

553.98(477.8)

П66

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

ГОПТАРЬОВА НАТАЛІЯ ВІКТОРІВНА

УДК 553.981/982 (477.8)

ГЕОЛОГО-ФІЗИЧНІ ЧИННИКИ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ  
ПОРОДНИХ МАСИВІВ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ КОЛОН СВЕРДЛОВИН  
НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ ВНУТРІШНЬОЇ ЗОНИ  
ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

04.00.17 – Геологія нафти і газу

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геологічних наук



Івано-Франківськ - 2003

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України

**Наукові керівники:**

- доктор геолого-мінералогічних наук, професор **Гуцька Нестор** **Никодимович**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, професор кафедри теоретичних основ геології
- доктор геолого-мінералогічних наук, професор **Масвський Борис Йосипович**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ

**Офіційні опоненти:**

- доктор геолого-мінералогічних наук, професор **Осадчий Віталій Григорович**, Інститут геології і геохімії горючих копалин Національної академії наук України та НАК "Нафтогаз України", старший науковий співробітник
- кандидат геолого-мінералогічних наук, **Кузьмик Леонтій Мойсейович**, Центральна науково-дослідна лабораторія ВАТ "Укрнафта", начальник геологічного відділу

**Провідна установа:**

Львівське відділення Українського державного геологорозвідувального інституту, Міністерство екології та природних ресурсів України, м. Львів

засі  
наці  
Укр  
2003 р. о 14<sup>30</sup> годині на  
052.01 при Івано-Франківському  
Міністерства освіти і науки  
ка, 15).

Івано-Франківського  
Франківськ,  
віл. І

Г.О.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** В умовах гострого дефіциту сировинних і паливно-енергетичних ресурсів важлива роль належить збільшенню видобутку нафти і газу на вже відкритих та облаштованих родовищах за рахунок раціонального використання і збереження наявного фонду видобувних і нагнітальних свердловин, що передбачено національною програмою "Нафта і газ України до 2010 року".

Виконання цього важливого завдання в складних геологічних умовах супроводжується різними ускладненнями та аваріями, серед яких основним є пошкодження експлуатаційних колон у свердловинах. В результаті кількість нагнітальних і видобувних свердловин постійно зменшується, особливо в період переходу розробки родовищ у завершальну стадію експлуатації. Внаслідок цього, значна частина наявних запасів нафти не видобувається, що призводить до втрат паливно-енергетичних ресурсів. Характерними в цьому відношенні є Долянське, Північнодолинське, Струтинське, Спаське, Орів-Уличнянське, Битківське та інші родовища Передкарпатського передового прогину, на яких в склепінних частинах структур більше 50% свердловин ліквідовано з технічних причин із-за порушення суцільності експлуатаційних колон. При цьому ці процеси деформування колон продовжуються і зараз при розробці родовищ. Переважна більшість дослідників вважає, що зім'яття колон проходить у пластичних глинистих і соленосних породах.

Однак основними причинами виникнення пластичної деформації глинистих і соленосних порід на нашу думку можуть бути прояви тектонічних рухів, зумовлених геодинамічними процесами та змінами термогідродинамічних параметрів покладів в результаті їх розробки. Саме тому проблема вивчення впливу геолого-фізичних чинників на активізацію деформаційних процесів породних масивів і експлуатаційних колон свердловин на родовищах Внутрішньої зони Передкарпатського прогину є надзвичайно важливою та актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Проведені автором дослідження є складовою частиною бюджетної теми: "Вплив геодинамічних процесів на характер розробки нафтогазових родовищ Карпатського регіону" кафедри теоретичних основ геології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Одночасно, виконана робота є складовою частиною держбюджетної теми Д-7-Ф науково-дослідного інституту нафтогазових технологій ІФНТУНГ "Дослідження зон геодинамічних напруг Карпатського регіону та їх вплив на сорбційно-фільтраційні показники г-рських



порід, умови формування нафтових і газових родовищ та їх розробку” (державний реєстраційний № 0198U002715).

**Мета і задачі досліджень.** Метою досліджень є виявлення причин, які призводять до активізації деформаційних процесів породних масивів і впливають на порушення цілісності експлуатаційних колон свердловин, та їх запобігання з метою підвищення ефективності нафтовилучення.

Поставлена мета досягається вирішенням наступних задач:

1. Теоретичне обґрунтування причин деформації порід при розробці родовищ вуглеводнів.

2. Узагальнення даних розробки нафтогазових родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину на різних режимах роботи покладів і виявлення геологічних факторів, що призводять до активізації деформаційних процесів під час їх розробки.

3. Вивчення та аналіз впливу геолого-фізичних чинників на порушення суцільності експлуатаційних колон свердловин.

4. Розроблення заходів щодо уникнення порушення експлуатаційних колон свердловин.

**Об’єкт дослідження.** Породні масиви і експлуатаційні колони свердловин нафтогазових родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину.

**Предмет дослідження.** Геолого-фізичні чинники деформаційних процесів породних масивів і експлуатаційних колон свердловин нафтогазових родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину.

**Методи дослідження:** структурно-тектонічні методи побудови геологічних розрізів, петрографічні методи вивчення складу гірських порід з використанням шліфів керну, гідродинамічні та геофізичні методи дослідження свердловин і математична обробка одержаних результатів.

**Фактичним матеріалом** послужили фондові та опубліковані геолого-геофізичні матеріали з геологічної будови, нафтогазоносності та розробки трьох нафтогазопромислових районів Внутрішньої зони Передкарпатського прогину (Бориславського, Долинського та Надвірнянського), а також результати аналізу досліджень зразків керну з метою оцінки фізичних властивостей гірських порід. Робота виконана під час навчання в очній аспірантурі при кафедрі геології та розвідки нафтових і газових родовищ ІФНТУНГ.

