

## ТЕКТОНІКА ГЕОСОЛІТОНОВИХ РОДОВИЩ НАФТИ І ГАЗУ

**М.В. Лубков**

*Полтавська гравіметрична обсерваторія Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,  
вул. Мясоедова, 27/29, м. Полтава, 36029, Україна, e-mail: mikhail.lubkov@mail.ru*

З метою дослідження тектоніки геосолітонових родовищ нафти і газу на основі варіаційної скінченно-елементної методики для в'язкопружної моделі Кельвіна–Фойта змодельовано сучасні геотектонічні рухи та напружено-деформований стан в околі геосолітону. Показано, що на тектонічний розвиток структури прирозломного геосолітону найбільше впливає вертикальне підняття активного мікроблока вздовж його центрального розлому. Цей рух сприяє зростанню тиску в нафтогазових пластах і приводить до інтенсивного підняття земної поверхні в околі геосолітонового родовища, яке може бути зафіксовано геодезичними і геофізичними методами. Насувні та скидові горизонтальні рухи регіонального характеру також помітно впливають на тектонічний розвиток структури геосолітону і, відповідно, на зміну тисків у його нафтогазових пластах. Моніторинг сучасних вертикальних рухів земної поверхні в околі геосолітонового родовища дає змогу виявити і відокремити його структуру і тим самим локалізувати місця можливого накопичення вуглеводневої сировини. Виявлення зони зниженого тиску вздовж центральної вертикальної труби геосолітону, пояснює механізм вертикальної міграції глибинних гарячих флюїдів, а також процеси передавання вуглеводнів у центральній трубі та їх сепарацію і накопичення в колекторах геосолітону.

**Ключові слова:** комп'ютерне моделювання, геотектонічні рухи, напружено-деформований стан, геосолітонове родовище нафти і газу.

**Вступ.** У наш час ефективність пошуково-розвідувальних робіт покладів вуглеводнів тісно пов'язана з науково-технічним забезпеченням цих робіт. Мова йде про різні геолого-геофізичні моделі нафтогазових родовищ. У процесі утворення, перенесення та накопичення вуглеводнів важливу роль відіграє механізм їх вертикальної міграції. Для побудови моделей, в яких представлені такі механізми, достатньо популярною є геосолітонова концепція [1, 4–6, 8]. Вона добре узгоджується з

багатьма геологічними та космогенічними ідеями. Ця концепція поєднує принципи біогенних і абіогенних гіпотез утворення вуглеводнів, які надходять з мантиї у складі гарячих високонапірних флюїдів за допомогою вихрового енергомасоперенесення по розломних пористих каналах-трубах. Водночас під дією гарячих флюїдів перетворюється органічна речовина осадових відкладів, що також складає єдиний процес утворення і накопичення вуглеводнів [3]. На основі механізмів геосолітонової дегазації побудовано моделі різних типів нафтогазових родовищ (антиклінальних, клиноподібних, пластових та ін.) [4, 5, 8]. Центральна вертикальна розломна геосолітонова труба є основним елементом енергомасоперенесення. Вона формує позитивну геоструктуру для нагнітання нафтогазової компоненти в її осьову частину. Аномально високий тиск накопичених газів у центральній осьовій частині геоструктури зумовлює їх проникнення в пласти колектору, де формується система покладів, яка складається з газової шапки, нафтової облямівки і витоку на периферію пластової води. По капілярній системі пористої геосолітонової труби відбуваються перетворення органічної речовини і міграція вуглеводнів знизу вгору до колекторів. Цей процес приводить до формування геосолітонового нафтогазового родовища.

Очевидно виникає інтерес у дослідженні вертикальних рухів земної поверхні в околі геосолітонових родовищ під дією сучасних геотектонічних рухів. Ця інформація може бути корисною для виявлення структури геосолітонів і, відповідно, локалізації можливих місць накопичення нафти і газу. Разом з тим практичний інтерес становлять дослідження напружено-деформованого стану в околі геосолітонової структури, тому що перепади напружень (тиску) між пористою речовиною у геосолітонових трубах і навколишніми геологічними породами регулюють процеси передавання та накопичення вуглеводневої сировини.

У статті на основі варіаційної скінченно-елементної методики для в'язкопружного середовища [2, 7] представлено моделювання геотектонічних рухів, що виникають в околі геосолітонових родовищ, які зазнають впливу активних мікроблоків кристалічного фундаменту, що їх оточують. З модельовано напружено-деформований стан в околі геосолітонового родовища нафти і газу.

**Постановка та метод розв'язання задачі.** Розглянемо структуру типового прирозломного геосолітонового родовища (рис. 1). Подібні структури, як правило, формуються у верхніх шарах розривних осадових порід уздовж систем протяжних глибинних розломів, які проникають у мантию.

