

1. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтенасыщения горных пород. – М.: Недра, 1975. – 344 с.

2. Методические рекомендации по определению подсчетных параметров залежей нефти и газа по материалам геофизических исследований скважин с привлечением результатов анализов керна, опробований и испытаний продуктивных пластов / Под ред. Б.Ю.Вендельштейна, В.Ф.Козяра, Г.Г.Яценко. – Калинин: НПО «Союзпромгеофизика», 1990. – 261с.

3. Карпенко О.М. Розділення продуктивних пластів за характером насичення в багатопластових покладах за даними ГДС // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1995. – Вип.32. – С. 33-38.

4. Азаматов В.И., Крысин Н.И., Спасибко В.Д. и др. Оценка качества первичного вскры-

поля (ЕМП) відомі тільки в порівняно простих геоелектричних умовах однорідного, горизонтально-шаруватого півпростору або з чужорідтя продуктивних пластів по промисловим і геофизическим даним // Обзорн. информ. Сер.: Геология нефтяных и газовых месторождений. – М.: ВНИИОЭНГ, 1989.

5. Федоришин Д.Д. Теоретико-экспериментальні основи петрофізичної та геофізичної діагностики тонкопрошаркових порід-колекторів нафти і газу (на прикладі Карпатської нафтогазоносною провінції) // Дис. на здобуття наук. ступ. докт. геол. наук. – Львів: ІГГК, 1999. – 288 с.

6. Леськів І.В., Щерба В.М. Геолого-геофізичні дослідження при розшуках газу в Передкарпатському прогині. – К.: Наукова думка, 1979. – 84 с.

УДК 517.958:550.837

МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ НАФТОГАЗОНОСНИХ ПОКЛАДІВ НА РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

¹Л.М.Журавчак, ²Н.В.Шуміліна

¹Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, 79060, Львів, вул. Наукова 3б, e-mail: carp@cb-igph.lviv.ua

²Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, 79060, Львів, вул. Наукова 3б, e-mail: dept19@iapmm.lviv.ua

В статье рассматривается квазистационарная математическая модель процесса становления электромагнитного поля (ЭМП) в проводящем магнитном полупространстве, содержащем два включения произвольной формы с постоянными электропроводностью и магнитной проницаемостью. Используя специальное фундаментальное решение нестационарного уравнения теплопроводности, метод приграничных элементов и пошаговую временную схему единственного начального условия построены интегральные представления для нахождения компонент векторов напряженности электрической и магнитной составляющих поля в произвольной пространственно-временной точке. С помощью метода приграничных элементов исследовано взаимное влияние нефте- и газоносных залежей на распределение ЭМП на дневной поверхности и показаны пути распознавания их электромагнитных и геометрических характеристик.

The quasi-stationary model of electromagnetic field spreading in a conductive magnetic half-space with two inclusions of arbitrary shape and constant conductivity and magnetic permeability is considered. Using the special fundamental solution of non-stationary equation of heat conductivity, near-boundary element technique and the time marching scheme of unique initial condition, we construct the integral representations to find the electromagnetic field strength vector components in an arbitrary space-time point. With the help of near-boundary element technique mutual influence of oil and gas deposits on distribution of electromagnetic field on Earth's surface is investigated and recognition ways of their electromagnetic and geometrical characteristics are shown.

Вступ. Математичне моделювання у пошуковій геофізиці є актуальним і корисним на будь-якій стадії електромагнітних (ЕМ) досліджень, починаючи від проектування і вибору раціональних систем спостережень і закінчуючи якісною й кількісною інтерпретацією одержаних матеріалів. Однак використання математичного апарата, на жаль, у більшості випадків обмежене різним ступенем ідеалізації реальної геоелектричної ситуації, оскільки аналітичні розв'язки задач розподілу електромагнітного

ними включеннями канонічної чи близької до неї форми [1,2]. У зв'язку з цим для математичного моделювання ЕМП у складних геоелектричних розрізах, які зустрічаються у процесі розв'язування різних геологічних задач, в останні роки на базі сучасних швидкодіючих комп'ютерів все ширше використовують числові методи. Однак найчастіше вживані для цієї мети в теперішній час методи скінченних різниць [3] та скінченних елементів мають певні недоліки, пов'язані з неточностями опису мо-

делей, особливо у випадку безмежних та напівобмежених областей. Тому для тривимірних напівбезмежних середовищ, які містять локальні геометричні чужорідні включення, в неоднорідному зовнішньому полі, збудженому штучним джерелом, доцільно, на наш погляд, використовувати непрямі методи граничних [4] або приграничних елементів [5].