**Наукова новизна одержаних результатів.** До найважливіших наукових результатів дисертації необхідно віднести:

- виявлення геолого-фізичних чинників порушення експлуатаційних колон свердловин та їх систематизацію;

- встановлення на нафтогазових родовищах Внутрішньої зони Передкарпатського прогину зон активізації деформаційних процесів за інтенсивністю проявів тектонічних рухів та деформацій осадових товщ;
- виявлення залежності деформацій і зсувів масиву гірських порід від зниження пластового тиску в процесі розробки нафтогазових родовищ;
- встановлення впливу зміни термогідродинамічних параметрів у покладах під час розробки родовищ на виникнення тектонічного зсуву.

#### **Основні положення, які захищаються:**

1. У межах нафтогазових родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину встановлені зони активізації деформаційних процесів, які характеризуються різною інтенсивністю проявів тектонічних рухів.

2. Виникнення деформацій і зсувів масиву гірських порід пов'язане зі зміною їх напруженого стану, зумовленого літолого-фаціальними особливостями розрізу, зниженням пластового тиску в процесі розробки родовищ та безпосередньою зміною термогідродинамічних параметрів у покладах.

3. Заходи щодо уникнення порушення експлуатаційних колон свердловин пов'язані з регулюванням об'ємів нагнітання води у поклад та недопущенням різких змін температури, закладанням похилоскерованих свердловин, зміцненням експлуатаційних колон свердловин.

**Практичне значення одержаних результатів.** У дисертаційній роботі вперше представлені карти-схеми зон геотехногенної порушеності родовищ за даними інформації про порушення експлуатаційних колон свердловин. Виділено зони активізації деформаційних процесів у межах родовищ, які необхідно враховувати при плануванні буріння експлуатаційних свердловин з метою уникнення їх порушеності в процесі розробки родовищ і особливо при заводненні покладів з метою інтенсифікації нафтовидобутку.

**Особистий внесок здобувача.** Особисто здобувачем побудовано карти-схеми геотехногенної порушеності родовищ і визначено зони активізації деформаційних процесів, які відрізняються інтенсивністю проявів тектонічних рухів та деформацій осадових товщ; побудовано графічні та встановлено аналітичні залежності зміни пористості гірських порід від зміни пластового тиску; побудовано графік розподілу напруг зсуву з віддаленням від зон дренажу свердловин у межах родовищ; виявлено і показано графічно зміну вологості порід в залежності від пластової температури та розподіл її в пристовбурній зоні глинистих порід.

Результати проведених досліджень та їх наукові висновки опубліковано здобувачем самостійно або в спільних працях і звітах науково-дослідних робіт.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу (Івано-Франківськ, 1999, 2000, 2001), на 6-й Міжнародній конференції “Нафта і газ України – 2000” (Івано-Франківськ, 2000) та на конференції “Теоретичні та прикладні проблеми нафтогазової геології та промислової геофізики” (Київ, 2000).

**Публікації.** За темою дисертації автором опубліковано 11 праць, із них 6 статей (в тому числі 3-и одноосібних), з яких 4 статті у виданнях, рекомендованих ВАК України, і 5 тез доповідей на науково-технічних конференціях (з них 2-і одноосібних).

**Об’єм і структура роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків та рекомендацій і містить 178 сторінок машинописного тексту, 46 рисунків, 14 таблиць. Список використаних джерел включає 109 найменувань.

Автор висловлює подяку викладачам кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за сприяння, допомогу та підтримку у виконанні дисертації: доктору геолого-мінералогічних наук, професору О.О. Орлову, кандидатам геолого-мінералогічних наук, доцентам Л.С. Мончаку, М.В. Ляху, кандидатам геологічних наук, доцентам В.Г. Омельченку, О.М. Трубенку, кандидату геолого-мінералогічних наук, провідному науковому співробітнику Г.О. Жученку, доценту О.Є. Лозинському, кандидату геолого-мінералогічних наук, доценту, завідувачу кафедри теоретичних основ геології О.Р. Стельмаху.

Особисто автор висловлює глибоку подяку науковим керівникам: доктору геолого-мінералогічних наук, професору [Н.Н. Гуньці] та доктору геолого-мінералогічних наук, професору Б.Й. Маєвському за керівництво, постійну увагу та цінні поради при виконанні дисертаційної роботи.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

### СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА АКТИВІЗАЦІЮ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ОСАДОВИХ ТОВЩ

Деформації гірських порід приділяється багато уваги. Зокрема, слід відмітити доробки В.М. Добриніна, Н.Н. Павлової, Ю.П. Желтова, які у своїх працях показали різнобічний вплив геологічних факторів на деформацію та колекторські властивості гірських порід.

Про пластичну деформацію глинистих порід у процесі буріння та експлуатації свердловин вперше згадує Ф.І. Котяхов, який довів, що пластичні

деформації порід ведуть не тільки до порушення пластів, але і до руйнування експлуатаційних колон.

Порушення і злом експлуатаційних колон часто пов'язують зі складністю геологічних умов, або з технічними причинами, які виникають в процесі буріння та експлуатації свердловин. Однак, в тому чи іншому випадках, не дається науково обгрунтованих пояснень механізму утворення цих дефектів. На думку багатьох дослідників (В.С. Войтенко, І.Х. Мамедов, Г.А. Стрілець, Б.С. Філатов та ін.) порушення експлуатаційних колон свердловин відбувається під дією пластичної деформації глинистих і соленосних порід, які можуть виникати як в результаті проявів тектонічних рухів, пов'язаних з геодинамікою складчастих споруд, так і тектонічних рухів, зумовлених зміною термогідродинамічних параметрів покладів.

Проблемі порушення обсадних колон в експлуатаційних свердловинах приділялась значна увага науковців Передкарпаття, зокрема, А.А. Федорова, Я.С. Коцкулича та І.М. Ковбасюка. Ними проаналізовано причини пошкоджень обсадних колон і, перш за все, звернута увага на неякісне цементування і недосконалий розрахунок колон на міцність.

