

приводят к нарушению адгезии между слоями (откольные явления) в слоистых средах [12]. Данное явление связано с обжатием заполнителя, при этом в качестве заполнителя рассматриваются мягкие слои глины [14].

Открытие волн обжатия [11] связано с высокочастотными колебаниями и сжимаемостью заполнителя. При этом виде колебаний несущие слои колеблются независимым образом в противофазе. Следует подчеркнуть, что это тип волн проявляется в слоистых средах только при сжимаемости заполнителя (мягких слоев в грунтовых массивах).

Решение указанной модельной задачи осуществляется на примере трехслойной оболочки со сжимаемым заполнителем, при этом вполне очевидно, что основные закономерности могут быть распространены и на многослойные массивы.

Существуют различные способы сейсмической разведки, основанные на различных геофизических методах [7, 13].

Здесь излагается способ сейсмической разведки, основанный на использовании волн обжатия. Данное явление связано с обжатием заполнителя, при этом в качестве заполнителя рассматриваются рыхлые породы [14]. Под рыхлыми породами подразумеваются различные типы пород: крупнообломочные (галечники, щебень, гравий); песчаные (пески различной крупности) и глинистые (супеси, суглинки, глины).

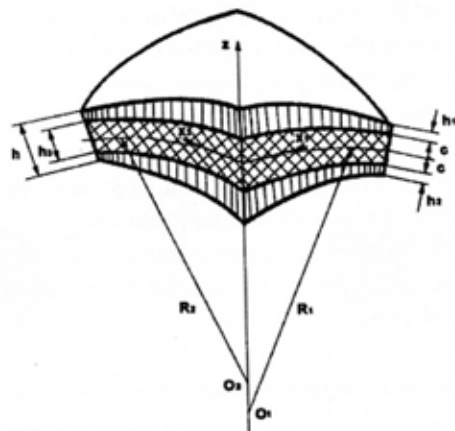


Рис.8.4. Элемент трехслойной оболочки переменной толщины [12].

Открытие волн обжатия [11, 12] связано с высокочастотными колебаниями и сжимаемостью заполнителя. При этом виде колебаний основные слои колеблются независимым образом в противофазе.

При исследованиях многослойных, в том числе и трехслойных сред с учетом сжимаемости заполнителя при динамическом нагружении наблюдается явление адгезии, т.е. отслаивания несущих слоев от заполнителя. Это явление обусловлено резонансами в многослойных средах, когда внешняя динамическая нагрузка совпадает с собственными частотами многослойных сред [15].

Решение указанной модельной задачи осуществим на примере трехслойной среды со сжимаемым заполнителем, при этом вполне очевидно, что основные выводы могут быть распространены и на многослойные массивы.

Рассмотрим динамическое поведение трехслойной оболочки с жестким сжимаемым заполнителем. На рис.8.4 представлен элемент трехслойной оболочки.

Уравнение движения трехслойной оболочки переменной толщины с сжимаемым заполнителем получим на основе вариационного принципа Гамильтона-Остроградского:

$$\int_{t_1}^{t_2} (\delta K - \delta \Pi + \delta A_1 + \delta A_2) dt = 0. \quad (8.6)$$

Здесь δK и $\delta \Pi$ - вариации кинетической и потенциальной энергий оболочки; δA_1 - вариация работы внешней нагрузки; δA_2 - вариация работы внешних контурных усилий.

Из вариационного принципа Гамильтона-Остроградского получим разрешающую систему 6-ти дифференциальных уравнений в частных производных движения трехслойных оболочек переменной толщины с сжимаемым заполнителем 16-го порядка [12]:

