

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ПРОБЛЕМИ ОСВОЄННЯ ДЖЕРЕЛ НЕТРАДИЦІЙНОЇ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ СИРОВИНИ ВОЛИНО-ПОДІЛЬСЬКОЇ НАФТОГАЗОНОСНОЇ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ

Стаття 1. Перспективи сланцевого газу Олеської ділянки

Я.Г. Лазарук

(Рекомендовано акад. НАН України О.Ю. Лукіним)

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна,

E-mail: lazaruk_s@i.ua

Доктор геологічних наук, провідний науковий співробітник.

Коротко охарактеризовані ресурси та стан видобування сланцевого газу в світі. Наведені результати геологорозвідувальних робіт на сланцевий газ у Балтійському басейні та Люблінському прогині Польщі, який межує з перспективною Волино-Подільською нафтогазоносною областю України. Подані стратиграфічна, літологічна, структурна характеристики відкладів силуру Волино-Поділля, перспективних на сланцевий газ. Наведені дані про фізичні властивості порід, кількість розсіяної органічної речовини та ступінь її катагенетичного перетворення. Проведений порівняльний аналіз вказаних параметрів на польській та українській території. Обґрунтований методичний підхід до оцінки ресурсів сланцевого газу об'ємно-генетичним методом, показаний алгоритм робіт з визначення геологічних та видобувних ресурсів сланцевого газу. Оцінені видобувні ресурси сланцевого газу Олеської ділянки в кількості 120-150 млрд м³.

Ключові слова: нетрадиційний газ, сланцевий газ, ресурси, силур, органічна речовина, катагенез.

PROSPECTS AND PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF SOURCES OF UNCONVENTIONAL HYDROCARBON OF THE VOLYN-PODOLIA OIL AND GAS FIELD OF UKRAINE

Paper 1. Perspectives of shale gas of Oleska site

Ja.G. Lazaruk

(Recommended by academician of NAS of Ukraine O.Yu. Lukin)

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine,

E-mail: lazaruk_s@i.ua

Doctor of geological sciences, leading scientist.

Resources and the state of extraction of shale gas in the world have briefly been described. The results of exploration for shale gas in the Baltic Sea basin and Lublin Poland, which borders on the Volyn-Podolia oil and gas region of Ukraine have been given. Stratigraphic, lithological characteristics and features of the occurrence of Silurian sediments Volyn-Podolia, prospective for shale gas have been mentioned. The data on the physical properties of rocks, scattered amount of organic substance and the degree of catagenesis conversion have been given. The comparative analysis of mentioned parameters on the Polish and Ukrainian territories has been carried out.

It was established that due to the degree of catagenesis conversion of low porous Silurian rocks in western Ukraine may generate gas from diffuse organic substance. Specified for direct signs of gas content of Silurian sediments. The methodological approach to assessing of the shale gas resource has been proved. To diagnose parent rocks and determination of performance used information on the distribution of concentrations of organic substance and its genetic type, quantity and composition bitumoyidiv and hydrocarbon geochemical facies types, along with the maximum immersion depth lithofacies complexes, paleotemperature catagenesis maturity of organic substance. Schematic maps containing average geochemical parameters required to calculate the resources of shale gas have been constructed based on generalized data. Geochemical maps are combined with schemes thickness of gas-generating Silurian sediments and tectonic maps. Typical estimation areas characterized by similarity to lithofacies close by the degree of catagenesis transformation of organic substance and the total thickness of gas-generating rocks have been highlighted. Complex analysis of the specified parameters made it possible to identify the specific density of hydrocarbon generation in the reference areas and as the results to estimate recoverable resources of shale gas of Oleska area in the amount of 120-150 billion m³.

Key words: unconventional gas, shale gas resources, Silurian, organic substance, catagenesis.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ НЕТРАДИЦИОННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ВОЛЫНО- ПОДОЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ УКРАИНЫ

Статья 1. Перспективы сланцевого газа Олеского участка

Я.Г. Лазарук

(Рекомендовано акад. НАН Украины А.Е. Лукиным)

Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины, Львов, Украина,

E-mail: lazarusk_s@i.ua

Доктор геологических наук, ведущий научный сотрудник.