Із аналізу вивченості даної проблеми випливає, що на деформацію гірських порід значний вплив мають геодинамічні процеси та складність геологічної будови того чи іншого регіону, а також розробка нафтових і газових родовищ, що призводить до зміни термогідродинамічних параметрів покладів: пластового тиску, температури та ін. Однак, на сьогодні остаточного науково обгрунтованого вирішення проблеми виникнення деформаційних процесів гірських порід і відповідно експлуатаційних колон свердловин не існує. Про вплив геолого-фізичних чинників на деформацію гірських порід для родовищ Передкарпатського прогину обгрунтованих висновків не зроблено. Такий стан вивченості даної проблеми вказує на надзвичайну її важливість і вимагає подальшого всебічного вивчення.

Вперше зроблена спроба систематизувати види деформації порід, які виникають під час активізації тектонічних рухів, і є причиною порушення експлуатаційних колон (див.табл. 1).

Таблиця 1

## Систематизація деформаційних процесів

Процеси, що спричиняють деформації	Види деформацій	Зони, де виявлені порушення колон
Тектоногеодинамічні	1) пружний згин порід	Склепінна і присклепінна частина складки
	2) пластична деформація глинистих порід	Зона тектонічного порушення
	3) тектонічне зміщення пластів	

Процеси, що спричиняють деформації	Види деформацій	Зони, де виявлені порушення колон
"Термобарогідродинамічні"	1) ущільнення колектора	Склепінна і присклепінна частина складки, зони тектонічних порушень, зони пластичних порід
	2) зсув гірського масиву над покладом, який розробляється	
	3) текучість глинистих і соленосних порід	
	4) осідання земної поверхні	
	5) набухання порід і підняття земної поверхні	

Таким чином, встановлено, що порушення і злом експлуатаційних колон свердловин пов'язані, в першу чергу, із складністю геологічних умов, геодинамічними та деформаційними процесами, що є характерними для певних територій, а також з особливостями розробки нафтових і газових родовищ.

### **ВПЛИВ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ ВНУТРІШНЬОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ НА ДЕФОРМАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ПОРОДНИХ МАСИВІВ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ КОЛОН СВЕРДЛОВИН**

Аналіз геолого-геофізичних даних показує, що зім'яття обсадних колон має місце як в процесі будівництва, так і в процесі експлуатації свердловин. При цьому більшість випадків зім'яття мали місце в період експлуатації свердловин.

На основі детальної геолого-промислової характеристики родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину проведено аналіз промислових даних з розробки Долинського, Північнодолинського, Битків-Бабченського та Орів-Уличнянського родовищ. В межах кожного з них виділено зони активізації деформаційних процесів, в яких відбуваються порушення експлуатаційних колон свердловин. Згідно проведених досліджень ці зони відрізняються між собою інтенсивністю проявів сучасних тектонічних рухів.

Складені карти-схеми геотехногенної порушеності родовищ, які дозволили виявити закономірності зім'яття обсадних колон свердловин в залежності від геологічної будови родовищ, та побудовані геологічні розрізи, які дають уяву про інтервали деформаційних процесів у гірських породах.

За даними геолого-геофізичних досліджень встановлено, що інтервали порушення колон пов'язані з відкладами поляницької та воротищенської світ (міоцен) Долинської, Північнодолинської, Орівської, Уличнянської та Битківської Глибинної складок, з поляницькими (міоцен) і менілітовими (олігоцен) відкладами Берегового насуву, а також відкладами верхньоменілітової підсвіти (олігоцен) Долинської та Орівської складок. Аналіз значної кількості кернавого та геофізичного матеріалів дозволив провести детальну літологічну характеристику



цих товщ у зонах активізації деформаційних процесів. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що зім'яття колон проходить в глинисто-соленосних відкладах воротищенської і поляницької світ (міоцен), причому здебільшого в пропластках чистої солі (галіту) або дуже засолених глин, здатних до пластичної течії. Встановлено, що причиною порушення колон свердловин є пластична деформація глинистих і соленосних порід.

## **ВПЛИВ ГЕОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ФОРМУВАННЯ ПЛАСТИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ГЛИНИСТИХ ПОРІД**

Особливої уваги при виявленні причин порушення експлуатаційних колон свердловин заслуговують такі геодинамічні дослідження (В.П. Палієнко, 1997), як:

- уточнення розташування активних розломів;
- аналіз усадкованості рухів шляхом співставлення графіків амплітуд і швидкостей сучасних тектонічних рухів;
- оцінка напруженого стану земної кори та його зміна в просторі і часі.

Деформації порід, з якими пов'язані зсувні процеси, зумовлені складними вертикальними та горизонтальними рухами земної кори, яких зазнали локальні неотектонічні структури Передкарпатського прогину за неоген-четвертинний період.

Розглянуті окремі аспекти геодинамічного розвитку Карпатського регіону в неоген-четвертинний період. На основі сучасних уявлень про геодинаміку та особливості формування покрито-насувних зон можна зробити висновок, що в насувних зонах на енергетичний фон осадових порід, який сформувався в доскладчастий період, накладається потужні тектонічні напруги, які призводять до інтенсивних деформацій порід (С.А. Батуґін, 1968).

Висвітлена сучасна уява про тектонічну порушеність Долинського нафтопромислового району, на основі якої обґрунтовані прояви деформаційних процесів у зонах активних розломів. Встановлено, що розривні порушення, які розташовані в склепінній і присклепінній частинах складки є більш активними, ніж розташовані на крилах. З віддаленням від склепіння складки і зменшенням амплітуди тектонічного порушення взаємозв'язок між мінеральними частинками збільшується, і пласт стає більш стійким, що призводить до зменшення його порушеності, за рахунок чого термін служби експлуатаційних колон збільшується.

