовах вібродії підвищує його інформативність при дослідженнях родовищ вуглеводнів. Встановлено тенденцію приуроченості зміни величини і характеру розподілу параметрів викликаної поляризації, вимірних в умовах вібродії, в області водонафтового контакту, що дозволяє локалізувати цю аномальну зону.

8. Дія вібрації на геологічне середовище ініціює генерацію в ньому електромагнітних імпульсів, інтенсивність яких залежить від особливостей будови середовища. Встановлено підвищення активності генерації вібростимульованого електромагнітного випромінювання /ЕМВ/ в зонах з аномальним механічним станом. Спостережуване випромінювання дозволяє виявити механічну анізотропність середовища і оцінити простягання потенціальних напружених зон. При дослідженні на нафтогазових родовищах інтенсифікація випромінювання при вібродії спостерігається в периферійних зонах із зменшенням активності до центру покладу, якщо він є тектонічно однорідним.

9. Розроблено і створено вимірвальний каротажний комплекс, який дозволяє вимірювати розподіл електрофізичних параметрів розрізу в умовах вібродії на стінки свердловини. Встановлено збільшення сигналу ПС і диференційованості каротажної

кривої по розрізу при дослідженні свердловин по схемі "каротаж - каротаж при дії", що відкриває можливість підвищення роздільної здатності методу при виділенні продуктивних пластів і оцінки на його основі ємкісно-фільтраційних параметрів пластів.

10. Запропоновані фізико-геологічні моделі процесів взаємодії в геологічному середовищі, які пояснюють спостережувані закономірності для вторинних геофізичних полів. При дії зовнішнього фізичного поля відбувається "нагнітання" геологічного середовища додатковою енергією, чим каталізуються розмаїті процеси, за посередництвом яких відбувається трансформація енергії і її перевипромінення в іншому фізичному полі. Це перевипромінення є відкликом самої системи завдяки індивідуальності протікаючих процесів, тому параметри його володіють достовірною інформацією про властивості середовища. Створені основи геофізичних досліджень методами взаємодії полів і введено поняття "геофізика взаємодії полів".

#### ОСНОВНІ РОБОТИ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Петкевич Г.И., Лизун С.А., Сизоненко В.С. Методы изучения стимулирования явлений в петрофизике. - Киев : Наук.думка, 1991. - II 2 с.

2. Лизун С.А., Петкевич Г.И., Сизоненко В.С., Степан А.Р. О некоторых физических критериях оценки углеводородсодержания осадочных толщ // Геофиз. исслед. нефтегазоносных толщ Украины, - Киев : Наук.думка, 1984. - С. 24-32.

3. Петкевич Г.И., Лизун С.А., Сизоненко В.С. Контроль напряженного состояния горных пород в различных термобарических условиях оптико-акустическими методами // Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. - Ташкент: Фан, 1981, - С. 48-51.

4. Лизун С.А., Сизоненко В.С. Исследование геолого-технических свойств горных пород при гермостимулирующих воздействиях // Геол.и геохим. горнч.искол. - 1986. - Вып. 67. - С. 48-51.

5. Петкевич Г.И., Лизун С.А. Вторичные эффекты при ультразвуковых резонансных исследованиях пористых сред / Тр. XX Междунар. конф. по акустике. УЛЬТРАЗВУК-86. - Братислава, 1986.

6. Лизун С.А., Сизоненко В.С., Фуртак С.П. Способ контроля принудительной дегазации каменных углей. А.С./СССР / И 1323929. Опубл. в Бюл. № 26, 1987.

7. Лизун С.А. Электростимулирование газоразделения в угольном веществе и его основные закономерности // Методы стимуляции процессов при исследовании свойств угольного вещества. / Препринт АН УССР № 8-2 Львов, 1988. - 48 с.

8. Лизун С.А., Сизоненко В.С., Штепан А.Р. Способ определения марочного состава каменных углей. А.С. /УССР/ № 1427977.

9. Сизоненко В.С., Лизун С.А. Исследование механизма электропроводности и деполяризации осадочных пород на моделях // Геол. и геохим. горн.ископ. - 1988. - Вып. 70. - С. 51-58.

10. Лизун С.А., Лядук Д.Н., Кондрат В.Ф. Повышение информативности метода ИС в условиях акустического воздействия на среду // Новая технология геофизических исследований в нефтегазовых скважинах / Матер. Республ.семинара. - Киев, 1988. 6-8.09.88. - С. 15-16.

11. Паткевич Г.И., Лизун С.А., Барабаш П.И., Косьяненко Г.П. Модельные исследования влияния электрического поля на сейсмические характеристики насыщенной среды // Сейсмические методы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых / Матер.Республ.конф. - Киев, 1988. 21-23.06.89. - С. 32-34.

12. Лизун С.А., Лядук Д.Н., Кондрат В.Ф. Геоэлектрические исследования полей, стимулированных вибровоздействием в неоднородных средах // Нетрадиционные методы геофиз. исследований неоднородностей в земной коре / Тез. Всесоюз.семинара. - Москва, 1989. - С. 35-37.