Коротко охарактеризованы ресурсы и состояние добычи сланцевого газа в мире. Приведены результаты геологоразведочных работ на сланцевый газ в Балтийском бассейне и Люблинском прогибе Польши, граничащем с перспективной Волыно-Подольской нефтегазоносной областью Украины. Даны стратиграфическая, литологическая, структурная характеристики отложений силура Волыно-Подольи, перспективных на сланцевый газ. Приведены данные о физических свойствах пород, количестве рассеянного органического вещества и степени его катагенетического преобразования. Проведен сравнительный анализ указанных параметров на польской и украинской территориях. Обоснован методический подход к оценке ресурсов сланцевого газа объемно-генетическим методом, показан алгоритм работ по определению геологических и извлекаемых ресурсов сланцевого газа. Оценены извлекаемые ресурсы сланцевого газа Олеского участка в количестве 120-150 млрд м³.

Ключевые слова: нетрадиционный газ, сланцевый газ, ресурсы, силур, органическое вещество, катагенез.

Вступ

Попит на енергоносії у світі невпинно зростає. Значна кількість традиційних родовищ нафти і газу вже виснажена. Це стимулює нафтогазові компанії розробляти нові технології освоєння вуглеводневих покладів, пов'язаних з низькопористими колекторами. Підвищення цін на паливо зробило ці

технології рентабельними і дало змогу видобувати нетрадиційний газ у промислових масштабах.

Одним з видів нетрадиційного газу є так званий сланцевий газ. Цей термін дещо умовний, оскільки сланцевим газом зараз прийнято називати не лише газ, приурочений до сланців, а й до товщ глинистих порід,

низькопроникних піщано-алевритових резервуарів. Питання термінології щільних газонасичених порід, особливості фільтрації пластових флюїдів через низькопористі середовища достатньо повно висвітлені О.Ю. Лукіним [Лукин, 2010 а, б; Лукін, 2014].

Якщо світові запаси природного газу становлять від 177 до 213 трлн м³, то прогнозні ресурси сланцевого газу за даними Управлінням енергетичної інформації Міністерства енергетики США та незалежної консалтингової компанії Advanced Resources International Inc. для 48 нафтогазоносних басейнів 32 країн світу досягають 1200 трлн м³ [Альтернативи..., 2011]. Певними ресурсами нетрадиційного газу володіють Австралія, Індія, Китай, а у Європі – Німеччина, Польща, Франція, Швеція, а також Україна. Промислова його розробка здійснюється лише у США і Канаді. Оптимальне поєднання законодавчих підходів, технологічних та екологічних рішень дало змогу США видобувати сланцевий газ у промислових масштабах. Вони вже декілька років поспіль є світовим лідером з видобування газу і практично задовольняють свої потреби власними ресурсами. Про масштабність технології гідророзриву пласта свідчить те, що останнім часом у США щорічно видобувається близько 140 млрд м³ сланцевого газу – приблизно чверть від загального об'єму в країні. Це поки що єдиний успішний приклад промислового видобування сланцевого газу в світі. Доведені його запаси в США оцінюються 1200 трлн м³ [Лукин, 2010]. Деякі дослідники вважають цю цифру суттєво перебільшеною, оскільки вона збігається з наведеними вище світовими прогнозними ресурсами сланцевого газу.

Іноземними компаніями, серед яких такі відомі, як Exxon Mobil, Marathon Oil, Talisman Energy, Chevron, розпочато вивчення можливостей видобування сланцевого газу із силурійського комплексу на території Балтійського басейну та Люблінського прогину Польщі, який є північно-західним продовженням Львівського палеозойського прогину. У Польщі зараз налічується близько сотні концесій, відданих вітчизняним та зарубіжним компаніям для пошукових робіт на сланцевий газ. За інформацією Петра Возняка, заступника міністра екології Польщі, пробурено 56 свердловин, у 24 з них