Така приналежність має певне пояснення. Зони активних розломів являють собою неоднорідну область, яка й зумовлює велику густину дефектів; у зоні тектонічного порушення більш слабші сили взаємозв'язку між окремими

частинками скелету пласта. Тому в цих умовах відбуваються деформаційні процеси, що призводять до зміни фізичних властивостей порід у прирозломних і надрозломних зонах, тобто розушільнення порід і виникнення додаткової тріщинної ємності.

На основі великої кількості матеріалу (В.С. Лесюк, 1973) проведене зіставлення тектонічних порушень з різними екрануючими властивостями (провідні, низькопровідні, тектонічні екрани) із свердловинами, в яких порушені експлуатаційні колони. Встановлено, що більшість із цих свердловин приурочені саме до зон провідних і низькопровідних тектонічних порушень.

Крім того, виявлено зв'язок між віддачею пласта і сучасними рухами земної кори. Інтенсивність і направленість сучасних тектонічних рухів супроводжується не тільки змінами провідності тектонічних порушень і взаємозв'язку між окремими продуктивними горизонтами, але і суттєво впливає на параметри розробки покладів.

Для оцінки інтенсивності прояву тектонічних рухів та їх впливу на параметри розробки нафтових покладів проаналізовані режими роботи видобувних свердловин. Найбільш високу інформативність дала величина коефіцієнту продуктивності свердловин. Встановлено, що найбільші коефіцієнти продуктивності характерні для свердловин, що знаходяться в зоні Берегового насуву. Тут тектонічні рухи найінтенсивніші, що привело до покращення смісно-фільтраційних властивостей порід-колекторів. Круте підгорнуте крило Долинської складки характеризується менш інтенсивними тектонічними рухами, про що свідчать дещо нижчі коефіцієнти продуктивності свердловин. І, нарешті, найменша інтенсивність тектонічних рухів властива для пологого південно-західного крила Долинської складки. Коефіцієнти продуктивності свердловин тут найменші.

Таким чином, виявлено, що геодинамічні процеси є найбільш активними, в порівнянні з іншими факторами, що впливають на формування незворотніх деформацій при розробці нафтових родовищ.

## **ВПЛИВ ЗНИЖЕННЯ ПЛАСТОВОГО ТИСКУ НА ДЕФОРМАЦІЇ ГІРСЬКИХ ПОРІД**

Першопричиною або рушійною силою деформацій масиву гірських порід виступає початковий напружений стан і його зміна в процесі розробки родовищ. Основним фактором, що впливає на характер напруженого стану порід в процесі експлуатації нафтових родовищ є зниження пластового тиску на природних режимах розробки.

З метою обґрунтування впливу зниження пластового тиску на прояви деформаційних процесів, детально охарактеризовані початкові і поточні пластові тиски родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину.

В процесі експлуатації видобувних свердловин у присвердловинній зоні гірських порід спостерігається зниження поточного пластового тиску на 3-20 МПа в залежності від глибини їх залягання і фільтраційних властивостей порід-колекторів. В результаті цього породи-колектори, особливо в присвердловинній зоні, починають відчувати додаткове вертикальне навантаження, що призводить до деформації порового простору порід.

Для отримання залежності зміни ємнісних властивостей піщано-алевритових порід родовищ Передкарпатського прогину проведено аналіз результатів вивчення керну по 150 свердловинах, які розкрили основні продуктивні горизонти родовищ в інтервалі глибин 2000-3500 м. За результатами цих досліджень побудовані залежності пористості від глибини залягання і тиску ущільнення для пісковиків та алевролітів. Із побудованих залежностей випливає, що пористість зменшується з глибиною та з зростанням тиску ущільнення за рахунок об'ємного стиснення пор та ущільнення зерен продуктивного пласта.

В зв'язку з цим, важливе значення має встановлення залежності зміни пористості від основних параметрів родовища.

В залежності від зміни пластового тиску  $\Delta P$  зміна пористості пласта  $\Delta m$  визначалась з використанням теорії пружного режиму (Н.В. Гоптарьова, Н.Н. Гунька, 2000):

$$\Delta m = m_0(\rho_n \beta_n + \rho_w \beta_w) \Delta P + \beta_n \Delta P + m_0 \rho_c (1 - \frac{P_0}{P_1}), \quad (1)$$

де  $\Delta m$  - зміна коефіцієнту пористості, частки од.;

$m_0$  - початковий коефіцієнт пористості, частки од.;

$\beta_n, \beta_w, \beta_c$  - коефіцієнти стиснення нафти, води, породи, 1/МПа;

$\Delta P$  - зміна пластового тиску, МПа;

$P_0$  - початковий пластовий тиск, МПа;

$P_1$  - поточний пластовий тиск, МПа;

$\rho_n, \rho_w, \rho_c$  - нафто-, водо-, газонасиченість, частки од.

На основі цих розрахунків побудовано залежності зміни пористості від відносної зміни пластового тиску та від зміни тиску ущільнення, а також проведена оцінка впливу часу навантаження надлишковим тиском на відносну зміну пористості.

На основі даних залежностей виявлено, що характер зміни показників неоднаковий для окремих покладів родовищ. Це в першу чергу пояснюється

різними фізико-літологічними і термогідродинамічними особливостями покладів.

Зміна пластового тиску в покладі при розробці без підтримання пластового тиску може складати від одиниць до десятків МПа. Оцінку збудження, викликаного цією зміною тиску, можна розрахувати з використанням квадратичної залежності зміни напруг із збільшенням віддалі від зони дренажу свердловини (А. Надаї, 1969):

$$\tau = \frac{3S\Delta P}{4\pi r^2}, \quad (2)$$

де  $\tau$  - напруга зсуву, що розвивається (МПа) в надрах на віддалі  $r$  (км) від зони дренажу свердловини;

$S$  - площа зони дренажу свердловини, км<sup>2</sup>;

$\Delta P$  - зміна тиску в покладі, МПа.