Цією роботою ми розвиваємо і апробуємо підхід, запропонований в [6] для розв'язування прямих тривимірних квазістационарних задач у провідному магнітному зонально-однорідному півпросторі, і на базі побудованої там математичної моделі процесу становлення ЕМП досліджуємо взаємний вплив двох нафто- та газоносних покладів на розподіл ЕМП на денній поверхні, здійснюючи тривимірну інтерпретацію змодельованих площинних зондувань за допомогою трансформацій значень вертикальної компоненти вектора напруженості магнітного поля у деякі позірні величини.

Формулювання задачі. Земну кору з покладами нафти і газу змодельуємо зонально-однорідним півпростором, що займає область $\Omega = R^{3-} = \{(x_1, x_2, x_3): -\infty < x_1 < \infty, -\infty < x_2 < \infty, -\infty < x_3 < 0\}$, у декартовій системі координат x_1, x_2, x_3 і містить два включення Ω_m ($m=2,3$) у формі паралелепіпедів розмірами $p_1 = p_2 = 6, p_3 = 3$, розміщені на глибинах h_2, h_3 від границі півпростору $\Gamma = \{(x_1, x_2, x_3): -\infty < x_1 < \infty, -\infty < x_2 < \infty, x_3 = 0\}$, (рис. 1). Включення перебувають в ідеальному електромагнітному контакті з $\Omega_1 = \Omega \setminus \bigcup_{m=2}^3 (\Omega_m \cup \partial\Omega_m)$, причому $\partial\Omega_m \cap \Gamma = \emptyset$, $\partial\Omega_m$ – гранична поверхня зони Ω_m . Містке середовище і включення характеризуються постійними електропровідностями σ_1, σ_m і магнітними проникностями μ_1, μ_m відповідно. Стороннім джерелом, яке збуджувало ЕМП, враховуючи широке застосування чисто індуктивного способу збудження, була квадратна рамка $C \subset \Omega_1$ зі стороною $h = 2,5$. Припущення, що вона знаходиться на глибині $h_1 = -0,01$, суттєво спрощує побудову розв'язку задачі і не впливає на точність обчислень. Залежність сили струму в рамці змінювалась синхронно і описувалась функцією $\psi_i(x, \tau) = I(\tau)C_i(x)$ де $x = (x_1, x_2, x_3)$, τ – час, $I(\tau)$ – закон одиничного ступеня, який відповідає вмиканню джерела постійного струму в момент часу $\tau = 0$, $C_i(x)$ – проекції одиничного вектора, колінеарного дотичній до контуру C в точці $x \in C$.

Допускаємо, що в початковий момент часу спостерігається нульовий розподіл напруженості електричного поля (ЕП) у місткому середовищі й включеннях, і на денній поверхні Γ теж задано нульовий розподіл компонент вектора напруженості ЕП.

Квазістационарна модель для знаходження компонент вектора напруженості ЕП

$E_i^l = E_i^l(x, \tau)$ ($i=1,2,3$) у Ω_1 і $E_i^m = E_i^m(x, \tau)$ у включеннях складається [6] з системи рівнянь теплопровідності

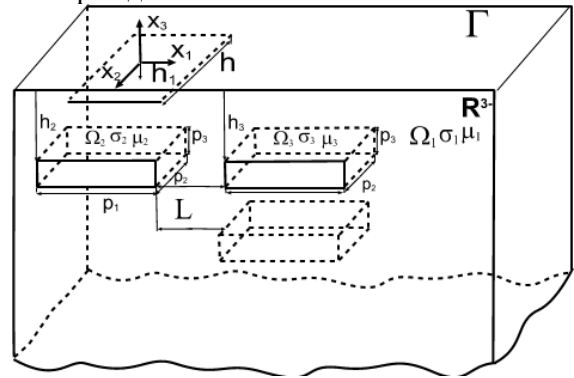


Рисунок 1 – Геоелектрична модель півпростору з нафтовими або газовими покладами

$$\Delta E_i^l - \sigma_1 \mu_1 \frac{\partial E_i^l}{\partial \tau} = \mu_1 \delta(\tau) C_i(x), (x, \tau) \in \Omega_1 \times T, \quad (1)$$

$$\Delta E_i^m - \sigma_m \mu_m \frac{\partial E_i^m}{\partial \tau} = 0, (x, \tau) \in \Omega_m \times T, m=2,3,$$

граничних

$$E_i^l = 0, (x, \tau) \in \Gamma \times T, \quad (2)$$

контактних

$$E_i^l = E_i^m, \sigma_1 \frac{\partial E_i^l}{\partial n} = -\sigma_m \frac{\partial E_i^m}{\partial n}, (x, \tau) \in \partial\Omega_m \times T, \quad (3)$$

та початкових умов

$$E_i^s = 0, x \in \Omega_s, s=1,2,3, \text{ за } \tau=0, \quad (4)$$

де: Δ – оператор Лапласа;

$\delta(\tau)$ – дельта-функція Дірака;

$T = \{\tau: 0 < \tau < \infty\}$,

$n = (n_1(x), n_2(x), n_3(x))$ – одинична зовнішня

нормаль до $\partial\Omega_m = \partial\Omega_1 \cap \partial\Omega_m$.