$$\left. \begin{aligned} L_{11}\bar{u}_1 + L_{12}\bar{u}_2 + L_{13}\alpha_1 + L_{14}\alpha_2 + L_{15}\bar{w} + L_{16}\bar{v} &= \lambda_1 L_1; \\ L_{21}\bar{u}_1 + L_{22}\bar{u}_2 + L_{23}\alpha_1 + L_{24}\alpha_2 + L_{25}\bar{w} + L_{26}\bar{v} &= \lambda_2 L_2; \\ L_{31}\bar{u}_1 + L_{32}\bar{u}_2 + L_{33}\alpha_1 + L_{34}\alpha_2 + L_{35}\bar{w} + L_{36}\bar{v} &= \lambda_3 L_3; \\ L_{41}\bar{u}_1 + L_{42}\bar{u}_2 + L_{43}\alpha_1 + L_{44}\alpha_2 + L_{45}\bar{w} + L_{46}\bar{v} &= \lambda_4 L_4; \\ L_{51}\bar{u}_1 + L_{52}\bar{u}_2 + L_{53}\alpha_1 + L_{54}\alpha_2 + L_{55}\bar{w} + L_{56}\bar{v} &= \lambda_5 L_5; \\ L_{61}\bar{u}_1 + L_{62}\bar{u}_2 + L_{63}\alpha_1 + L_{64}\alpha_2 + L_{65}\bar{w} + L_{66}\bar{v} &= \lambda_6 L_6. \end{aligned} \right\} \quad (8.7)$$

Здесь безразмерные функции перемещений имеют вид:

$$\bar{u}_1 = u_1/h_0; \quad \bar{u}_2 = u_2/h_0; \quad \bar{w} = w/h_0; \quad \bar{v} = v/h_0. \quad (8.8)$$

Здесь L_k ($k = 1, 2, \dots, 6$) и L_m ($m = 1, 2, \dots, 6$) – нелинейные дифференциальные операторы, имеющие в общем случае весьма сложную структуру; λ_m ($m = 1, 2, \dots, 6$) – параметр частоты.

К решению системы уравнений (8.7) применим метод интегральных соотношений академика Дородницына [16]. В соответствии с методом исходная система уравнений (8.7) запишется в виде:

$$\frac{\partial \bar{X}}{\partial \xi} + \frac{\partial \bar{Y}}{\partial \eta} + \lambda \bar{L} = 0, \quad (8.9)$$

$$\begin{aligned} \text{где } \bar{X} = \{X_i\} = \{\bar{u}_1, \bar{u}_2, \alpha_1, \alpha_2, \bar{w}, \bar{v}, z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{10}\}; \\ \bar{Y} = B_0 \bar{X} + B_1 \bar{X}_{,2} + B_2 \bar{X}_{,22} + B_3 \bar{X}_{,222}; \\ \bar{L} = B \bar{X} + \bar{b}. \end{aligned} \quad (8.10)$$

Решение системы уравнений (8.9) в соответствии с методом интегральных соотношений запишется в виде:

$$X_i(\xi, \eta) = \begin{cases} \sum_{j=1}^n X_{ij}(\xi) P_j(\xi, \eta) & (i = 3 + 6, 9 + 16); \\ \sum_{j=1}^n X_{ij}(\xi) P_{j,2}(\xi, \eta) & (i = 1, 2); \\ \sum_{j=1}^n X_{ij}(\xi) P_{j,22}(\xi, \eta) & (i = 7, 8). \end{cases} \quad (8.11)$$

В решении (8.11) в качестве системы аппроксимирующих функций выбираются ортогональные многочлены Якоби $P_j(\xi, \eta)$ [12].

Применяя в дальнейшем процедуру метода интегральных соотношений к системе уравнений (8.9), получим системы обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами порядка 16n в общем случае неэйлеровского типа:

$$\frac{dX_m}{d\xi} = \sum_{v=1}^m A_{v,m} X_v + \lambda X_m, \quad m = 1, 2, \dots, m'. \quad (8.12)$$

Общее решение системы уравнений (8.12), полученное модифицированным методом последовательных приближений имеет вид [17]:

$$X_m = \sum_{\mu=1}^m c_\mu \left[\frac{\xi^{\mu-m}}{(\mu-m)!} \delta + \sum_{n=1}^m X_{m,\mu,n} \right], \quad (8.13)$$

$$X_{m,\mu,n} = \sum_{\eta=0}^n \phi_\eta \cdot \lambda^\eta. \quad (8.14)$$

Здесь μ – номер фундаментальной функции; c_μ – постоянные интегрирования.