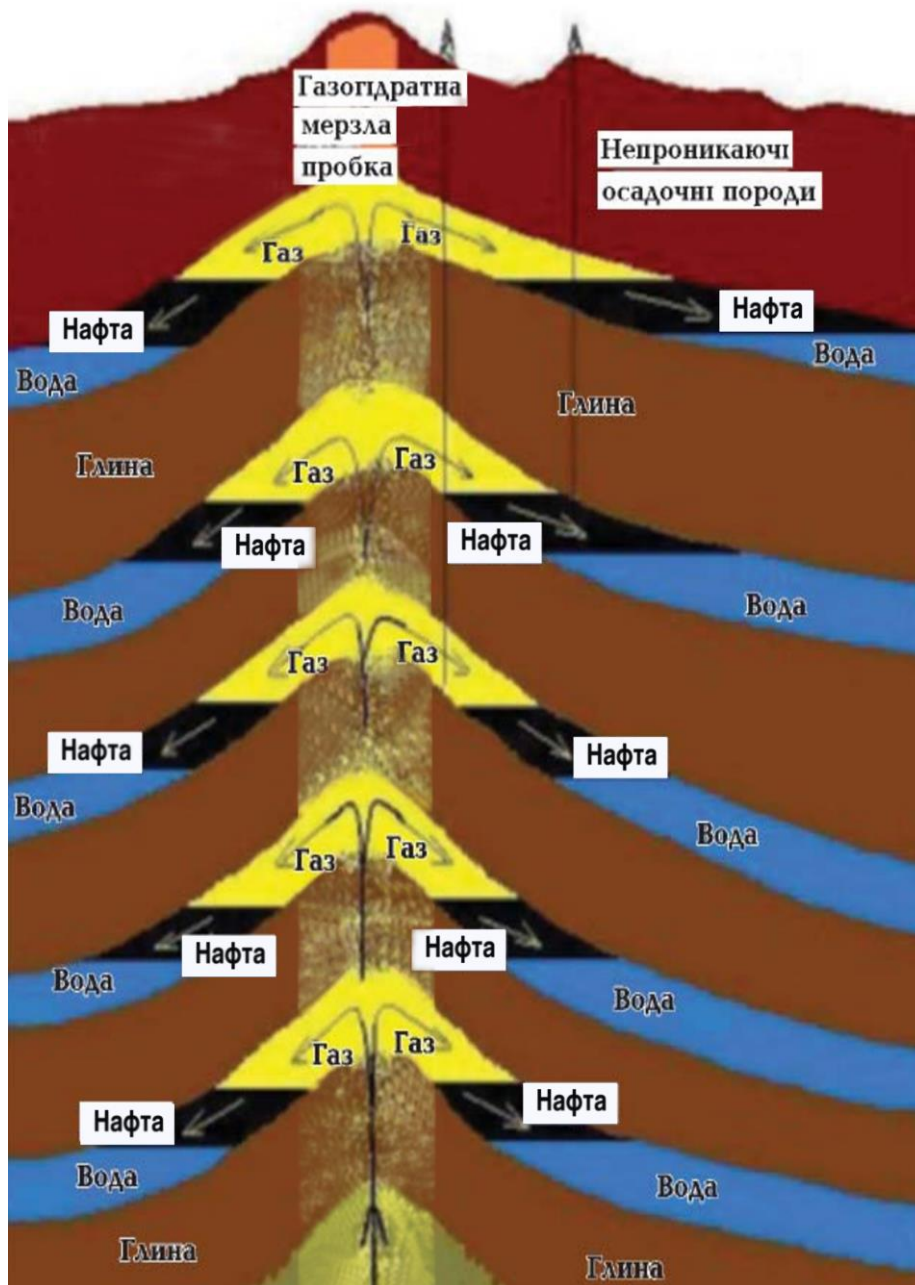


Рис. 1. Структура типового прирозломного геосолітонового родовища нафти і газу [4]

Fig. 1. Structure of the typical near-fault geosoliton oil-gas field [4]

Враховуючи протяжність таких структур і нехтуючи анізотропією навколишніх геологічних порід, для описування механічної поведінки і напружено-деформованого стану цієї структури скористаємось плоскою ізотропною в'язкопружною моделлю Кельвіна–Фойта [9, 10]. Ця модель відображає випадок, коли загальне напруження зсуву за заданих деформацій і швидкостей деформацій є лінійною суперпозицією пружної і в'язкої частин напруження. Зазначена модель здатна описувати дифузійну повзучість твердих геологічних порід зі зміцненням [10]. Як частковий випадок ця модель може описувати лінійно-в'язкий рух пористого середовища, що заповнює простір вертикальних труб і горизонтальних відводів (рукавів) геосолітонових структур. Загальна постановка нестационарної задачі на засадах в'язкопружної моделі Кельвіна–Фойта в системі відліку, яка жорстко зв'язана з великими мегаблоками, що її оточують, має такий вигляд:

$$\rho \ddot{\mathbf{u}}_i + \sigma_{ij,j} + \mathbf{F}_i = 0; \quad (1)$$

$$\sigma_{ij} = 2\mu \varepsilon_{ij} + 2\eta_v \dot{\varepsilon}_{ij} + k\theta \delta_{ij}; \quad (2)$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(\mathbf{u}_{i,j} + \mathbf{u}_{j,i}); \quad (3)$$

$$\sigma_{ij} \mathbf{n}_j - \mathbf{f}_i = 0, \mathbf{u}_i = \mathbf{u}_i^*; \quad (4)$$