Методика розв'язування. Запишемо інтегральні зображення розв'язку задачі (1)-(4) для компонент $E_i^s(x, \tau)$ ($s=1,2,3$) та їх похідних за координатами та нормаллю, використовуючи методику, яка ґрунтується на непрямому методі приграничних елементів і викладена в [6]:

$$E_i^s = \sum_{v=10}^{V_s} \int_{\gamma_v^s} \int_{\tau} \Phi_h^s(x, \tau, \xi, \xi_4) \varphi_{iv}^s d\gamma_v^s(\xi) d\xi_4 - I_{ci}(\Phi_h^s), \quad (5)$$

$$\frac{\partial E_i^s}{\partial x_j} = \sum_{v=10}^{V_s} \int_{\gamma_v^s} \int_{\tau} Q_{hj}^s(x, \tau, \xi, \xi_4) \varphi_{iv}^s d\gamma_v^s(\xi) d\xi_4 - I_{ci}(Q_{hj}^s), \quad (6)$$

$$\frac{\partial E_i^s}{\partial n} = \sum_{v=10}^{V_s} \int_{\gamma_v^s} \int_{\tau} Q_h^s(x, \tau, \xi, \xi_4) \varphi_{iv}^s d\gamma_v^s(\xi) d\xi_4 - I_{ci}(Q_h^s), \quad (7)$$

де: $\Phi_h^s(x, \tau, \xi, \xi_4) = \Phi^s(r, \tau, \xi_4) - \Phi^s(r', \tau, \xi_4)$,

$$\Phi^s(r, \tau, \xi_4) = \left[\frac{\sigma_s \mu_s}{4\pi(\tau - \xi_4)} \right]^{3/2} \exp\left\{ -\frac{\sigma_s \mu_s r^2}{4(\tau - \xi_4)} \right\},$$

$$r^2 = \sum_{i=1}^3 y_i^2, \quad r'^2 = \sum_{i=1}^3 y_i'^2,$$

$$y_i = x_i - \xi_i, \quad y_i' = x_i - \xi_i' \quad (i=1,2), \quad y_3' = x_3 + \xi_3,$$

$$\xi = (\xi_1, \xi_2, \xi_3) \in R^3, \quad \xi_4 \in T,$$

$$Q_{hj}^s(x, \tau, \xi, \xi_4) =$$

$$= -\frac{\sigma_s \mu_s}{2(\tau - \xi_4)} (y_j \Phi^s(r, \tau, \xi_4) - y_j' \Phi^s(r', \tau, \xi_4)),$$

$$Q_h^s(x, \tau, \xi, \xi_4) = \sum_{j=1}^3 Q_{hj}^s(x, \tau, \xi, \xi_4) n_j(x).$$

$$I_{ci}(\Phi_h^m) = I_{ci}(Q_{hj}^m) = I_{ci}(Q_h^m) = 0,$$

$$I_{ci}(F^1) = \sigma_1^{-1} \int_C F^1(x, \tau, \xi, 0) C_i(\xi) dC(\xi).$$

$\varphi_{iv}^s = \varphi_{iv}^s(x, \tau)$ – невідомі компоненти “фіктивних” джерел струму, введених у приграничних елементах G_v^s ($v=1, \dots, V_s$).

Дискретно-континуальну модель ЕМП в зонально-однорідному провідному магнітному півпросторі побудуємо для покрокової часової схеми “єдиної початкової умови” (СЄПУ) [4,5].

Для зручності опису залежності $\varphi_{iv}^s(x, \tau)$ від часу часовий промінь T розіб’ємо на інтервали $T_k = [\tau_{k-1}, \tau_k]$ ($k=1, 2, \dots, \tau_0=0$) і в межах кожного T_k ($k=1, \dots, K, K>1$) для спрощення алгоритму функції $\varphi_{iv}^s(x, \tau)$ апроксимуємо невідомими константами d_{ivk}^s . Для їх знаходження, використавши (5),(7), запишемо систему лінійних алгебричних рівнянь (СЛАР), вимагаючи на кожному кроці за часом виконання в колокаційному сенсі умов ідеального контакту (4) в кінцевий момент часу τ_K відповідно в точках $x^{mw} \in \Gamma_w^m = \partial G_w^m \cap \partial \Omega_m$ ($w=1, \dots, V_m, m=2,3$):

