

Для підвищення достовірності структурних побудов і прогнозу пасток вуглеводнів в складних сейсмогеологічних умовах Бориславсько-Покутської зони необхідно збільшити співвідношення сигнал/завада в 2-3 рази. Вирішення цього методичного завдання пов'язане з удосконаленням методики польових робіт: збільшенням кількості ліній широкого профілю і кратності спостережень, збільшення прийомної апертури до 3-4 км з одночасним зменшенням кроку спостережень, застосуванням програм обробки, які покращують якість часового розрізу.

Це можливо реалізувати шляхом застосування багатоканальних телеметричних сейсмостанцій і дотримання оптимальних умов збудження сейсмічних коливань.

### Література

1. Е.И.Сагалова, Д.Н.Ляшук. Об оценке эффективности систем широкого профиля // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. – Львов: Вш. шк., Изд-во при Львов. ун-те, 1986. – Вып. 23. – С.104-112.

2. Д.Н.Ляшук, Е.И.Сагалова, И.В.Гук. О системах ортогонального профилирования с пропусками интервалов наблюдения // Нефть. и газ. пром-сть. – 1985. – №3. – С. 22-24.

3. Эффективность применения систем площадных сейсмических наблюдений в Западноукраинской нефтегазоносной области // Сборник научных трудов. – Львов: УкрНИГРИ, 1987. – С. 34-40.

4. В.А.Дядюра, Н.Т.Турчаненко, Н.К.Кившик и др. Обработка сейсмической информации на ЭВМ – К.: Техника, 1980. – 182 с.

УДК 550.837.21

## ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЗОНДУВАННЯ СТАНОВЛЕННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ В БЛИЖНІЙ ЗОНІ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ РОЗРІЗУ

*В.Д.Чебан*

*Західно-українська геофізична розвідувальна експедиція ДГП "Укргеофізика", 79000, Львів,  
вул. Д.Апостола, 9а, тел. (0322) 672631, e-mail: zugre@is.lviv.ua*

*В.І.Шамотко, С.А.Дешиця*

*Карпатське відділення Інституту геофізики НАН України, 79000, Львів, вул. Наукова, 3,  
тел. (0322) 648563*

*Приводятся результаты исследовательско-методических работ по использованию электроразведки методом зондирования установкой электромагнитного поля в ближней зоне для изучения верхней части разреза на примере сдвигов. Показана высокая эффективность метода зондирования установкой электромагнитного поля в ближней зоне в сравнении с методом вертикальных электрических зондирований при изучении слабоконтрастных приповерхностных геоэлектрических разрезов. Дана характеристика разработанной аппаратуры для проведения высокопродуктивных натурных наблюдений методом зондирования установкой электромагнитного поля в ближней зоне – "Стадия-М".*

*The results of research-methodical works with application of electrical exploration by sounding with adjustment of electrical field within nearest zone for the studies of the upper part of the section with using the landslides as examples are given. The high effectiveness of the sounding method is shown by adjustment of the electromagnetic field within nearest zone comparatively with method of vertical electro sounding by studies of low contrast subsurface geoelectrical sections. Characteristic of developed equipment "Stadia-M" for high quality natural research works conducting by the methods of sounding with adjustment of the electromagnetic field in nearest zone is presented.*

Знання про геологічну будову та фізичні властивості порід, що складають верхню частину розрізу (ВЧР), мають суттєве значення для врахування поправок при побудові часових розрізів в сейсморозвідці на нафту і газ. Не менш важливо знати особливості будови приповерхневої частини розрізів з огляду на вплив небезпечних екзогенних геологічних процесів на функціонування магістральних нафтогазопроводів, добувних комплексів в межах нафтогазопромислів, комунікацій та інших об'єктів.

Одними з таких найбільш масових і небезпечних явищ є зсуви, для вивчення яких Західно-українською геофізичною розвідувальною експедицією (ЗУГРЕ) спільно з Карпатським відділенням Інституту геофізики ім. С.І.Суботіна НАНУ (КВ ІГФ) вперше застосовано метод зондування становленням електромагнітного поля в ближній зоні (ЗСБ).

