

*А.Ю. Нацибулін, аспірант
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка*

ОСІДАННЯ ДЕННОЇ ПОВЕРХНІ ШЕБЕЛИНСЬКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО РОДОВИЩА В РЕЗУЛЬТАТІ ВИДОБУВАННЯ ГАЗУ

Розглянуто причини деформування земної поверхні при розробленні газоконденсатних родовищ. Наведено модель підроблення поверхневих товщ гірських порід при зниженні пластового тиску. Проведено розрахунок підроблення земної поверхні на Шебелинському газоконденсатному родовищі.

Ключові слова: *напружено-деформований стан, підроблення, зниження тиску, родовище.*

*А.Ю. Нацибулін, аспірант
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка*

ОСАДКА ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ШЕБЕЛИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДОБЫЧИ ГАЗА

Рассмотрены причины деформаций земной поверхности при разработке газоконденсатных месторождений. Приведена модель подработки поверхностных толщ горных пород при снижении пластового давления. Проведен расчет подработки земной поверхности на Шебелинском газоконденсатном месторождении.

Ключевые слова: *напряженно-деформированное состояние, подработка, снижение давления, месторождение.*

*A. Natsibulin, postgraduate student
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

SETTLEMENT OF DAYLIGHT SURFACE OF SHEBELINKAS' GAS CONDENSATE FIELD AS A RESULT OF GAS RECOVERY

It is considered causes of deformations of earth surface in the process of extraction of gas condensate field. It is adduced a module of undermining superficial rock series under depression of formational pressure. It was carried out calculation of undermining of earth surface on Shebelinkas' gas condensate field.

Key words: *stress strain behavior, undermining, depression, field.*

Вступ. Процес розробки родовищ корисних копалин, як і будь-який інший, містить у собі як визначальні характеристики процесу, так і супутні елементи [1]. Не завжди останні несуть у собі полегшення технологічного процесу, що стосується всіх етапів досягнення кінцевої мети. Під час проектування розробки родовищ нафти та газу проектні організації, як правило, обмежені у вихідній інформації, тому повнота вихідних умов може спричинити визначальний вплив на досягнення запроектованого показника кінцевого газовіддавання. У процесі утворення гірської породи формується енергетична система, робота з якою

вимагає значних матеріальних та інтелектуальних затрат. Порушення цієї системи напружено-деформованого стану пласта призводить до різноманітних деформацій породи та гірського масиву. Значний досвід видобування нафти і газу, накопичений світовим товариством, свідчить про суттєвий вплив зміни тиску в пласті не тільки на баланс енергії у покладі, а й на суттєве поширення цього впливу на водоносні горизонти віддалених територій, сейсмічні коливання земної товщі та подріблення денної поверхні території розроблюваного родовища.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Питанням визначення міцності гірських порід свого часу приділяли увагу такі видатні вчені та відомі дослідники: Ф.І. Котяхов, Ш.К. Гіматудінов, Ю.А. Кашніков, С.Г. Ашихмін, О.П. Давидова [1, 5, 6].

Гірський масив порід, які залягають вище за розрізом, при відборі продукції з пласта збільшує навантаження на скелет породи. Деформації частинок відносно одна одної призводять до перерозподілу енергетичного потенціалу, вимагаючи від скелета пласта затрат енергії на встановлення нового рівноважного стану в системі.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Родовища нафти та газу України у своїй переважній більшості знаходяться на завершальній стадії розробки. За цей час зібрано величезну масу інформації теоретичного та практичного характеру, але вирішення питань, пов'язаних із подрібненням денної поверхні родовища, вимагає доволі значних затрат коштів на початкових етапах розвідки та освоєння родовища. Мало компаній дійсно готові вкладати кошти на початку розробки, тому геологічний розріз вивчається якісно переважно в процесі буріння. Дані про міцність колектора отримуються переважно завдяки геологічним та геофізичним дослідженням. Відбір керна матеріалу відбувається лише на відносно невеликій довжині розрізу, тому якість можливих результатів може бути кращою. Саме фізичні параметри породи можуть дати значний обсяг інформації.

Тому **метою роботи** є аналіз можливих причин подріблення території на прикладі Шебелинського газоконденсатного родовища.

