

УДК 622.273.21:622.83/84

ОЦІНКА ВПЛИВУ РОЗСОЛІВ НА ДЕФОРМАЦІЮ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ НАД ШАХТНИМ ПОЛЕМ РУДНИКА «НОВО-ГОЛИНЬ»

*Г. В. Боднар
(Івано-Франківський національний
університет нафти і газу)*

Наведено коротку характеристику впливу розсолів на деформацію земної поверхні над шахтним полем рудника “Ново-Голинь”, під час його ліквідації.

Вказується на необхідність дослідження осідання земної поверхні з метою попередження надзвичайних ситуацій та своєчасної розробки раціональних заходів боротьби з їх проявами

Приводится краткая характеристика влияния рассолов на деформацию земной поверхности над шахтным полем рудника „Ново-Голинь” при его ликвидации.

Указывается на необходимость исследования оседаний земной поверхности с целью предупреждения чрезвычайных ситуаций и своевременной разработки рациональных мер борьбы с их проявлениями

The brief characteristics short description of influencing of brine on deformation of earthly surface above the mine field of mine “Novo-Golyn”, at his liquidation.

There the necessity of research of earthly surface aimed at tamely working out the rational measures to be undertaken to prevent accidents also at their appearance is stated

При підземній розробці калійних родовищ Прикарпаття з пологим, похилим і крутим падінням рудних тіл застосовується камерна система розробки з залишенням постійних, підтримуючих вищерозташовану товщу порід, міжкамерних ціликів. Дослідженнями встановлено, що міжкамерні цілики з самого початку їх утворення деформуються, причому з різною швидкістю, яка залежить від ступеня навантаження і часу їхнього існування під навантаженням.

Деформація ціликів викликає осідання вищерозташованої товщі, яка в порівнянні, наприклад, з вугільними і рудними родовищами, має свої особливості. Ці особливості та різні гірничо-геологічні умови викликають необхідність застосування специфічних для цих родовищ заходів захисту територій, що підробляються, від шкідливого впливу розробок.

Першою особливістю деформування земної поверхні на калійних рудниках є значна довготривалість процесу її осідання, яка вимірюється десятками і навіть сотнями років. З цього випливає, що вибір заходів захисту від шкідливого впливу гірничих робіт необхідно встановлювати на основі порівняння гранично допустимих деформацій об'єктів з приростом деформацій земної поверхні за час існування ціликів, а не з кінцевими деформаціями поверхні, як це робиться, наприклад, при розробці вугільних родовищ.

Друга особливість деформування поверхні полягає в порівняно швидкому формуванні плоского дна мульди зсуву і в збереженні його протягом періоду при забезпеченні рівномірності деформування міжкамерних ціликів. Третьою особливістю деформування земної поверхні є перемінна швидкість її осідання з початком прискорення в момент, коли деформація міжкамерних ціликів досягає 0,5—1,5% від їхньої висоти. Із цього виходить, що якщо як захід, який забезпечує рівномірність деформування міжкамерних ціликів, застосовується закладка, то її потрібно здійснювати до досягнення деформаціями критичного значення, тобто 0,5—1,5% їх висоти.

Четверта особливість полягає в реалізації кінцевих осідань земної поверхні через повзучість рудомістких і бокових порід під дією ваги вище розташованої товщі. При відробці великих потужностей рудних тіл без закладки, кінцеві деформації зсуву досягнуть таких величин, при яких жодні економічно обґрунтовані конструктивні заходи захисту не врятують розташовані тут об'єкти від руйнування.

Аналіз досвіду відробки калійних рудників показує, що основною особливістю мінеральних солей, яка визначає спосіб ведення гірничих робіт при добуванні, є хороша їх розчинність у воді. Соляні родовища можуть відроблятися тільки такими системами розробки, при яких виключаються небезпечні деформації її водозахисної товщі, які приводили б до порушень їх суцільності і

появи водопровідних тріщин. Більше за все для цих умов підходять системи з жорсткою підтримкою налягаючої товщі бокових порід міжкамерними ціликами.

