

Рудько Г., доктор геолого-мінералогічних наук, доктор географічних наук, доктор технічних наук,
професор, голова ДКЗ

Ловинюков В., начальник управління,

Григіль В., заступник начальника управління – начальник відділу,

Литвинюк С., кандидат геологічних наук, начальник відділу

(Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ)

ГЕОЛОГО-ПРОГНОЗНІ РОБОТИ ТА ОЦІНКА РЕСУРСІВ ГАЗУ СЛАНЦЕВИХ ТОВЩ У НАДРАХ

ГЕОЛОГО-ПРОГНОЗНЫЕ РАБОТЫ И ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ГАЗА СЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩ В НЕДРАХ

В статье представлена общая последовательность проведения геолого-прогнозных работ и методика оценки перспективных и прогнозных ресурсов газа сланцевых толщ.

FORECASTING AND GAS RESOURCES ESTIMATION WITHIN THE SHALE FORMATIONS IN SITU

The article presents the sequence of geological prognosis works and the estimation method of prospective and possible gas resources of shale formations.

Ключові слова: прогнози та перспективні ресурси, сланцева товща, газ, прогнозування.

Ключевые слова: прогнозные и перспективные ресурсы, сланцевая толща, газ, прогнозирование.

Keywords: prospective and possible resources, shale formation, gas, forecasting.

Для досягнення кінцевої мети – одержання вуглеводневих енергоносіїв на нетрадиційних газонасних ділянках надр, складених бітумінозними, низькопроникними для нафти і газу сланцями та аргілітами, – спочатку мають бути проведені спеціалізовані геологічні дослідження з метою бітумонафтогазогеологічного районування територій осадових відкладів фанерозою з виділенням перспективних літолого-стратиграфічних комплексів порід, тектонічних структур і площ для пошуків і підготовки до розробки промислових родовищ газу сланцевих товщ.

Геолого-прогнози дослідження з оцінки ресурсів газу сланцевих товщ проводяться у послідовності, передбаченій для стадій геологорозвідувальних робіт на нафту і газ регіонального етапу згідно з ДСТУ 41-00032626-00-011-99 «Етапи і стадії геологорозвідувальних робіт на нафту і газ. Порядок проведення» [1] з деякими відмінностями, пов'язаними зі специфікою газу сланцевих товщ. Дослідження проводяться послідовно з періодичним геолого-економічним аналізом отриманих результатів і висновками щодо доцільності продовження робіт.

Методичними вказівками з оцінки ресурсів газу сланцевих товщ визначено, що виявлення і виділення площ розвитку літолого-стратиграфічних комплексів порід, перспективних для пошуків і розвідки газу сланцевих товщ, здійснюється шляхом цілеспрямованого геолого-прогнозного аналізу наявних середньомасштабних та крупномасштабних геологічних карт, стратиграфічних колонок, геолого-геофізичних

розрізів опорних, параметричних та інших свердловин, каротажних діаграм, комплексної обробки кернового матеріалу, даних випробування, іншої геологічної, геофізичної та геохімічної інформації [3].

Окремо слід вивчати фактичний матеріал по бурінню і випробуванню свердловин, умови їхньої проводки, характер газопроявів під час буріння.

Фонд наявного кернового матеріалу підлягає повторному вивченню, додатковому опробуванню, геолого-петрографічним і геохімічним дослідженням для визначення наявності бітумоїдів у сланцевих породах, типу керогену та ступеня зрілості органічної речовини в них.

Виділені під час спеціалізованого районування літолого-стратиграфічні комплекси бітумінозних порід належить вивчати у мірі, достатній для ранжування їх за ступенем перспективності та прийняття обґрунтованих висновків щодо оцінки прогнозних ресурсів газу сланцевих товщ на підставі інформації щодо:

- тектонічної будови району;
- проявлення регіональних та локальних передумов утворення та нагромадження в процесі седиментації діагенезу та катагенезу вихідної органічної речовини;
- загальної товщини збагачених органічною речовиною сланцевих порід, умов їхнього накопичення, мінерального та гранулометричного складу;
- середнього вмісту у сланцевих товщах органічної речовини у вагових відсотках;

- ступеня катагенетичних перетворень органічної речовини;
- глибини залягання покрівлі та підосви потенційно продуктивної сланцевої товщі;
- пористості та проникності сланцевих товщ;
- газонасиченості сланцевих товщ;
- водонасиченості сланцевих товщ.

У межах найперспективніших площ розвитку бітумогазоносних літолого-стратиграфічних комплексів порід здійснюється деталізаційне картування з визначенням як у плані, так і в розрізі меж поширення перспективних сланцевих товщ та встановлення місць залягання покладів сланцевих порід з найбільшими товщинами. Для оцінки перспективних на ресурси газу ділянок надр розміри газонасних сланцевих товщ по простяганню та падінню визначаються шляхом дослідження наявних та побудови додаткових поперечних та поздовжніх вертикальних розрізів.