$$\sum_{v=1}^{V_1} d_{ivk}^1 I_{Kvw}^1(\tilde{\Phi}_{hk}^1) - \sum_{v=1}^{V_m} d_{ivk}^m I_{Kvw}^m(\tilde{\Phi}_{hk}^m) =$$

$$= -\sum_{v=1}^{V_1} \sum_{k=1}^{K-1} d_{ivk}^1 I_{Kvw}^1(\bar{\Phi}_{hk}^1) + \sum_{v=1}^{V_m} \sum_{k=1}^{K-1} d_{ivk}^m I_{Kvw}^m(\bar{\Phi}_{hk}^m) + (8)$$

$$+ I_{ci}(\Phi_h^1), \quad w=1, \dots, V_m,$$

$$\sigma_1 \sum_{v=1}^{V_1} d_{ivK}^1 I_{Kvw}^1(\tilde{Q}_{hK}^1) + \sigma_m \sum_{v=1}^{V_m} d_{ivK}^m I_{Kvw}^m(\tilde{Q}_{hK}^m) =$$

$$= -\sigma_1 \sum_{v=1}^{V_1} \sum_{k=1}^{K-1} d_{ivk}^1 I_{Kvw}^1(\bar{Q}_{hk}^1) - (9)$$

$$-\sigma_m \sum_{v=1}^{V_m} \sum_{k=1}^{K-1} d_{ivk}^m I_{Kvw}^m(\bar{Q}_{hk}^m) + \sigma_1 I_{ci}(Q_h^1), \quad w=1, \dots, V_m,$$

де $I_{Kvw}^s(F) = \int_{\gamma_v^s} F_k^s(x^{sw}, \tau_k, \xi, \tau_{k-1}) d\gamma_v^s(\xi),$

$$\tilde{\Phi}_{hk}^s(x, \tau_K, \xi, \tau_{K-1}) =$$

$$= \frac{\sigma_s \mu_s}{4\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r'} \right) - \Phi_\tau^s(r, \beta_{s(K-1)}) + \Phi_\tau^s(r', \beta'_{s(K-1)}),$$

$$\tilde{Q}_{hK}^s(x, \tau_K, \xi, \tau_{K-1}) = -\sum_{i=1}^3 n_i(x) \left[\frac{\sigma_s \mu_s}{4\pi} \left(\frac{y_i}{r^3} - \frac{y_i'}{r'^3} \right) + \right.$$

$$\left. + Q_\tau(r, \beta_{s(K-1)}) y_i - Q_\tau^s(r', \beta'_{s(K-1)}) y_i' \right],$$

$$\bar{\Phi}_{hk}^s(x, \tau_k, \xi, \tau_{k-1}) = \Phi_\tau^s(r, \beta) \Big|_{\beta_{s(k-1)}}^{\beta_{sk}} - \Phi_\tau^s(r', \beta') \Big|_{\beta'_{s(k-1)}}^{\beta'_{sk}},$$

$$\bar{Q}_{hk}^s(x, \tau_k, \xi, \tau_{k-1}) =$$

$$= \sum_{j=1}^3 n_j(x) \left(y_j Q_\tau^s(r, \beta) \Big|_{\beta_{s(k-1)}}^{\beta_{sk}} - y_j' Q_\tau^s(r', \beta') \Big|_{\beta'_{s(k-1)}}^{\beta'_{sk}} \right),$$

$$\Phi_\tau^s(r, \beta) = \frac{\sigma_s \mu_s}{4\pi r} \text{erf}(\beta),$$

$$\text{erf}(\beta) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\beta \exp(-z^2) dz,$$

$$\beta_{sk} = \frac{r(\sigma_s \mu_s)^{1/2}}{2(\tau - \tau_k)^{1/2}}, \quad \beta'_{sk} = \frac{r'(\sigma_s \mu_s)^{1/2}}{2(\tau - \tau_k)^{1/2}},$$

$$Q_\tau^{(s)}(r, \beta) = -\frac{\sigma_s \mu_s}{2\pi r^3} \left(\frac{1}{2} \text{erf}(\beta) - \frac{\beta}{\sqrt{\pi}} \exp(-\beta^2) \right).$$

Підставивши одержані як розв’язок системи (8), (9) значення d_{ivk}^s в (5), знайдемо компоненти вектора напруженості ЕП $E_i^s(x, \tau)$ на K -ому кроці за часом для будь-яких точок спостереження $x^{sp} \in \Omega_s$ ($p=1, \dots, P_s$) у півпросторі, включаючи ділянки контакту:

$$E_i^s(x^{sp}, \tau) = \sum_{v=1}^{V_s} \sum_{k=1}^K d_{ivk}^s I_{kvsp}^s(\bar{\Phi}_{hk}^s) - I_{ci}(\Phi_h^s),$$