Основний матеріал і результати. Пружність, міцність на розтяг та стиск – головні механічні показники породи, що впливають на процес фільтрації та ефективність запроектованих розробок.

Підземне видобування корисних копалин, зокрема нафти й газу, може спричинити розвиток значних деформацій земної поверхні у вертикальному та горизонтальному напрямках (табл.1). Енергія, отримана при зниженні тиску в породі, впливає на пружність пласта та сприяє фільтрації продукції до свердловин. Але останні при деформації денної поверхні й відповідному рухові значних товщ породи можуть змінатися, завдаючи шкоди процесу видобутку. Енергія перерозподіляється не миттєво, а через певний час, за

який встигають створитися нові джерела (зміна режиму), тому порода знаходиться в стані постійного перерозподілу енергії.

Таблиця 1. Деформації земної поверхні при підземному видобуванні корисних копалин

№ з/п	Місце видобування, родовище	Величина деформації	Примітка
1	Родовище Екофіск у Північному морі	осідання дна 4,0 м	середня швидкість – 40 см/рік, максимальна – 70 см/рік (1986 рік)
2	Штат Каліфорнія, США	осідання 9,0 м	середня швидкість – 71 см/рік
3	Апшеронський півострів	осідання до 40 мм	-
4	Делано (Каліфорнія)	осідання до 3,0 м	зниження напору артезіанської води на 38–70 м за 47 років (1905–952 рр.)
5	Шахти № 7, 8, «Копейськвугілля»	осідання 361 мм	видобування вугілля за період 1937–1944 рр.
6	Штат Техас, США	осідання 805 мм	відкачування води зі слабозцементованих пісковиків за 8 років
7	м. Мехіко, Мексика	осідання 6 м	відкачування води для споживання населенням за 30 років
8	Шебелинське газоконденсатне родовище	осідання 440 мм	швидкість осідання – 12,2–24,5 мм/рік, період – 1956–1988 рр.

На схемі розвитку деформацій поверхні над підземною виробкою видно, що максимальні вертикальні переміщення відбуваються у центральній частині родовища, а горизонтальні – між його серединою та периферією (рис.1). У земній корі виникають напруження розтягування і стиснення.

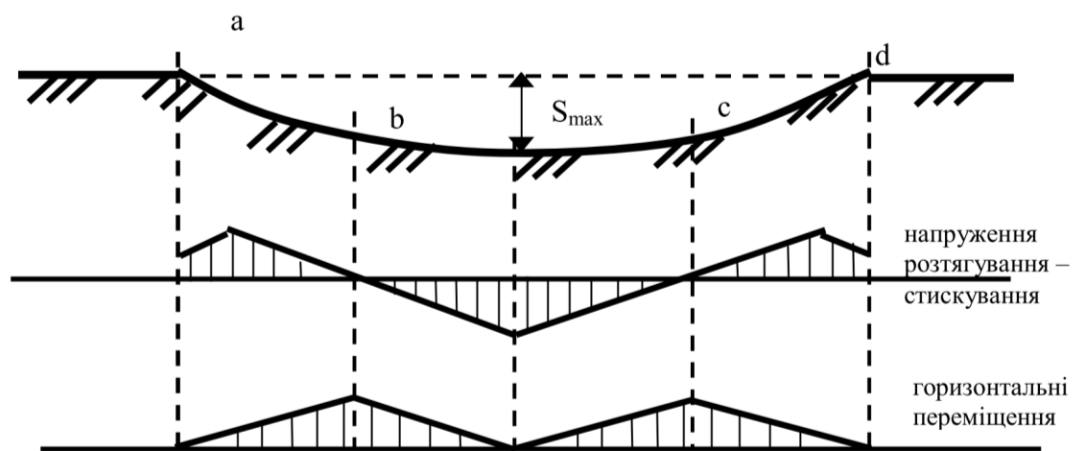


Рис. 1. Загальна схема розвитку деформацій поверхні землі над гірською виробкою

Схема зниження гірського тиску така: з падінням пластового тиску здійснюється перерозподіл напружень між тиском флюїду та напруженнями скелета породи, причому напруження в скелеті зростають, частинки деформуються, зменшується розмір пор та пористість відкладів. Під дією тиску гірських порід зменшується товщина пласта, що у свою чергу призводить до перерозподілу напружень у масиві породи. Деформація пласта, який розробляється, поширюється по всьому масиву породи до поверхні та спричиняє її осідання.

