

ГЕОЛОГІЯ

УДК 622.279.23/4

*В.М. Абеленцев, к.геол.н., зав. сектором,

*Т.Я. Сусяк, інженер-технолог I кат.,

*Український науково-дослідний інститут природних газів

УМОВИ ВИНИКНЕННЯ ЗАЩЕМЛЕНИХ ГАЗОВИХ СКУПЧЕНЬ В ПРОЦЕСІ ВИБІРКОВОГО ОБВОДНЕННЯ ПОКЛАДІВ

В даній статті авторами проаналізовано механізм защемлення пластового газу в обводнених ділянках покладів в умовах прояву водонапірного режиму при надходженні пластової води у газонасичені порові об'єми. Встановлено, що механізм защемлення скупчень газу за рахунок підйому рівня газоводяного контакту та за вибіркового обводнення принципово відрізняються об'ємами заблокованого газу, швидкостями утворення та підходом до його вилучення. Зроблено висновок, що саме при вибіркового впровадженні пластової води розповсюджене негативне явище защемлення скупчень газу, які за об'ємом можуть бути рівнозначними промисловим покладам.

Запропоновано заблоковані об'єми газу, утворені за рахунок вибіркового обводнення, називати гідродинамічно-защемленими скупченнями газу. Досліджено умови їх формування на базі вивчення процесів вибіркового обводнення покладів Тимофіївського, Котелевського, Березівського та інших родовищ. Виходячи з особливостей утворення гідродинамічно-защемлених скупчень газу за рахунок вибіркового обводнення, пропонується в кожному окремому випадку по розрізу покладів визначати необхідні газонасичені інтервали та випробувати їх з метою подальшого вилучення безводного газу.

Ключові слова: защемлений газ, вибіркоче обводнення, поклади вуглеводнів.

В.М. Абеленцев, Т.Я. Сусяк. УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАЩЕМЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ СКОПЛЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ОБВОДНЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ. В данной статье авторами проанализирован механизм защемления пластового газа в обводненных участках залежей в условиях проявления водонапорного режима при поступлении пластовой воды в газонасыщенные поровые объемы. Установлено, что механизм защемления скоплений газа за счет подъема уровня газоводяного контакта и избирательным обводнением принципиально отличаются объемами заблокированного газа, скоростями образования и подходом к его изъятию. Сделан вывод, что именно при избирательном внедрении пластовой воды распространено негативное явление защемления скоплений газа, которые по объему могут быть равнозначными промышленным залежам.

Предложено, заблокированные объемы газа, образованные за счет избирательного обводнения, называть гидродинамически-защемленными скоплениями газа. Исследованы условия их формирования на базе изучения процессов избирательного обводнения залежей Тимофеевского, Котелевского, Березовского и других месторождений. Исходя из особенностей образования гидродинамически-защемленных скоплений газа за счет избирательного обводнения, предлагается в каждом конкретном случае по разрезу залежей определять необходимые газонасыщенные интервалы опробовать их с целью последующего извлечения безводного газа.

Ключевые слова: защемленный газ, избирательное обводнение, залежи углеводородов.

При розробці покладів ВВ в умовах прояву водонапірного режиму при надходженні (впровадженні) пластової води у газонасичені порові об'єми виникає явище защемлення пластового газу в обводнених ділянках. Наслідком даного ефекту є втрата значних об'ємів дренажних запасів, які не приймають участь в розробці покладу, тобто при певних пластових умовах стають невидобувними. Тому проблема встановлення механізму виникнення защемлених газових скупчень та локалізація їх об'ємів у покладі викликає значний практичний інтерес.