В выражении (8.14) функции ϕ_η определяются через смещенные полиномы Чебышева $T_k^*(\xi)$ следующим образом:

– при $\eta = 0$

$$\phi_{\eta=0} = \sum_{j=1}^n t_{m,\mu,n,j} [d_{n+j-1}(n+j-1)!]^{-1} \sum_{k=0}^{n+j-1} a_k T_k^*(\xi); \quad (8.15)$$

– при $\eta \neq 0$

$$\phi_{\eta \neq 0} = \sum_{j=1}^n t_{m,\mu,n,j}^* [d_{n+j-2+\eta+\delta_1}(n+j-2+\eta+\delta_1)!]^{-1} \sum_{k=0}^{n+j-2+\eta+\delta_1} a_k T_k^*(\xi). \quad (8.16)$$

Системы фундаментальных функций (8.15) и (8.16) являются равномерно сходящимися рядами, при этом коэффициенты $t_{m,\mu,n,j}$ и $t_{m,\mu,n,j}^*$ определяются через коэффициенты предыдущего приближения по рекуррентным формулам:

– при $\eta = 0$

$$t_{m,\mu,n,j} = \sum_{v=1}^m \sum_{r=0}^n b_{v,m,r} t_{v,\mu,n-1,j-r} (n+j-1)^{-1} \prod_{\gamma=0}^r (n+j-1-\gamma); \quad (8.17)$$

– при $\eta \neq 0$

$$t_{m,\mu,n,j}^* = \sum_{v=1}^m \sum_{r=0}^n b_{v,m,r}^* t_{v,\mu,n-1,j-k} \cdot \frac{\prod_{\gamma=0}^r (n+j-2+\eta+\delta_1-\gamma)}{(n+j-2+\eta+\delta_1)} + \sum_{v=1}^m \sum_{r=0}^n \beta_{v,m,r}^* t_{v,\mu,n-1,j-k+1}. \quad (8.18)$$

В дальнейшем, удовлетворяя начальным условиям, получим систему однородных алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных c_μ , решение которой и определяет спектр значений безразмерных частот λ_m .

8.5.1. Собственные колебания трехслойной оболочки. В предыдущем разделе мы получили спектр значений безразмерных частот для трехслойной оболочки с учетом сжимаемости заполнителя (рыхлых слоев), в котором трудно выделить чисто изгибные колебания и колебания, связанные со сжимаемостью заполнителя.

Выясним этот вопрос на решении модельной задачи, допускающей точные решения. Как известно, точное решение позволяет выявить пределы допустимости теоретических моделей и тем самым точность и область применимости самих уравнений, поскольку любое приближенное решение может упустить ряд качественных особенностей изучаемого явления.

Рассмотрим задачу о собственных колебаниях трехслойной оболочки со сжимаемым слоем постоянной толщины. Для данного случая уравнения движения (8.7) сильно упростятся, исчезнут члены, связанные с переменностью толщины.

Граничные условия по контуру оболочки соответствуют свободно опертому краю. Граничные условия на краях оболочки $x = 0$, $x = l$ запишутся в функциях перемещений в виде:

$$u_{1,1} = u_{2,2} = \alpha_{1,1} = \alpha_2 = w = w_{,11} = v = v_{,11} = 0. \quad (8.19)$$

Аналогично для краев панели $y = 0$, $y = b$ получим:

$$u_{1,1} = u_{2,2} = \alpha_1 = \alpha_{2,2} = w = w_{,22} = v = v_{,22} = 0. \quad (8.20)$$

Начально-краевая задача, описываемая системой уравнений движения (8.7) и граничными условиями (8.19) и (8.20) допускает точное решение, которое записывается в виде:

$$\begin{aligned} v &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} v_0 e^{i\omega t} \sin \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{n\pi y}{b}; & u_2 &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} u_2^0 e^{i\omega t} \sin \frac{m\pi x}{l} \cos \frac{n\pi y}{b}; \\ w &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} w_0 e^{i\omega t} \sin \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{n\pi y}{b}; & \alpha_1 &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_1^0 e^{i\omega t} \cos \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{n\pi y}{b}; \\ u_1 &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} u_1^0 e^{i\omega t} \cos \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{n\pi y}{b}; & \alpha_2 &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_2^0 e^{i\omega t} \sin \frac{m\pi x}{l} \cos \frac{n\pi y}{b}. \end{aligned} \quad (8.21)$$

Подставляя решение (8.21) в упрощенную систему уравнений (8.7), приходим к проблеме собственных значений для векторного уравнения.

$$(A - B\lambda)\vec{U} = 0 \quad (8.22)$$

где вектор \vec{U} и матрицы A и B имеют вид:

$$\vec{U} = \begin{pmatrix} u_1^0 \\ u_2^0 \\ \alpha_1^0 \\ \alpha_2^0 \\ w^0 \\ v^0 \end{pmatrix}; A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} \\ a_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & a_{26} \\ a_{31} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & a_{36} \\ a_{41} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & a_{46} \\ a_{51} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & a_{56} \\ a_{61} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & a_{66} \end{vmatrix}; B = \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} & b_{16} \\ b_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & b_{26} \\ b_{31} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & b_{36} \\ b_{41} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & b_{46} \\ b_{51} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & b_{56} \\ b_{61} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & b_{66} \end{vmatrix}. \quad (8.23)$$

Собственные значения уравнения (8.22) находим из условия:

$$\det(B^{-1}A - E\lambda) = 0;$$

где E – единичная матрица.