Для вивчення проблеми оцінювання можливих деформацій поверхні землі при видобуванні газу було обране Шебелинське газоконденсатне родовище. Воно розташоване в Балаклійському районі Харківської області [2]. Розвідане у 1947 році, після чого почалося його розроблення. У тектонічному відношенні воно знаходиться у східній частині Дніпровсько-Донецької западини. Усього на родовищі пройдено понад 600 свердловин. На 01.01.1994 сумарний видобуток газу досяг 570 млрд. м³, тобто близько 88% підрахованих запасів. Пластовий тиск за період вилучення газу зменшився від 24,2 до 3,5 МПа.

Протягом періоду 1965 – 1990 рр. на родовищі проводилися високоточні геодезичні спостереження за деформаціями поверхні землі від розробки (рис. 2). На території родовища було створено густу сітку нівелювання II класу загальною довжиною 340 км, яка виходила за межі родовища на 10 – 20 км. У сітку було включено 40 свердловин та близько 100 ґрунтових реперів.

Установлено, що в період 1965 – 1990 рр. поверхня землі опустилася на 44 см, а швидкість осідання коливалася від 12,2 до 24,5 мм за рік. Було відмічено горизонтальне зміщення реперів у бік центру родовища, а максимальне їх значення 10 см. При цьому об'єм осідання становить менше ніж 1% видобутого газу, що значно менше, ніж у раніше розглянутих випадках (табл.1). Максимальне осідання спостерігається по великій осі складки.

З 2003 року відновлено розроблення родовища. У період 1993 – 2003 рр. залишкові запаси газу склали 90 млрд. м³, тобто збільшилися на 10 млрд. м³. Науковці пояснюють це тим, що у подошовній частині родовища наявні тектонічні розломи, по яких флюїд фільтрується до колектора. Ця гіпотеза може бути підтверджена положеннями про високодебітні свердловини (№ 14, 33), тиск у процесі видобутку по котрих не знизився (23 МПа). Таке положення речей значно ускладнює процес моделювання підроботки території родовища.

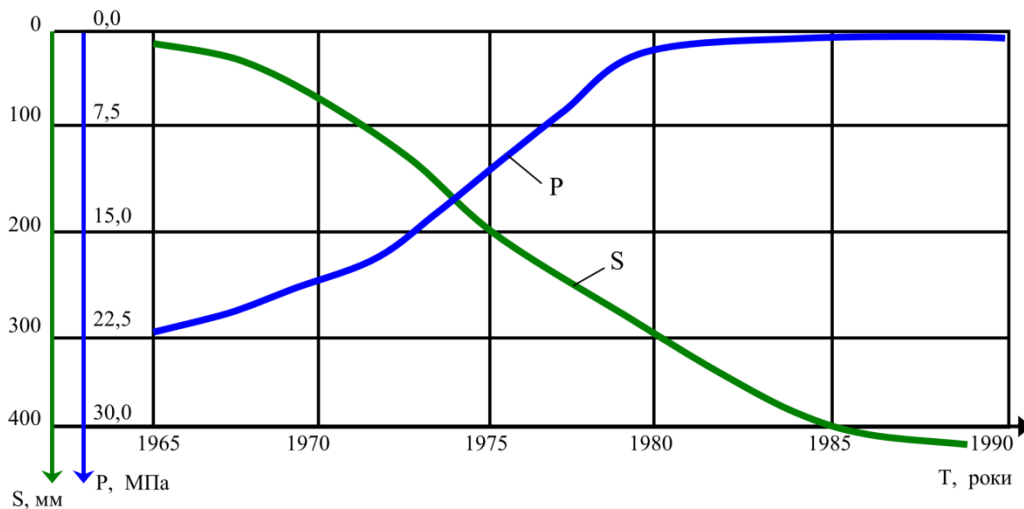


Рис. 2. Графік падіння пластового тиску (P) і фактичного осідання земної поверхні (S)

Для розрахунку напружено-деформованого стану в процесі підроботки родовища використовують різні методи [1, 3]. Апарат, який розв'язує такого роду задачі, розроблений ученими – геомеханіками, що розглядає процеси осідання денної поверхні на шахтах та використовує функції одинарного впливу виїнятого зразка на поверхню (Ю.П. Борисов, Л.М. Середницький). Серед поширених можна назвати метод лінійної теорії пружності, розроблений Geerstma.