Із співвідношення (2) визначено, що на Долинському родовищі при перепаді тиску 9,7 МПа на віддалі 1 км від зони дренажу свердловини (радіус зони дренажу свердловини приймаємо 500 м) в надрах виникає напруга зсуву 1,8 МПа, при чому з наближенням до цієї зони на 100 м напруга зростає до 180,4 МПа. Як видно, високими напругами, достатніми для того, щоб виник тектонічний зсув, охоплюється значна область масиву порід.

Аналогічні розрахунки проведені і для інших родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину. На основі цих розрахунків побудований графік розподілу напруг зсуву з віддаленням від зони дренажу свердловини.

Підсумовуючи вищенаведені результати можна зробити висновок, що найбільша ймовірність зсуву існує в еоценових покладах Долинського і Північнодолинського родовищ та в менілітовому покладі Битківського родовища. Навіть на віддалях 1000 м виникають напруги зсуву відповідно 2,2 МПа, 2,2 МПа та 2,0 МПа.

Як видно із розрахунків, високими напругами, достатніми для виникнення тектонічного зсуву, охоплюється значна область масиву порід, яка може досягнути порід поляницької і воротиченської світ. Це, в свою чергу, пояснює виникнення пластичної течії глинистих і соленосних порід в процесі розробки родовищ, що має негативний вплив на технічний стан експлуатаційних свердловин.

## **ВПЛИВ ТЕРМОГІДРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОКЛАДІВ НА ПРОЯВИ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПОРОДНИХ МАСИВІВ**

В зв'язку із зменшенням пластового тиску нижче за тиск насичення нафти газом і розвитком режиму розчиненого газу, який забезпечує відносно низькі

показники розробки і невисоку ступінь вироблення запасів, для більшості нафтових родовищ Передкарпатського прогину було запроєктоване підтримання пластового тиску нагнітанням води. Це дозволяє, в деякій мірі, підвищити дебіти свердловин. Однак, з іншої сторони, призводить до виникнення ускладнень в процесі подальшої розробки родовища. Такі ускладнення пов'язані із зниженням температури в результаті закачки в пласт холодної води.

Вважається, що одним із критеріїв зменшення стійкості глинистих порід є перезволоження. Серйозна проблема полягає в тому, що в пристовбурних зонах свердловин існують більш ніж необхідні умови для перезволоження гірських порід, одна із яких – підвищення вологості глинистих порід пристовбурної зони (Б.В. Байдюк, 1958).

Термометричні дослідження свердловин дозволили оцінити величину зміни температури гірських порід не тільки в продуктивній частині розрізу, а й у вищезалегаючих пластах. На основі проведених розрахунків побудований графік зміни вологості порід в залежності від зниження температури та виявлена закономірність зміни вологості глинистих порід у пристовбурній зоні.

Таким чином, доведено, що зниження температури пластів в результаті закачки в них холодної води для підтримання пластового тиску призводить до зміни вологості глинистих порід в пристовбурній зоні свердловини. Із зниженням температури вологість порід збільшується і лише із збільшенням віддалі від стовбуру свердловини наближається до природного значення. Такі умови є сприятливими для виникнення тектонічного зсуву в області зміни фізичних властивостей глинистих порід, що в свою чергу відбивається на технічному стані свердловин.

Одним із найважливіших показників заводнення, який визначає його ефективність, є тиск нагнітання. Дослідження нагнітальних свердловин показали, що при заданому тиску нагнітання (14-17 МПа) вода поступає в пласти з кращими колекторськими властивостями. Промислові дослідження з закачки води при підвищеному тиску нагнітання (близько 20 МПа) показали можливість деякого розширення зони приймальності, однак здійснити процес при такому тиску на всьому родовищі досить важко, а часом технічно неможливо.

Зміна товщини порід, яка приймає воду в нагнітальних свердловинах, залежить від тиску нагнітання і, в першу чергу, пов'язана з розкриттям і закриттям тріщин. За даними заводнення встановлено, що при нагнітанні рідини в пласт при певних тисках нагнітання відбувається гідророзрив (розущільнення) колектора або розкриття вже існуючих тріщин.

Для багатьох нагнітальних свердловин Долинського нафтопромислового району побудовані індикаторні криві – криві залежності приймальності

свердловин від тиску нагнітання. З аналізу цих кривих видно, що різке збільшення приймальності нагнітальних свердловин спостерігається при тисках на гирлі свердловин 8-10 МПа, що відповідає тиску на вибої 33-35 МПа і складає 0,56 від геостатичного тиску. Таке збільшення приймальності пояснюється розкриттям системи тріщин з високою приймальністю в привибійній зоні.

Виявлено, що для родовищ Долинського нафтопромислового району градієнт тиску розушільнення порід коливається в межах 0,012-0,014 МПа на 1 м глибини, в той час як середній геостатичний тиск, що виникає під дією гірських порід товщиною 1 м, становить 0,023 МПа. Такі коливання тиску розушільнення порід пов'язані з впливом багатьох факторів і, в першу чергу, з типом порід-колекторів, глибиною їх залягання, розташуванням свердловин на структурі тощо.

За фактичними даними, в інтервалі глибин 2500-3000 м критичний тиск, при якому встановлене розушільнення порід на родовищі коливався в межах 0,4-0,72 від геостатичного тиску.

Побудовані графічні залежності критичних тисків розушільнення порід-колекторів від глибини, за допомогою яких визначені їх мінімальні і максимальні значення. Так, наприклад, при глибині залягання 2500 м можлива різниця максимального і мінімального значень критичного тиску складає 5 МПа, що становить приблизно 20% від гідростатичного і 8% від геостатичного тисків при тій же глибині залягання пласта.

Таким чином, доведено, що зміна термогідродинамічних параметрів покладів впливає на виникнення деформацій і зсувів гірських порід.