проведені гідророзриви, однак отримати припливи газу вдалося лише у декількох свердловинах. Найбільшого результату досягла компанія Lane Energy Poland (підконтрольна Conoco Phillips), яка за добу отримувала до 8 тис. м³ газу з глибини 3 км з тестової свердловини поблизу містечка Lembork на півночі Польщі. Такими є результати геологорозвідувальних робіт на сланцевий газ з 2008 по 2014 р. Вони виявились не такими оптимістичними, як на початку робіт, коли за даними Польського геологічного інституту у надрах Польщі прогнозувалось 5,3 трлн м³ сланцевого газу. За результатами проведених геологорозвідувальних робіт ця цифра зменшилась удесятеро – до 346-768 млрд м³ [Газета..., 2013]. Слід зазначити, що оцінка ресурсної бази газу в чорносланцевих товщах Польщі різними дослідниками з плином часу змінювалась в межах 1,0-1.4-3,0 трлн м³ (2009 р.), 5,3 трлн м³ (2011 р.), 346-768 млрд м³ (03.2012 р.), 38 млрд м³ (07.2012 р.), виказуючи стійку тенденцію до зменшення [Rutkowski, 2013].

Для вирішення проблеми сланцевого газу в країні надалі щорічно планується бурити близько 100 свердловин упродовж трьох років. Вартість кожної з них сягає 10-15 млн доларів США. Для того, щоб видобуток сланцевого газу досягнув 6 млрд м³ за рік, потрібно до 2025 р. вкласти 11 млрд доларів, а далі для підтримання видобутку на рівні 6,5 млрд м³ за рік до 2035 р. витратити щорічно по 1,5 млрд доларів. Тому собівартість видобування сланцевого газу прогнозується досить високою – на рівні 300 доларів за 1000 м³. Роботи ускладнюються постійними змінами екологічних нормативів, недоліками польського законодавства (труднощі з ввезенням у країну обладнання і матеріалів, тривалий період оформлення ліцензій), а також високими ставками оподаткування продукції.

Теоретично-методична частина

Метою досліджень є уточнення перспектив сланцевого газу на території Волино-Подільської нафтогазоносної області України. Полігоном досліджень обрана Олеська ділянка на вказаній території. Методика досліджень полягає в комплексному аналізі геолого-геофізичних та геохімічних матеріалів.

В Україні цілеспрямованих робіт з пошуку та оцінки ресурсів сланцевого газу досі не проводилося, хоча вже опубліковано ряд наукових робіт щодо перспектив Західного та Східного регіонів [Лукин, 2010, а, б; Лазарук, 2012], автори яких поряд з позитивним відношенням до цього питання наводять і ряд застережень переважно економічного та екологічного характеру [Лукин, 2010, а, б].

У Західному регіоні України, як і на території сусідньої Польщі, найбільш перспективним для започаткування робіт з вирішення проблеми сланцевого газу вважається нижньосилурійський комплекс Волино-Подільської нафтогазоносної області, насамперед Олеської ділянки площею 6324 км², розташованої на території Львівської та Івано-Франківської областей. Тендер на геологічне вивчення ділянки та видобування вуглеводнів виграла компанія Chevron, яка планує вже в цьому році розпочати геологорозвідувальні роботи.

Проте геологічні передумови формування покладів сланцевого газу в Польщі кращі, ніж в Україні. На території Польщі в Балтійському та Люблінському регіонах перспективний комплекс силуру (невелика частина ландоверського, в основному венлокський ярус та нижня частина лудловського ярусу) представлений монотонною товщею граптолітових сланців (рис. 1). Товщина відкладів ландоверу коливається в межах 20-40 м, венлоку змінюється від 100 м у південно-східній частині Люблінського регіону до 1000 м у західній частині Балтійського басейну. Вище залягає двокілометрова суттєво глиниста товща з прошарками карбонатних порід верхньої частини лудловського і пржидольського ярусів.

