

ДО ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОСТІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА СЕЙСМІЧНІ ХВИЛІ

Проведено аналіз результатів експериментальних та теоретичних досліджень сейсмічних сигналів за дії зовнішнього постійного електричного поля. Зроблено висновок, що така дія може підвищувати якість сейсмічних даних та створює нові можливості вивчення природи геологічного розрізу. Рекомендується продовження електросейсмічних досліджень.

Ключові слова: сейсмічні хвилі; постійне електричне поле; електромагнітомеханіка пористих тіл; електросейсмозв'язка.

Попри певну термінологічну незбалансованість в області геофізики зв'язаних механічних та електромагнітних полів, сейсмічні дослідження за використання постійного електричного поля обґрунтовано відносять до електросейсмозв'язки. Мабуть вперше вплив постійного електричного поля на сейсмічні хвилі досліджував Д.Н. Ляшук [Ляшук, 1981]. Було проведено комплекс польових досліджень, які полягали в порівняльному дослідженні енергетики та амплітуди відбитого від внутрішніх границь розділу сейсмічного сигналу в залежності від величини напруженості електричного поля (величини постійного струму, який протікав у геологічному середовищі), створюваному генераторною групою. Сейсмічний сигнал створювався за допомогою вибуху. Постійний струм протікав між двома електродами, розміщеними на кінцях розстановки сеймоприймачів (від 300 м до 1200 м) так, щоб сейсмічна хвиля поширювалась в електризованому середовищі. Проводилось також електричне ВСП (ЕВСП) [Потапов та ін., 1995]. Схема введення постійного поля (струму) була аналогічна попереднім дослідженням. Зауважимо, що за такої схеми експерименту створюване електричне поле практично перпендикулярне до хвильового вектора збуджуваної поздовжньої хвилі. Дослідження проводилися як в Україні (Біче-Волицька зона Прикарпатського прогину, Волинсько-Подільське закінчення Східно-Європейської платформи, площі Рудки, Чайковичі, Оглядів), так і в інших частинах бувшого Союзу (Астраханське газоконденсатне родовище, Безимянна площа; Прибалтика, Балтійська синекліза, Західно-Бернатьське структурне підняття). В результаті проведених досліджень було встановлено, що створене електричне поле приводить до підвищення енергії реєстрованих сейсмічних коливань. Покращується регулярність та амплітудна виразність сейсмічних записів, зменшується фон перешкод, збільшується середня енергія впорядкованих сигналів, покращується кореляція відбить, розширюється спектральний склад сигналів в сторону вищих частот. Було встановлено також залежність загасання сейсмічної хвилі від напрямку вектора напруженості електричного поля (напрямку протікання електричного струму). Однак кількісні харак-

теристики впливу електричного поля на сейсмічні сигнали були недостатньо суттєвими для використання в практиці сейсмозв'язки. Паралельно проводились роботи з математичного моделювання механоелектромагнітних процесів в пористих насичених розчином електроліту середовищах та вивчення ефектів механоелектромагнітної взаємодії [Кондрат, 1987, Потапов та ін., 1995]. Така взаємодія в моделі зумовлювалась в основному кулонівськими силами для збурень зарядів подвійного електричного шару, віднесених до рідкої та твердої фаз. Розрахунки, проведені для типових характеристик гірських порід, показали, що зовнішнє поле приводить до зміни фазової швидкості та коефіцієнта загасання хвилі і зміни відбиваючо-пропускної властивості поверхонь контакту різнорідних порід. Величина цих змін залежить від напрямку протікання струму. Було встановлено також, що поздовжнє (по відношенню до напрямку поширення хвилі) і поперечне електричні поля кількісно по різному впливають на поздовжню хвилю (яка в основному використовувалась в експериментах). Вплив поперечного поля є значно меншим за вплив поздовжнього. У зв'язку з цим можна говорити про неоптимальність вибору схеми проведення згаданих електросейсмічних експериментів. Зауважимо однак, що при побудові цього варіанту моделі електромагнітної механіки пористого насиченого середовища накладалися певні умови (дотичність векторів напруженостей електричного поля у фазах до границі їх розділу) на вектори електромагнітного поля, які обмежували її область використання.