Застосування методу ЗСБ для вивчення ВЧР стало можливим лише недавно завдяки розробці швидкодіючих апаратурних засобів,

здатних реєструвати процес становлення поля на ранніх стадіях – починаючи з десятків і кроком дискретизації в декілька наносекунд [1]. В результаті перших експериментів на рубежі 90-х років реєстрації становлення поля в надранньому, наносекундному діапазоні був виявлений феномен аномально високої точності і високої роздільності розрізу по вертикалі в методі (ЗСБ), механізм якого все ще повністю не розкритий [2-4], хоча і пов'язується з імовірним впливом процесів електричної індукції та викликаної поляризації гірських порід.

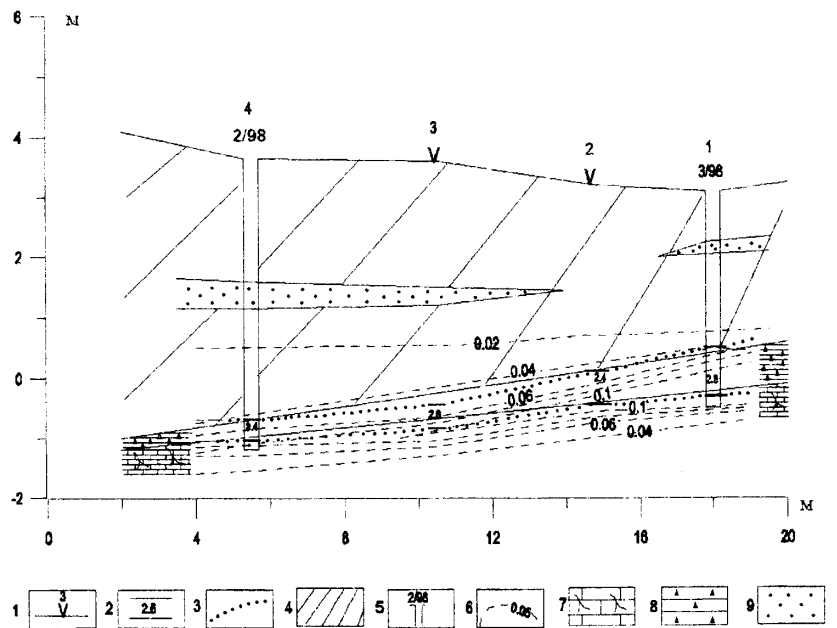
Спеціальна апаратурна розробка для вивчення приповерхневої частини геологічних розрізів – швидкодіюча апаратура “Стадія”, – була виконана в 90-х роках КВ ІГФ. Використовуючи для збудження та вимірювання нестационарних полів апаратуру “Стадія”, можна досліджувати глибини, починаючи з 0,5-1 м. Індуковане поле вимірюється в часовому діапазоні затримок  $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-3}$  с з мінімальним кроком дискретизації, починаючи від 0,1 мкс. При застосуванні модифікації ЗСБ з генераторними та вимірювальними установками у варіанті “контур в контурі” ( $Qq$ ) реєструються нормовані струмом сигнали вимірювального контура, пропорційні вертикальній компоненті індукованого поля:  $U_q(B)/I_Q(A) = \partial B_z / \partial t(B)/I_Q(A)$ . Мінімальні розміри генераторного контура  $Q = 2 \text{ м} \times 2 \text{ м}$  можуть бути збільшені до розмірів  $Q = 40 \text{ м} \times 40 \text{ м}$  при зондуваннях більших глибин (50-100 м).

Методика виявлення, оцінки стану і прогнозування зсувонебезпечних ділянок базується на особливостях просторового розподілу (структурі) нестационарного поля, індукованого в тривимірних електрично неоднорідних середовищах [5] і включає комплексування польових (натурних) спостережень, фізичне і математичне моделювання. За даними теоретичних розрахунків, фізичного і математичного моделювання, які проводились до постановки польових робіт, було показано, що модифікація методу ЗСБ “контур в контурі” ( $Qq$ ) характеризується високою роздільною здатністю по вертикалі, локальністю і чутливістю до змін електропровідності середовища [6]. Ці властивості методу дають змогу детально досліджувати складні середовища, що мають слабо-контрастні за електропровідністю тривимірні неоднорідності, які є основними пошуковими об'єктами при вивченні зсувів. Останнє зумовлено тим, що розвиток зсувних процесів призводить до значних змін електрофі-

зичних характеристик геологічного середовища і серед основних ознак є зміна електропровідності області, охопленої зсувним процесом. При цьому електропровідність середовища визначається здебільшого об'ємом і структурою порового простору, а також кількістю, мінералізацією і станом заповнюючої його води.