$$\dot{\mathbf{u}}_i = \dot{\mathbf{u}}_i^* \quad (5)$$

Тут (1) – рівняння руху; (2) – реологічні співвідношення Кельвіна–Фойта; (3) – співвідношення Коші; (4) – граничні умови I і II роду відповідно; (5) – початкові умови;  $\mathbf{u}_i$  – компоненти переміщень;  $\sigma_{ij}$  – компоненти тензора напружень;  $\varepsilon_{ij}$  – компоненти тензора деформацій;  $\mathbf{F}_i$  – компонента об'ємної сили, яка у цьому випадку збігається із силою тяжіння;  $\mathbf{f}_i$  – поверхневі зовнішні сили;  $\mathbf{n}_j$  – одиничний вектор нормалі до поверхні;  $\rho$  – густина;  $\mu$  – модуль зсуву;  $k$  – модуль всебічного стиску;  $\theta$  – дилатація;  $\eta_v$  – динамічна в'язкість;  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера;  $(\cdot)$ ,  $(\ddot{\cdot})$  – позначення першої та другої похідних за часом;  $(\cdot)_{,j}$  – позначення диференціювання компоненти тензора за змінною, яка відповідає  $j$ -му індексу;  $(*)$  – позначення фіксованої величини переміщення або швидкості, які задані на межі області.

Процес деформування розглянутого півпростору осадових порід в околі розглянутого солітону під дією геотектонічних сил є доволі повільним установленим урівноваженим геотектонічним процесом, протягом якого перехідними стадіями можна знехтувати. Отже, повільний нестационарний процес деформування в'язкопружного півпростору осадових порід можна умовно розглядати як урівноважений процес повільних гармонічних (квазістаціонарних) коливань. В цьому випадку часову залежність можна врахувати на підставі переходу в частотний простір, унаслідок чого диференціювання за часом може бути замінено множенням на  $i\omega$ , де  $i$  – уявна одиниця;  $\omega$  – частота квазістаціонарних коливань [2]. Взевши характерну циклічну частоту повільного встановленого геотектонічного процесу за  $\omega$ , складемо функціонал Лагранжа квазістаціонарної плоскої в'язкопружної задачі з відповідними граничними умовами, що виражає повну механічну енергію досліджуваного об'єкта у нерухомій декартовій системі координат  $(x, y)$ :

$$E = \frac{1}{2} \iint_S [C_1(\epsilon_{xx}^2 + \epsilon_{yy}^2) + 4C_2\epsilon_{xy}^2 + 2C_3\epsilon_{xx}\epsilon_{yy} - \rho\omega^2(u^2 + w^2) - 2\rho gw] dx dy - \int_L (\mathbf{f}_{xn}u + \mathbf{f}_{yn}w) dl, \quad (6)$$

де  $C_1 = k + 4(\mu + i\omega\eta_v)/3$ ;  $C_2 = \mu + i\omega\eta_v$ ;  $C_3 = k - 2(\mu - i\omega\eta_v)/3$  – комплексні коефіцієнти;  $u, w$  – компоненти переміщень уздовж осей  $x$  і  $y$  відповідно;  $g$  – прискорення сили тяжіння;  $S$  – площа перерізу розглянутого об'єкта;  $L$  – контур, що охоплює площу  $S$ ;  $dl$  – елемент контуру.

Для розрахунку напружено-деформованого стану геосолітонового родовища скористаємося двовимірною пружною ізотропною моделлю, яка також є частковим стаціонарним випадком моделі Кельвіна–Фойта:

$$\sigma_{ij,j} + \mathbf{F}_i = 0; \quad (7)$$

$$\sigma_{ij} = 2\mu\epsilon_{ij} + k\theta\delta_{ij}; \quad (8)$$

$$\sigma_{ij}\mathbf{n}_j - \mathbf{f}_i = 0. \quad (9)$$

Функціонал Лагранжа стаціонарної плоскої пружної задачі з відповідними граничними умовами, в цьому випадку в нерухомій декартовій системі координат  $(x, y)$  запишемо у вигляді:

$$E = \frac{1}{2} \iint_S [C_1(\epsilon_{xx}^2 + \epsilon_{yy}^2) + 4C_2\epsilon_{xy}^2 + 2C_3\epsilon_{xx}\epsilon_{yy} - 2\rho g w] dx dy - \int_L (\mathbf{f}_{xn}u + \mathbf{f}_{yn}w) dl. \quad (10)$$

Для розв'язання плоскої квазістаціонарної в'язкопружної або стаціонарної пружної задачі застосовано метод скінченних елементів, який ґрунтується на варіаційному принципі Лагранжа [7], що виражає мінімум повної механічної енергії системи:

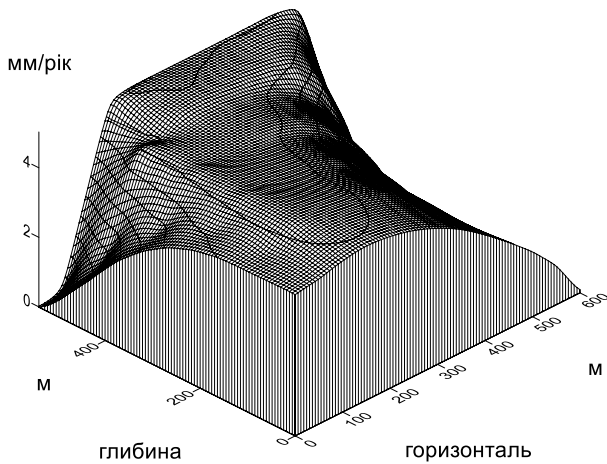
$$\delta E(u, w) = 0. \quad (11)$$

Для розв'язання варіаційного рівняння (11) використано восьмивузловий ізопараметричний чотирикутний криволінійний скінченний елемент [2, 7]. Як глобальну систему координат, тобто систему в якій поєднуються всі скінченні елементи, застосовано декартову систему координат  $(x, y)$ . Як локальну систему координат, у якій для кожного елемента визначають функції форми і проводять чисельне інтегрування, використано допоміжну нормалізовану систему координат. При побудові функцій форми, що апроксимують змінні й функції в межах кожного елемента, застосовано квадратичні алгебричні поліноми [7]. Алгоритм скінченно-елементного розв'язання варіаційної задачі (7) полягає у такому [2]. Спочатку в локальній системі координат апроксимуємо усі компоненти переміщень і деформацій, що входять до функціоналу Лагранжа (7), з використанням отриманих функцій форми. При цьому кожному вузлу скінченного елемента відповідає своя апроксимаційна складова. Потім диференціюємо функціонал (6) за всіма вузловими складовими переміщень і прирівнюємо відповідні похідні до нуля. В результаті для кожного скінченного елемента одержуємо лінійну алгебричну систему, що складається з 16 рівнянь. Далі в глобальній системі координат  $(x, y)$  підсумовуємо локальні системи лінійних алгебричних рівнянь за всіма скінченними елементами, на які розбито досліджувану область, і формуємо глобальну систему рівнянь. Глобальну систему лінійних алгебричних рівнянь розв'язуємо за допомогою чисельного методу Гауса [7], внаслідок чого визначаємо компоненти переміщень в усіх вузлових точках скінченно-елементної сітки. За знайденими вузловими значеннями переміщень можуть бути визначені компоненти переміщень, швидкостей, деформацій, напружень та інші величини, що цікавлять, у довільній точці скінченного елемента, тобто у будь-якій точці досліджуваної області.

### Моделювання тектонічних рухів і напружено-деформованого стану геосолітону.

Розглянемо прирозломне геосолітонове родовище нафти і газу, яке розміщується у верхніх глинистих шарах (рис. 1), що мають такі в'язкопружні властивості: густина  $2300 \text{ кг/м}^3$ ; модуль Юнга  $3 \cdot 10^{10} \text{ Па}$ ; коефіцієнт Пуассона  $0,1$ ; динамічна в'язкість  $10^7 \text{ Па} \cdot \text{с}$  [9, 10]. Центральна вертикальна геосолітонова труба, півширина якої  $100 \text{ м}$ , довжина –  $440 \text{ м}$ , сполучається з глибинним вертикальним розломом. З обох боків до неї примикають шари глинистих порід завтовшки  $100 \text{ м}$ , що чергуються з пористими шарами (рукавами геосолітону) завтовшки  $10 \text{ м}$ . При цьому внизу і вгорі розглянутого осесиметричного поперечного прямокутного фрагмента геосолітону розміром  $540 \times 600 \text{ м}$  знаходяться глинисті шари. Пористе середовище, яке заповнює простір вертикальної труби і рукавів геосолітону має такі лінійно-в'язкі властивості: густина  $1350 \text{ кг/м}^3$ ; модуль всебічного стиску  $0,06 \cdot 10^{10} \text{ Па}$ ; динамічна в'язкість  $10^6 \text{ Па} \cdot \text{с}$  [9, 10].

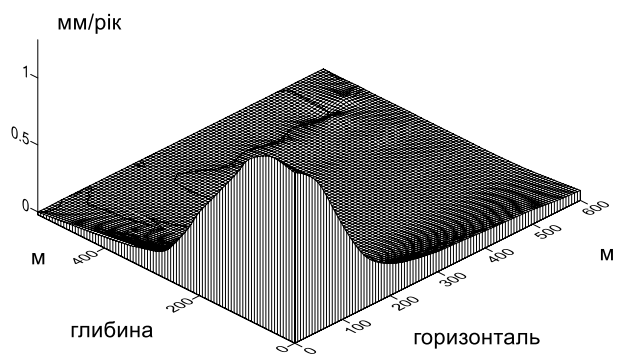
Розглянемо механічну поведінку в околі геосолітону, коли мікроблок, що примикає до його центральної труби, рухається вертикально вгору. При цьому його швидкість, що задана на підшві прямокутного фрагмента, лінійно змінюється від  $5 \text{ мм/рік}$  біля центральної труби до нуля на периферії (рис. 2). Далі беремо механічну поведінку геосолітону, коли він зазнає бокового горизонтального насування зі швидкістю  $1 \text{ мм/рік}$  (рис. 3, *a*) та бокового горизонтального скидання з тією самою швидкістю (рис. 3, *б*). Дослідимо також механічну поведінку в околі геосолітону за одночасної дії зазначеного вертикального руху мікроблока і бокового горизонтального насування зі швидкістю  $3 \text{ мм/рік}$  (рис. 4, *a*), а також бокового горизонтального скидання з тією самою швидкістю (рис. 4, *б*). На рис. 5 представлено напружено-деформований стан в околі згаданого геосолітону. В усіх випадках при моделюванні враховували силу тяжіння.