У представлений в роботах [Бурак, 2004], [Кондрат, 2005] моделі ці обмеження відсутні. В статті [Кондрат, Твардовська, 2009] в рамках цієї моделі вивчено вплив зовнішнього поздовжнього електричного поля на параметри плоскої поздовжньої хвилі в пористому насиченому середовищі. Встановлено, зокрема, що вплив поля на коефіцієнт загасання хвилі особливо вагомий для низьких, сейсмічних, частот. Це ілюструють графіки, приведені на рис. 1 для різних діапазонів зміни величини напруженості електричного поля – на рис. 1а діапазон $(-1, 1)$ В/м, а на рис. 1б – $(-10^3, 10^3)$ В/м. Бачимо, що вже для циклічних частот $\omega = 100, 200 \text{ с}^{-1}$ і напруженості поля

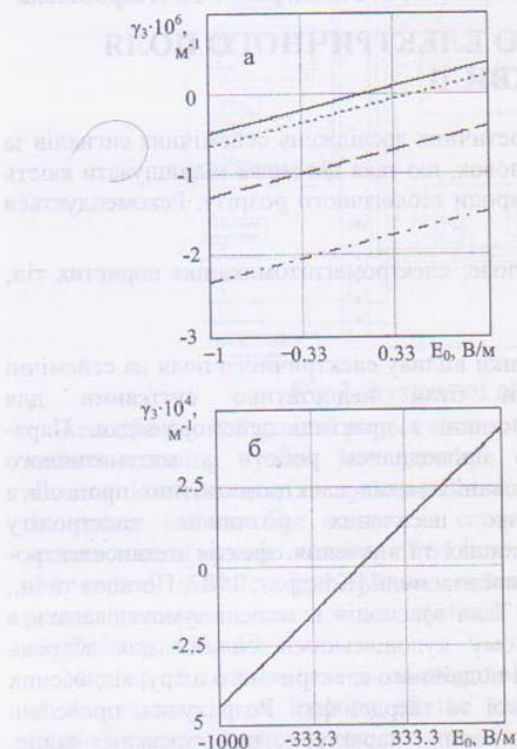


Рис. 1 Залежність коефіцієнта загасання хвилі першого роду від величини і напрямку слабого (а) і сильного (б) зовнішнього електричного поля для частот $\omega=100, 200, 400, 600 \text{ c}^{-1}$ (суцільні, пунктирні, штрихові і штрих-пунктирні лінії) за $\gamma_{\sigma} = 3 \cdot 10^{-8} \text{ Па}^{-1}$

$-1 \text{ В/м} < E_0 < 1 \text{ В/м}$ спостерігається зміна знаку коефіцієнта загасання хвилі при зміні напрямку поля. Ці результати узгоджуються з результатами тих експериментів, згаданих вище, в яких зовнішнє поле створювалося так, що напрям його напруженості створює малий кут з напрямом поширення хвилі.

Необхідно зауважити, що в моделі [Буряк, 2004; Кондрат, 2005] не враховані електрохімічні процеси в породі, спричинені електричним струмом, газовиділення внаслідок електролізу рідини тощо. В роботах [Подбережний М.Ю., 2003; Подбережний М.Ю., 2006; Подбережний М.Ю., 2009] експериментально показано, що ці процеси можуть вагомо змінювати, зокрема, акустичні характеристики порід та окреслено деякі можливості практичного використання спостережуваних ефектів. Показано, що тривале (15-20 хв) пропускання в пористому середовищі незначного електричного струму може приводити до суттєвої (до 10%) зміни величини швидкості пружної хвилі в середовищі. Цей ефект вагомо залежить від консолідованості порід та природи рідини в поровому просторі. Він може служити основою нових методів дослідження природи геологічного середовища.