Основою для постановки дослідно-методичних польових робіт методом ЗСБ на зсувонебезпечних ділянках в Закарпатті, що вивчалися ЗУГРЕ, стали дослідження, які були проведені КВ ІГФ на будівельних майданчиках (м. Львів) та гідротехнічних спорудах, дамбах (м. Стебник, Калуш), а також на ділянці по вул. Тунельній в м. Львові. Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови цієї ділянки сприятливі для утворення зсувів: наявні поверхні ковзання – розм'якшені водотривкі мергельні глини, є надмірне зволоження – до текучого стану піщано-глинистих порід, що залягають вище.

Геоелектрична модель ділянки відповідає чотиришаровому розрізу ( $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3 < \rho_4$ ) типу НА. Для даного типу розрізу з врахуванням результатів буріння свердловин 2.98 і 3.98 (рис. 1) та даних петрофізичних досліджень про шар динамічних деформацій (ШДД) (в російсько-мовній літературі – “основной деформируемый горизонт” (ОДГ)) були вибрані три моделі (1; 2; 3 – рис. 1, а) з потужностями ШДД відповідно:  $h=0.65 \text{ м}; 0.5 \text{ м}; 0.35 \text{ м}$ , а також модель 4 розрізу, де ШДД відсутній. Розраховані теоретичні криві ЗСБ в модифікації “контур в контурі” для таких співвідношень параметрів чотиришарових розрізів:  $\rho_2/\rho_1=1/5; h_2/h_1=1/4; 1/6; 1/10; \rho_3/\rho_2=2.5; h_3/h_2=3.08; 4; 5.7; \rho_4/\rho_3=4; h_4/h_3=\infty$  та тришарового:  $\rho_2/\rho_1=1/2; h_2/h_1=0.833; \rho_3/\rho_2=4; h_3/h_2=\infty$ . Результати розрахунків (рис. 1, а; криві



1 – пункти зондувань; 2 – геоелектричні колонки; 3 – геоелектричні межі; 4 – супіски; 5 – свердловини; 6 – ізолінії поінтервального (через 0,25) приросту поздовжніх провідностей  $\Delta S_z$ ; 7 – мергель вивітрілий, тріщинуватий; 8 – глина мергельна з хорстоувою мергелю; 9 – піски

Рисунок 1 – Порівняння геоелектричного і  $\Delta S_z$  (H) розрізів з геоелектричним зсувної ділянки по вул. Тунельній, м. Львів

1, 2, 3, 4) свідчать про впевнене, за кривими  $S_T(H)$  і  $\Delta S_T(H)$ , розчленування розрізу і можливість визначення геоелектричних параметрів ШДД, який є основним пошуковим об'єктом при дослідженні та прогнозуванні зсувонебезпечних ділянок. За даними розрахунку теоретичних кривих вертикальних електричних зондувань (ВЕЗ) (рис. 1, б; моделі і криві 2,4) провідний горизонт ШДД потужністю 0.5 м з питомим опором 2 Ом·м на кривій  $\rho_p$  проявляється аномалією опору в 10%, що відповідає похибкам вимірів в методі ВЕЗ (порівняйте з аномальним опором в 25% по  $S_T$  та 50% по  $\Delta S_T$ ). В розв'язку оберненої задачі спостерігається неоднозначність визначення параметрів середовища. Так, крива ВЕЗ над тришаровим (при відсутності ШДД) розрізом (рис. 1, б; модель і криві 4) з параметрами  $h_1=3$  м,  $\rho_1=10$  Ом·м;  $h_2=2.5$  м;  $\rho_2=5$  Ом·м;  $h_3=\infty$  м;  $\rho_3=20$  Ом·м не відрізняється (за значенням  $\rho_k$  розходження 5% – в межах точності вимірювань) від кривої, розрахованої для чотиришарового (при наявності ШДД) розрізу (рис. 1, б; модель і крива 2), а у випадку  $\rho_2=4.0$  Ом·м першого розрізу – криві ВЕЗ збігаються.