Ефективні газонасичені порові об'єми покладів вуглеводнів завжди є незрівнянно меншими відносно порового об'єму водоносного комплексу, який вміщує поклади. В процесі розробки покладів, видобутку певних об'ємів вуглеводнів, з часом відбувається поступове зниження пластових тисків у покладах, що призводить до порушення природної гідродинамічної рівноваги в системі водоносний комплекс-поклад. Відповідно, вагомий енергетичний потенціал водоносного комплексу з початковими

пластовими тисками (гідростатичними або аномально високими) починає реагувати, з різною ступенню інтенсивності, на зниження тисків у покладах. За рахунок перепадів пластових тисків у водоносному комплексі (початковий тиск) та у покладі, що перебуває у розробці (поточний тиск), пластова вода починає надходити в поклад і замінювати частину раніше газонасиченого порового об'єму. Тому, є природною причиною поява пластової води в покладах за механізмом фронтального підйому флюїдо-розділів ГВК, конусоутворення та вибіркового, того що випереджує підйом контакту, обводнення по найбільш проникних прошарках малої, як правило, товщини [3].

При будь-якому механізмі надходження пластової води в поклади природним є утворення в обводнених зонах ділянок з певними об'ємами защемленого газу.

Класичне уявлення про механізм защемлення газових скупчень.

В обводненій зоні покладу розрізняють [1,2] мікро- та макрозащемлений газ. Мікроза-

щемлений газ знаходиться в поровому середовищі у диспергованому стані, у вигляді окремих роз'єднаних бульбашок. Мікрощемлення газу відбувається через неповне витіснення газу водою через неоднорідну структуру порового простору.

Макрощемлений газ [1] знаходиться в поровому середовищі у вигляді «ціликів» в окремих низькопроникних і слабкодренованих ділянках пласта з початковою газонасиченістю, які вода обійшла внаслідок неоднорідної будови продуктивних відкладів і нерівномірного розміщення видобувних свердловин.

Об'єми щемленого газу характеризуються коефіцієнтом залишкової газонасиченості в обводненій зоні. Відсоток щемленого газу залежить від ряду геологічних факторів (в першу чергу пористість, проникність, неоднорідність пласта), а також від темпу і рівномірності відбору газу за площею. На механізм щемлення газу впливають в основному два процеси: на мікрорівні – щемлення газу в окремих порах (при цьому ключову роль відіграє геометрія пор і капілярні сили) і щемлення газу на макрорівні.

З аналізу літературних джерел [1, 2], в яких розглянуто як природні, так і лабораторні дослідження заміщення газонасичених порових об'ємів водонасиченими, слідує, що механізм утворення щемлених скупчень газу характеризується наступними основними фізико-літологічними закономірностями:

- при різних тисках, температурах і швидкостях закачування води, коефіцієнт залишкової газонасиченості для різних типів порід змінюється від 0,16 до 0,5 ;

- швидкість підйому ГВК практично не впливає на коефіцієнт залишкової газонасиченості;

- коефіцієнт залишкової газонасиченості суттєво залежить від початкової газонасиченості порового середовища;

- коефіцієнт залишкової газонасиченості зменшується із ростом відношення коефіцієнту динамічної в'язкості пластової води та газу;

- чим менша абсолютна проникність порового середовища, чим менше значення початкової газонасиченості, тим більший коефіцієнт залишкової газонасиченості;

- не виявлено залежності коефіцієнта залишкової газонасиченості від температури;

- залежності коефіцієнтів витіснення газу водою і залишкової газонасиченості від тиску (в дослідженому діапазоні його зміни від 0 до 200 кгс/см²) не встановлені;

- експериментальні дані з витіснення газу водою свідчать про відсутність універсальних

кореляційних залежностей між коефіцієнтом залишкової газонасиченості і петрофізичними характеристиками гірських порід: коефіцієнтами пористості і проникності і середнім радіусом порових каналів;

- результати досліджень з витіснення газу водою з гідрофільних пористих середовищ дозволяють зробити висновок про незалежність коефіцієнта газовіддачі від швидкості витіснення для всіх можливих на практиці меж її зміни.

З проведеного аналізу літературних джерел щодо механізму утворення скупчень щемленого газу, можна зробити наступний висновок: дослідниками розглядалися лише процеси фронтального поршневого витіснення газу пластовою водою за рахунок підйому рівня ГВК. Аналогічні умови імітувались і при лабораторних дослідженнях.