8.5.2. Анализ полученных результатов. В качестве модельной задачи рассмотрим трехслойную оболочку. Исследуем полученные собственные частоты трехслойной квадратной оболочки. При расчетах в исходных уравнениях движения (8.7) учитывались инерциальные члены, обусловленные только нормальными перемещениями – w и v .

Исходные данные для расчета: $h_1 = h_2 = 0,3$ см; $h_3 = 6$ см; $l = b = 200$ см; $h/R = 0,06$. Материал несущих слоев – дюралюминий, материал заполнителя – пенополиуретан.

Таблица 8.1. Собственные частоты (Гц) для квадратной трехслойной панели ($E_z = 2000$ кгс/см²; $G = 10^{10}$ кгс/см²)

m	$\omega_1 \cdot 10^{-6}$	$\omega_2 \cdot 10^{-4}$	m	$\omega_1 \cdot 10^{-6}$	$\omega_2 \cdot 10^{-4}$
1	0,3981	0,3548	7	2,787	0,3554
2	0,7962	0,3554	8	3,185	0,3943
3	1,194	0,3554	9	3,583	0,3943
4	1,592	0,3588	10	3,981	0,3943
5	1,990	0,3588	11	4,379	0,3943
6	2,389	0,3588	12	4,777	0,3943

В таблице 8.1 приводятся собственные частоты ω_1 и ω_2 при различных значениях $m, n = 1$ при $E_z = 2000$ кгс/см² и $G = 10^{10}$ кгс/см², т.е. для панели учитывается обжатие и не учитывается сдвиг.

Таблица 8.2. Собственные частоты (Гц) для квадратной трехслойной панели ($E_z = 10^{10}$ кгс/см²; $G = 770$ кгс/см²)

m	$\omega_1 \cdot 10^{-6}$	$\omega_2 \cdot 10^{-4}$	m	$\omega_1 \cdot 10^{-6}$	$\omega_2 \cdot 10^{-4}$
1	7,924	0,1972	7	7,924	0,2788
2	7,924	0,2788	8	7,924	0,2788
3	7,924	0,3554	9	7,924	0,2788
4	7,924	0,3588	10	7,924	0,2788
5	7,924	0,3588	11	7,924	0,2788
6	7,924	0,3588	12	7,924	0,2788

В таблице 8.2 приводятся собственные частоты при $E_z = 10^{10}$ кгс/см² и $G = 770$ кгс/см², т.е. не учитывается обжатие заполнителя и учитывается сдвиг.

Таблица 8.3. Собственные частоты (Гц) для квадратной трехслойной панели ($E_z = 10^{10}$ кгс/см²; $G = 10^{10}$ кгс/см²)

m	$\omega_1 \cdot 10^{-6}$	$\omega_2 \cdot 10^{-4}$	m	$\omega_1 \cdot 10^{-6}$	$\omega_2 \cdot 10^{-4}$
1	7,924	39,81	7	7,924	278,7
2	7,924	79,62	8	7,924	318,5
3	7,924	119,4	9	7,924	358,3
4	7,924	159,2	10	7,924	398,1
5	7,924	199,0	11	7,924	437,9
6	7,924	238,9	12	7,924	477,7

В таблице 8.3 приводятся собственные частоты при $E_s = 10^{10}$ кгс/см² и $G = 10^{10}$ кгс/см².

Анализируя полученные данные, можно констатировать:

1. Собственные частоты, связанные с обжатием заполнителя ω_1 на два-три порядка выше собственных частот ω_2 , обусловленных общим изгибом панели (табл.8.1).
2. Если обжатие заполнителя практически не учитывается (данные табл.8.2 и табл.8.3) частоты ω_1 не претерпевают изменений, частоты же ω_2 , обусловленные общим изгибом, претерпевают существенные изменения.