Таким чином, співставлення результатів розрахунків (рис. 1, а, б; криві 1, 2, 3, 4) свідчать про значні переваги індукційних зондувань методом ЗСБ порівняно з ВЕЗ.

Результати індукційних зондувань в створі свердловин 2/98 і 3/98 показані на рис. 2. Порівняння геоелектричного і  $\Delta S_T(H)$  розрізів з геологічним, свідчать про їх відповідність, достовірність розчленування розрізу, а також про можливість виділення ШДД, який надійно відзначається приростом провідності 0.08-0.1 Сіменсів на 0.25 м.

Електромагнітні спостереження методом ЗСБ проводились в Закарпатському регіоні в 2000 р. на ділянках Копашневе-1, Воловець-1 і

Сільце в межах зон аномалій природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПІЕМПЗ). Недивлячись на те, що вказані ділянки не повністю покриті зйомкою методом ЗСБ, в межах ділянки Копашневе-1 виявлено вісім, а на ділянці Воловець-1 – сім локальних зсувонебезпечних зон. На ділянці Сільце (рис. 3) пройдено лише один профіль через аномальну зону ПІЕМПЗ, однак він дав змогу оцінити потужність крихких елювіально-делювіальних відкладів, яка коливається в межах 3.0-5.7 м та потужність і опір ШДД, що утворився всередині глинистої товщі, відповідно – 1.5-3.0 м і 2.3-10.6 Ом·м. На ділянці Копашневе-1 потужність крихких відкладів знаходиться в межах 2.08-2.63 м, а на ділянці Воловець-1 – 4.6-8.4 м. Потужність і опір ШДД на ділянці Копашневе-1 змінюється в межах відповідно: 0.18-1.47 м і 2.57-11.2 Ом·м, а на ділянці Воловець-1 – 0.62-2.6 м та 6.6-26.0 Ом·м. Аномальні зони підвищеної провідності ( $\Delta S_T$ ) провідного горизонту (ШДД) прогножуються як потенційно небезпечні, в межах яких формуються тріщини відколу і стінки майбутнього відриву верхньої частини зсувного схилу. В межах цих зон спостерігаються тріщини на денній поверхні та житлових будинках, що побічно підтверджує їх зсувонебезпечність.

Порівняння отриманих даних методу ЗСБ з даними ВЕЗ і сейсморозвідки (рис. 4) свідчить про безсумнівні переваги першого, оскільки методом ВЕЗ отримати параметри ШДД при таких геоелектричних розрізах є не завжди можливим, а сейсмічним методом це може бути зроблено при значних методичних ускладненнях, що в економічному відношенні є недоцільним.

Компактність вимірювальної установки "контур в контурі" ( $Q_q$ ) та висока локальність цієї модифікації ЗСБ (на чутливість до латераль-

