

Н.А. Шевчук, к.т.н., доц.
Національний технічний університет України "КПІ"
А.М. Могилко, к.г.-м.н.
УкрНДІпроект
Н.І. Шевчук, ст. викл.
Національний технічний університет України "КПІ"

ДИНАМІКА ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДРОБЛЕНИХ МАСИВІВ ПОРІД У ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОМУ БАСЕЙНІ

В статті розглянуто вплив вуглевидобутку на динаміку деформацій підроблених масивів, а також особливості просідання земної поверхні, які необхідно враховувати при розробці заходів щодо реабілітації екологічної ситуації.

Процеси трансформації природного напруженого стану підроблених шахтами масивів гірських порід при формуванні мульд зрушення є неоднозначними з багатьох точок зору і в певній мірі суперечливими, дискусійними. Вони можуть супроводитись як осіданням, так і підйомами поверхні землі. Але в кінцевому варіанті варто очікувати досягнення стадії певної рівноваги напруженого стану в нових умовах. При цьому стан може суттєво відрізнятись від вихідного як в регіональному, так і в локальному плані (по площі мульд зрушення окремих шахт).

Вплив вуглевидобутку на вихідний напружений стан масивів порід в різні моменти експлуатації шахти досить складний в прогнозах:

- при переважаючій тенденції масиву порід до осідання в окремі моменти може фіксуватись інверсія з тимчасовим підйомом поверхні землі;
- в кінцевому варіанті стадія рівноваги досягається при знижених відмітках поверхні землі (по відношенню до вихідного стану).

Викладення основного матеріалу. В аналізі, що проводиться нижче, пропонується наступне ранжування динаміки деформацій підроблених гірничими роботами масиву на декілька стадій:

1. Стадія гідродинамічного (фільтраційного) ущільнення масиву [6].
2. Стадія осідання поверхні землі при повному обваленні покрівлі [1, 2].
3. Стадія пружного розцілювання масиву в процесі обвалення покрівлі [1].
4. Стадія деформацій після ліквідації дії гідродинамічного (фільтраційного) тиску.
5. Стадія збільшення (відновлення) гравітаційних напружень в підробленому масиві після завершення процесу обвалення покрівлі.

Стадія гідродинамічного (фільтраційного) ущільнення масиву в супроводі відповідного осідання поверхні землі відбувається задовго до активного вуглевидобутку або ж на початкових моментах його розширення. В цей час на значних площах шахтного поля карбоновий горизонт суттєво дрениється і в межах депресійної лійки формується перетік води з сенонського горизонту, що розташований стратиграфічно вище. Результати інструментальних замірів деформації по відношенню до нерухомих пунктів за межами мульд зрушення показали, що непідроблені зони (охоронні цілики шахт та ін.) осідають від 0,37 м (відсутні тектонічні порушення) до 1,35 (при густій сітці тектонічних порушень) [4].

Зворотні розрахунки відповідно з теоретичними пропозиціями механіки ґрунтів дали значення коефіцієнта стискання в розмірі $2,25 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{ш}$ (невеликі осідання) і $8,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{ш}$ (максимальні осідання) [5, 6].

Деформації проходять відносно рівномірно по площі і суттєво не впливають на природокористування та експлуатацію споруд.

Друга стадія деформування зв'язана з процесом відчутного зниження цілісності масиву гірських порід. При повному обвалюванні виробленого простору і відчутному зниженні гравітаційних та гіпотетично залишкових напружень вихідний стан розподілу напружень з глибиною різко змінюється. Практично по всій потужності підробленого масиву інтенсивно зменшується в крайньому випадку гравітаційна складова [1, 2]. Але паралельно з цим породний масив заповнює вироблений простір гірничих виробок.

Таким чином, з одного боку, неминучим є осідання поверхні землі, що в граничному варіанті може досягати потужності відпрацьованого шару вугілля. А з іншого боку, в залежності від модуля пружності (загальної деформації) при зниженні вертикальної гравітаційної складової структура масиву набуває можливості розущільнюватись.