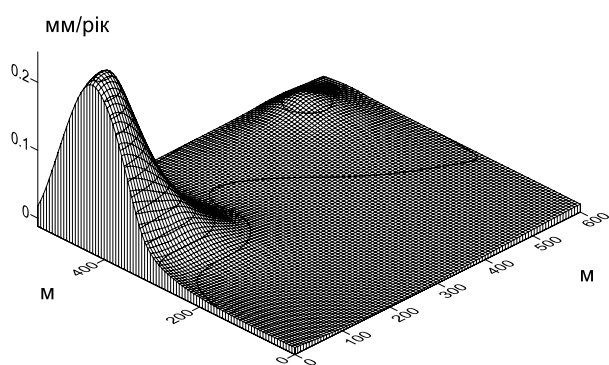
*Рис. 2.* Розподіл вертикальної складової швидкості в околі геосолітону, коли мікроблок, що примикає до його центральної труби, рухається вертикально вгору. При цьому швидкість, яку задано на підшві прямокутного фрагмента, лінійно змінюється від 5 мм/рік біля центральної труби до нуля на периферії

*Fig. 2.* Distribution of the vertical velocity component in vicinity of the geosoliton, when microblock, joint with its central chimney, moves straight up. At that velocity, which set in the bottom of rectangular fragment, changes lineary from 5 mm/yr near central chimney to ziro in peripherals





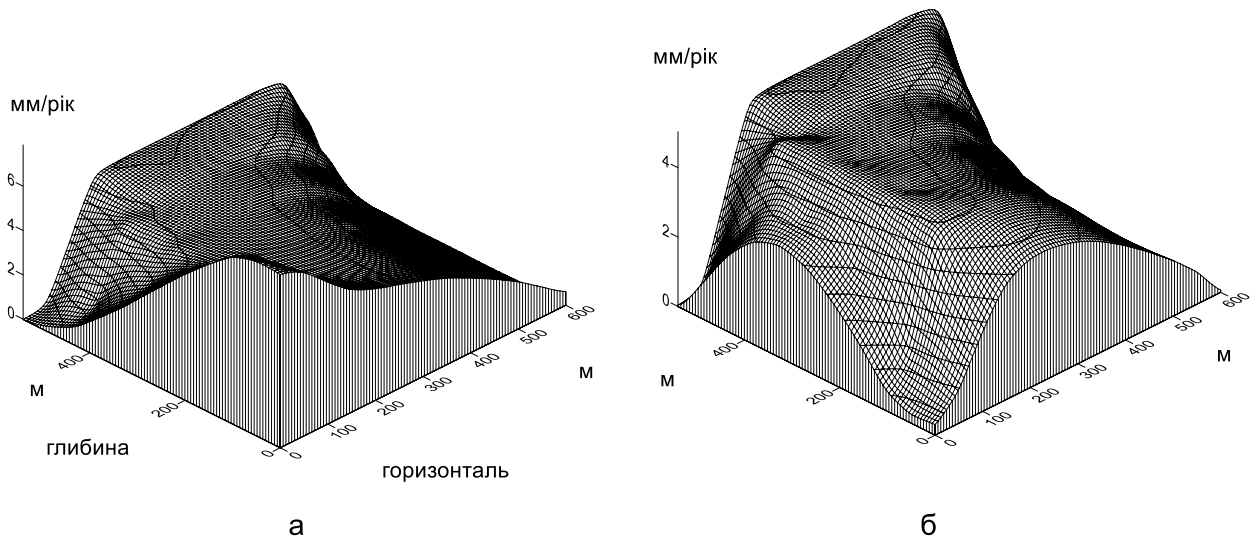
а



б

*Рис. 3.* Розподіл вертикальної складової швидкості в околі геосолітону: *а* – бокове горизонтальне насування зі швидкістю 1 мм/рік; *б* – бокове горизонтальне скидання зі швидкістю 1 мм/рік

*Fig. 3.* Distribution of the vertical velocity component in vicinity of the geosoliton: *a* – the lateral horizontal thrusting with velocity of 1 mm/yr; *b* – the lateral horizontal discharging with velocity of 1 mm/yr



*Рис. 4.* Розподіл вертикальної складової швидкості в околі геосолітону: *а* – одночасна дія активного мікроблока, що рухається вертикально вгору, при цьому швидкість підшви прямокутного фрагмента лінійно змінюється від 5 мм/рік біля центральної труби до нуля на периферії, та бокового горизонтального насування зі швидкістю 3 мм/рік; *б* – одночасна вертикальна дія такого самого активного мікроблока та бокове горизонтальне скидання зі швидкістю 3 мм/рік

*Fig. 4.* Distribution of the vertical velocity component in vicinity of the geosoliton: *a* – simultaneous action of the active microblock, which moves straight up, at that velocity in the bottom of rectangular fragment changes lineary from 5 mm/yr near central chimney to ziro in peripherals and lateral horizontal thrusting with velocity of 3 mm/yr; *b* – simultaneous action of the same active microblock and lateral horizontal discharging with velocity of 3 mm/yr