На території України в межах Львівського палеозойського прогину товщина венлокського та нижньої частини лудловського ярусу вдвічі менша, ніж у Польщі, а загальна потужність венлокського, лудловського та пржидольського ярусів не перевищує 800 м (рис. 2). За літологічним складом породи згаданих стратиграфічних підрозділів теж суттєво відрізняються від одновікових утворень польської території.

Венлокські відклади на Волино-Поділлі в нижній частині представлені чергуванням мергелів з вапняками, у верхній – потужною товщею грудкуватих вапняків з прошарками

аргілітів, мергелів, доломітів. Ці утворення відслонюються вхрест простягання долиною Дністра від сіл Канилівка, Молодове на сході до гирла р. Мукша на заході. В бортах річок Руска, Студенець, Мукша і Смотрич (ліві притоки Дністра) їх простежують майже за простяганням.

На венлокських утвореннях згідно залягають відклади лудловського ярусу. Вони складені потужною товщею плитчастих і грудкуватих вапняків з поодинокими прошарками мергелів, туфів і бентонітових глин. У східній смузі силурійських карбонатних порід західного схилу Українського щита в нижній частині їх розвинуті переважно лагунні, здебільшого карбонатні відклади. Із сходу на захід (вхрест простягання) останні заміщуються плитчастими доломітизованими вапняками, які в свою чергу поступово переходять у грудкуваті вапняки. Відклади лудловського ярусу відслонюються вхрест простягання в долині Дністра від с. Мар'янівка на сході до гирла Збруча на заході. За простяганням вони простежуються на берегах річок Мукша, Смотрич, Жванець і Збруч (ліві притоки Дністра), на решті території Волино-Поділля розкриті лише численними свердловинами.

Відклади пржидольського ярусу Волино-Поділля теж в основному карбонатні. Вони складені грудкуватими глинистими вапняками з прошарками мергелів, аргілітів, туфів, подекуди лагунних ангідритів та доломітів.

Таким чином, говорити про сланцеві породи силуру Волино-Подільської нафтогазоносної області немає сенсу – мова може йти лише про окремі пласти аргілітів, більшою чи меншою мірою карбонатних, сумарні товщини яких у центральній та східній частинах Олеської ділянки становлять 75-80 м, а в південно-західному та північно-східному напрямках відповідно зростають до 100-120 м. Глибина залягання покрівлі нижнього силуру збільшується від 600 м на північному сході до 3000 м на південному заході ділянки. За даними лабораторних літологічних та петрофізичних досліджень [Куровець та ін., 2010], відкрита пористість аргілітів змінюється в межах 0,6-2,4%, і вони практично непроникні (менше 0,001 мкм²). Вміст карбонатного матеріалу сягає 20%. Найменша густина (2,64-2,70 г/см³)