Багаточисленними результатами лабораторних досліджень і натурних спостережень, які проводились в умовах експлуатації калійних рудників, встановлено, що як зразки соляних і соленосних порід, так і міжкамерні цілики в тих випадках, коли ступінь їх навантаження не перебільшує тривалої ($[c] < 0,35$), деформуються без росту руйнування з затуханням швидкості деформування (ситуація першого типу). Відбувається це в основному за рахунок їх зміцнення у зв'язку з поступовою зміною в процесі деформування співвідношення їхньої ширини до висоти (b/m). В цьому випадку при відсутності росту висоти ціликів за рахунок обвалення порід покрівлі (або видавлювання в камери порід підешви) графіки наростання в часі осідань земної поверхні і зміни швидкості цих осідань, поділяються в подібних умовах на дві ділянки (рис. 1 та рис. 2). Перша ділянка $z(t)$ являє собою, як для осідань так і для швидкості осідань, монотонно зростаючі ввігнуті відрізки кривої, які закінчуються при досягненні виробленим простором таких розмірів, які відповідають умовам повної підробки земної поверхні, або досягненню максимальних розмірів цього простору, якщо умови повної підробки не виконуються. При виконанні цих умов навантаження на міжкамерні цілики досягнуть максимуму і стабілізуються.

Друга ділянка графіка (рис. 1) наростання осідань $Y(t)$ в часі являє собою також монотонно зростаючу, але випуклу ділянку кривої, яка закінчується виходом на горизонталь, ордината якої відповідає кінцевому осіданню.

Друга ділянка графіка (рис. 2) зміни в часі швидкості осідання земної поверхні $Y(t)$, яка починається з його екстремального значення, являє собою монотонно спадаючий ввігнутий відрізок кривої, який закінчується нульовою ординатою.

В тих же випадках, коли ступінь навантаження зразків соленосних порід або складених із цих порід міжкамерних ціликів перебільшує довготривалу, при їх деформуванні проходить ріст руйнування і закінчується втратою МКЦ несучої спроможності (другий тип ситуації). Обидва ці графіки також поділяються на подібні ділянки, однак межею їхнього поділу є не досягнення

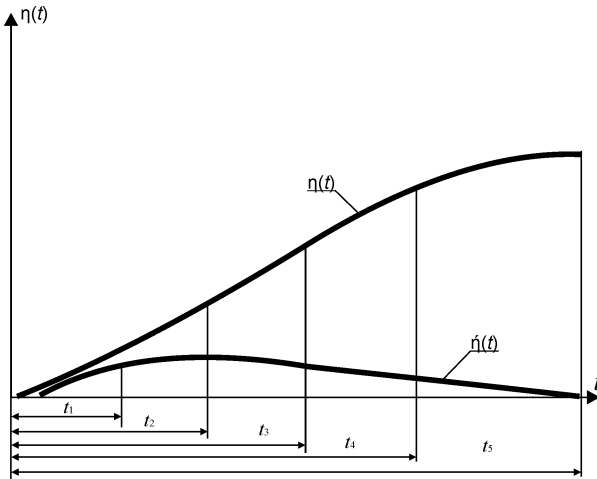


Рис. 1. Графік наростання осідань без руйнування МКЦ.

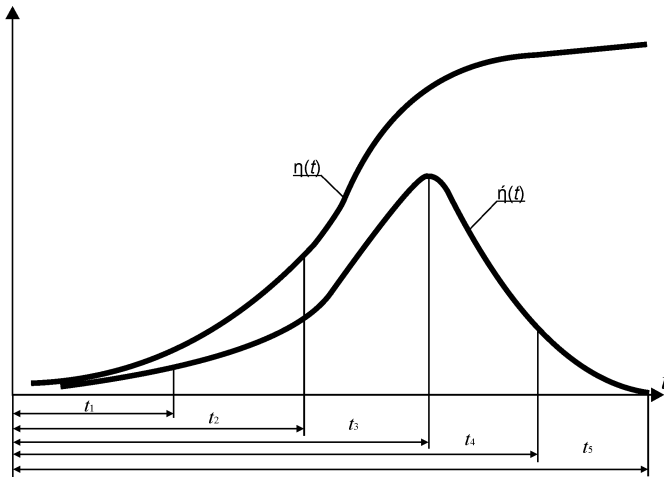


Рис. 2. Графік наростання осідань з руйнуванням МКЦ.

