

ПРОГНОЗУВАННЯ КОЛЕКТОРСЬКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІРСЬКИХ ПОРІД НА ВЕЛИКИХ ГЛИБИНАХ НА ПРИКЛАДІ ПАЛЕОГЕНОВИХ ПОРІД ПЕРЕДКАРПАТТЯ

¹Л.С.Мончак, ²В.Д.Михайлюк, ¹О.С.Філюк

¹ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42027
e-mail: ifdtung@omega.icmp.lviv.ua

²ЦНДЛ ВАТ “Укрнафта”, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Північний бульвар ім. Пушкіна, 2,
тел. (03422) 76149, e-mail: pkhotun@rambler.ru

Предложена формула, позволяющая прогнозировать возможность существования пород-коллекторов промышленного значения на больших глубинах с учетом пластовых давлений. Проиллюстрировано это на примере пород палеогена Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба.

The offered formula, which permits to predict an opportunity of existence of reservoir rocks of industrial meaning on the large depths with the account of layer pressure. It is illustrated on an example of paleogenic rocks of Boryslavsko-Pokytka zone of the Precarpathian deflection.

Проблема пошуків порід-колекторів на великих глибинах є актуальною для всіх нафтогазоносних регіонів світу, а особливо для регіонів, де давно ведуться пошуки та видобуток нафти і газу. До таких регіонів відноситься і Прикарпаття, а особливо Бориславсько-Покутська зона, де більшість відкритих родовищ знаходяться на глибинах до 3-4 км. Чимало свердловин, що пробурені на глибини понад 5 км, не відкрили промислових скупчень нафти і газу, і це часто пов'язано з відсутністю у розрізі порід-колекторів промислового значення. Цим і зумовлена актуальність вирішення проблеми прогнозування колекторів на великих глибинах, тобто пошуку шляхів більш аргументованого прогнозування існування гранулярних (порових) типів порід-колекторів, що мають промислове значення.

Ця проблема не є новою, про що свідчить проведений семінар з питань колекторів нафти і газу на великих глибинах у Москві ще в 1975 р. [1], де в роботах Л.С.Мончака і В.Й.Шеленка [2], М.Б.Рипун [3] йшла мова також і про породи-колектори Передкарпатського прогину.

Бориславсько-Покутська зона – це система складок, складених палеогеновими і верхньокрейдовим флішем та міоценовими моласами і може розглядатись як антиклінорій, сильно порушений насувними явищами.

Добре відомо, що породами-колекторами в Бориславсько-Покутській зоні Передкарпатського прогину виступають пласти пісковиків флішевих відкладів палеогену та верхньої крейди, тобто порід, що утворилися в морському басейні з дещо специфічними умовами седиментації.

Для Бориславсько-Покутської зони характерні низькі значення відкритої пористості (менше 5%) та проникності (менше $0,1 \cdot 10^{-3}$ мкм²) піщано-алевритових порід. Трапляються також ділянки розрізу, які характеризуються більш високими значеннями цих параметрів. Для порід-колекторів продуктивних горизонтів крейди

– палеогену Бориславсько-Покутської зони нижні межі пористості і проникності становлять відповідно 6-8 % і $0,1-0,2 \cdot 10^{-3}$ мкм².

Практично перша спроба спрогнозувати можливість існування колекторів нафти і газу на великих глибинах для умов Бориславсько-Покутської зони була зроблена в 1986 р. [4], де вказується на дві умови існування порід-колекторів. Перша базується на умові стиснення з дренаванням (вільний відтік флюїдів); друга – на умові стиснення без дренавання.

Давно відомо, що під дією тиску породи ущільнюються. Ущільнення – це контрольоване тиском явище, при якому центри зерен, що складають породу, наближаються один до одного переважно у вертикальному напрямі. Ущільнення значною мірою – явище незворотне, і зняття тиску призводить лише до пружного відновлення (за деякими виключеннями).

Пористість гранулярних порід залежить від низки факторів, головними з яких є укладка і відсортованість зерен, форма і мінералогічний склад, гірський та внутрішньопоровий тиски, кількість цементу. Перші чотири фактори залежать переважно від умов седиментації. У той час, як інші вже значно залежать від глибини залягання. Зростання глибини залягання призводить до ущільнення та деформації порід, відкладання вторинних цементів, а відповідно до зменшення пористості.

На основі гравітаційної моделі ущільнення, при якій має місце вільний відтік флюїдів (стиснення з дренаванням), було запропоновано [4] формулу розрахунку глибини збереження колектора

$$H = \frac{200(m_0 - m_1)}{\rho_m - \rho_g}, \quad (1)$$

де: ρ_t і ρ_v – усереднені за розрізом густини твердої і рідкої фаз відповідно, кг/м³;

m_0 – максимальна початкова пористість теригенних порід;

m_1 – нижня межа пористості промислового колектора для літолого-стратиграфічного комплексу, що розглядається. Числовий коефіцієнт взято з даних досліджень Е.І. Стетюхи [5] для умов Передкавказзя.