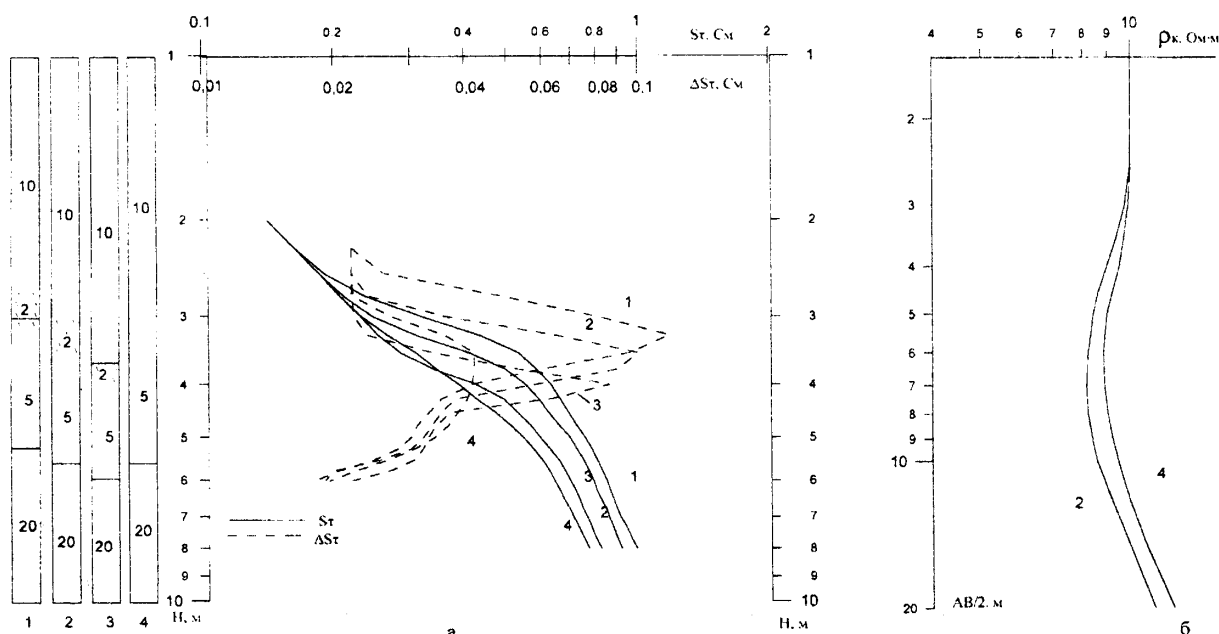
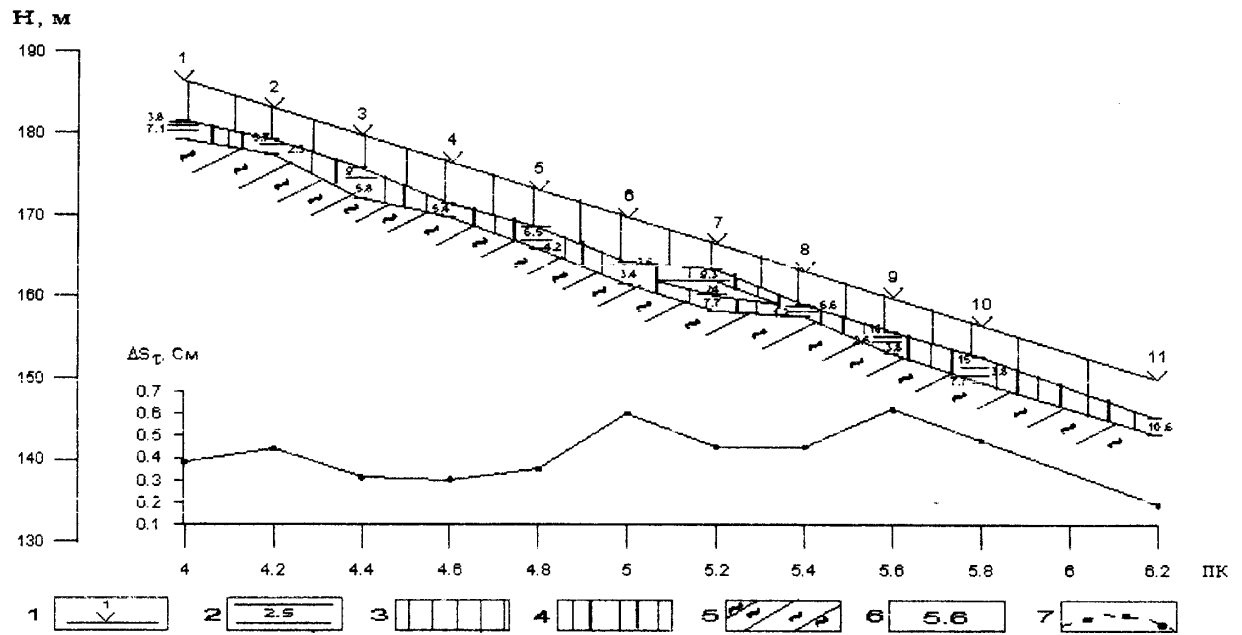


Рисунок 2 – Теоретичні криві ЗСБ (а) і (б) геоелектричних розрізів моделі зсувної ділянки по вул. Тунельній, м. Львів



1 – пункти зондувань; 2 – геоелектричні границі; 3 – елювіально-делювіальні відклади; 4 – шар динамічних деформацій (ШДД); 5 – щільна глина з уламками корінних порід; 6 – значення питомого опору; 7 – графік поздовжньої провідності ШДД