## **ЗАХОДИ ЩОДО УНИКНЕННЯ ПОРУШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ КОЛОН СВЕРДЛОВИН**

*Захід 1.* З метою уникнення порушення експлуатаційних колон свердловин, пов'язаних з термогідродинамічними змінами в пластах за рахунок нагнітання води, необхідно регулювати об'єми нагнітання води та не допускати різких змін пластової температури.

Із започаткуванням процесів заводнення на Долинському родовищі різко зростає кількість свердловин із порушеними експлуатаційними колонами. Особливо висока частота дефектів припадає на 1963-1982 роки, що зумовлено збільшенням річного закачування води в поклад від 3,2 млн.м<sup>3</sup> до 4,7 млн.м<sup>3</sup>. Це свідчить про те, що саме надлишковий об'єм закачаної води  $\Delta V_v$  зумовлює неконтрольований процес розушільнення порід-колекторів і, як наслідок, спричинює деформації гірських порід. Тому для кожного родовища необхідно визначати допустимий об'єм нагнітання води, не допускаючи при цьому

збільшення об'єму річного закачування на 1,5 млн.м<sup>3</sup>, що визначено на прикладі Долинського родовища.

Крім того, пропонується зменшувати тиск нагнітання води в поклад при низьких тисках розуцільнення порід. Мінімальний градієнт тиску розуцільнення складає 0,012 МПа/м. Для таких свердловин максимальний тиск нагнітання води повинен складати 30-36 МПа на вибої свердловини. В тих випадках, коли між нагнітальними і експлуатаційними свердловинами виявляється прямий зв'язок через тріщини, слід закачувати воду при низьких тисках або взагалі припинити закачку, якщо ж встановлюється залежність обводненості продукції від пластового тиску і об'ємів закачуваної води, заводнення необхідно вести таким чином, щоб пластовий тиск в покладі не перевищував 0.8 від геостатичного тиску.

*Захід 2.* З метою уникнення порушення експлуатаційних колон свердловин, пов'язаних з геодинамічними та термогідродинамічними змінами, необхідно утриматися від будівництва нагнітальних свердловин у зонах підвищеної тріщинуватості гірських порід (склепіння, зони дроблення тектонічних порушень), а при необхідності закладати похило скеровані свердловини.

У 1980 р. Н.Н. Гунькою та М.І. Бучковською запропонований спосіб розробки неоднорідного багатопластового крутопадаючого і знизу тектонічно екранованого нафтового покладу, який дозволяє підвищити нафтовилучення із неоднорідних пластів.

В результаті проведених у дисертаційній роботі досліджень з'явилася можливість за допомогою даної методики уникнути розвитку певних процесів, які призводять до активізації деформацій гірських порід.

*Захід 3.* З метою уникнення порушення експлуатаційних колон свердловин, пов'язаних з літолого-фаціальними особливостями розрізу, на стратиграфічних границях воротищенських, поляницьких та менілітових відкладів, а також в місцях залягання чистої солі або дуже засолених глин проводити зміцнення експлуатаційних колон свердловин.

Аналіз фактичного матеріалу дозволив виділити три основних критерії фізичного стану соленосних порід в гірському масиві: 1) текучий, коли  $\frac{P_{км}}{P_g} < 1$  ( $P_{км}$  – критичний тиск текучості соляних порід, МПа;  $P_g$  – геостатичний тиск); 2) нетекучий, коли  $\frac{P_{км}}{P_g} > 1$ ; 3) критичний, коли  $\frac{P_{км}}{P_g} = 1$ .

Якщо на колону діє зовнішній деформаційний тиск, то, щоб попередити зім'яття колони, йому повинні протистояти критичний тиск на зім'яття колони та поточний пластовий тиск флюїду. Звідси випливає, що, якщо сума критичного

тиску на зім'яття колони  $P_k$  і поточного пластового тиску  $P_{плт}$ , більша від критичного тиску текучості соленосних порід ( $P_k + P_{плт} > P_{крит}$ ), то колона не буде зім'ята і, навпаки. Якщо відповідні параметри рівні, то колона перебуває в критичному стані.

Наприклад, на глибині залягання соленосних порід воротищенської світи 1300 м геостатичний тиск складає  $P_g = 32,5$  МПа, відповідно  $P_{крит} \leq 32,5$  МПа.  $P_{плт} = 17,4$  МПа. Таким чином, щоб колона не була зім'ята, необхідно, щоб  $P_k \geq 15,1$  МПа.

Це, в свою чергу, дає можливість визначити критичне значення поточного пластового тиску  $\Delta P_k$ .

$$\Delta P_k = P_{крит} - P_g \cdot K_n,$$

де  $K_n$  – коефіцієнт критичної міцності обсадних колон.

На основі вищевказаного визначається час безаварійної експлуатації свердловини, який залежить від поточного пластового тиску, критичної величини депресії на пласт і градієнту зниження поточного пластового тиску за певний проміжок часу (в добках).

## ВИСНОВКИ

У дисертації теоретично узагальнено задачі актуальної науково-практичної проблеми в області геології нафти і газу, пов'язані з активізацією деформаційних процесів породних масивів і експлуатаційних колон свердловин під час розробки нафтових і газових родовищ (на прикладі родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину).

На підставі аналізу промислових характеристик свердловин, численних геолого-геофізичних і літературних матеріалів, а також відповідних фактичних даних для Долинського, Північнодолинського, Орів-Уличнянського та Битків-Бабченського родовищ встановлено, що в їх межах існують окремі зони активізації деформаційних процесів, які відрізняються літолого-фаціальними особливостями порід, інтенсивністю проявів тектонічних рухів, зумовлених геодинамічними та термогідродинамічними процесами. Виявлено, що найбільшою інтенсивністю проявів тектонічних рухів характеризуються зони Берегового насуву, менші значення інтенсивності відповідають крутим крилам піднасуву та неперекритих насувом ділянок Долинської, Північнодолинської, Битківської Глибинної та інших складок; відповідно найменші значення інтенсивності проявів тектонічних рухів та деформацій характерні для пологих крил складок.