За допомогою програмного комплексу PLAXIS-8.2, створеного на базі законів механіки гірських порід, у площинній постановці з використанням методу скінченних елементів к.т.н. О.В. Борт проаналізував роботу порід земної кори на Шебелинському газоконденсатному родовищі. На рис. 3 наведено розрахункову схему родовища в скінченних елементах. Вона являє собою плоску область розміром близько 10 км у плані та 3 км у глибину, розбиту на трикутні скінченні елементи. Перед розрахунком задавалися початкові умови, зокрема початковий пластовий тиск, який становить 24 – 25 МПа. При зниженні пластового тиску в колекторах відбувається перерозподіл напружень у породах, що й викликає осідання поверхні землі.

За вихідні дані прийняті характеристики порід-колекторів, флюїдів і гірських порід, які мають певний розкид (мінімальні та максимальні значення), можна отримати розрахункову зону можливих деформацій поверхні. Розраховані максимальні осідання поверхні землі складають 37 – 50 см (рис. 4). Як видно з графіка, фактичні осідання поверхні землі потрапляють у зону розрахованих, що підтверджує правильність прийнятої моделі та відповідних характеристик міцності й деформативності порід.

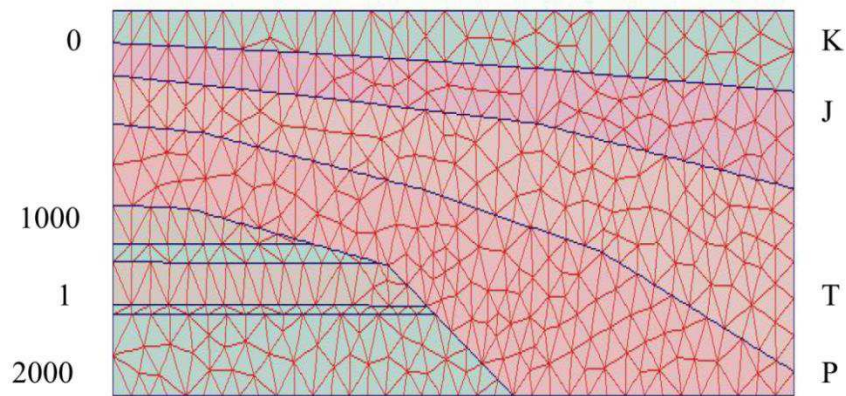


Рис. 3. Розрахункова схема Шебелинського газоконденсатного родовища
 0– глибина, м; 1– продуктивний пласт; К– крейдова система; J– юрська система;
 T– тріасова система; P– пермська система

Із цих розрахунків можна виявити також зміну гірського тиску в породах над пластами-колекторами у результаті так званого «арочного ефекту». Отримані результати можуть використовуватися, наприклад, при визначенні параметрів гідророзриву продуктивного пласту, підборі бурового розчину тощо.

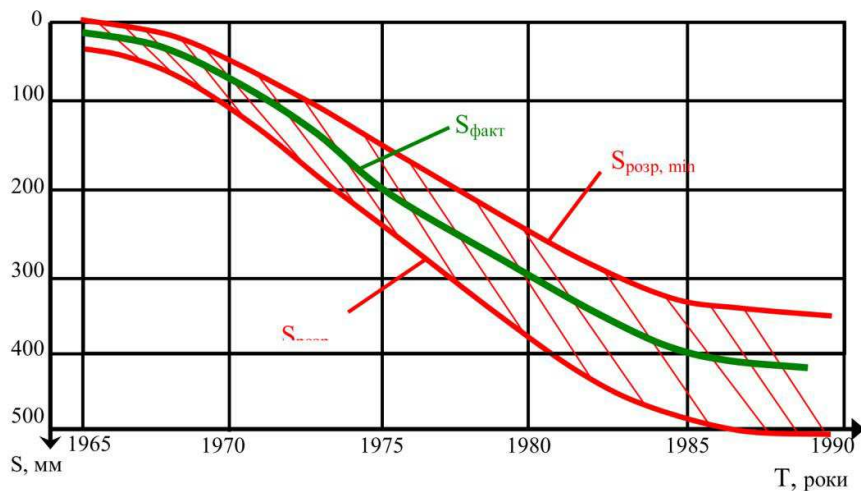


Рис. 4. Графік фактичного ($S_{\text{факт}}$) та розрахованого осідання земної поверхні ($S_{\text{розн}}$)