Таким чином проведені раніше дослідження впливу постійного електричного поля на сейсмічні

хвилі показали його наявність. На жаль більшість польових експериментів були проведені за неоптимального напрямку зовнішнього електричного поля по відношенню до напрямку поширення сейсмічних хвиль. Це привело до занижених кількісних оцінок такого впливу. Проведені в останні роки дослідження показали, що (і) дія постійного зовнішнього електричного поля на сейсмічні хвилі може бути суттєвою і представляти інтерес для геофізичної розвідки, однак схеми проведення експериментів потрібно оптимізувати, (ii) теорія, яка описує такі явища (електромагнітна механіка пористих насичених тіл), потребує подальшого розвитку з метою більш повного врахування фізико-хімічних процесів, які відбуваються в пористому середовищі під дією зовнішнього електричного поля.

Література

- Буряк Я.Й., Чапля С.Я., Нагірний Т.С., Чекурін В.Ф., Кондрат В.Ф., Чернуха О.Ю., Мороз Г.І., Червінка К.А. Фізико-математичне моделювання складних систем. – Львів: Сполом, 2004. – 264 с.
- Кондрат В.Ф. К исследованию механоэлектромагнитных процессов в пористых водонасыщенных средах во внешнем электрическом поле // Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред. – Ереван: АН АрмССР, 1987. – С. 166-170.
- Кондрат В.Ф. Рівняння електромагнітної механіки пористого насиченого середовища // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2005. - Вип. 1. - С.84-96
- Кондрат В.Ф., Твардовська С.Р. Вплив зовнішнього електричного поля на параметри механічних хвиль сейсмічних частот у пористому насиченому середовищі // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2009. - Вип.10. - С. 56-65
- Лящук Д.Н., Бойко А.И., Бойко В.Н., Фрейк Н.Н. Способ геофизической разведки. А.с. 1045190 СССР МКИ G 01 V 3/08. - № 3371404/18-85; Заяв. 23.12.81; Опубл. 25.06.1983. Бюл. № 36. – 2 с.
- Подбережний М.Ю. Упругие характеристики слабосвязанных гетерогенных сред, возмущенных действием постоянного электрического поля. // Геофизика: Доклады 38-39 межд. студенческих конф. - Новосибирск: РИЦ НГУ. - 2003. - С. 73-83.
- Подбережний М.Ю., Нефедкин Ю.А. Электросейсмические явления в флюидонасыщенных горных породах // Российский геофизический журнал. - 2006. - № 43-44. - С. 103-108.
- Подбережний М.Ю. Особенности взаимодействия многофазных микроструктурированных сред с акустическими и электрическими полями. – Автореферат на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук. – Новосибирск. -2009. – 17 с.
- Потапов О.А., Лизун С.А., Кондрат В.Ф., Лящук Д.Н., Сейфулин Р.С., Ермаков Б.Д., Портнягин Н.Э. Основы сейсмоэлектроразведки. – Москва: Недра, 1995. – 268 с.

К ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ

Д.Н. Ляшук, В.Ф. Кондрат, С.Р. Твардовская

Проведено анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований сейсмических сигналов при воздействии внешнего постоянного электрического поля. Сделано вывод, что такое воздействие может повышать качество сейсморазведки и создает новые возможности изучения природы геологического разреза. Рекомендуется продолжение электросейсмических исследований.

Ключевые слова: сейсмические волны; постоянное электрическое поле; электромагнитомеханика пористых тел; электросейсморазведка.

ON THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC FIELD ON SEISMIC WAVES

D.N. Lyaschuk, V.F.Kondrat, S.R.Tvardovska

We review and analyse the available theoretical and experimental studies of seismic signals under the influence of an external electrostatic field. It is shown that these effects can improve the quality of seismic data, and thus create new possibilities to study the physics of geological media. Further directions of the electroseismic research are discussed.

Key words: seismic waves; electrostatic field; electromagnetomechanics of porous bodies; electroseismic explorations.

¹ Карпатське відділення Інституту геофізики

² Львівський медичний інститут

³ Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С.Підстригача НАН України