13. Барабаш П.И., Косьяненко Г.П., Лизун С.А. Влияние электрического поля на акустические процессы во флюидонасыщенных образцах горных пород // Там же. - С. 77-78.

14. Лизун С.О., Паткевич Г.И., Соболева Ю.Р. Акустично стимулована електромагнітне випромінювання в двофазних середовищах з різним типом флюїдонасичення // ДАН УРСР. Сер.Б. - 1989. - № 6. - С. 16-20.

15. Лизун С.А., Барабаш П.И., Сизоненко В.С. Изучение эффектов взаимного влияния электрического и механического полей в насыщенных пористых средах // Геофизическая диагностика нефтегазоносных и угленосных разрезов : Сб. науч. тр. - Киев : Наук. думка, 1989. - С. 39-49.

16. Сизоненко В.С., Лизун С.А. Термостимулированная электропроводимость и деполяризация осадочных пород // Геол. и геохим. горн.ископ. - 1989. - Вып. 73. - С. 53-59.

17. Паткевич Г.И., Лизун С.А., Кондрат В.Ф. Петрофизика

стимулированных явлений как основа новых методов ГИС // Новое в технологии и методике геофизических исследований нефтяных скважин на Украине / Матер.Республ.конференции. - Киев, 1990, 25-27, 09.90. - С. 12-18.

18. Бурак Я.Л., Кондрат В.Ф., Лизун С.А. Дифракция волн на препятствиях и неоднородностях в жидкостях // Евромех-271 / Матер.Международ.конф.Евромех-271, - Киев, 1990, 1-5.10.90. - С. 19-26.

19. Кондрат В.Ф., Лизун С.А., Ляшук Д.Н. и др. Сейсмoeлектроическое взаимодействие в пористых насыщенных средах // Прикл. геофиз. - 1990. - Вып. 122. - С. 17-28.

20. Сobotка Ю.Г., Лизун С.А., Петкевич Г.И. Модельные исследования электрофизических процессов в насыщенных пористых средах при воздействии ультразвука // Геол.и геохим.горючих ископ. - 1991. - Вып. 76. - С. 81-85.

21. Лизун С.А., Сobotка Ю.Г., Кондрат В.Ф. Влияние акустических колебаний на поляризационные процессы в горных породах // Геол. и геохим. горюч. ископ. - 1991. - Вып. 77. - С. 91-97.

22. Лизун С.О., Ляшук Д.Н., Петкевич Г.И. Вибростимулированное электромагнитное излучение при исследовании месторождений углеводородов // Докл.АН УССР. - 1991. - № 8. - С. 129-132.

23. Лизун С.А., Петкевич Г.И., Кондрат В.Ф., Градзенский В.А. Математическое моделирование механоэлектромагнитных эффектов в пористых насыщенных средах // Физические процессы горного производства / Тез.докл.Х Всес.научн.конф.-М., 1991. - С. 23-24.

24. Петкевич Г.И., Кондрат В.Ф., Лизун С.А., Ляшук Д.Н. Исследование геологических сред методом вибростимуляции электромагнитных полей // Физические процессы горного производства / Тез.докл.Х Всес.научн.конф. - М., 1991. - С. 21-22.

25. Лизун С.А., Ляшук Д.Н., Кондрат В.Ф. Вибростимуляция электромагнитного излучения геологических сред // Резюме и доклады технической программы 36 Междунар. геофизич. симп. 23-28. 09.1991. Киев, Украина. - С. 84-93.

26. Кондрат В.Ф., Лизун С.О. Влияние электричного поля на відбивання акустичного сигналу // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - К., 1992. - С. 5-63.

27. Градзенский В.А., Потапов О.А., Берзин Р.Г., Ермаков В.Д., Лизун С.А. Исследования взаимодействия электромагнитного и упругого полей // Сб.докл.Международ.геофиз.конф. по разведоч-

ной геофизике. - М., 27-31 июня 1992 г. - С. 64-66.

28. Куровец И.М., Лизун С.А., Косьяненко Г.П., Барабаш Ю.И. Каротаж методом вибростимулированных потенциалов // Там же. - С. 108-110.

29. Кондрат В.Ф., Лизун С.А. Механоэлектрические эффекты на границе раздела пористых сред // Инженерно-физические проблемы новой техники. - М., 1992. - С. 147-150.

30. Кондрат В.Ф., Лопушанский Я.И., Лизун С.А. О механизме электросейсмического эффекта в пористых насыщенных средах // Физико-технические проблемы экологии и геофизики / Матер. совещ. - М., 1992. - С. 149-150.

31. С.О.Лизун, Г.Я.Пригулко, П.В.Твердохліб. Проявлення нафтогазового покладу як геодинамічної системи у вторинних геохімічних полях // Тектогенез і нафтогазоносність надр України. - Львів, 1992. - С. 86-87.

Відділення геофізики Інституту фізики Землі НАН України  
вул. Гоголя, 10, м. Київ, 01024

Відділення геофізики Інституту фізики Землі НАН України  
вул. Гоголя, 10, м. Київ, 01024



468992

Безплатно

ЛВ 26.304

**АВ 26.304**