УДК 622.834.53:69.059.22 (083.75)

В.Н.ГУСЕВ, В.Н.МОНАХОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)
В.В.ГУРЬЯНОВ
Институт проблем комплексного освоения недр, Москва

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ СМЕЩЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ СЛОЕВ ПОДРАБАТЫВАЕМОЙ ТОЛЩИ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ ЛИНИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА

Изложен метод получения сдвижений и деформаций по наблюдениям за смещением глубинных реперов для случаев, когда заранее не известно направление распространения линии извлечения полезного компонента (метана из угольных пластов через скважины).

Give an account method to get subsidence and deformations of stratums of rocks massif by means of depth reference marks for case, when unknown direction of extraction useful minerals (extraction of methane from coal stratums across over bore well).

Для изучения закономерностей распределения деформаций в массиве горных пород (в частности, в пределах зоны водопроводящих трещин) применяется широко известный метод наблюдения за сдвижением глубинных реперов, заложенных в скважину. Полученные из этих наблюдений деформации являются объективной характеристикой физико-механических свойств изгибающихся слоев горных пород и в дальнейшем используются для установления закономерностей образования в них газо- и водопроводящих трещин, аналогии между участками с различными горно-геологическими условиями.

Если имеется информация о направлении и скорости перемещения линии отработки (линии подвигания забоя в пласте), достаточно иметь одну расположенную на оси лавы скважину с заложенными в ней реперами. Тогда деформации слоев получают по оседаниям глубинных реперов методом частотных наблюдений, в основу которого положено допущение о повторяемости процесса сдвижения. Считают, что вслед за подвиганием забоя (точки I, II, ..., V) перемещается мульда одинаковой формы с границей соответственно в точках 1′, 2′, ..., 5′ (рис.1, *а*). При этом на горизонте *пп* заложения глубинного репера *А* фиксируют его вертикальные смещения. Если по оси абсцисс откладывать положения забоя, а по оси ординат соответствующие им значения оседаний, то получим динамическую кривую оседания (рис.1, *б*), вторая производная по которой дает деформации кривизны. Подобным же образом определяют оседания и кривизну для других горизонтов соответственно глубинам заложения реперов в скважине.

Таким образом, получив оседания η_1, η_2, η_3,..., η_n при интервале измерения l_0 (подвигание забоя за время между двумя соседними измерениями смещений репера), значения кривизны в точках динамической кривой оседания (рис.1, *б*) можно получить по формулам:

$$i_{n-2} = (\eta_{n-1} - \eta_{n-2})/l_0; \quad i_{n-1} = (\eta_n - \eta_{n-1})/l_0;$$

$$K_{n-1} = (i_{n-1} - i_{n-2})/l_0 = (\eta_n - 2\eta_{n-1} + \eta_{n-2})/l_0^2,$$

где K_{n-1} – кривизна в точке $(n-1)$; i_{n-2} и i_{n-1} – наклоны соответственно между точками $(n-2)$, $(n-1)$ и точками $(n-1)$ и n полученной кривой оседания; η_{n-2}, η_{n-1},

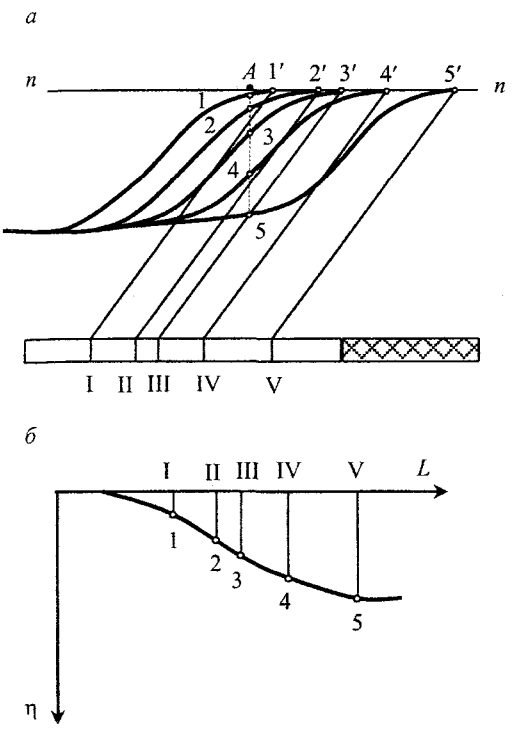


Рис.1. Метод частотных наблюдений:
а – перемещение мульды; *б* – динамическая кривая оседания; *nn* – горизонт заложения глубинного репера *A*; *L* – перемещение забоя относительно репера *A*; η – оседания репера