максимальних навантажень, а досягнення мінімальної замежевої несучої спроможності ціликів, які деформуються (руйнуються).

При цьому в процесі осідання земної поверхні, яка викликана деформуванням ціликів, виділяють 5 періодів, межами яких є 5 характерних точок, які відповідають:

1-й період — досягнення відробленими просторами розмірів, які характеризують умови повної підробки земної поверхні, або його максимальних розмірів, якщо умови повної підробки не виконуються;

2-й період — досягнення критичних деформацій ціликами, після чого починається втрата їх несучої спроможності (наступає прогресуюча повзучість);

3-й період — досягнення швидкості деформації ціликів максимуму, який відповідає максимальній втраті їх несучої спроможності;

4-й період — зменшення швидкості деформації ціликів до величин, при яких її зменшення в часі стає практично постійним. Це відповідає ущільненню зруйнованих ціликів, яке супроводжується зміною їх форм;

5-й період — монотонне зменшення швидкості деформування „нових ціликів». Цей період відповідає деформуванню зруйнованих ціликів до повного заповнення пустот, які залишилися в камерах.

Тепер визначимо критичні деформації МКЦ на першому горизонті.

Відробка горизонту +190 м на дільниці Східне поле Голині проводилась з 1967 по 1982 роки на пластах ЛК-1, ЛК-2, ЛК-3, ЛК-3 Верхній, ЛК Верхній. Міжкамерні цілики на першому горизонті перебувають під довготривалим навантаженням (біля 40 років), знаходяться в напружено-деформованому стані в стадії сталої повзучості і деформуються з утворенням мікротріщин. Наявність мікротріщин в МКЦ приводить до зменшення міцності порід, з яких складаються цілики. За даними досліджень [5], проведених в умовах рудника “Ново-Голинь», встановлено, що поява мікротріщин в калійних рудах і вміщуючих породах, приводить до зменшення міцності цих порід на 2—4%, а відповідно і до зменшення стійкості МКЦ. При проникненні розсолів через мікротріщини в ціликах зменшиться їхня стійкість, що приведе до інтенсивного осідання земної поверхні. Основні характеристики всіх ділянок пластів приведемо в табл. 1.

Для того щоб встановити характер впливу розсолів на цілики, потрібно визначити ступінь їхньої деформованості. Для цього використаємо результати інструментальних вимірів осідання земної поверхні, а також виконаємо розрахунок стійкості міжкамер-

Таблиця 1

**Основні характеристики ділянок відроблених пластів горизонту +190
ділянки Східне поле Голині**

№ пл	Найменування пластів	№№ камер	Розмір ділянки		Коефі-цієнт підробки	Середня глибина розробки, м	Коефі-цієнт відобутку	Середня потужність, т, м	Середня ширина камер, т, м	Середня ширина ціпка, т, м	Кут падіння α , град.	Роки відроб-ки 19... 19...
			D ₁ , м	D ₂ , м								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	ЛК-2	9а-19	260	220	1	100	0,45	17	10	7,7	25	67-70
2	ЛК-2	2-8	130	60	0,5	100	0,45	16	10	7,7	25	67-70
3	ЛК-2	23-27	80	120	0,58	100	0,5	18	10	7,7	25	69-72
4	ЛК-2	20а-21	50	80	0,35	95	0,5	15	10	7,7	25	70-71
5	ЛК-1	6-32	260	150	0,89	110	0,48	15	10	7,7	20	69-71
6	ЛК-1 верх	2-8	120	100	0,67	110	0,5	34	13	12	0	74-75
7	ЛК-1	1/1 5/1 10а-11а	160	106	0,65	120	0,5	7	10	7,7	15	79-82
8	ЛК-3	38-56	330	80	0,67	100	0,55	19	10	7,7	25	74-76
9	ЛК-3	37-28	270	130	0,89	100	0,54	12,8	10	7,7	12	73-74
10	ЛК-3	6-24 24б24ж	330	90	0,77	90	0,55	17	10	7,7	22	67-72
11	ЛК-1	8-22а 10а-10е 36-45	270	440	1	100	0,55	13	10	7,7	17	70-77
12	ЛК-1	36а-36	130	50	0,54	85	0,56	6	10	7,7	5	77-78