Рисунок 3 – Геоелектричний розріз зсувонебезпечної ділянки Сільце

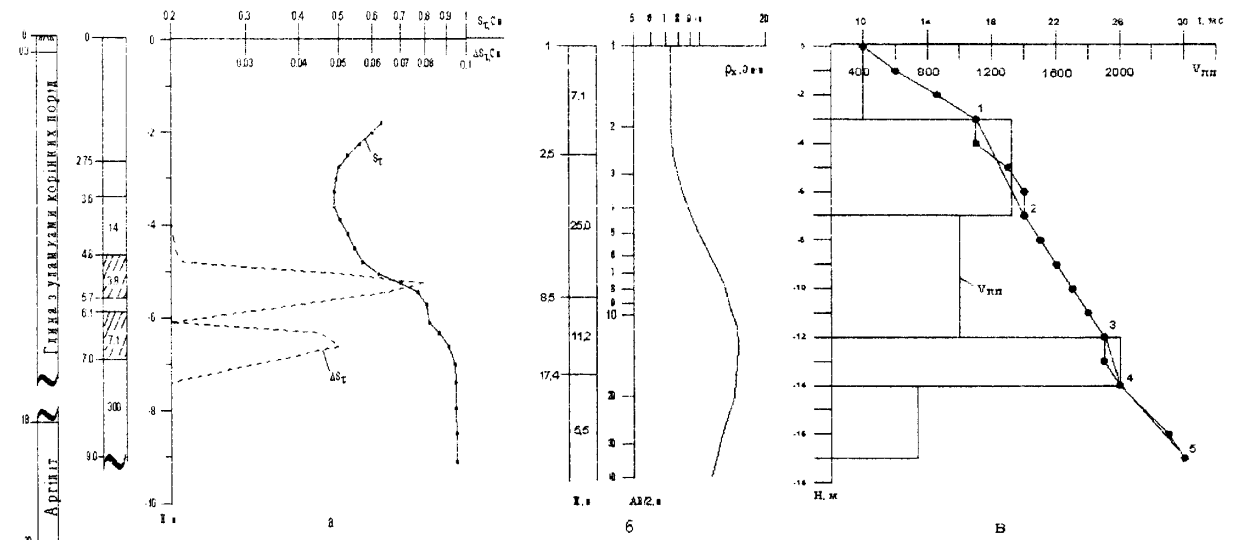


Рисунок 4 – Порівняння результатів ЗСБ (а), ВЕЗ (б) і сейсмозв'язки (в) на зсувонебезпечній ділянці Сільце

них неоднорідностей), забезпечують адекватне розчленування георозрізу по вертикалі навіть в умовах складного мікрорельєфу.

Новий удосконалений комплект апаратури електромагнітних зондувань приповерхневих середовищ (Стадія-М), що розроблений ЗУГРЕ спільно з КВ ІГФ і Науково-виробничою фірмою "Інтелект", побудовано на основі мікропроцесорної системи з застосуванням сучасної елементної бази, чим забезпечуються його високі метрологічні та експлуатаційні характеристики, розширюється коло розв'язуваних задач при дослідженнях ВЧР. Загалом комплект забезпечує:

- більший робочий часовий інтервал спостережень і відповідно більшу глибинність зондування (до 150-200 м);

- автоматизовану реєстрацію даних автономним (вставним) модулем пам'яті;

- візуальний контроль режимів роботи та зареєстрованих кривих на графічному дисплеї;

- попередню обробку (препроцесінг) вхідних даних.

Застосування такої апаратури електромагнітних зондувань та уніфікованих з нею приладів для реєстрації параметрів природного імпульсного електромагнітного поля Землі – РХІНДС – ПМ (радіохвильовий індикатор напружено-деформованого стану порід) дасть можливість докорінно змінити технологію оцінки і моніторингу зсувів та інших екологічно небезпечних геологічних процесів.

## Література

1. Тикшаев В. В. Электромагнитная разведка повышенной разрешенности методом становления поля с пространственным накоплением. – М.: Недра, 1989. – 176 с.