$$\tau_{K-1} < \tau < \tau_K. \quad (10)$$

Для обчислення похідної за часом від компонент вектора напруженості магнітного поля (МП), використовуючи (6), одержимо такі вирази:

$$\frac{\partial H_i^s(x^{sp}, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{\mu_s} \left[-\sum_{v=1}^{V_s} \sum_{k=1}^K d_{ivk}^s I_{kvsp}^s(\bar{Q}_{hjk}^s) + \right.$$

$$\left. + \sum_{v=1}^{V_s} \sum_{k=1}^K d_{jvk}^s I_{kvsp}^s(\bar{Q}_{hik}^s) + \right. \quad (11)$$

$$\left. + I_{ci}(Q_{hj}^s) - I_{ci}(Q_{hi}^s) \right], \quad \tau_{K-1} < \tau < \tau_K,$$

де $\bar{Q}_{hjk}^s(x, \tau_k, \xi, \tau_{k-1}) =$

$$= y_j Q_\tau^s(r, \beta) \Big|_{\beta_{s(k-1)}}^{\beta_{sk}} - y_j' Q_\tau^s(r', \beta') \Big|_{\beta'_{s(k-1)}}^{\beta'_{sk}},$$

для різних l використовуються різні пари індексів i та j , зокрема, для $l=1$ вибираємо $i=3, j=2$, для $l=2$ – $i=1, j=3$, для $l=3$ – $i=2, j=1$. Зауважимо, що за $\tau = \tau_K$ використовуємо формули, аналогічні (10), (11), але на останньому кроці $\bar{\Phi}_{hk}^s, \bar{Q}_{hjk}^s, \bar{Q}_{hik}^s$ замінюємо на $\tilde{\Phi}_{hk}^s, \tilde{Q}_{hjk}^s, \tilde{Q}_{hik}^s$.

Числові дослідження. Оскільки промисловість висуває до науковців нові вимоги щодо достовірності кількісного прогнозу нафтогазо-

Традиційний спосіб одержання візуалізованої інформації з електророзвідувальних даних полягає в трансформації значень напруженостей електричного і магнітного полів у різні

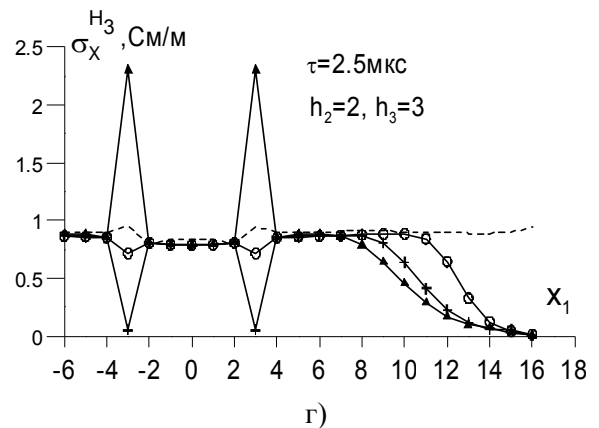
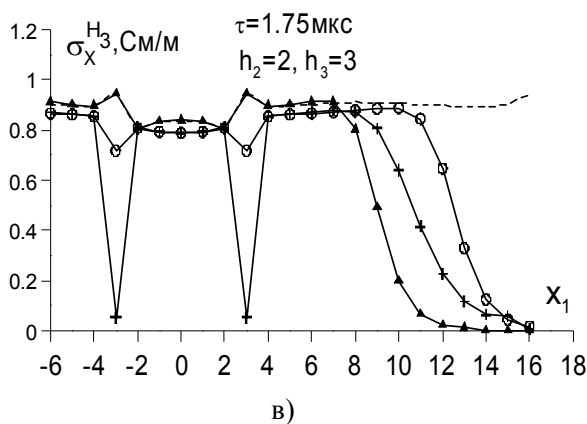
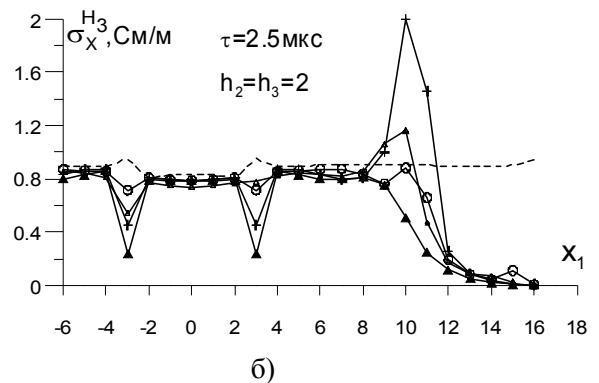
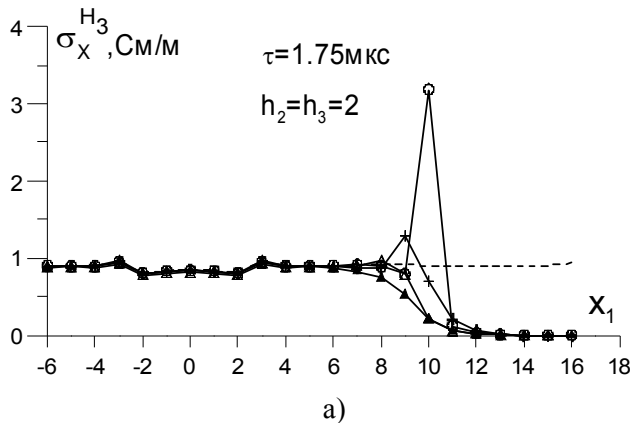