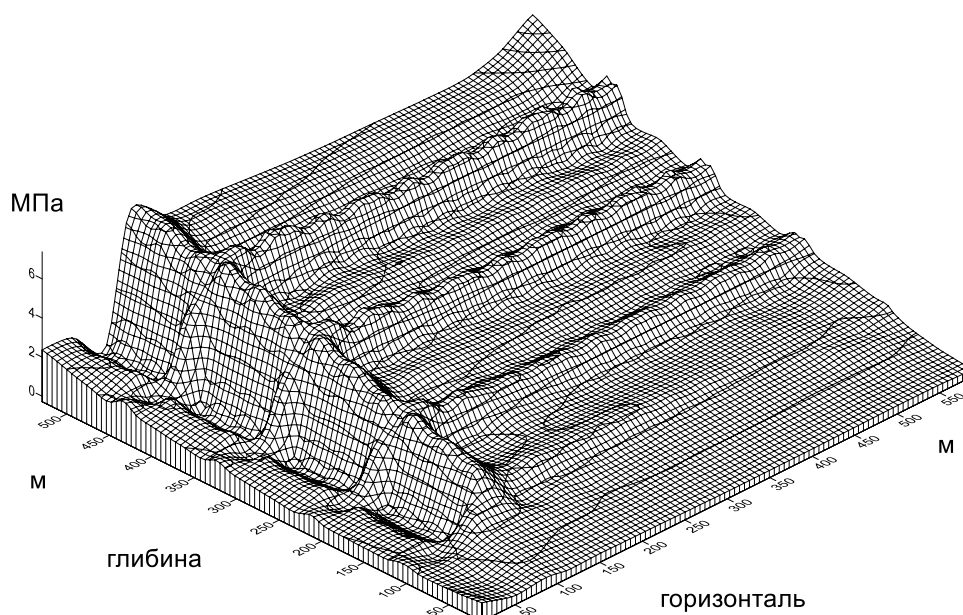


Рис. 5. Розподіл сумарного напруження (тиску)  $P(P^2 = \sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2)$  в околі розглянутого геосолітону

Fig. 5. Distribution of the summary stress (press)  $P(P^2 = \sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2)$  in vicinity of considering geosoliton

Аналіз рис. 2 показує, що вертикальний рух вгору активного мікроблока, що примикає до центральної труби геосолітону, приводить до інтенсивного підняття широкої зони навколо його центральної частини і, відповідно, подальшого розвитку його геоструктури. При цьому швидкість вертикального підняття земної поверхні прямо пропорційна швидкості руху активного мікроблока.

Аналіз рис. 3, а свідчить, що одні лише насувні горизонтальні рухи зумовлюють локальне підняття безпосередньо над центральною частиною (куполом) геосолітону. Отже, вони також спричиняють подальший розвиток структури геосолітону. Аналіз рис. 3, б показує, що скидові горизонтальні рухи помітно не впливають на зміну земної поверхні в околі геосолітону, однак можуть приводити до розкриття тріщин в його геоструктурі.

Аналіз рис. 4, а свідчить, що одночасні вертикальні підняття активного мікроблока вздовж центрального розлому геосолітону і горизонтальний насувний регіональний рух зумовлюють інтенсивне підняття безпосередньо над центральною частиною (куполом) геосолітону. Аналіз рис. 4, б показує, що суперпозиція вертикального підняття активного мікроблока і горизонтального

регіонального скидання приводять до підняття периферійної частини навколо центральної частини (купола) геосолітону.

Аналіз напружено-деформованого стану геосолітону на рис. 5 свідчить про наявність зони різкого контрасту сумарних напружень уздовж його центрального вертикального розлому (труби). Тут різниця напружень щодо навколишніх глинистих порід сягає декількох мегапаскалей. Відмінності напруженого стану відносно навколишніх глинистих пластів спостерігаються також у горизонтальних пористих шарах – рукавах геосолітону. Однак тут перепади сумарних напружень значно менші й корелюють з геостатичною зміною тиску з глибиною.

**Висновок.** Згідно із загальним аналізом сучасних геотектонічних рухів в околі геосолітонових родовищ нафти і газу, на тектонічний розвиток структури геосолітону найбільш впливає вертикальне підняття активного мікроблока вздовж його центрального розлому. Цей рух звичайно сприяє зростанню тиску в нафтогазових пластах і приводить до інтенсивного підняття земної поверхні в околі геосолітонового родовища, яке може бути зафіксовано геодезичними і геофізичними методами. Насувні горизонтальні рухи регіонального характеру також впливають на тектонічний розвиток структури геосолітону. Вони можуть приводити до підвищення тиску в центральній трубі геосолітону, отже, сприяти виділенню і витисненню її нафтогазової фракції у рукави геосолітону. Насувні горизонтальні рухи спричинюють локальне підняття земної поверхні навколо центральної зони геосолітону. Скидові горизонтальні рухи регіонального характеру практично не змінюють земну поверхню в околі геосолітонового родовища. Разом з тим вони можуть сприяти розкриттю глибинних тріщин, які живлять геосолітонове родовище високонапірними глибинними флюїдами. Одночасні підняття активного прирозломного мікроблока і горизонтальний насувний рух регіонального характеру зумовлюють суттєву трансформацію геосолітонового родовища, яка характеризується стисненням його структури і супроводжується інтенсивним підняттям земної поверхні в околі геосолітону. Комбінація підняття прирозломного мікроблока і горизонтального скидового руху регіонального характеру очевидно приводить до розширення розломних каналів, розповзання структури геосолітону і лише до підняття периферійної частини його земної поверхні. Аналіз напружено-деформованого стану геосолітону виявляє зону різкого контрасту сумарних напружень (тиску) вздовж його пористої центральної вертикальної труби.

Різниці напружень щодо навколишніх глинистих порід сягають декількох мегапаскалей. У пористих горизонтальних пластах (рукавах геосолітону) перепади напружень значно менші й корелюють з геостатичною зміною тиску з глибиною.