Додатково необхідно більш детально зупинитися на наступному факторі вертикальних деформацій підроблених масивів. Теоретично обґрунтовані висновки дозволяють констатувати [1, 2]:

- підроблений без закладання виробленого простору масив активно реагує по всій своїй потужності;
- якщо витримується залежність, за винятком зони безладного обвалення порід, розщільнення масиву буде мати пружний характер;
- напруження в масиві порід знижуються практично в 1,4 раза, та призводять до відповідної компенсації осідання при усадці покрівлі за рахунок розщільнення.

При потужності пружного розщільнення масиву в 240–520 м і коефіцієнтах розщільнення $\alpha = (2,25-8,8) \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{т}$ для гідростатичного зваженого масиву отримаємо значення, що наводяться в табл. 1.

Таблиця 1

Параметри пружного розщільнення масиву (в вертикальному напрямку)

Розрахункова потужність масиву, м	Значення вертикальних напружень, т/м ²	Вертикальна деформація (м) при коефіцієнтах розщільнення (м ² /т)	
		$\alpha=2,25 \cdot 10^{-5}$	$\alpha=8,3 \cdot 10^{-5}$
240	74,4	0,36	1,34
320	99,2	0,64	2,37

Необхідно враховувати, що пружне розщільнення менше в масивах, схильних до значного ущільнення, тому в північній частині басейну, де потужність мергелів нижче від півдня при більш високій їх міцності, осідання поверхні землі були практично вдвічі меншими порівняно з Червоноградським районом [3].

Не виключено, що саме локальні зміни в гідрогеомеханічних показниках порід в Червоноградському районі привели до відчутної диференціації осідань поверхні землі по території.

Розрахунки відповідно до запропонованої стадійності розвитку процесу осідання зведені в табл. 2 відповідно для Червоноградського і Нововолинського районів басейну.

Таблиця 2

Прогнозні розрахункові деформації поверхні землі

Стадія деформації	Гідрогеомеханічний процес	Деформація поверхні землі, м	
		Нововолинський район	Червоноградський район
1	Гідродинамічний (фільтраційний) тиск	-(0,50-1,00)*)	-(0,37-1,35)
2	Обвалювання покрівлі (повне)	-(0,50-2,6)	-(1,30-5,00)
	$\Sigma^{**})$	-(1,00-3,60)	-(1,67-6,35)
3	Пружне розщільнення масиву	+(0,36-1,34)	+(0,64-2,37)
	Σ	-(0,64-2,26)	-(1,03-3,98)
4	Закриття (ліквідація) фільтраційного тиску	+(0,50-1,00)	+(0,37-1,35)
	Σ	-(0,14-1,26)	-(0,66-2,63)
5	Збільшення гравітаційних напружень (консолідація)	-(0,36-1,34)	-(0,64-2,37)
	Σ	-(0,50-2,60)	-(1,30-5,00)

Примітки: *) Знак (-) для осідань, (+) для підйомів поверхні землі;

**) Розрахунковий розмір осідання після впливу відповідних стадій деформування.

Із даних табл. 2 видно, що пружне розщільнення значною мірою компенсує осідання масиву при обваленні покрівлі до значень, що досить часто фіксують в прогнозах деформацій поверхні землі. Так, осідання поверхні землі в Червоноградському районі зараз варіює в межах 1,0–4,0 м, у Волинському районі не виходить за межі 0,9–1,7 м, що практично дорівнює прогнозним даним в табл. 2 [2].

З цього можна зробити висновок, що перетік з сенонського водоносного горизонту в карбонівий ще має місце і фактор гідродинамічного стискання (ущільнення) діє і зараз, хоч і в обмеженій певними площами зоні. Дійсно, рівні в карбонівому горизонті, який зараз найчастіше інтерпретується як техногенний, відновлюються дуже повільно і ще далекі від вихідних значень на початок вуглевидобутку.