Таким образом, из проведенного численного исследования можно сделать следующие выводы:

- учет обжатия заполнителя (рыхлых пород) связан с изучением высокочастотных колебаний и им соответствующих волнам обжатия;
- эффект возникновения волн обжатия заполнителя (рыхлых пород) может быть с успехом использован в высокочастотной сейсмической разведке [7, 14].

8.6. Поиски ловушек, благоприятных для нефти и газа

Поисковые сейсморазведочные работы непосредственно продолжает этап рекогносцировочных сейсмических исследований. Уже в ходе региональных работ, как правило, намечаются участки с локальными структурными осложнениями (перегибами сейсмических горизонтов), указывающими на возможность обнаружения структур, благоприятных для образования ловушек промышленных залежей нефти и газа. Данные о таких участках, а также результаты площадных аэромагнитных, космических, гравиметрических и электроразведочных работ дают основание для постановки поисков структурных поднятий в осадочных толщах сейсмическими методами.

Для поисков структур в осадочных толщах используют метод отраженных волн.

Сейсмические исследования при поисках структур в осадочной толще должны проводиться на глубину до фундамента, а в осадочных бассейнах с очень глубоким залеганием фундамента по меньшей мере до 5-6 км. Это необходимо для общей оценки перспектив нефтегазонасыщенности изучаемого района даже в том случае, если в ближайшее время предполагается разведывать только более мелкие горизонты.

Наличие на глубине 2-го структурного яруса, несогласно залегающего по отношению к вышележащим отложениям, весьма характерно для многих нефтегазоносных бассейнов. Во многих случаях наиболее крупные залежи сосредотачиваются в низах осадочной толщи и контролируются погребенными структурами нижнего яруса. Подчеркнем, что данные закономерности отмечены для Волго-Уральской нефтегазоносной области (девонский структурный ярус под каменноугольными отложениями); Северного Кавказа (мел под третичными осадками); Украины (пермокарбонные отложения под мезокайнозойскими толщами) и других районов.

Следует отметить, что до сих пор не разработана в достаточной степени методика сейсмических поисков нефтегазоносных ловушек в осадочной толще, связанных с экранирующими сбросами, фациальными изменениями пород продуктивных горизонтов и выклиниванием нефтегазоносных горизонтов. Трудность решения этой задачи на основе кинематической картины сейсмических волн в изучаемой среде вполне очевидна. Делаются попытки использования для этой цели дифракцию сейсмических колебаний, сравнительно легко обнаруживаемую методом РНП, динамические характеристики упругих колебаний и др.

Необходимо упомянуть также о попытках использовать явления затухания сейсмических колебаний в нефтяных и особенно газовых залежах, а также наличие отражающих площадок, не согласных по своему наклону с отражениями от вмещающих пород в области водо-нефтяного и газонефтяного контактов.

В этом контексте вполне возможно и использование волн обжатия рыхлых пород.

8.7. Применение сейсмического метода для разведки рудных месторождений

Поиски рудных месторождений (урана, золота и др.) осуществляются, как правило, в два этапа. На первом этапе выполняется крупномасштабное (1:50 000 ÷ 1:25 000) картирование с целью выявления перспективных участков и зон рудопроявления. На втором этапе осуществляются детализационно-оценочные работы, при этом основным принципом организации работ считается комплекс геофизических методов.

Основу комплекса составляют аэрогеофизические методы, гравитационные методы, метод ядерного магнитного резонанса [20].

На первом этапе выполняется воздушная и наземная съемки в масштабах 1:50 000 ÷ 1:10 000. Выбор наиболее рациональных методов зависит от конкретных условий и технических возможностей организации, ведущей поисковые работы.