Для умов Бориславсько-Покутської зони при $\rho_T = 2650 \text{ кг/м}^3$, $\rho_B = 1050 \text{ кг/м}^3$, $m_0 = 50 \%$, $m_1 = 6\%$ розрахована за цією формулою гранична глибина поширення імовірного колектора становить 5,5 км. Однак потрібно врахувати, що породи-колектори, які через погане сортування матеріалу мають початкову пористість, значно нижчу за 50%, на цих глибинах уже не можуть бути колекторами.

З точки зору геостатики збереження пористості на глибинах, які перевищують граничну величину, можна пояснити появою в осадовій товщі явища стиснення без дренавання, тобто стану, коли витиснення (відтік) води, а відповідно і зменшення пористості сповільнюється або стає неможливим, тоді в самому масиві зберігається пористість.

Основним фактором, який контролює виникнення в масиві осадових порід такого стану, є наявність в розрізі водоупорного комплексу.

Під водоупором осадові породи ущільнюються менше за рахунок сприйняття рідиною частини тиску від маси вищезалягаючих порід. Тобто, тиск на скелет породи під водоупором зменшується, і відповідно породи можуть зберегти більш високу пористість.

Фактичний ущільнюючий тиск (P_y) буде становити

$$P_y = H \cdot \rho_m - H \cdot \rho_e = H \cdot (\rho_m - \rho_e), \quad (2)$$

де H – глибина залягання, м.

Якщо врахувати, що в розрізі часто трапляються зони з аномально високими пластовими тисками і відповідно породи будуть недоущільнені, то це можна врахувати через введення у формулу (2) коефіцієнта аномальності пластового тиску (K_a), тобто:

$$P_y = H \cdot (\rho_m - \rho_e \cdot K_a). \quad (3)$$

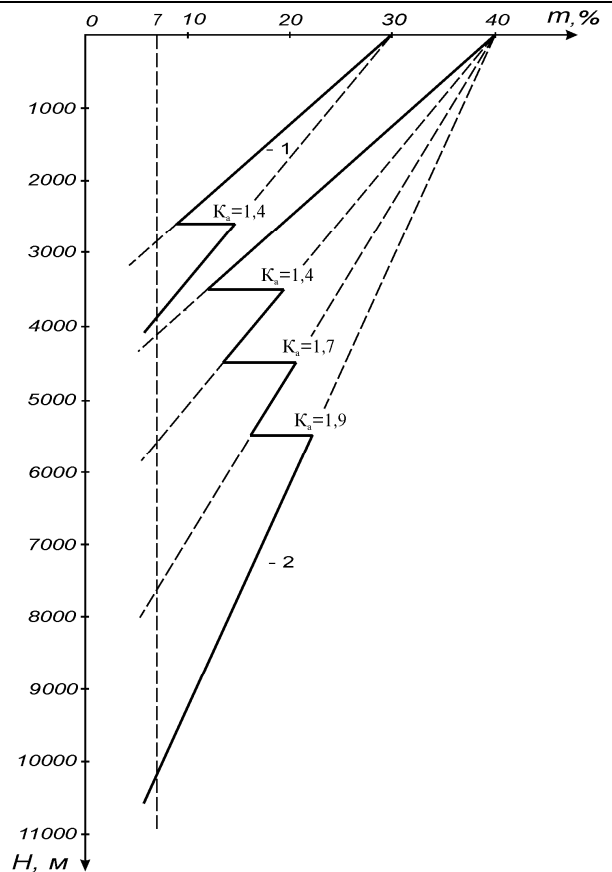
Тоді формула (1) для визначення максимальної глибини існування гранулярних порід-колекторів буде мати такий вигляд:

$$H = \frac{200(m_0 - m_1)}{\rho_m - \rho_e \cdot K_a}. \quad (4)$$

Таким чином, формула (4) стає придатною як для умов без дренавання, так і для умов з дренаванням ($K_a=1$) і має універсальний характер для процесів ущільнення порід.

Для достовірних розрахунків за формулою (4) важливо правильно прийняти величину початкової (вихідної) пористості. Добре відомо, що для ідеальних сфер при кубічній укладці зерен максимальна пористість становить 47,6 %, а при ромбоєдричній 25,9 %. Переважно вона коливається від 30 до 40 % [5].

Користуючись формулою (4), ми побудували графіки зміни пористості з глибиною (рис. 1) для умов стиснення з дренаванням та без дренавання.