Рисунок 2 – Залежність трансформацій ЕМП над покладами від відстані між ними

носності надр з диференціально роздільною оцінкою розташування ресурсів нафти і газу як по площі, так і з глибиною, нами досліджувались закономірності зміни характеристик ЕМП залежно від взаємного розташування двох нафто- та газосних покладів – з метою формулювання практичних рекомендацій у процесі розпізнавання декількох локальних нафтогазоносних неоднорідностей та виділення зон найбільшої концентрації ресурсів нафти і газу. Цього цілком достатньо для виявлення основних закономірностей складних розрізів, оскільки збільшення числа включень буде викликати на графіках лише появу додаткових елементів, які повторюються.

Граничну поверхню паралелепіпеда, яким моделюється кожний поклад, розбивали на 16 граничних елементів і на них будували приграничні елементи висотою 0,5, тобто СЛАР (8),(9) складалась з 64 рівнянь. Відзначимо, що розмірності всіх фізичних величин (час, коефіцієнти електропровідності та магнітні проникливості, напруженості електричного та магнітного полів) вибирались у системі СІ. Усі геометричні параметри є безрозмірними, оскільки з урахуванням критерію подібності вони зменшені порівняно з реальними в сто разів.

позірні величини. Вона здійснюється шляхом порівняння даних, одержаних для реального змодельованого об'єкта з даними для однорідного середовища з урахуванням геометрії живильного та приймального устаткування. Для визначення місця залягання покладів, оцінки їх ЕМ характеристик та об'єму, еквівалентного запасам сировини, нами розглянуті елементи тривимірної інтерпретації площинних зондувань на основі трансформацій значень вертикальної компоненти вектора напруженості МП за аналогією з [7] у позірні електропровідності

$$\sigma_x^{H_3}(x) = \sigma_1 \left| \frac{\partial H_3^0(x, \tau_k)}{\partial \tau} / \frac{\partial H_3^1(x, \tau_k)}{\partial \tau} \right|^{2/3}. \quad \text{Тут}$$

$H_3^0(x, \tau)$ – значення вертикальної компоненти вектора напруженості МП в однорідному півпросторі ($\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_1 = 1$ См/м,

$$\mu_2 = \mu_3 = \mu_1 = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}).$$

На рис. 2 зображено залежність позірної електропровідності $\sigma_x^{H_3}(x) = \sigma_x^{H_3}(x_1, 0, h_1)$ для двох нафтових покладів ($\sigma_2 = \sigma_3 = 0,25\sigma_1$ См/м, $\mu_2 = \mu_3 = 0,99994\mu_0$ Гн/м), розміщених на глибинах $h_2 = h_3 = 2$ (а,б) та $h_2 = 2, h_3 = 3$ (в,г), від відстані L між ними в моменти часу $\tau = 1,75$ мкс

(а,в) та $\tau=2,5$ мкс (б,г). Центр рамки співпадає з центром покладу, який займає область Ω_2 , надалі його називатимемо першим покладом, а поклад, що займає область Ω_3 , – другим. Криві з символами \blacktriangle , $+$, \circ відповідають $L=1,2,4$, з метою порівняння тут також наведено аналогі-

явити горизонтальні розміри покладів, які проявляються у вигляді плато. Відмінний від попередніх характер кривих на рис. 4 свідчить про вертикальне розташування об'єктів. За асиметрією кривих над першим покладом на рис. 5 можна зробити висновок про неспівпадання центру рамки з центром цього покладу.