Згідно досліджень механізму надходження пластової води у свердловини та поклади основних родовищ ДДз [3, 4], встановлено, що найбільш розповсюдженим та найнебезпечнішим в процесі розробки родовища є обводнення продуктивних горизонтів за вибірковою механізмом.

Умови виникнення гідродинамічно-щемлених газових скупчень в процесі вибіркового обводнення покладів.

Авторами проведено дослідження обводнення покладів ВВ за вибірковою механізмом багатьох родовищ ДДз, на підставі яких зроблено висновок, що саме при вибіркового впровадженні пластової води розповсюджене негативне явище щемлення скупчень газу, які за об'ємом можуть бути рівнозначними промисловим покладам. Підкреслимо, що у літературі в основному досліджено процес щемлення «ціликів» газу при фронтальному підйомі ГВК, але ми розглянемо саме щемлення газу вибірково-водними потоками.

Умови виникнення щемлених газових скупчень обумовлені наступними особливостями механізму вибіркового обводнення покладів:

- вибіркового потік пластової води рухається по малопотужних (1-5 м) прошарках і займає 5-10 % ефективної товщини пласта, які при цьому характеризуються максимальними значеннями коефіцієнтів пористості та проникності;

- підйом газоводяних контактів (ГВК) покладів, що знаходяться в розробці 10-20 років, не перевищує 10-30 м при висоті покладів 100-150 м, а вибіркового потік пластової води може досягнути стовбурів експлуатаційних свердловин, навіть присклепінних;

- швидкість руху вибіркового потіку пластової води у глибину покладів дуже висока і

складає у середньому 10-20 метрів на місяць, при тому, що швидкість руху пластової води в зоні ГВК коливається в межах 0,2-0,6 м/міс;

- за рахунок особливостей прояву механізму вибіркового надходження пластової води в обводнених ділянках покладу встановлено ефект диференціації пластових флюїдів в об'ємі покладу, який полягає в тому, що поточний ефективний газонасичений поровий об'єм складає 80-95% і лише 5-20% об'єму середовища зайнято пластовою водою;

- при вибіркового механізмі обводнення об'єми пластової води, що впроваджується в ефективний газонасичений поровий об'єм незначні, порівняно з підйомом ГВК, але при цьому площа обводнених ділянок покладу в рази більша;

- обводнення покладів контролюється змочувальними властивостями порового середовища – гідрофобні або частково гідрофобізовані порові середовища мають природну схильність до обводнення за вибірковим механізмом.

Вищеперелічені особливості прояву вибіркового обводнення покладів створюють умови для блокування значних об'ємів газу. Вже на початкових стадіях розробки при зниженні пластового тиску по малопотужних високопроникних прошарках по розрізу та площі покладів впроваджуються вибіркові водні потоки. Вони розсікають початковий газонасичений поровий об'єм на декілька, в різній степені гідродинамічно-ізолюваних, об'ємів. Тобто створюється гідродинамічна макронеоднорідність мегаоб'ємів покладу, яка полягає в тому, що поточний ефективний газонасичений поровий об'єм складає 80-95% і лише 5-20% об'єму середовища зайнято пластовою водою. За рахунок шаруватості (мінливості) порового середовища в певних зонах пласта-колектора спостерігаються «літологічні вікна» (непроникні прошарки виклинюються), внаслідок цього вище- та нижчезалягаючі по розрізу вибіркові водні потоки з'єднуються і виникає ефект відсікання та блокування значних об'ємів газу пластовою водою. Об'єми дренажних свердловинами запасів газу покладів різко зменшується, що знаходить своє відображення на залежностях приведених пластових тисків (стрибокподібне зниження) від видобутку газу. Наслідком даного ефекту є втрата значних об'ємів дренажних запасів, які не приймають участь в розробці покладу, тобто при певних пластових тисках стають невидобувними (див. рис. 1).

На відміну від класичного механізму утворення «ціликів» газу за рахунок підйому ГВК, за механізмом защемлення вільного газу при вибіркового обводненні утворюються значні

об'єми, що рівноцінні промисловим покладам.