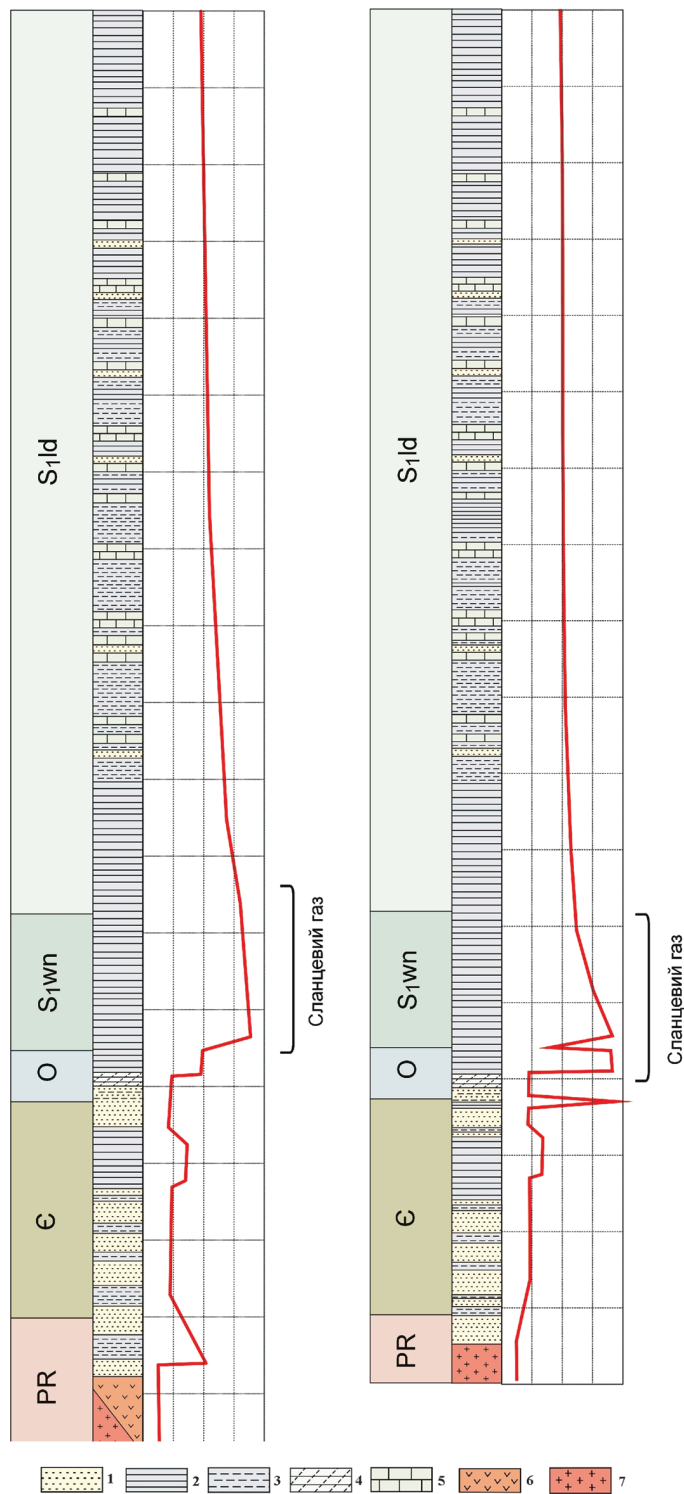


Рис. 1. Літостратиграфічний розріз нижнього палеозою Люблінського (зліва) та Балтійського (справа) басейнів Польщі. Червоною кривою зображена газонасиченість порід [Poprawa, 2010]

1 – пісковики; 2 – глини; 3 – аргіліти; 4 – мергелі; 5 – вапняки; 6 – туфи; 7 – консолідовані породи

Fig. 1. Lithostratigraphically Lower Paleozoic section Lublin (left) and Baltic (right) pools Poland. Red curve shows the gas saturation of rocks [Poprawa, 2010]

1 – sandstone; 2 – clay; 3 – mudstones; 4 – marl; 5 – limestone; 6 – tuffs; 7 – consolidated rocks

Система	Відділ	Ярус	Горизонт	Літологічна колонка	Товщина, м	Літологічна характеристика розрізу
Силурійська	Верхній	Прялеський	Скальський		До 380	Вапняки глинисті, грудкуваті, з прошарками мергелів, аргілітів, туфів. На сході – в нижній половині з'являються біогермні вапнякові споруди (палеорифи) і супроводжуючі їх лагунні доломіти
		Лудловський	Мално-вельський		До 250	Мергелі глинисті, грудкуваті, з прошарками туфів. На сході в розрізі з'являються біогермні вапнякові споруди (палеорифи) і супроводжуючі їх лагунні доломіти
		Багачинський		До 70	Глинисті вапняки, з прошарками аргілітів, мергелів, домеритів, доломітів. На сході з'являються палеорифові біогермні споруди, що межують з доломітами, рідше – з аргілітами	
	Нижній	Венлокський	Китайгородський		До 120	Вапняки глинисті, грудкуваті та мергелі з прошарками аргілітів, особливо у нижній частині розрізу

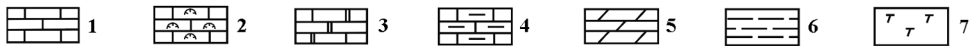


Рис. 2. Зведений літолого-стратиграфічний розріз силурійської системи Волино-Подільської нафтогазоносної області (за І.Б. Вишняковим, Г.М. Помяновською)

Fig. 2. Combined lithologic and stratigraphic section of the Silurian system of the Volyn-Podolia oil and gas field (after I.B. Vyshniakov, G.M. Pomjanovska)

1 – limestone; 2 – reef limestone; 3 – dolomitized limestone; 4 – clay limestone; 5 – marl; 6 – mudstones; 7 – tufts

характерна для аргілітів з вмістом вуглефікованої речовини, а найбільша (2,75-2,8) – для аргілітів масивних гідрослюдиств з включеннями піриту.