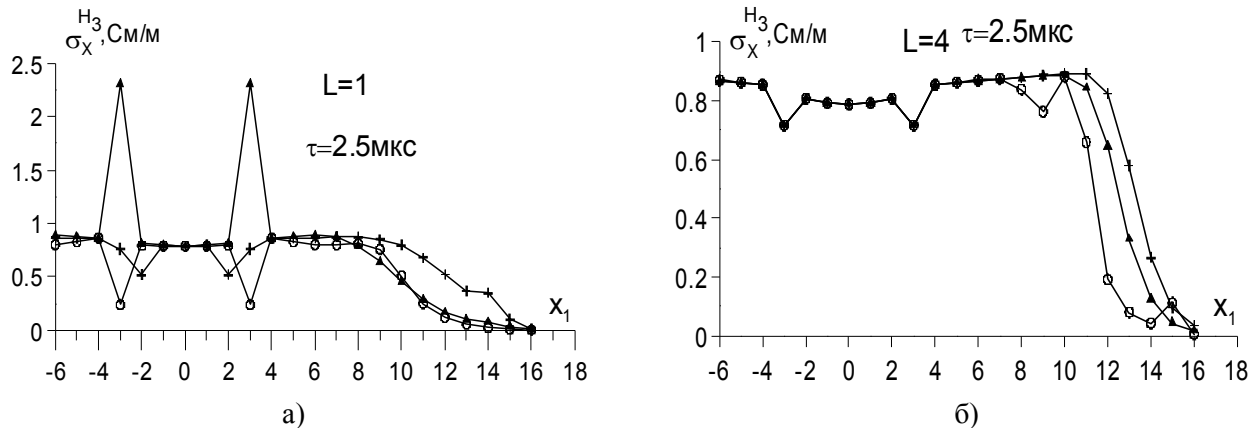


Рисунок 3 – Залежність трансформацій ЕМП від глибини залягання другого покладу

чні величини для півпростору з одним покладом, який займає область Ω_2 (штрихова крива). Аналогічні числові дослідження проведено і для газових покладів ($\sigma_2=\sigma_3=0,1\sigma_1$, $\mu_2=\mu_3=1,00008\mu_0$). Оскільки основні закономірності зберігаються і виявились подібними до тільки що розглянутих, ми навели тільки деякі результати щодо горизонтально розташованих на глибині $h_2=h_3=2$ газових покладів для $L=2$ у момент часу $\tau=2,5$ мкс (рис. 2б, крива з символами Δ).

На рис. 3 зображено графіки залежності $\sigma_x^{H_3}(x_1,0,h_1)$ від глибини залягання другого нафтового покладу в момент часу $\tau=2,5$ мкс для $L=1$ (а), $L=4$ (б), криві з символами \circ , \blacktriangle , $+$ відповідають $h_3=2,3,4$.

Аналогічні трансформації над двома вертикально розташованими ($h_2=2, h_3=6$) нафтовими (криві з символами \blacktriangle) та газовими (криві з символами \blacksquare) покладами у момент часу $\tau=2,5$ мкс відображені на рис. 4, для порівняння тут зображені також графіки для одного покладу (нафтові – криві без символів, газові – криві з символами \bullet). Рис. 5 містить графіки залежності $\sigma_x^{H_3}(x_1,0,h_1)$ від місцезнаходження рамки у різні моменти часу над двома нафтовими покладами, розташованими на глибині $h_2=h_3=2$, для випадку $L=2$. Зображено такі ситуації: центр рамки співпадає з центром першого покладу (суцільні криві), центр рамки зміщений відносно центру першого покладу на 0,8 (штрихові криві), центр рамки знаходиться між покладами (криві з символами).

За графіками на рис. 2,3 можна оцінити співвідношення між коефіцієнтами електропровідності середовища і покладу, а також ви-

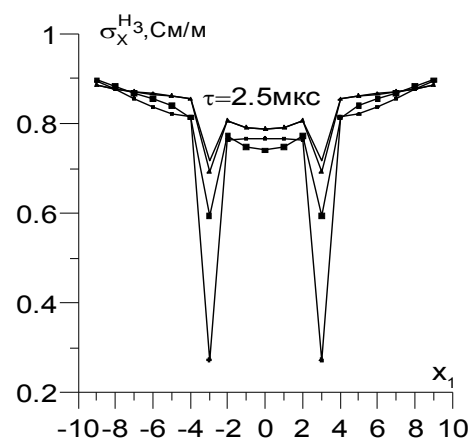


Рисунок 4 – Трансформації ЕМП над вертикально розташованими нафтовими та газовими покладами

Одержані графіки свідчать про підвищену роздільну здатність індуктивних імпульсних електророзвідувальних методів порівняно з методами постійного струму, зокрема, з електропрофілюванням за допомогою серединних градієнтів та других різниць потенціалу [8], оскільки навіть за достатньо малої відстані між покладами останні фіксуються як різні об'єкти, а не як один більших розмірів.

Дана робота є наступним етапом порівняно з [6] у процесі створення оперативної тривимірної системи інтерпретації площинних даних, яка об'єднує програмне забезпечення для розв'язування прямої задачі та елементи розпізнавання для оберненої.