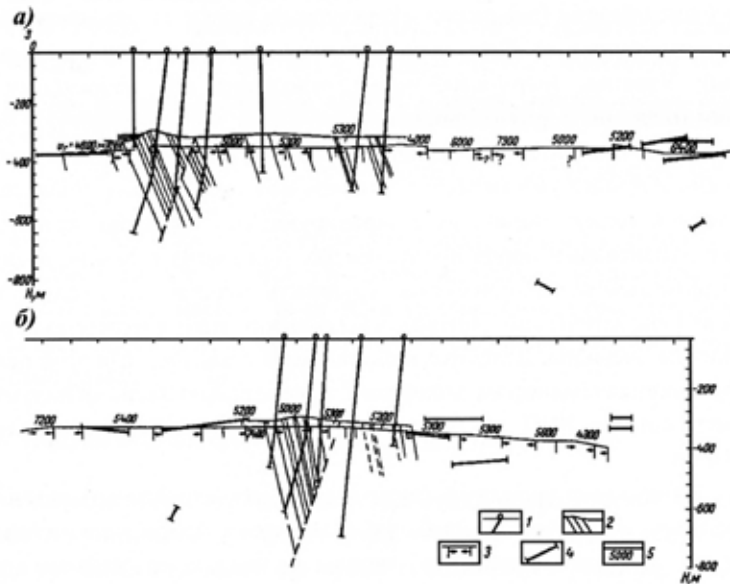


Рис.8.5. Сейсмическое картирование поверхности кристаллического фундамента в Кривом Роге (Украина): 1 – скважины; 2 – метаморфический комплекс по данным бурения; 3 – вертикальные преломляющие границы; 4 – отражающие площадки.

На втором этапе выполняются детализационные исследования на аномальных участках и бурение разведочных скважин. Целью комплексных детализационно-оценочных работ является получение сведений о пространственном залегании рудной залежи, оценки ее размеров и качественного состава.

Следует подчеркнуть, что сейсмическая разведка при изучении малых глубин должна обладать большей точностью, чем для исследования километровых толщ осадков. Это препятствует применению метода отраженных волн в его обычной среднечастотной (20–70 Гц) модификации. Здесь более приемлема высокочастотная сейсморазведка, использующая частоты 300–1000 Гц и более [7].

Отметим, что сейсморазведку можно использовать при изучении рудных месторождений прежде всего для картирования кристаллического фундамента. Такое картирование осуществляется путем определения скоростей на эродированной поверхности кристаллического фундамента. На участках фундамента, сложенных железистыми кварцитами, наблюдаются наиболее высокие граничные скорости, а гранитные и метаморфические сланцы характеризуются низкими значениями скорости распространения упругих колебаний. Таким образом, осуществлялось, например, сейсмическое картирование поверхности кристаллического фундамента в Кривом Роге (Украина) (рис.8.5).

Следует подчеркнуть, что предлагаемый авторами геофизический метод, основанный на эффекте волн обжатия в слоистых средах, характеризующихся сжимаемостью заполнителя (рыхлых пород) может также использоваться при разведке урановых месторождений выщелачиваемого песчаникового типа на основе связи нефти и урана. Так, в недавно вышедшей работе [18] подчеркивается, что урановое месторождение песчаникового типа – один из видов экзогенных месторождений урана. При этом большинство урановых месторождений песчаникового типа, расположенных на периферии нефтегазовых полей, отличается очень тесной взаимосвязью с нефтью и газом. Авторами предложена классификация урановых месторождений песчаникового типа, разобраны подобию и отличия между урановыми рудами и аккумуляцией нефти и газа, обобщены некоторые модели типичной радиоактивной аномальности.

8.8. Выводы

На основе гипотезы ломаной линии Э.И.Григолюка для всего пакета получены уравнения статики трехслойных изотропных и ортотропных оболочек переменной жесткости, в том числе система уравнений равновесия 16-го порядка, описывающая напряженно-деформированное состояние трехслойных оболочек с жестким сжимаемым заполнителем. Вводя в рассмотрение специальным образом построенный тензор β_{ij} , автор получил эквивалентную систему уравнений статики трехслойных изотропных оболочек переменной жесткости.

Исследовано динамическое поведение трехслойных оболочек с сжимаемым заполнителем. Показано, что учет сжимаемости заполнителя при динамическом поведении приводит к возникновению нового типа волн в многочисленных конструкциях – волн обжатия. Впервые

теоретически было обосновано существование нового типа волн в многослойных средах в 1981 г. Э.И.Григолоком, В.А.Пухлий и П.П.Чулковым [11], а также В.А.Пухлий [12].

Отмечается, что эффект обжатия заполнителя в многослойных средах может быть использован при разведке полезных ископаемых в грунтовых и скальных массивах, представляющих собой, как правило, многослойную анизотропную среду.