В результаті детальних досліджень аналітичних залежностей зміни фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід від зміни пластового тиску для еоценового і менілітового покладів Долинського, Північнодолинського та Орів-Уличнянського родовищ встановлено, що виникнення деформацій і зсувів масиву гірських порід пов'язані зі зміною напруженого стану, зумовленого зниженням пластового тиску в процесі розробки родовищ.

Дослідженнями особливостей впливу зміни температури на зміну вологості порід та розподіл її в пристовбурній зоні, аналізом великої кількості фактичного матеріалу про тиски розкриття тріщин, а також відповідними математичними розрахунками доведено, що на окремих ділянках нафтогазових родовищ тектонічний зсув викликаний зміною термогідродинамічних параметрів покладів.

Порушення експлуатаційних колон свердловин і відповідно зниження видобутку нафти і газу є наслідком активізації деформаційних процесів породних масивів, зумовлених геодинамічними та термогідродинамічними змінами у покладах в період їх розробки.

Виходячи з вищенаведеного даються відповідні пропозиції щодо закладання експлуатаційних свердловин з метою збільшення терміну їх роботи, що має велике практичне значення. Основними з них є:

- 1) регулювання об'ємів нагнітання води в поклад та зниження тиску закачування води при низьких тисках розушільнення порід;
- 2) утримання від будівництва нагнітальних свердловин у зонах підвищеної тріщинуватості гірських порід (склепіння, зони дроблення тектонічних порушень);
- 3) зміцнення експлуатаційних колон свердловин на стратиграфічних границях воротищенських, поляницьких та менілітових відкладів, а також в місцях залягання чистої солі або дуже засолених глин і в зонах трасування тектонічних порушень.

З метою підвищення ефективності дорозвідки та розробки нафтових родовищ як в Передкарпатському прогині, так і в інших нафтоносних регіонах, необхідно виділяти ділянки з можливим розвитком деформаційних процесів у межах родовищ, які слід враховувати при плануванні буріння експлуатаційних свердловин, з метою уникнення їх порушеності в процесі розробки.

## **РОБОТИ, ОПУБЛІКОВАНІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Гунька Н.Н., Гоптарьова Н.В. Вплив розробки нафтогазових родовищ на деформацію колекторів і земної поверхні // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 1999. – Т. 1. - № 36. – С. 30-

35. (Особистий внесок – аналіз причин прояву деформаційних процесів під час розробки родовищ, висновки).

2. Гоптарьова Н.В., Гунька Н.Н. Техногенні явища, що виникають в процесі розробки нафтових родовищ і причини їх проявлення // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 2000. – Т.1. - № 37. – С. 58-63. (Особистий внесок – розрахунок зниження пористості порід-колекторів в результаті зниження пластового тиску в процесі розробки, висновки).

3. Гоптарьова Н.В. Вплив геодинамічних процесів на формування пластичних деформацій глинистих порід Долинського родовища// Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ ІФНТУНГ. - 2002. - № 2 (2). – С. 51-53.

4. Гоптарьова Н.В. Гідродинамічні умови виникнення деформації гірських порід при їх заводненні в процесі розробки нафтових родовищ Передкарпатського прогину // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 2002. - № 2(3). – с. 68-71.

5. Гоптарьова Н.В. Активізація тектонічних рухів при зміні термогідродинамічних параметрів покладів // Науковий вісник. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 2002. - № 1(2). – с. 10-13.

6. Гунька Н.Н., Гоптарьова Н.В. Вплив пластичної деформації порід на процеси міграції і вироблення запасів вуглеводнів// Теоретичні та прикладні проблеми нафтогазової геології. - Київ, 2000. – Т.1 – С. 114-118. (Особистий внесок – аналіз геолого-промислових даних, висновки).

7. Гунька В.Н., Гоптарьова Н.В., Гунька Н.Н. Геолого-фізичні умови підвищення нафтовилучення при заводненні покладів з неоднорідними колекторами// УНГА. Матеріали 6-ої Міжнар.науково-практ.конф. “Нафта і газ України – 2000”. – Т.1. – Івано-Франківськ, 2000. – с. 119. (Особистий внесок – встановлення деформації гірських порід при підвищенні тиску закачки води).

8. Гунька Н.Н., Гоптарьова Н.В. Літологічна характеристика еоценових відкладів Долинського нафтопромислового району // Тези науково-технічної конф. проф.-викл. складу ун-ту. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1999. – С. 158. (Особистий внесок - дослідження ядерного матеріалу)

9. Гунька В.Н., Гоптарьова Н.В., Гунька Н.Н. Тектонічна обумовленість розподілу покладів нафти і газу центральної частини Передкарпатського прогину // Тези науково-технічної конф. проф.-викл. складу ун-ту. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 2000. – С. 77. (Особистий внесок – визначення ролі сучасних тектонічних рухів у розвитку деформаційних процесів).

10. Гоптарьова Н.В., Гунька Н.Н. Аналіз причин прояву тектонічних рухів на Долинському родовищі // Тези науково-технічної конф. проф.-викл. складу ун-

ту. – Івано-Франківськ, 2000. – С. 80. (Особистий внесок – систематизація факторів, що впливають на деформацію гірських порід).

11. Гоптарьова Н.В. Тиск нагнітання води і виникнення деформаційних процесів у пласті// Тези науково-технічної конф. проф.-викл. складу ун-ту. – Івано-Франківськ, 2001. – С. 69.

### АНОТАЦІЯ

**Гоптарьова Н.В.** *Геолого-фізичні чинники деформаційних процесів породних масивів і експлуатаційних колон свердловин нафтогазових родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину.* – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.17 – геологія нафти і газу. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2003.