Подібні допоміжні криві для виявлення геометрії та ЕМ характеристик включень можна побудувати і на базі горизонтальних компонент векторів напруженостей електричного та магнітного полів, одержаних за профілями чи

як функції від часу. Здійснити таку побудову, оцінити переваги і недоліки різних трансформацій, а також розглянути уточнену модель нафтового покладу ми плануємо в подальших дослідженнях.

Висновки. Наведені вище поки що фрагментарні дані дозволяють зробити деякі мето-

поля / Пер. с англ. – М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2000. – 483 с.

3. Pavlov D.A., Zhdanov M.S. Analysis and interpretation of anomalous conductivity and magnetic permeability effects in time domain electromagnetic data. Part I: Numerical modeling // Journal of Applied Geophysics. – 2001. – N 46. – P.p.

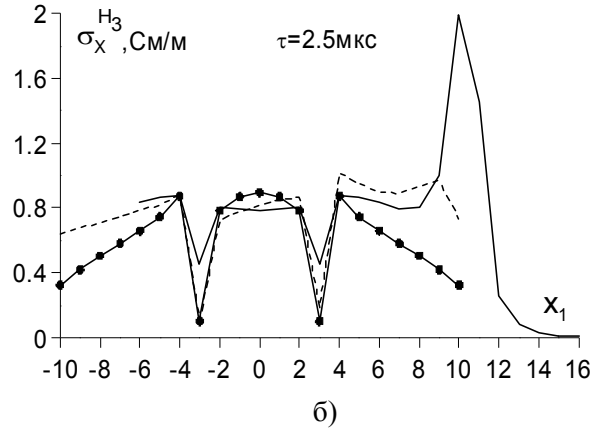
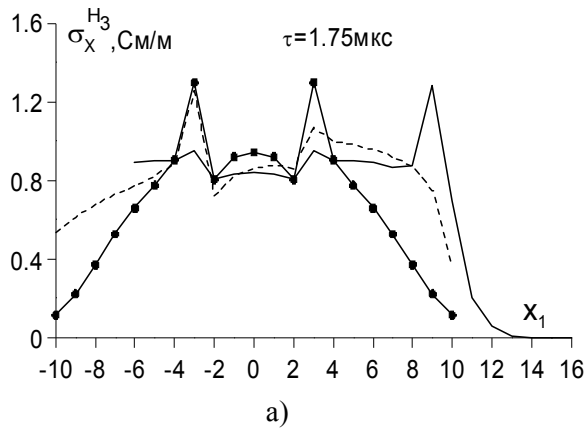


Рисунок 5 – Залежність трансформацій ЕМП від місцезнаходження рамки

дичні висновки:

1) математичне моделювання непрямым методом приграничних елементів доцільно і перспективно використовувати для вибору раціонального комплексу електрометричних спостережень і успішного його застосування в процесі вивчення складних геоелектричних неоднорідностей, зокрема, нафтогазових покладів;

2) індуктивні імпульсні електророзвідувальні методи можуть з успіхом застосовуватись для оконтурення і розчленування системи високоомних включень типу нафтогазових родовищ, тобто для виділення в складі потенційно нафтогазоносних територій зон нафтогазо-накопичення і скупчення;

3) загальними сприятливими умовами для оконтурення і дослідження локальних неоднорідностей з провідністю, нижчою, ніж містке середовище, в тому числі нафтогазових покладів, треба вважати співрозмірну з горизонтальними розмірами (чи меншу) глибину їх залягання.

Одержані результати можуть бути використані для створення методів розпізнавання в різних прикладних галузях математичної фізики, зокрема, у пошуковій геофізиці для оконтурення покладів корисних копалин, у матеріалознавстві та дефектоскопії для визначення положення та розмірів чужорідних включень і дефектів.

Література

1. Табаровский Л.А. Применение метода интегральных уравнений в задачах геоэлектрики. – Новосибирск: Наука, 1975. – 140 с.

2. Кауфман А.А Введение в теорию геофизических методов. Часть 2. Электромагнитные

217-233.

4. Бенерджи П., Баттерфилд Р. Метод граничных элементов в прикладных науках. – М.: Мир, 1984. – 494 с.

5. Журавчак Л. М., Грицько Є. Г. Метод приграничных элементов у прикладних задачах математичної фізики. – Львів: Карпатське відділення Інституту геофізики НАН України, 1996. – 220 с.

6. Журавчак Л. М., Шуміліна Н.В. Математичне моделювання електромагнітного поля у процесі дослідження складних геоелектричних розривів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2004. – № 3. – С. 98-104.

7. Электроразведка: Справочник геофизика. – М.: Недра, 1979. – 517 с.

8. Sapuzhak Ya.S., Zhuravchak L.M. The technique of numerical solution of 2-D direct current modelling problem in inhomogeneous media // Acta Geophysica Polonica. – 1999. – Vol. XLVII, No. 2. – P.p. 149-163.