Так деформація пласта, який розробляється, передається аж до поверхні. А найбільше зниження гірського тиску відбувається у породах, котрі безпосередньо залягають над пластом, який розробляється [2]. Відповідно тут різко зменшується гірський тиск, що зменшує скелетний тиск і при незначному падінні пластового тиску призводить до значного зниження тиску гідророзриву й збільшення поглинання бурового розчину. Тому на практиці часто інтенсивне поглинання спостерігається безпосередньо над пластами, котрі розробляються.

Ущільнення колекторів значніше при менш міцних породах. На межі зниження тиску ця особливість відіграє вагомий роль при передачі потоків енергії флюїду. Без урахувань останнього факту при проектуванні розробки

можливі зім'яття колони, руйнування будівель та навіть сейсмічні коливання. Шебелинське родовище розробляється понад 50 років. За цей час напружено-деформований стан гірського масиву сприйняв на собі дуже тривалі навантаження, якість свердловин вже не може відповідати вимогам великих тисків, осадоутворення (постійне промивання), тому технічному персоналу треба приділяти більше уваги врахуванню саме пружних властивостей пласта, аби попередити технологічні та екологічні негаразди.

Висновки. Виконаний аналіз проблеми підроботки Шебелинського родовища із прогнозуванням величини осідання території його розташування показав:

– підроблення родовища триває з 1950 р., родовище характеризується значним виснаженням запасів, для колектора характерний значний ступінь деформації. Доведено, що родовище має канали підживлення у вигляді глибинних розломів. Це значно ускладнює процес вирівнювання тиску в продуктивних пластах;

– прийнята модель підроботки масиву гірських порід унаслідок розробки газоконденсатного родовища з достатньою достовірністю віддзеркалює дійсні процеси явища, яке розглядається. Це підтверджується близькими значеннями осідання поверхні землі за даними розрахунків і спостережень на місці.

Література

1. Ашихмин, С.Г. *Научные основы методов прогноза напряженно-деформированного состояния горных пород при разработке месторождений нефти и газа: автореф. дис. на соискание науч. степени доктора техн. наук: спец. 25.00.20 «Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»/ Ашихмин С.Г. – Пермь, 2008. – 41с.*

2. *Атлас родовищ нафти і газу України (Східний нафтогазоносний регіон)/ Українська газова академія. – Львів: Центр Європи, 1999. – Т. 3. – 1416 с.*

3. Ашихмин, С.Г. *Особенности методов прогноза напряженно-деформированного состояния горных пород при разработке месторождений углеводородов // Маркшейдерия и недропользование. – 2008. – № 2. – С. 38 – 41.*

4. Пятахин, М.В. *Упруго-пластическая деформация и разрушение пласта в окрестности цилиндрического открытого забоя при нелинейном законе фильтрации / Шеберстов Е.В., Бузинов С.Н., Казарян В.П. // Сб. науч. тр. ВНИИГАЗа «Подземное хранение газа. Проблемы и перспективы». – М., 2003. – С.279–304.*

5. Alshibli K.A. and Williams U.S. *A true triaxial apparatus for soil testing with mixed boundary conditions // Geotechnical testing Journal. –2005. – 28(6). P. 534 –543.*

6. Давыдова, О.П. *Оценка деформаций глинистых пород в процессе разработки месторождений нефти и газа по данным ГИС и математического моделирования: автореф. дис. на соискание науч. степени кандидата г.-м. наук: спец. 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» // Давыдова О.П. , – Москва, 2013. –26 с.*

Надійшла до редакції 27.09.2013

© А.Ю. Націбулін