Литература к главе VIII

1. Огильви А.А. Геофизические методы исследований. – М.: Изд-во МГУ, 1962. – 412 с.
2. Федьинский В.В. Разведочная геофизика. – М.: Изд-во «Недра», 1967. – 672 с.
3. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957.
4. Поперечные и обменные волны в сейсморазведке. – М.: Изд-во «Недра», 1967.
5. Архипов В.Н. и др. Механическое действие ядерного взрыва. – М.: Физматлит, 2002. – 384 с.
6. Пухлий В.А. Радиационная экология. – Севастополь: Изд-во Черкасский ЦНТЭИ, 2006. – 444 с.
7. Берзон И.С. Высокочастотная сейсмика. – М.: Изд-во АН СССР, 1957.
8. Мячкин В.И. Ультразвуковые исследования напряженного состояния и свойств горных пород в массиве. Канд. диссертация ИФЗ АН СССР, 1964.
9. Адушкин В.В., Спивак А.А. Геомеханика крупномасштабных взрывов. – М.: Недра, 1993. – 320 с.
10. Мюллер Р.А., Мерфи Дж.Р. Сейсмические характеристики подземных ядерных взрывов. – В сб.: Подводные и подземные взрывы. – М.: Мир, 1974, с.341-379.
11. Григолок Э.И., Пухлий В.А., Чулков П.П. Динамика трехслойных оболочек переменной жесткости с жестким сжимаемым заполнителем. – Тезисы доклада на V Всесоюзном съезде по теоретической и прикладной механике. – Алма-Ата: Наука, 1981, с. 124-125.
12. Пухлий В.А. Об одном типе волн в слоистых средах. – Проблемы машиностроения и надежности машин. – М.: Изд-во «Наука», №5, 2002 г, с.90-99.
13. Тимошин Ю.В. Способ сейсмической разведки. Авт. свид. СССР №193090. – Бюлл. изобретений №6, 1967.
14. Горянов Н.Н. Сейсмоакустические методы при инженерно-геологических исследованиях рыхлых пород. Методические рекомендации. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1977. – 80 с.
15. Померанская А.К., Пухлий В.А. Резонансы в трехслойных конструкциях при динамическом нагружении. – Материалы IX МНТК «Импульсные процессы в механике сплошных сред». – Николаев: Изд-во ин-та импульсн. проф. и технологий НАНУ, 2011, с.146-147.
16. Дородницын А.А. Об одном методе численного решения некоторых нелинейных задач аэрогидродинамики. – В кн.: Труды 3-го Всес. Матем. съезда, том III. – М.: Наука, 1958, с.447-453.
17. Пухлий В.А. Решение начально-краевых задач математической физики модифицированным методом последовательных приближений. – Обзорение прикладной и промышленной математики, том 22, вып.4, 2015, с.493-495.
18. Liu Jian-Jun, Li Huai-yuan, Chen Guo-sheg. Разведка уранового месторождения in-situ выщелачиваемого песчаникового типа с помощью определения взаимосвязи нефти и урана. (China University of Geosciences, Wuhan 430074, China). – Dizhi keji qingbao=Geol. Sci. and Technol. Inf, 2005, 24, №4, с.67-72. Кти.; рез. Англ.
19. Пухлий В.А. и др. К проблеме динамического воздействия природного и техногенного характера на плотину Чернореченского водохранилища г.Севастополя. – Сборник докладов XI Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. – Казань: РАН, 20-24 августа 2015, с.3164-3167.
20. Пухлий В.А., Пухлий Ж.А., Ковалев Н.И. Ядерный магнитный резонанс. Теория и приложения. – Севастополь: Изд-во «Черкасский ЦНТЭИ», 2010. – 670 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографии изложены основы дистанционного зондирования Земли на основе физического явления – ядерного магнитного резонанса.

Данный геофизический метод используется авторами монографии для поиска питьевых и геотермальных вод, полезных ископаемых (нефти, сланцевого газа и др.) и решение ряда инженерных задач.

Для проведения поисковых работ разработан и запатентован дистанционный геофизический комплекс «Поиск» и способы прямого поиска полезных ископаемых с применением его аппаратуры.

Опытные и практически проведенные поисковые работы, выполненные с помощью полевой аппаратуры дистанционного комплекса «Поиск», подтвердили ее высокую результативность для дистанционной идентификации углеводородных аномалий, их оконтуривания и получения первичных геологических и геофизических характеристик углеводородных коллекторов, необходимых для экспресс-оценки пригодности к промышленному освоению выявленных залежей углеводородов или выбору точек под размещение буровых скважин с гарантированным притоком углеводородов.