Для газогенеруючих порід існують певні вимоги як до вмісту у них органічної речовини, так і до ступеня їх еволюції. Вважається, що сланцевий газ утворюється в результаті катагенезу органічної речовини сланців, які складаються переважно з глинистих мінералів, гідрослюди, кварцу, кальциту та інших мінералів і мають листувату текстуру, хоч генезис сланцевого газу, очевидно, складний і достеменно не вивчений [Лукин, 2011].

Для газосних сланців обов'язковим є високий вміст органічної речовини (понад 0,5%), що дає підстави вважати їх джерелом газу. Водночас низька пористість та фактично відсутність проникності сприяє акумуляції сланцевого газу в місці його утворення. Органічна речовина цих сланців представлена в основному нерозчинною твердою речовиною – керогеном [Тиссо, Вельте, 1981].

За генезисом сланцевий газ поділяється на два типи: I – біогенного походження, що утворився на стадії діагенезу; II – термобаричного походження, який сформувався на стадії катагенезу при термодеструкції порід під дією високих пласто-

вих температур і тисків. У породах, які збагачені органічною речовиною і знаходяться на стадіях пізнього катагенезу (МК₄ – МК₅) та метагенезу (АК₁), фіксується швидке зростання до максимуму вмісту метану. Згідно з теоретичними розрахунками на цьому етапі утворюється основна частина метану – до 12 % від вихідної маси органічної речовини, завдяки чому він отримав назву головної фази газоутворення.

Вміст органічного вуглецю у відкладах ландоверського ярусу у західній та центральній частинах Балтійського басейну, а також у Підляській западині коливається від 0,5 до 1,3%, у східній частині Балтійського басейну та Люблінському регіоні він дещо більший – до 1-1,7% [Poprawa, 2010]. В центральних частинах Балтійського басейну та Підляської западини породи нижнього силуру, найбільш збагачені органічною речовиною, відносяться до відкладів ландоверського ярусу, а у східній частині Балтійського басейну та Люблінському регіоні найвищий вміст органічного вуглецю приурочений до порід венлокського ярусу. Середній вміст органічного вуглецю у них зазвичай становить 1-2,5%, за винятком Підляської западини, де його кількість сягає 6,0%.

У Львівському палеозойському прогині, який є південно-східним продовженням Люблінського прогину Польщі, вміст розсія-

ної органічної речовини в палеозойських і, зокрема, силурійських відкладах вивчався впродовж десятиліть такими дослідниками, як О.Ф. Шевченко, Л.П. Швай, І.Б. Губич. Накопичився значний обсяг фактичного матеріалу, який переконливо свідчить про те, що вміст розсіяної органічної речовини у палеозойських відкладах Волино-Поділля суттєво менший, ніж на території Польщі, і становить переважно 0,2-0,7%, в середньому 0,4%. Він дещо зростає у південно-західній частині Олеської ділянки і прилягаючій до неї території Більче-Волицької зони в міру глинизації і збільшення товщини силурійських відкладів.

Породи силуру Балтійського басейну та Люблінського регіону характеризуються високою відбиваючою здатністю вітриніту – $R^o \geq 2$, що свідчить про їхню термічну зрілість – вони знаходяться на стадіях пізнього катагенезу (МК₄-МК₅) та метагенезу (АК₁). Це необхідна умова для генерування метану з органічної речовини.