них ціликів. Виміри осідання земної поверхні, яке є функцією деформування ціликів, почалися над рудником в 1968 році і проводяться щорічно до теперішнього часу. Результати вимірів показують, що процес зсуву на ділянці Східне поле Голині знаходиться в початковій стадії, але з різними швидкостями осідань над різними ділянками пластів — від 2—3 мм/рік до 5—7 мм/рік.

В останні роки після заливки нижніх горизонтів розсолами, над деякими ділянками, швидкості осідання різко збільшились від 25 мм/рік до 78 мм/рік (репер № 15). Утворюються локальні мульди осідання над всіма пластами, глибина яких коливається від 50 мм до 262 мм.

Багаторічними спостереженнями за зсувом земної поверхні встановлено, що швидкості деформування міжкамерних ціликів залежать від ступеня їхнього навантаження, який є часткою від ділення навантаження на їх несучу спроможність і збільшується з ростом цього ступеня. Такий режим деформування зберігається лише протягом часу, доки деформації ціликів не досягнуть критичних значень, які залежать від складу порід і відношення ширини ціликів до їхньої висоти. Після досягнення критичних деформацій, швидкості деформування міжкамерних ціликів починають різко збільшуватись, а саме цілики втрачають свою несучу спроможність і руйнуються. Для визначення стійкості ціликів будемо користуватись наступним положенням [4]:

- за термін служби міжкамерного цілика приймається час, після закінчення якого його деформації досягають граничних (критичних) значень, і він вступає в стадію прогресуючої повзучості, яка проявляється на земній поверхні в активній стадії процесу зсуву;
- протягом терміну служби міжкамерного цілика його деформування характеризується швидкістю сталої повзучості, яка в основному залежить від ступеня навантаження цілика і від відношення його ширини до висоти b/m ;
- в першому наближенні швидкість сталої повзучості ціликів може бути описана у функції від ступеня їхнього навантаження залежностями, які надані в півлогарифмічних координатах.

Термін служби міжкамерних ціликів (МКЦ) (без закладки) будемо знаходити для всіх відпрацьованих камер горизонту +190 м окремо (табл. 1).

В першу чергу знаходимо ступінь навантаження МКЦ для певної ділянки зі своїми параметрами розробки [6]

$$C = \frac{\gamma \cdot H_{\text{сер}} \cdot (a + b) \cdot (a' + l)}{\delta \cdot (b - 1) \cdot (l - 1) \cdot 1.4 \sqrt{(b - 1) / m}} \cdot N \cdot \cos \alpha, \quad (1)$$

де d — кубикова міцність рудоміського масиву м/м^2 .

Згідно з роботою [2] для розрахунку приймаємо наступні значення:

каїніт — 40 МПа; сильвініт та соленосна глина — 25–30 МПа; каїніто-лангбейніт — 45 Мпа, γ — питома вага покриваючих порід, ($2,1 \text{ м/м}^2$); $H_{\text{сер}}$ — середня глибина залягання відроблених ділянок, m ; $a' + l$ — ширина просіку і віддаль між ними, m ; m — висота міжкамерних ціликів, m ; α — кут падіння пласта, град; N — коефіцієнт підробки земної поверхні

$$N = \sqrt{n' \cdot n''} \quad (2)$$

де n' — коефіцієнт підробки земної поверхні навхрест простягання; n'' — коефіцієнт підробки земної поверхні за простяганням;

$$n' = 0,8 \left(D_1 / H_{\text{сер}} - 0,15 \right), \quad n'' = 0,8 \left(D_2 / H_{\text{сер}} - 0,15 \right),$$

де, D_1 і D_2 — розміри виробленого простору навхрест простягання і за простяганням, m ;

Для точки з максимальним осіданням земної поверхні кожної ділянки (Т.1—Т.17) знаходимо за рис. 3 швидкість сталої повзучості міжкамерних ціликів (σ).