Исследования, проведенные с помощью дистанционного комплекса «Поиск» газовых скоплений под угольными пластами, позволили установить причины взрывов металла и разработать дополнительные меры по обеспечению газовой безопасности угольных шахт, исключая объемные взрывы и детонацию.

Заслуживает внимания исследования позволившие установить механизм образования подземных питьевых и геотермальных вод вблизи вторичных магматических очагов затухших вулканов.

Физические принципы положены в основу работы дистанционного комплекса «Поиск» позволили создать аппаратуру, позволяющую использовать её для решения сложных инженерных и поисково-геологических задач.

Возможность комплексного использования аппаратуры «Поиск» совместно с традиционными геофизическими методами геологоразведки значительно повышает результативность поисковых работ (до 90%), что существенно снижает финансирование риска при проведении буровых работ на больших глубинах (до 6000 м).

Авторы надеются, что данная монография будет полезна специалистам, занимающимся геологическими исследованиями, поиском

различных полезных ископаемых (нефть, газ, уран, медь, уголь, золото, алмазы) и водных ресурсов (подземные питьевые и геотермальные воды), а также поиском затопленных объектов (до глубин 300 м).

Ваши критические замечания и положения мы с благодарностью примем по адресу: 299015, Крым, г. Севастополь, ул. Курчатова – 7, Институт ядерной энергии и промышленности СевГУ, тел. +7(8792)71-01-46, e-mail: Kowalew49@Яndex.ua.

СПРАВКА ОБ АВТОРАХ



Ковалев Николай Ильич – кандидат технических наук, заведующий НИЛ ядерно-химических технологий Севастопольского государственного университета.

Автор многих работ по применению лазерных методов и метода ядерно-магнитного резонанса в химической технологии, а также в геологоразведке для дистанционного поиска углеводородов, урановых руд и подземных геотермальных вод. Опубликовал несколько монографий и более 50 научных работ в области экологии, геологоразведки и атомной энергетике.



Пухлий Владимир Александрович – доктор технических наук, профессор, академик Крымской Академии наук. Работал в оборонной промышленности России. Автор научного открытия: Волны обжатия в слоистых средах. Преподавал в Московском Авиационном Институте, в филиале МГУ им.М.В.Ломоносова. В настоящее время профессор Севастопольского госуниверситета (СевГУ).

Написал 16 книг по различным разделам современного естествознания: математика, физика, механика, геофизика.



Солдатова Светлана Владимировна – старший научный сотрудник НИЛ ядерно-химических технологий Севастопольского государственного университета. Более 10 лет занимается совершенствованием дистанционных методов поиска полезных ископаемых и дистанционного обнаружения загрязняющих веществ в морском грунте. Принимала участие в выполнении НИР по экологии и геологоразведке, опубликовано более 20 научных работ.

Применение дистанционного геофизического комплекса "Поиск"

Монография посвящена рассмотрению вопросов использования аппаратуры дистанционного геофизического комплекса прямых измерений для решения практических инженерных и геологических поисковых задач. Приведены результаты выполнения комплекса мероприятий по экологической очистке прибрежных акваторий от затопленных плавсредств с боеприпасами и затопленного химического оружия в Черном море. Излагается установленный механизм природного образования подземных питьевых и геотермальных вод вблизи магматических очагов потухших вулканов, расположенных на побережье морей и океанов. Впервые получены результаты исследований газовых скоплений под угольными пластами, которые выявили основную причину объемных взрывов метана в шахтах. Рассматриваются некоторые теоретические задачи в области ядерного магнитного резонанса, лежащие в основе применения аппаратуры дистанционного геофизического комплекса "Поиск". Излагается геофизический метод поиска полезных ископаемых, основанный на эффекте волн обжатия в слоистых средах, при котором слои Земли рассматриваются как многослойная сжимаемая среда.

Ковалев Николай Ильич - к.т.н., заведующий НИЛ ядерно-химических технологий Севгосуниверситета. Автор 5 книг. Пухлий Владимир Александрович - доктор технических наук, профессор, академик Крымской Академии наук. Автор научного открытия. Солдатова Светлана Владимировна - старший научный сотрудник НИЛ ядерно-химических технологий Севгосуниверситета.



978-3-659-60461-4