Визначення меж перспективних продуктивних зон та покладів, придатних для видобутку газу сланцевих товщ, здійснюється з урахуванням:

- оптимальності глибини залягання сланцевої товщі;
- відповідності середнього вмісту органічної речовини у сланцевій товщі встановленому мінімальному вмісту на відомих родовищах сланцевого газу;
- ступеня катагенетичних перетворень органічної речовини, визначеного згідно з показником відбиваючої здатності вітриніту – (R_o) та іншими критеріями;
- ступеня придатності продуктивного покладу до розущільнення за потенційною крихкістю відповідно до співвідношення кварцового, карбонатного і глинистого компонентів у мінеральному складі сланцевих порід.

Обчислення кількості загальних ресурсів газу сланцевих товщ у межах, виділених і оконтурених унаслідок попередніх досліджень продуктивних зон та покладів, здійснюється об'ємним методом.

Обґрунтування підрахункових параметрів здійснюється комплексно: на основі лабораторних досліджень кернавого матеріалу, відібраного зі сланцевих товщ, та геофізичних досліджень свердловин.

Для визначення підрахункових параметрів використовуються:

- газовий та фільтраційний каротаж;
- ядерно-магнітний каротаж з метою більш точного визначення ефективної товщини, пористості, газонасиченості і проникності тріщинно-порового простору;
- метод нормалізації кривих опору та акустичного каротажу чи інших геофізичних методів з у'язкою по радіоактивному каротажу та кавернометрії;
- інші визнані необхідними види каротажів та методи інтерпретації.

За результатами інтерпретації матеріалів ГДС та результатів лабораторних досліджень керна газонасичених сланців встановлюються петрофізичні залежності, номограми для проведення оцінки: K_n , K_{np} , $K_{нг}$.

Загальна послідовність оцінки перспективних ресурсів газу сланцевих товщ складається з наступних операцій:

- уточнення границь покладу ресурсів газу сланцевих товщ по площі і глибині;
- побудова гіпсометричних планів поверхні і підосви сланцевих товщ, карт газонасності сланцевих товщ, карт мінливості колекторських властивостей (карт ізопор), геологічних профілів та типових літолого-стратиграфічних розрізів;
- аналіз результатів вивчення газонасності сланцевих товщ з використанням комплексу методів, оцінки їхньої достовірності та визначення оптимальних значень газонасиченості по окремих підрахункових ділянках і оцінюваних товщах у цілому;
- визначення і обґрунтування коду класу (категорії) ресурсів газу сланцевих товщ за ступенем їхнього геологічного та техніко-економічного вивчення згідно з «Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр»; перспективні і прогностичні ресурси газу сланцевих товщ за ступенем промислового значення згідно з «Класифікацією...» відносяться до таких, промислове значення яких є невизначеним;
- підготовка вихідних геологічних даних та підрахункових параметрів для обчислення обсягів ресурсів за формою типових таблиць згідно з «Інструкцією про зміст, оформлення та порядок подання в ДКС України матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ нафти і газу» [2].

Перспективні і прогностичні ресурси газу сланцевих товщ оцінюються по літолого-стратиграфічних комплексах порід, тектонічних структурах і площах, а також по ділянках нафтогазоносних надр, потенційних родовищах і покладах, та оформлюються в табличній формі згідно з вищезгаданою «Інструкцією...».

Для обчислення обсягів загальних ресурсів газу сланцевих товщ до розрахунків залучаються дані досліджень газонасиченості порід, визначені за результатами інтерпретації даних ГДС, вивчення керна та випробування потенційно продуктивних пластів [3].

Об'єктами оцінки загальних ресурсів газу сланцевих товщ у розрізі перспективного породного масиву приймаються:

- газонасичені за даними ГДС сланцеві породи, газонасиченість яких є вищою від обґрунтованих кондиційних значень;
 - сланцеві породи з пористістю та проникністю, що перевищує обґрунтовані кондиційні значення для відповідного регіону, віку відкладів і глибин залягання.
- Оцінка обсягу вільного газу у сланцевій товщі проводиться за досягнутої розвіданості об'ємним методом. Вихідними розрахунковими параметрами при цьому є:
- площа перспективної сланцевої товщі;
 - середня загальна товщина сланцевої товщі;
 - середньозважена пористість;
 - величина пластового тиску;
 - коефіцієнт газонасиченості;
 - вміст органічної речовини та ступінь перетворення за лабораторними дослідженнями.