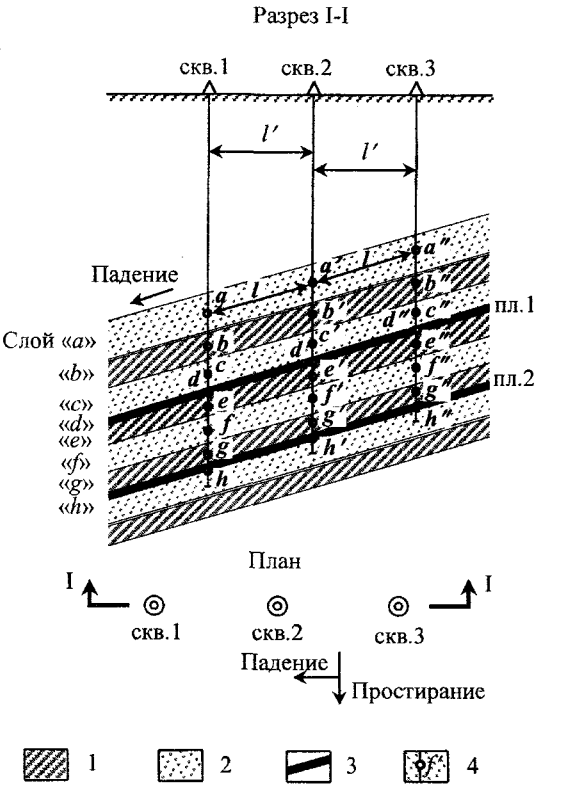


Рис.2. Схема расположения скважин вкрест простирания слоев: 1 – алевролит; 2 – песчаник; 3 – пласт угля; 4 – глубинный репер
l' – расстояние между скважинами; l – интервал между реперами

η_n – оседания соответственно в точках $(n-2)$, $(n-1)$ и n; $n = 3, 4, 5, 6, \ldots$

Для исследования влияния длины интервала измерения на распределение кривизны имеющаяся кривая оседания трансформировалась в кривую оседания с интервалами между точками $2l_0$, т.е. для расчетов кривизны брались оседания η_1, η_3, η_5, …, η_{2n-5}, η_{2n-3}, η_{2n-1}. Кривизна в точках такой кривой оседаний определится по формуле

$$K_{2n-3} = \eta_{2n-1} - 2\eta_{2n-3} - \eta_{2n-5} /(2l_0)^2,$$

где η_{2n-5}, η_{2n-3}, η_{2n-1} – оседания соответственно в точках $(2n-5)$, $(2n-3)$ и $(2n-1)$; $n = 3, 4, 5, 6, \ldots$

Затем кривизну можно получить при интервале измерения $3l_0$, для чего брались оседания η_1, η_4, η_7, η_{10}, …, η_{3n-8}, η_{3n-5}, η_{3n-2}:

$$K_{3n-5} = \eta_{3n-2} - 2\eta_{3n-5} + \eta_{3n-8} /(3l_0)^2.$$

Аналогичным образом рассчитываются значения кривизны для интервалов измерения $4l_0$, $5l_0$, $6l_0$, $7l_0$. В основном натурные наблюдения за сдвижением земной поверхности по профильным линиям проведены при интервале между реперами 10-20 м, поэтому можно ограничиться интервалом $7l_0$ ($l_0 = 3 \div 4$ м).

Сдвижение массива горных пород при извлечении из него метана через специально пробуренные в угленосной толще скважины происходит при неопределенном распространении линии его извлечения. В этом случае метод частотных наблюдений неприменим, так как отсутствует возможность получения кривых оседаний слоев в зависимости от перемещения линий извлечения метана. Для получения деформаций кривизны воспользуемся прямым методом их получения по оседаниям глубинных реперов. Для чего необходимо пробурить три скважины (рис.2), в которые заложить глубин-

ные реперы. Причем их закладывают таким образом, чтобы в отдельных слоях были расположены по три репера каждой из скважин. Тогда процесс получения деформаций слоев будет следующим.