2. Светов Б.С., Агеев В.В., Лебедева Н.А. Поляризуемость горных пород и феномен высокоразрешающей электроразведки // Геофизика. – 1996. – № 4. – С.42-52.

3. Каменецкий Ф. М. Высокоразрешающая электроразведка: факт или реклама? // Геофизика. – 1999. – № 1. – С. 41-44.

4. Шуман В.Н. Переходные электромагнитные процессы в расширенном временном интервале: физико-механические модели и особенности // Геофизический журнал. – 2001. – № 1. – С. 3-21.

5. Сапужак Я.С., Шамотко В.И., Кравченко В.П. Геоэлектрические модели и методы исследования структур Запада Украины. – К.: Наукова думка, 1990. – 188 с.

6. Дешиця С. А. Модельні засоби синтезу електромагнітних образів неоднорідних геосередовищ. – Львів, 1993 (Препр. / НАН України, ІПП ММ, № 16 – 93).

УДК 622.24.058

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ІНДИКАТОРА ВІД ПАРАМЕТРІВ ЙОГО ЗОНИ КОНТАКТУ З НІПЕЛЕМ РІЗЬБОВОГО З'ЄДНАННЯ

М.В.Лисканич, А.П.Джус

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 44277,  
e-mail: public@ifdtung.if.ua

*Проведены аналитические исследования, которые указывают на то, что зону контакта нипеля замкового резьбового соединения с индикатором, при условии, что контакт происходит по всей внешней поверхности индикатора, можно разместить в любом его поперечном разрезе. Учитывая особенности деформации нипеля при свинчивании резьбового соединения, контактную поверхность рекомендуется выполнять в разрезах, размещенных на расстоянии 45...55 мм от упорного выступа нипеля до торца основания его меньшего конуса.*

*Conducted analytical studies indicate that the contact area of tool screwed joint nipple with indicator, provided that the contact is realized on the whole external surfaces of indicator, is quite to place it in any its cross-section. Taking into account the particularities of deforming a nipple under screwing – in the screwing join, the contact surface is recommended to perform in sections, situated at the distance of 45...55 mm from the friction edge of nipple to the base face of its smaller cone.*

В роботі [1] доведено, що в індикаторах, які є тонкостінними оболонками і вмонтовані в ніпель із локальною зоною контакту в середніх перерізах індикатора та зазором по решті довжини, виникають напруження, які відповідають номінальним напругам в небезпечному перерізі замкового різьбового з'єднання. З метою визначення оптимальних конструктивних параметрів таких індикаторів дослідимо вплив величини кута зони контакту, а також місця її розташування по довжині індикатора на його напружений стан.

В ході проведення дослідження напруженого стану індикаторів за наявності зазора в парі ніпель-індикатор зробимо припущення, що контакт між ніпелем і індикатором відбувається по дузі кола в конкретному поперечному перерізі, а між рештою поверхні індикатора та ніпелем існує зазор. Введення цього допущення суттєво спрощує задачу, роблячи її одномірною. При цьому будемо вважати також індикатор нескінченно довгою круговою циліндричною оболонкою, яка в певній площині поперечного перерізу стискається двома однаковими

тілами з гострою і абсолютно жорсткою кромкою радіусом  $R_1$ . При цьому радіус  $R_1$  мало відрізняється від зовнішнього радіуса оболонки  $R_0$ . Це припущення дасть підстави вважати, що в зоні контакту ніпеля з індикатором в останньому присутні малі деформації і, таким чином, буде справедлива лінійна теорія оболонок. Реакцію ніпеля вважатимемо нормальною до поверхні оболонки, тертям в зоні контакту знехтуємо. Будемо вважати, що кожне жорстке тіло притискається до оболонки силою  $P/m$ , де  $m$  – число ідеалізованих тіл по периметру контакту, яке в нашому випадку приймаємо рівним  $m=2$ .

Вихідне рівняння отримаємо з умови щільного прилягання оболонки до ніпеля в зоні контакту, яке ототожнюється з умовою, що зміна кривизни серединної поверхні оболонки по колу  $H_2$  в зоні контакту рівна

$$H_2 = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_0}. \quad (1)$$

Зміна кривизни  $H_2$  вважається додатною, якщо радіус оболонки  $R_0$  в процесі деформації