Пропонуємо заблоковані недреновані об'єми газу, утворені за рахунок вибіркового обводнення, називати гідродинамічно-защемленими скупченнями газу. Такі защемлені об'єми газу перебувають у вільному газоподібному стані та гідродинамічно зв'язані, що має вагоме практичне значення.

Умови формування значних гідродинамічно-защемлених газових скупчень встановлювались на базі дослідження процесів вибіркового обводнення покладів ВВ Тимофіївського, Котелевського, Березівського та інших родовищ. Зроблено висновок, що механізм утворення значних защемлених газових скупчень на даних родовищах приблизно ідентичний.

За результатами промислових ГДС-К по площі покладів зафіксовано від чотирьох (гор. С-5 Березівського ГКР) до дванадцяти (гор. Т-1 Тимофіївського та гор. С-5 Котелевського родовища) ділянок, обводнених вибірковими водними потоками. За рахунок шаруватості (мінливості) порового середовища встановлені «літологічні вікна»: у гор. Т-1 Тимофіївського НГКР в районах св. 73, 75, 90 та св. 82, 92, 93; у гор. С-5 Котелевського ГКР – в районах св. 85, 97, 101 та св. 20, 168, 172; у гор. С-5 Березівського родовища – в районах св. 106, 107.

Проведене оцінювання об'ємів гідродинамічно-защемлених скупчень газу свідчить, що в покладі гор. Т-1 Тимофіївського НГКР заблоковано близько 2,5 млрд м³; в покладі гор. С-5 Котелевського ГКР – 1,5 млрд м³; в покладі гор. С-5 Березівського ГКР – 0,7 млрд м³. Такі об'єми складають до 25-40% від загальних залишкових запасів покладів, що свідчить про доцільність проведення заходів по вилученню гідродинамічно-защемлених скупчень газу.

Класичним напрямком видобування макрозащемленого газу є буріння додаткових свердловин та пониження тиску в сусідніх обводнених ділянках пласта. В основу способу вторинного видобутку газу з обводнених пластів покладено припущення, що при зниженні тиску весь розширений газ набуває рухомості, мігрує у верхню частину структури та вилучається через склепінні свердловини. Тому основним способом вилучення ВВ на завершальній стадії розробки родовищ з водонапірним режимом пропонувалось застосування форсованого відбору газу та води шляхом експлуатації обводнених свердловин [1]. Однак дослідники вказують, що для буріння додаткових свердловин необхідно встановити розміщення защемлених газонасичених зон, що не завжди можливо, а також необхідні значні матеріальні витрати.

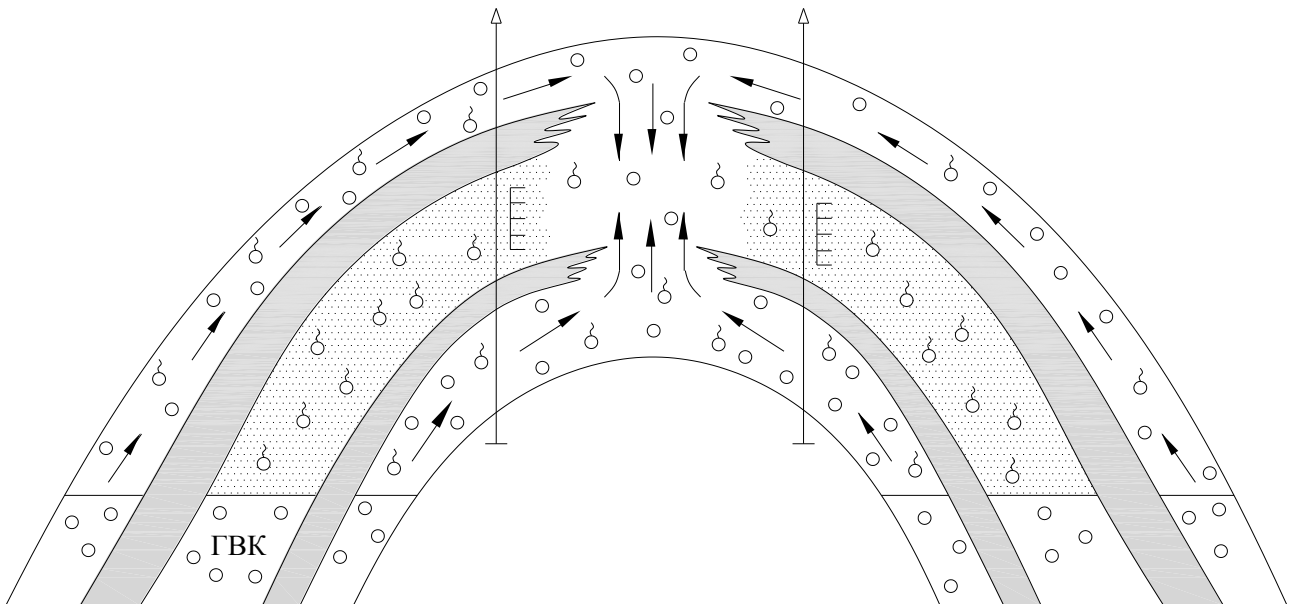
Як вказано раніше, за вибірковим механіз-