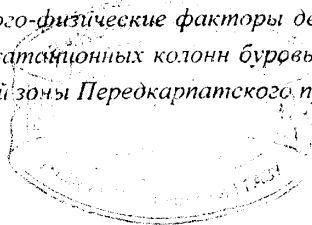
Дисертація присвячена вивченню геолого-фізичних чинників, що впливають на деформаційні процеси породних масивів та на технічний стан експлуатаційних колон свердловин нафтогазових родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину. За результатами геолого-промислового матеріалу побудовано карти-схеми геотехногенної порушеності родовищ і визначено зони активізації деформаційних процесів, які відрізняються інтенсивністю проявів тектонічних рухів та деформацій осадових товщ. Побудовано графічні та встановлено аналітичні залежності зміни пористості гірських порід від зміни пластового тиску. Встановлено, що виникнення деформацій і зсувів масиву гірських порід пов'язано із зниженням пластового тиску в процесі розробки родовищ та із зміною термогідродинамічних параметрів у покладах. Побудовано графіки розподілу напруг зсуву з віддаленням від зони дренажу свердловини у межах родовищ та показано зміну вологості глинистих порід в залежності від пластової температури і розподілу її в пристовбурній зоні.

Запропоновано ряд заходів щодо уникнення порушення експлуатаційних колон свердловин з метою підвищення ефективності доопрацювання, дорозвідки та дорозробки нафтогазових родовищ.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** деформаційні процеси, тектонічні рухи, глинисті породи, пористість, пластовий тиск, температура.

### АННОТАЦИЯ

**Гоптарева Н.В.** *Геолого-физические факторы деформационных процессов породных массивов и эксплуатационных колон буровых скважин нефтегазовых месторождений Внутренней зоны Передкарпатского прогиба.* – Рукопись.



Диссертация на соискание научной степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.17 – геология нефти и газа. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2003.

На основании анализа промышленных характеристик буровых скважин, многочисленных геолого-геофизических и литературных материалов, а также соответствующих фактических данных для Долинского, Северодолинского, Оров-Уличнянского и Битков-Бабченского месторождений установлено, что в пределах месторождений существуют отдельные зоны активизации деформационных процессов, которые отличаются литолого-фациальными особенностями пород, интенсивностью проявлений тектонических движений, обусловленных геодинамическими и термогидродинамическими процессами. Построены карты-схемы геотехногенного нарушения месторождений, которые разрешают выявить закономерности смятия обсадных колон скважин в зависимости от геологического строения месторождений.

В результате детальных исследований аналитических зависимостей изменения фильтрационно-емкостных свойств горных пород от изменения пластового давления, а также структурно-тектонических и промышленных данных разработки для эоценовой и менилитовой залежей Долинского, Северодолинского и Оров-Уличнянского месторождений установлено, что возникновения деформаций и сдвигов массива горных пород связанные с изменением напряженного состояния, вызванного снижением пластового давления в процессе разработки месторождений. На основании исследований построен график распределения напряжений сдвига с отдалением от зон дренажа скважин в пределах месторождений.

В процессе закачки холодной воды для поддержания пластового давления в нефтяной залежи происходит снижение пластовой температуры. Термометрические исследования скважин разрешили оценить величину изменения температуры в пластах. По результатам исследования особенностей влияния изменения температуры на смену влажности пород и распределение ее в пристволенной зоне, а также соответствующих математических расчетов доказано, что снижение температуры ведет к изменению влажности глинистых пород в пристволенной зоне скважины. Кроме этого, проведен анализ большого количества фактического материала о давлениях раскрытия трещин, с помощью которого выделены границы минимальных и максимальных значений критических давлений. Все выше изложенное дает возможность полагать, что на отдельных участках нефтегазовых месторождений тектонический сдвиг вызван изменением термогидродинамических параметров залежей.

Нарушение эксплуатационных колонн буровых скважин и соответственно снижение добычи нефти и газа есть следствием активизации деформационных процессов, вызванных геодинамическими и термогидродинамическими изменениями в залежах в период разработки месторождений.

Из вышесказанного вытекают соответствующие предложения относительно закладки эксплуатационных буровых скважин с целью увеличения термина их работы, которые имеют большое практическое значение.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** деформационные процессы, тектонические движения, глинистые породы, пористость, пластовое давление, температура.

### SUMMARY

**Ноптаровуа N.V.** *The geology-physical factors of deformation processes of rocks and operational columns of wells in oil and gas fields of an Internal zone of the Precarpathian deflection.* – Manuscript.

The dissertation on reception of a scientific degree of the candidate of geological sciences behind a speciality 04.00.17 - geology of oil and gas. - Ivano-Frankivsk national technical university of petroleum and gas, Ivano-Frankivsk, 2003.

The dissertation is devoted to study of the geology-physical factors, which influence on a deformation processes of rocks and a technical condition of operational columns of wells in oil and gas fields of an Internal zone of the Precarpathian deflection. By results of a geology-industrial material the maps-schemes of geotekhnogenic break of fields are constructed and is determined zones of activation of deformation processes, which differ by intensity of displays of tectonic movements and deformations of rocks. Are constructed graphic and the analytical dependencies of change rock's porosity from change of pressure are established. Is established, that the occurrence of deformations and shifts of rocks is connected to decrease of pressure during development of deposits and with change of a thermohydrodynamic processes in deposits. The diagram of distribution of pressure of shift with a distance from deposits is constructed within the limits of deposits and the change of humidity of clay rocks is shown graphically depending of temperature and distribution it into a well zone.

A number of measures on avoidance of infringement of operational columns of wells is offered with the purpose of increase of efficiency of searches, investigation and development of oil and gas fields.

**KEY WORDS:** deformation processes, tectonic movement, clay rocks, porosity, stratum pressure, temperature.