Обрахунки загальних ресурсів газу сланцевих товщ об'ємним методом проводяться за формулою:

$$Q_{\text{гст}} = S \cdot h \cdot m \cdot K_r \cdot f \cdot (P_n \cdot \alpha - P_k \cdot \alpha_k),$$

де $Q_{\text{гст}}$ – загальні ресурси газу сланцевих товщ, млн м^3 ;

S – площа покладу газу в найпродуктивніших межах сланцевої товщі, м^2 ;

h – товщина пористої (продуктивної) частини сланцевої товщі, м;

m – коефіцієнт відкритої пористості, частка одиниці;

K_r – коефіцієнт газонасиченості за даними геофізичних досліджень, частка одиниці;

f – поправка на температуру;

P_n – середнє значення початкового пластового тиску у покладі газу сланцевих товщ, МПа;

P_k – кінцевий пластовий тиск, приймається на рівні 0,1 МПа;

α, α_k – стандартні поправки на відхилення вуглеводневих газів від закону Бойля – Маріотта.

За відсутності фактичних даних, для оцінки ресурсів приймається умовно середній пластовий тиск у покладі газу сланцевих товщ, рівний гідростатичному; за наявності виміру – заміряний пластовий тиск. Коефіцієнт газонасиченості (K_r) приймається за даними геофізичних досліджень або умовно – 0,5.

Ефективна газонасичена товщина продуктивної сланцевої товщі визначається за даними ГДС з урахуванням якісних (зонди) і кількісних (граничні значення) критеріїв на конкретній площі. За підрахунковий параметр береться середня ефективна товщина продуктивної товщі, що оцінюється.

Дані про відкриту пористість колекторів отримують шляхом лабораторних досліджень керна та геофізичних досліджень свердловин, пробурених на оцінюваній площі. За підрахункове значення береться середнє значення відкритої пористості в межах газонасиченої товщини сланцевої товщі.

Обчислені загальні ресурси газу сланцевих товщ приводяться до загальноприйнятих стандартних умов ($P=0,1$ МПа, $t=20$ °С).

Для оцінки сорбованого та закритого в порах сланцевого газу використовується методика, основана на об'ємному методі газонасиченості породи:

$$Q = F \cdot h \cdot \rho_n \cdot X_n,$$

де Q – початкові геологічні запаси газу, приведені до стандартних умов, млн м^3 ;

F – площа газонасиченості, м^2 ;

h – товщина перспективної товщі, м;

ρ_n – щільність порід, $\text{кг}/\text{м}^3$;

X_n – газонасиченість порід, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Для прямого визначення газонасиченості порід використовується контейнерна десорбція керна, відібрана

ного зі збереженням пластових умов. У лабораторних умовах в керні визначається вміст газу, близький до природного в пластових умовах.

Вміст сорбованого газу в породах може визначатись також на підставі графіків залежності газонасиченості від пластового тиску та вмісту $C_{\text{орг}}$ відомих як залежності Ленгмюра (рис. 1). Вміст $C_{\text{орг}}$ у породі визначається за даними опробування керна.

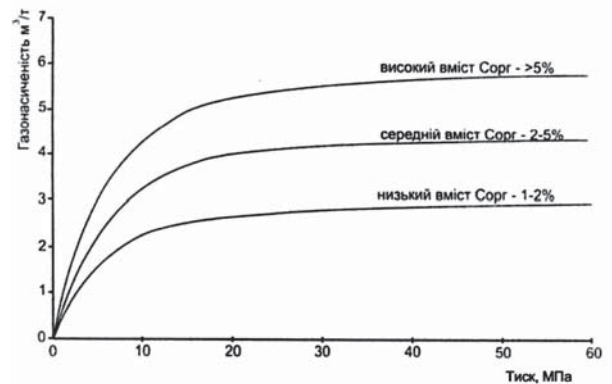


Рис. 1. Залежності Ленгмюра для сорбованого газу

Обсяги ресурсів традиційного рухливого вільного газу горючого природного, що залягає в локальних пористих колекторах в об'ємі низькопроникної сланцевої товщі, підраховуються окремо або разом із ресурсами сланцевого газу відповідно до технічного завдання користувача надр.

Для визначення видобувної частки ресурсів газу сланцевих товщ приймається умовно коефіцієнт газовіддачі в межах 0,2–0,3.

Розподіл ресурсів газу сланцевих товщ на класи за ступенями їхнього геологічного і техніко-економічного вивчення та рівнем промислового значення здійснюється відповідно до «Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу».

Оцінка ефективності промислового освоєння потенційних родовищ газу сланцевих товщ здійснюється з використанням «Положення про порядок техніко-економічного обґрунтування кондицій для підрахунку запасів родовищ нафти і газу», у частині, що відповідає умовам підготовки до промислового освоєння і розробки родовищ газу сланцевих товщ.

1. ДСТУ 41-00032626-00-011-99 «Етапи і стадії геологорозвідувальних робіт на нафту і газ. Порядок проведення».

2. Інструкція про зміст, оформлення та порядок подання до ДКЗ України матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ нафти і газу. – К.: ДКЗ, 1999. – 67 с.

3. Методичні вказівки з оцінки ресурсів газу сланцевих товщ. – К.: ДКЗ, 2012. – 22 с.