1 – характер зміни пористості з глибиною при початковій пористості 30 %;
2 – характер зміни пористості з глибиною при початковій пористості 40 %;

Рисунок 1 — Характер зміни пористості з глибиною залежно від вихідної пористості за наявності зон з аномально високими пластовими тисками

За даними Максвелла [6] при встановленні залежності пористості від глибини більш інформативними є максимальні значення пористості, а не її середні значення. Це особливо справедливо для порід одного геологічного віку. В табл. 1 наведені середні та максимальні значення пористості з глибиною для порід палеогену Бориславсько-Покутської зони.

Наведене свідчить про те, що глибина, на якій породи-колектори можуть ще мати промислове значення, залежить від початкової пористості та від наявності зон з аномально високими тисками. Це наочно видно, якщо порівняти дані таблиць 1 і 2.

Такий стан речей відповідає реальним даним, що характеризують піщано-алевритові та аргілітові пласти в умовах Бориславсько-Покутської зони, оскільки розріз порід палеогену Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину характеризується чергуванням алеврито-піщаних проникних і аргілітових непроникних пластів. На великих глибинах в розрізі порід зустрічаються і потужні товщі, які являють собою породи-покришки. Тобто, в межах Бориславсько-Покутської зони можна прогно-

Таблиця 1 — Поінтервальний розподіл пористості на глибинах 4000-6500 м для палеогенових відкладів Бориславсько-Покутської зони

Глибина, м	Середні значення пористості, %	Кількість проб	Максимальні значення пористості, %	Середня пористість з максимальних значень, %	Кількість проб
4000 – 4500	5,32	48	15,2	11,8	10
4500 – 5000	4,26	75	16,8	13,4	4
5000 – 5500	3,88	65	16,8	12,9	9
5500 – 6000	3,83	18	13,2	10,5	7
6000 – 6500	3,59	12	7,0		1

Таблиця 2 — Можливі максимальні значення глибин залягання порід-колекторів промислового значення

Початкова пористість (m_0), %	Максимальна глибина (м) залягання колекторів промислового значення ($m_1 > 7\%$), при заданих значеннях коефіцієнта аномальності (K_a), м			
	$K_a=1$	$K_a=1,4$	$K_a=1,7$	$K_a=1,9$
40	4125	5593	7630	10154
30	2875	3898	5318	6554

зувати існування гранулярних порід-колекторів нафти і газу на глибинах до 10 км (табл. 2).

Таким чином, віднайдено спосіб достовірного прогнозу існування гранулярних порід-колекторів промислового значення на великих глибинах. Для цього, окрім відповідних розрахунків, потрібно виявити зони поширення чистих, добре сортованих неглинистих і невапнистих пісковиків. Саме вони мають найвищу початкову пористість і відповідно можуть зберегти її при зануренні на значні глибини, особливо в зонах з аномально високими пластовими тисками.

Література

1. Коллекторы нефти и газа на больших глубинах. – М.: Недра, 1975.
2. Мончак Л.С., Шеленко В.И. Основные факторы, определяющие коллекторские свойства продуктивных горизонтов Внутренней зоны Предкарпатского прогиба до глубины 7000 м. В кн.: Коллекторы нефти и газа на больших глубинах. – М.: Недра, 1975.

3. Рипун М.Б. Основные факторы, влияющие на изменение пористости с глубиной в палеогеновом флише Предкарпатского прогиба. В кн.: Коллекторы нефти и газа на больших глубинах. – М.: Недра, 1975. – С. 114.

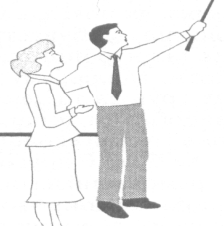
4. Василечко В.П., Падва Г.А., Мончак Л.С., Лазарева Н.С. Предпосылки существования коллекторов на больших глубинах в условиях Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 1998. – № 25. – С. 7-10.

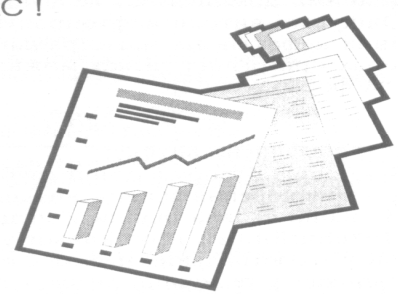
5. Стетюха Е.И. Уравнения корреляционных связей между физическими свойствами горных пород и глубиной их залегания. – М.: Недра, 1964. – С. 134.

6. Maxwell John C. Influence of Depth, Temperature and Geologic Age on Porosity of Quartzzone Sandstone. – AAPG, Vol. 48. – № 5. – 1964. – P. 697-709.

МИ ЧЕКАЄМО НА ВАС !

МІСЦЕ
ВАШОЇ
РЕКЛАМИ





З питань виготовлення і розміщення реклами звертатися:
м. Івано-Франківськ, 76019, вул. Карпатська 15, ІФНТУНГ,
Редакція журналу "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ",
тел.: (03422) 42002, тел./факс: (03422) 42139,
ел. пошта: rozvidka@ifdtung.if.ua