Моніторинг сучасних вертикальних рухів земної поверхні в околі геосолітонового родовища нафти і газу дає змогу виявити і відокремити його структуру й тим самим локалізувати місця можливого накопичення вуглеводневої сировини. Виявлення зони зниженого тиску вздовж центральної вертикальної труби геосолітону пояснює механізм вертикальної міграції глибинних гарячих флюїдів, а також процеси передавання вуглеводнів у центральній трубі та їх сепарацію і накопичення в колекторах–рукавах геосолітону. У подальшому перспективним буде застосування представленої варіаційної скінченно-елементної методики, що ґрунтується на в'язкопружній моделі Кельвіна–Фойта, для виявлення механізмів вертикальної міграції вуглеводнів під впливом сучасних геотектонічних подій у інших геоструктурах нафтогазових родовищ.

1. *Возможности и перспективы применения несейсмических методов для поисков скоплений углеводородов и геосолитонная концепция их образования* / В.М. Мегеря, В.Г. Филатов, В.И. Старостенко, И.Н. Корчагин, А.М. Лобанов, Ю.В. Гласко, М.Ю. Волоцков, С.А. Скачков // Геофизический журнал. – 2012. – Т. 34, № 3. – С. 4–21.
2. *Лубков М.В.* Моделирование нахилів земної поверхні у зонах активних розломів / М.В. Лубков // Геоінформатика. – 2013. – № 2 (46). – С. 48–54.
3. *Лукин А.Е.* О роли глубинных и сверхглубинных флюидов в нефтеобразовании / А.Е. Лукин, Ю.М. Пиковский // Геологічний журнал. – 2004. – № 2. – С. 21–33.
4. *Мегеря В.М.* Поиск и разведка залежей углеводородов, контролируемых геосолитонной дегазацией Земли: монография / В.М. Мегеря. – М.: Локус Станди, 2009. – 255 с.
5. *Мегеря В.М.* Поиск и разведка месторождений УВ, контролируемых геосолитонной дегазацией Земли на базе сейсмовидения / В.М. Мегеря // Геофизика. – 2011. – № 1. – С. 67–74.
6. *Об участии суперглубинных флюидов в нафтидогенезе (по данным изучения уникального нефтяного месторождения Белый Тигр)* / В.И. Старостенко, А.Е. Лукин, Т.А. Цветкова, Л.Н. Заец, В.В. Донцов, Ю.В. Савиных // Геофизический журнал. – 2011. – Т. 33, № 4. – С. 3–32.

7. *Образцов И.Ф.* Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов / И.Ф. Образцов, Л.М. Савельев, Х.С. Хазанов. – М.: Высшая школа, 1985. – 329 с.
8. *Тектоника* и углеводородный потенциал кристаллического фундамента Днепровско-Донецкой впадины / В.И. Старостенко, О.М. Русаков, И.К. Пашкевич и др. – К.: Галактика, 2015. – 211 с.
9. *Karato S.* Deformation of Earth materials. An introduction to the rheology of solid Earth / S. Karato. – Cambridge: Cambridge University press, 2008. – 463 p.
10. *Turcotte D.* Geodynamics. – 2-nd ed. / D. Turcotte, G. Schubert. – Cambridge: Cambridge University Press, 2002. – 456 p.

*Надійшла до редакції 30.06.2016 р.*

## **ТЕКТОНИКА ГЕОСОЛИТОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА**

*М.В. Лубков*

*Полтавская гравиметрическая обсерватория Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, ул. Мясоедова, 27/29, г. Полтава, 36029, Украина, e-mail: mikhail.lubkov@mail.ru*

С целью исследования тектоники геосолитонных месторождений нефти и газа на основе вариационной конечно-элементной методики для вязкоупругой модели Кельвина–Фойгта проведено моделирование современных геотектонических движений и напряженно-деформированного состояния в окрестности геосолитона. Показано, что наибольшее влияние на тектоническое развитие структуры приразломного геосолитона оказывает вертикальное поднятие активного микроблока вдоль его центрального разлома. Это движение способствует росту давления в нефтегазовых пластах и приводит к интенсивному поднятию земной поверхности в окрестности геосолитонного месторождения, которое может быть зафиксировано геодезическими и геофизическими методами. Надвиговые и сбросовые горизонтальные движения регионального характера также заметно влияют на тектоническое развитие структуры геосолитона и, соответственно, на изменение давления в его нефтегазовых пластах. Мониторинг современных вертикальных движений земной поверхности в окрестности геосолитонного месторождения позволяет выявить и выделить его структуру и тем самым локализовать места возможного накопления углеводного сырья. Выявление области

сниженного давления вдоль центральной вертикальной трубы геосолитона объясняет механизм вертикальной миграции глубинных горячих флюидов, а также процессы передачи углеводородов в центральной трубе, их сепарацию, и накопление в коллекторах геосолитона.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, геотектонические движения, напряженно-деформированное состояние, геосолитонное месторождение нефти и газа.