За рис. 4 знаходимо критичну деформацію ($\epsilon_{\text{кр}}$) міжкамерних ціликів для кожної ділянки, після досягнення якої цілики втрачають свою несучу спроможність. Наприклад, для ділянки № 1 (табл. 2) при відношенні ширини міжкамерних ціликів (b) до їх висоти (m), яка дорівнює $b/m = 0,45$ критична деформація становить 0,35% від висоти ціликів, тобто 59 мм.

При швидкості сталої повзучості $\sigma = 0,006\% \text{ 1/рік}$, критична деформація буде досягнута в 2028 році, якщо вироблені пустоти

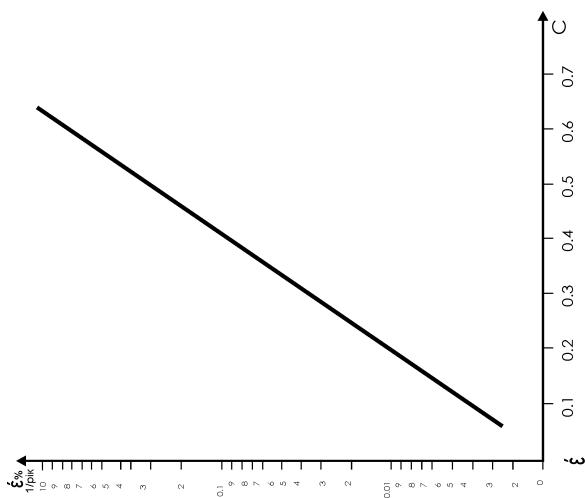


Рис. 3. Залежність швидкості сталі повзу-
чості МКЦ ϵ від ступеня (C) їх навантаження.

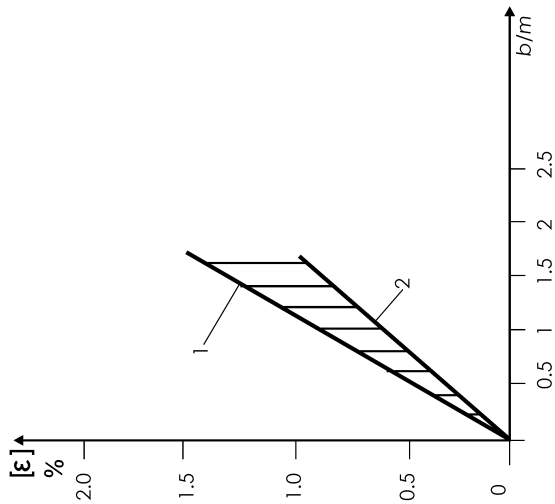


Рис. 4. Залежність повної повздовжньої дефор-
мації кайнитової руди від співвідношення (b/m) і
вмісту H_2O

- 1 — відповідає вмісту H_2O — 8%;
- 2 — відповідає вмісту H_2O — 25%.