мом обводнюються лише окремі малопотужні високопроникні прошарки пластів-колеторів, при цьому більша частина продуктивного розрізу залишається газонасиченою, але відсіченою водними потоками від зони дренування. Виходячи з особливостей утворення гідродинамічно-защемлених скупчень газу за рахунок вибіркового обводнення, пропонується застосовувати інший підхід для їх вилучення.

Проведені авторами дослідження дії механізму вибіркового обводнення на багатьох родовищах ДДз [3,4,5] дозволяє оконтурити обводнені вибірково водними потоками ділянки покладу по площі і розрізу та встановити в них об'єми гідродинамічно-защемлених скупчень газу. Пропонується в кожному окремому

випадку визначати необхідні газонасичені інтервали та випробувати їх з метою подальшого вилучення безводного газу. Тобто немає необхідності буріння додаткових свердловин, а максимально ефективно використовувати діючий фонд.

З проведеного аналізу авторами зроблено висновок, що механізм защемлення скупчень газу за рахунок підйому рівня ГВК та за вибірково механізмом принципово відрізняються об'ємами, швидкостями утворення та підходом до їх вилучення. Тому в кожному конкретному покладі необхідно визначити механізм защемлення газу і відповідно обирати способи його розробки.



Умовні позначення:

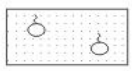
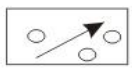

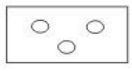

-  - гідродинамічно-защемлені скупчення газу
-  - інтервали обводнені вибірково водними потоками
-  - ущільнені прошарки
-  - водонасичені прошарки
-  - рекомендовані інтервали перфорації

Рис. 1. Схематичне зображення виникнення гідродинамічно-защемлених скупчень газу в процесі вибіркового обводнення покладів.

Література

1. Кондрат, Р.М. Газоконденсатоотдача пластов. [Текст] / Р. М. Кондрат. – М. : Недра, 1992. – 255 с.
2. Ефремов, А.А. Явление зацементования пластового газа в обводняющихся газонасыщенных интервалах. [Текст] / А.А. Ефремов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ, 2014. – №1(103), выпуск 1. – Тюмень. – С. 11-19.
3. Абеленцев, В.М. Геологічні умови вилучення залишкових запасів і дорозвідки родовищ вуглеводнів північної прибортової зони Дніпровсько-Донецької западини [Текст] : монографія / В.М. Абеленцев, А.Й. Лур'є, Л.О. Міщенко. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 192 с. – Бібліогр.: с. 183–190. – ISBN 978-966-285-098-7.
4. Абеленцев, В.М. Щодо причин зародження та дії механізму вибіркового обводнення газоконденсатних покладів [Текст] / В.М. Абеленцев // Зб. наук. пр. Питання розв. газової пром-ті України. – Харків : УкрНДГаз, 2004. – Вип. 37. – С. 199-202.
5. Абеленцев, В.М. Особливості обводнення газоконденсатних та нафтових покладів родовищ Дніпровсько-Донецької западини [Текст] / В.М. Абеленцев, А.Й. Лур'є, М.Ю. Нестеренко // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія «геологія-географія-екологія». – Харків, 2013. – № 1084, випуск 39. – С. 9-14.