## TECTONICS OF THE GEOSOLITON OIL-GAS FIELDS

*M.V. Lubkov*

*Poltava Gravimetric Observatory of Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science,  
27/29, Mysoedova Str., Poltava, 36029, Ukraine, e-mail: mikhail.lubkov@mail.ru*

**Purpose.** In our time, the efficiency of oil-gas explorations closely connected with scientific and technic software of this activity. It concerned different geologic-geophysical models of the oil-gas deposits. In forming processes, transfer and accumulation processes of hydrocarbons, mechanism of their vertical migration is very important. Among the model, where such mechanisms are considered, geosoliton conception is popular enough. The geosoliton conception is in a good agreement with lot of geologic and cosmogenic ideas. It connects principals of biogenic and abiogenic hypothesis of hydrocarbon forming, which come from mantle with hot high-pressure fluids via fault pour channels-chimneys. Another hand, under influence of hot fluids oil-gas transformation of sediment organic substance takes place. On the base of geosoliton degassing mechanisms many different types of oil-gas fields models are considered. The central vertical fault geosoliton chimney is a main element of the energy-mass transfer process. It forms positive geostructure for pumping oil-gas component in its axing central part. The abnormal high pressure of the accumulated gases in central axing part of the geostructure leads to their penetrating to the collector layers. There system of deposits, which consist of gas caps, oil collars and source formation water, is forming. It is interesting to investigate vertical movements of the earth surface in vicinity of the geosoliton oil-gas fields under the action of modern geotectonic movements. This information can be useful to detect the geosoliton structure and respectively the possible places of the oil-gas deposits. Another hand, the practical interest

presents exploration of the press-deformable state in vicinity of the geosoliton structure, because press drops between pour substance in the geosoliton chimneys and surrounded rocks regulate the processes of transfer and accumulation of hydrocarbons.

**Design/methodology/approach.** On the base of variation finite element method for visco-elastic environment, we carried out modeling of the geotectonic movements, which appear in vicinity of the geosoliton oil-gas fields under the action of active surrounding microblocks of crystalline fundament. In addition, we carried out modeling of the press-deformable state of the geosoliton oil-gas fields.

**Findings.** The results of computer modeling of the geotectonic movements in vicinity of the geosoliton oil-gas fields under the action of active surrounding microblocks of crystalline fundament show the most influence on the tectonic development of the near-fault geosoliton makes vertical raising of the active microblock along its central fault. Moreover, this movement contributes pressure increasing in the oil and gas reservoirs and leads to intensive raising of the earth surface in vicinity of geosoliton oil-gas field, which we can fix by geodesic and geophysical methods. Thrusts and discharges horizontal movements of region character also act on the geosoliton structure tectonic development and respectively on the pressure changing in its oil and gas reservoirs. Therefore, monitoring of the modern vertical movements of the earth surface in vicinity of the geosoliton oil-gas fields allows to find and distinct its structure and so to localize possible accumulation places of hydrocarbons. Discovering places of decreasing pressure along the central vertical geosoliton chimney explains the mechanism of vertical migration of hot fluids and transfer processes of hydrocarbons in the central chimney and their separation and accumulation in the geosoliton collectors.

**Practical value/implications.** One can use obtained results for practical geologic works with a purpose to search places of hydrocarbon stuff accumulation in vicinity of geostructures close to the geosolitons.

**Keywords:** computer modeling, geotectonic movements, press-deformable state, geosoliton oil-gas fields.

#### **References:**

1. Megerya V.M., Filatov V.G., Starostenko V.I., Korchagin I.N., Lobanov A.M., Glasko Yu.V., Volotskov M.Yu., Skachkov S.A. Geosoliton concept and prospects of application



- of non-seismic methods for prospecting hydrocarbons accumulations. *Geofizicheskiy zhurnal*, 2012, vol. 34, no. 3, pp. 4-21.
2. Lubkov M.V. Modeling of the earth surface tilts in active fault zones. *Geoinformatika*, 2013, no. 2, pp. 48-54 (in Ukrainian).
  3. Lukin A.Ye., Pikovsky Yu.I. About role of deep and superdeep fluids in the processes of oil and gas formation. *Geological journal*, 2004, no. 2, pp. 21-33 (in Russian).
  4. Megerya V.M. Poisk i razvedka zalezhey uglevodorodov, kontroliruemykh geosolitonnoy degazatsiyei Zemli: monografiya. Moscow, Lokus Standi, 2009, 255 p. (in Russian).
  5. Megerja V.M. Search and exploration of hydrocarbon fields, controlled by geosolitonous degassing of the earth, on the basis of seismovision. *Geofizika*, 2011, no. 1, pp. 67-74 (in Russian).
  6. Starostenko V.I., Lukin A.E., Tsvetkova T.A., Zaets L.N., Dontsov V.V., Savinykh Yu.V. On involvement of super-deep fluids into naftido-genesis (according to the data of studies of the unique oil deposit White Tiger). *Geofizicheskiy journal*, 2011, vol. 33, no. 4, pp. 3–32 (in Russian).
  7. Obraztsov I.F., Savel'ev L.M., Khazanov Kh.S. Metod konechnykh elementov v zadachakh stroitel'noy mekhaniki letatel'nykh apparatov. Moscow, Vysshaya shkola, 1985, 329 p. (in Russian).
  8. Starostenko V.I., Rusakov O.M., Pashkevich I.K. et al. Tektonika i uglevodorodnyy potentsial kristallicheskogo fundamenta Dneprovsko-Donetskoy vpadiny. Kiev, Galaktika, 2015, 211 p. (in Russian).
  9. Karato S. Deformation of Earth materials. An introduction to the rheology of solid Earth. Cambridge: Cambridge University press, 2008, 463 p.
  10. Turcotte D., Schubert G. Geodynamics, second edition. Cambridge, Cambridge University Press, 2002, 456 p.

*Received 30/06/2016*