На завершення до аналізу впливу фактора пружного розщільнення необхідно додати, що одночасно з вертикальними деформаціями після зменшення гравітаційних напружень згідно з законами механіки ґрунтів значно збільшується розмір тріщин між структурними блоками. В цьому ж напрямку діють і залишкові напруги. В поєднанні з механічним подрібненням структурних блоків в нижній частині подрібненого масиву відчутно збільшуються коефіцієнти фільтрації [7]. Саме це може бути однією з

причин того, що безпосередньо під час обвалювання покрівлі фіксуються підвищені водопривииви в вироблений простір.

Поступове відновлення рівневого режиму в карбоновому горизонті одночасно зі зниженням фільтраційних параметрів може привести до припинення перетоку зверху-вниз і включення в дію механізму, аналогічному пружному розцілюванню. В першому наближенні на даній стадії досліджень абсолютні значення такого розцілювання можна вважати адекватними гідродинамічному (фільтраційному) стисканню (табл. 1). Деформації такого типу в вигляді інверсії осідання поверхні землі вже фіксуються на полях окремих ліквідованих шахт візуально по зменшенню заболочених чи затоплених земель.

Як буде показано далі, є досить вагомими докази того, що стадія ліквідації тісно зв'язана з наступною стадією 5 згідно з табл. 2.

Відомо, що механіка ґрунтів однозначно декларує наступне [5, 6]:

– в ґрунтовому напівпросторі від дії додаткового навантаження виникає додатковий поровий тиск у водному середовищі;

– в процесі ущільнення масиву вода із зони збиткових напорів дренується вгору чи вниз до меж напівпростору або ж в обидві сторони;

– процес ущільнення масиву від дії додаткового навантаження інтерпретується як консолідація, що має декілька нормувань по швидкості протікання;

– найбільш важливим є перший так званий процес фільтраційної консолідації.

Процес, що формується в підробленому масиві при відновленні гравітаційного поля напружень після обвалення покрівлі коректно трактувати як гравітаційну консолідацію. Остання має чіткі паралелі з явищами ущільнення донних відкладів в морях та океанах.

В умовах підробленого у Львівсько-Волинському басейні області дренування масиву мергелів з певної глибини від поверхні буде вироблений простір шахт. В той же час вироблений простір поступово заповнюється водою як карбонового, так і в певний час сенонського водоносних горизонтів.

З цього однозначно можна зробити висновок, що у зв'язку з відновленням рівневого режиму в карбоновому (техногенному) водоносному горизонті процес консолідації носить згасаючий в часі характер. Зрозуміло, що в певний момент консолідація може зупинитись, не досягнувши кінцевих значень ущільнення порід. При цьому основну роль тут відіграє співвідношення швидкості відновлення рівнів води в карбоновому горизонті та консолідація. Ця задача зараз не має повного аналітичного розв'язання і певних даних натурних спостережень.

Як перше наближення можна навести приклад прогнозного розрахунку швидкості процесу гравітаційної консолідації масиву порід потужністю 250 м для різних значень коефіцієнтів фільтрації згідно з пропозиціями механіки ґрунтів, які представлені в табл. 3 [5].

Із результатів, наведених в табл. 3, видно:

– при незмінних параметрах зони дренування ступінь консолідації визначається коефіцієнтом фільтрації масиву;

– зниження коефіцієнта фільтрації з $1 \cdot 10^{-3}$ м/д до $1 \cdot 10^{-5}$ м/д призводить до того, що навіть через 100 років ступінь консолідації не перевищує 0,84;

– при коефіцієнтах фільтрації нижчих від $1 \cdot 10^{-5}$ м/д процес консолідації фактично не відбувається.