УДК 551.76

Г.В. Анфімова, м.н.с.,
Национальный научно-природоведческий музей НАН Украины

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРАТОТИПОВ ЮРЫ ГОРНОГО КРЫМА

На основе данных опубликованной литературы и производственных отчетов проведен анализ состояния изученности эталонных разрезов местных стратиграфических подразделений – свит, выделенных в юрских отложениях Горного Крыма. Прослежена история стратиграфического расчленения юрских отложений Горного Крыма. На многочисленных примерах стратиграфических исследований в Горном Крыму показано, что отсутствие ссылок на первичный конкретный разрез, выступающий в роли эталона вводимого подразделения, приводит к неоднозначности в трактовке местоположения разреза, а в некоторых случаях – объема и содержания стратона. Выделены четыре этапа в изучении стратотипов свит рассматриваемой территории. Для каждого этапа отмечены достижения и проблемы в исследовании эталонных разрезов. Представлены сводный стратиграфический разрез юрских отложений и схема размещения стратотипов юры Горного Крыма.

Ключевые слова: стратотип, свита, Горный Крым, юра, региональная стратиграфическая схема.

Г.В. Анфімова. СТАН ВИВЧЕНОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРАТОТИПІВ ЮРИ ГІРСЬКОГО КРИМУ. На основі даних опублікованої літератури і виробничих звітів проведено аналіз стану вивченості еталонних розрізів місцевих стратиграфічних підрозділів - свит, що виділені в юрських відкладах Гірського Криму. Простежено історію стратиграфічного поділу юрських відкладів Гірського Криму. На численних прикладах стратиграфічних досліджень в Гірському Криму показано, що відсутність посилань на первинний конкретний розріз, який виступає в ролі еталона підрозділу, що вводиться, призводить до неоднозначності у трактуванні місця розташування розрізу, а в деяких випадках – обсягу і змісту стратону. Виділено чотири етапи у вивченні стратотипів свит території, що розглядається. Для кожного етапу зазначені досягнення і проблеми в дослідженні еталонних розрізів. Представлено зведений стратиграфічний розріз юрських відкладів та схему розміщення стратотипів юри Гірського Криму.

Ключові слова: стратотип, свита, Гірський Крим, юра, регіональна стратиграфічна схема.

Стратотип – конкретный разрез, который выбран, описан и принят за эталон данного стратона. Данные, полученные в результате исследования эталонных разрезов, кладутся в основу построения местных и региональных стратиграфических схем, используются при составлении легенды геологических карт среднего и крупного масштабов. Кроме научно-практического значения, стратотипы играют важную дидактическую роль в процессе познания истории геологического развития территории и нередко входят в состав учебных полигонов геологических практик студентов. Стратотипы могут выступать также и в качестве объектов геологического туризма. Исходя из особых научного, познавательного и культурного (разрезы выделены и описаны исследователями) значений эталонных разрезов, представля-

ется правомерным их отнесение к объектам геологического наследия (ОГН).

В рамках выполнения научно-исследовательских работ по темам: «Природные геологические памятники и их представление в экспозиции Национального научно-природоведческого музея НАНУ» (2008-2011 гг.), «Создание литотеки венд-фанерозойских отложений Вольно-Подоллии и Крыма» (2012-2016 гг.) эталонные разрезы, в том числе, стратотипы юры Горного Крыма рассматриваются как ОГН: проводятся оценка уникальности, научной и образовательной ценности объектов, их ранжирование.

При проведении новых научно-исследовательских работ по доизучению какого-либо стратона, уточнению возраста слагающих его отложений, решения других задач, ис-