Таблиця 2

Визначення критичної деформації МКЦ на горизонті +190 ділянці Східне поле Голині

№ п/п	Найменування пластів	№, № камер	H _{пер.} , м	α _{пер.} , м	h _{пер.} , м	п _{пер.} , м	blm	N	C	ε ⁰ /рік, мм/рік	ε _{спл} ⁰ %, мм
1	ЛК-2	9а-19	100	10	7,7	17	0,45	1	0,14	0,006	0,35
	ЛК-3 верх	7-18								1,0	59
2	ЛК-2	2-8	100	10	7,7	16	0,48	0,5	0,06	0,003	0,38
3	ЛК-2	23-27	100	10	7,7	18	0,43	0,58	0,1	0,004	0,33
										0,7	59
4	ЛК-2	20а-21	95	10	7,7	15	0,51	0,35	0,06	0,003	0,40
										0,5	60
5	ЛК-1	6-32	110	10	7,7	15	0,51	0,89	0,15	0,0065	0,40
										1,0	60
6	ЛК верхній	2-8	110	13	12	34	0,35	0,67	0,11	0,0041	0,25
										1,4	85
7	ЛК-1	1/1-5/1 10а, 11а	120	10	7,7	7	1,1	0,65	0,08	0,0038	0,9
										0,3	63
8	ЛК-3	38-56	100	10	7,7	19	0,4	0,67	0,1	0,004	0,30
										0,8	57
9	ЛК-3	37-28	100	10	7,7	12,8	0,6	0,89	0,12	0,005	0,49
										0,6	51
10	ЛК-3	6-24 24б-24ж	90	10	7,7	17	0,45	0,77	0,1	0,004	0,35
										0,7	59
11	ЛК-1	8-22а, 10а 10г, 36-45	100	10	7,7	13	0,59	1,0	0,13	0,0055	0,48
										0,7	62
12	ЛК-1	36а-36	85	10	7,7	6	1,3	0,54	0,04	0,0025	1,0
										0,2	60

не заливати. Аналогічні розрахунки зроблені для всіх ділянок і зведені в таблиці 2.

З таблиць та досвіду ліквідації порожнин рудника „Калуш» видно, що на тих ділянках, де значення деформацій міжкамерних ціликів, досягли критичних, слід очікувати збільшення швидкостей осідання, тобто на ділянках №№ 1, 3, 6, 8, 9, 10, 11 дільниці Східне поле Голині.

Вплив розсолів, які закачувалися в 2006—2007 роках з акумулюючої ємності № 1 Домбровського кар'єру та хвостосховища № 2, на стійкість міжкамерних ціликів першого горизонту рудника “Ново-Голинь” поки що не виявлено. Подальше заповнення такими розсолами виробок першого робочого горизонту, який знаходиться найближче до земної поверхні, може призвести до значного збільшення деформації гірничого масиву. Після заповнення розсолами більше від половини горизонту, внаслідок проникнення якого по глинистих прошарках, МКЦ можуть вступити в стадію прогресуючої повзучості, що приведе до різкого збільшення швидкості осідання земної поверхні.

Над шахтним полем рудника “Ново-Голинь” процес зсуву земної поверхні знаходиться в початковій стадії з утворенням локальних мульд осідання практично над всіма пластами. До впливу закладки виробленого простору максимальні швидкості осідання земної поверхні коливались в межах від 1 до 7 мм/рік. З 2003 року швидкості осідання над деякими ділянками почали збільшуватись і в 2007 році досягли значень 75—78 мм/рік (репери №№ 13—16, дільниця Східне поле Голині). Таке збільшення пояснюється впливом розсолів на міжкамерні цілики горизонтів +90 м і + 140 м, які вступають в стадію прогресуючої повзучості.

* * *

1. *Боднар Г. В.* Дослідження деформацій та осідань над гірничими виробками Калуш-Голинського родовища калійних солей // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва / Зб. наук. праць. — Львів: Ліга-Прес, 2006. — № 2. — 328 с.

2. *Нестеров М. П., Цимбаліста Г. Д.* Визначення очікуваних деформацій земної поверхні на Калуш-Голинському родовищі // Хімічна промисловість України. — 1995. — № 2. — С. 20—23.

Розділ 2. Проблеми природокористування

3. *Тарасов Б. Г., Гаркушин П. К., Глоба В. М.* Сдвигение горных пород на Калушском калийном руднике // Горный журнал. — 1991. — № 2. — С. 43—45.

4. *Временные указания* по охране сооружений природных объектов от вредного влияния подземных горных выработок и по охране рудников от затопления в условиях Калуш-Голынского месторождения калийных солей. — Л.: ВНИИГ, 1981. — 282 с.

5. *Хмара И. Е.* Разработка способов уменьшения зон нарушенности междукамерных целиков путём управления взрывным разрушением калийных руд. Дис. ... канд. техн. наук. — М.: МГИ, 1981. — 214 с.

Отримано: 18.02.2008 р.