Допустим, для слоя «*c*» в момент времени t_1 по реперам *a*, *a'*, *a''* были получены оседания соответственно $\eta(t_1)_1$, $\eta(t_1)_2$, $\eta(t_1)_3$. На интервалах *a*-*a'* и *a'*-*a''* по ним вычислили наклоны слоев соответственно

$$i_1 = \eta(t_1)_2 - \eta(t_1)_1 / l$$

и

$$i_2 = \eta(t_1)_3 - \eta(t_1)_2 / l .$$

Далее получают деформацию кривизны на момент времени наблюдения t_1:

$$K(t_1) = \frac{i_2 - i_1}{l} = \frac{\eta(t_1)_3 - \eta(t_1)_2 - \eta(t_1)_2 + \eta(t_1)_1}{l^2} =$$

$$= \frac{\eta(t_1)_3 - 2\eta(t_1)_2 + \eta(t_1)_1}{l^2} .$$

На момент времени t_2, t_3, ..., t_n кривизна определится из выражения

$$K(t_2) = \frac{\eta(t_2)_3 - 2\eta(t_2)_2 + \eta(t_2)_1}{l^2};$$

$$K(t_3) = \frac{\eta(t_3)_3 - 2\eta(t_3)_3 + \eta(t_3)_1}{l^2};$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$K(t_n) = \frac{\eta(t_n)_3 - 2\eta(t_n) + \eta(t_n)_1}{l^2} .$$

Для слоев «*b*»,«*c*»,«*d*»,«*e*»,«*f*»,«*g*»,«*h*» (рис.2) для тех же моментов времени наблюдений t_1, t_2, ..., t_n по аналогии с получением кривизны в слое «*a*» получают значения деформаций кривизны.

На схеме рис.2 скважины пробурены по линии падения, поэтому разрез I-I является разрезом вкрест простирания, и реперы, заложенные в слоях, повторяют их наклон. Если скважины пробурить по линии простирания (рис.3), то на разрезе I-I слои будут получаться горизонтальными, и тогда реперы, заложенные в слоях, будут на одной горизонтали.

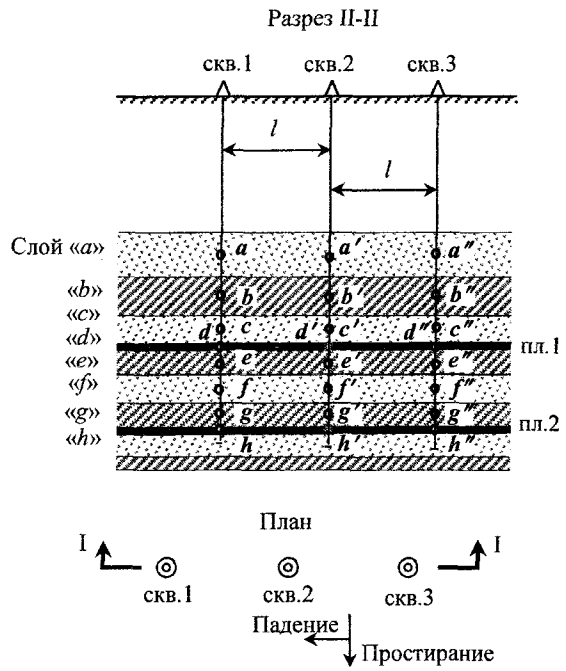


Рис.3. Схема расположения скважин по простиранию слоев
l – расстояние между скважинами (интервал между реперами)

Надо отметить, что три скважины с глубинными реперами, пробуренные либо вкрест простирания, либо по простиранию пластов, – это тот минимум, по которому можно получить распределение деформаций кривизны по слоям массива горных пород. Оптимальное количество скважин с глубинными реперами в случае неопределенного положения линии извлечения полезного ископаемого (например, при скважинном методе извлечения метана из угленосной толщи) – это три скважины, пробуренные по линии простирания, и три скважины, пробуренные по линии вкрест простирания пластов. И если их расположить по двум взаимно перпендикулярным линиям, как это показано на рис.4, то потребуется пробурить пять скважин.

Важной составной частью методики натурных исследований процесса сдвижения массива горных пород являются методы определения анизотропии проницаемости пород, как естественной, так и техногенной, вследствие геомеханических процессов при извлечении полезного ископаемого.