Таблиця 3

Розрахунки швидкості процесу консолідації в залежності від коефіцієнтів фільтрації

Коефіцієнт фільтрації, м/д	Ступінь консолідації (д. од.) для розрахункового часу (роки)				
	1	10	30	50	100
$1 \cdot 10^{-3}$	0,84	1,0	-	-	-
$1 \cdot 10^{-4}$	0,31	0,84	1,0	-	-
$1 \cdot 10^{-4}$	0,20	0,31	0,50	0,64	0,84
$1 \cdot 10^{-6}$	-	0,20	0,23	0,25	0,31

Якщо виходити з умови, що за 50–100 років у виробленому просторі повністю відновляться вихідні рівні води, то ущільнення масиву не завершиться. Відповідно і осідання поверхні землі у зворотному процесі на стадії 5 (табл. 2) не досягнуть розрахункових значень.

Висновок. Таким чином, у загальному прогнозі деформацій в кожному конкретному випадку вони будуть більшими від розрахункових (4 стадії) і лише інколи дорівнювати граничним (5 стадія). До того ж на полях шахт варто очікувати додаткових осідань поверхні землі порівняно з даним часом. Ці особливості динаміки осідання необхідно враховувати при розробці заходів щодо реабілітації екологічної ситуації підроблених вугільними шахтами територій Львівсько-Волинського басейну.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Борисов А.А.* Механика горных пород и массивов. – М.: Недра, 1959.
2. *Безопасная выемка угля под водными объектами.* – М.: Недра, 1987.
3. *Львовско-Волынский каменноугольный бассейн: Геолого-промышленный очерк.* – К.: Наукова думка, 1984.
4. *Технический отчет о инженерно-геологических работах по анализу эколого-гидрогеологической обстановки в Червоноградском геолого-промышленном районе. Отчёт института “УкрНИИпроект”.* – К., 1999.
5. *Цитович Н.А.* Механика грунтов. – М., 1963.
6. *Терцага К.* Теория механики грунтов. – Госстройиздат, 1961.
7. *Пирский О.А.* и др. Изменение гидрогеологических условий при подработке породных массивов шахтами //Вісник КПІ / Серія Гірництво. – Вип. 7. – Київ, 2002.

ШЕВЧУК Наталія Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри економіки і підприємництва Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:

- економіка природокористування;
- екологічна безпека гірничих підприємств.

МОГИЛКО Анатолій Миколайович – кандидат геолого-мінералогічних наук, УкрНДІпроект.

Наукові інтереси:

- гідрогеологія;
- екологія.

ШЕВЧУК Надія Іванівна – старший викладач кафедри економіки і підприємництва Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:

- економіка природокористування.

Подано 10.01.2008

Шевчук Н.А., Могилко А.Н., Шевчук Н.И. Динамика деформационных процессов подработанных массивов пород во Львовско-Волинском бассейне

Shevchyk N.A., Mogilko A.N., Shevchyk N.I. Dynamics of deformation process in the undermined coal areas of the Lviv-Volin mining region

Шевчук Н.А., Могилко А.М., Шевчук Н.І. Динаміка деформаційних процесів підроблених масивів порід у львівсько-волинському басейні

УДК 504.06:662

Динамика деформационных процессов подработанных массивов пород во Львовско-Волинском бассейне / Н.А. Шевчук, А.Н. Могилко, Н.И. Шевчук

В статье рассматривается влияние угледобычи на динамику деформаций подработанных массивов, а также особенности оседания земной поверхности, которые необходимо учитывать при разработке мероприятий по реабилитации экологической ситуации.

УДК 504.06:662

Dynamics of deformation process in the undermined coal areas of the Lviv-Volin mining region / N.A. Shevchyk, A.N. Mogilko, N.I. Shevchyk

The influence of the coal mining industry on deformation dynamics process of undermined coal areas is considered in the article. As well as the peculiarities of earth surface down motions are considered in this article. These coal area motions have to be taking into account during design measurements for rehabilitation of ecologic situation in the area.