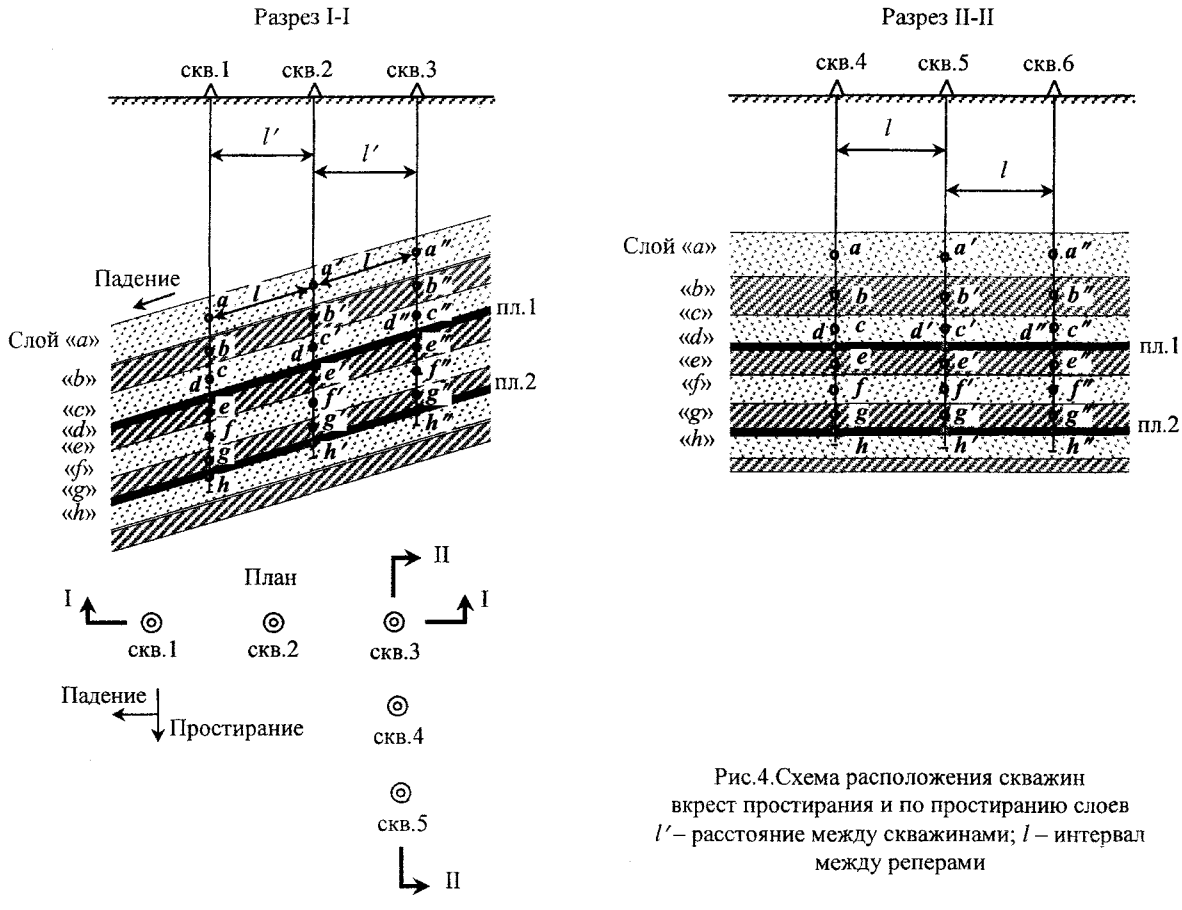


Рис.4.Схема расположения скважин вкрест простирания и по простиранию слоев
l' – расстояние между скважинами; l – интервал между реперами

К таким методам относится метод расходометрического каротажа, резистивиметрия, метод наблюдений за изменением напоров в процессе бурения специальных гидрогеологических скважин*. Определение изменения проницаемости толщи указанными методами не связано с использованием информации о положении линии извлечения полезного компонента.

Таким образом, методы натурных исследований процесса сдвижения слоев массива в комплексе с гидрогеологическими и геофизическими методами определения проницаемости подработанной толщи принципиально можно использовать на участках ведения горных работ при отсутствии информации о положении линии извлечения полезного компонента.

* *Гусев В.Н.* Геомеханика техногенных водопроводящих трещин / Санкт-Петербургский горный ин-т (технический университет), СПб, 1999. 156 с.