Вивчення особливостей катагенезу осадових відкладів Львівського палеозойського прогину для визначення перспектив їх газоносності цілеспрямовано не проводилося. Проте достатньо повно вивчений катагенез вугілля Львівсько-Волинського вугільного басейну і проведена його класифікація за марочним складом. Найбільше матеріалів є по відкладах нижнього і середнього карбону, які представлені вугіллям марок Г і Ж, що приурочені до етапів мезокатагенезу МК₂ і МК₃, відповідно. За цими даними можна простежити глибинні інтервали залягання вугілля кожної марки. На основі геотермічних градієнтів та з урахуванням температури нейтрального шару Землі встановлено палеотемператури, за якими визначався ступінь катагенетичних змін порід. Аналіз палеотемператур осадової товщі свідчить, що до завершення циклу інтенсивного осадконагромадження відбувалося занурення порід в область вищих температур. Силурійські відклади досягли максимальних температур наприкінці девону, а з ранньокам'яновугільного віку почалося їх поступове охолодження. Глибина залягання покрівлі силуру збільшується від 600 м на північному сході Олеської ділянки до 3000 м на її південному заході. У цьому ж напрямку відповідно зростає катагенетична

зрілість порід від етапу МК₁ до етапу МК₄. Як бачимо, вона дещо менша, ніж у одновікових аналогах Польщі, однак можемо констатувати, що за ступенем катагенетичного перетворення породи силуру України можуть генерувати газ.

Що стосується прямих ознак газоносності, то на Волино-Поділлі із силурійських відкладів за допомогою пластового випробувача на трубах отримано короткочасний приплив газу дебітом 1,4 тис. м³/добу лише у св. 1-Володимирівська з інтервалу 1807-1862 м.

Територія пошуків сланцевого газу в Польщі через кордон межує з Волино-Поділлям, де аналогічні відклади містяться в подібних термобаричних умовах, а наявність чорних сланців у вигляді як окремих прошарків, так і пачок виявлено від верхнього протерозою до кайнозою [Лукин, 2010 а, б]. Сьогодні не існує єдиної методики підрахунку ресурсів і запасів сланцевого газу. Тому численні публікації та дискусії щодо сланцевого газу в Україні відрізняються розбіжністю в оцінках його кількості. Недостатня вивченість проблеми, а також відсутність нормативної документації з підрахунку ресурсів сланцевого газу вимагають ретельного вивчення перспективних відкладів з метою встановлення їх поширення та оцінки газового потенціалу.

Впродовж останнього десятиліття в лабораторії геохімії Львівського відділення УкрДГРІ проведено детальне вивчення порід силуру за допомогою геохімічних методів. Результати цих досліджень викладені нами в декількох наукових звітах, а також друкованих працях [Лазарук та ін., 2012; Губич та ін., 2012]. Прогнозні ресурси вуглеводнів визначені на основі кількісного моделювання всього комплексу природних процесів, які зумовлюють утворення нафти і газу з органічної речовини материнських порід. Кількісна оцінка газогенераційного потенціалу товщі порід, виділеної у відкладах нижнього силуру, виконана на основі об'ємно-генетичного методу.

Для діагностики материнських порід та визначення їх продуктивності використано інформацію про розподіл концентрацій органічної речовини та її генетичних типів, кількість і склад бітумоїдів та вуглеводнів, типи геохімічних фацій, а також дані про

максимальні глибини занурення літофаціальних комплексів, палеотемператури та катагенетичну зрілість органічної речовини.

На основі узагальнених даних побудовані схематичні карти, що містять середньозважені геохімічні параметри, які необхідні для підрахунку ресурсів сланцевого газу. Геохімічні карти поєднані із схемами товщин газогенеруючих відкладів силуру та тектонічними картами. Виділені однотипні підрахункові ділянки, які характеризуються подібністю літофацій, близьким ступенем катагенетичного перетворення органічної речовини та сумарною товщиною газогенеруючих порід. Комплексний аналіз вказаних параметрів дав змогу визначити питомі щільності генерації вуглеводнів на оціночних ділянках.

Під час розрахунків враховувались коефіцієнти катагенетичних втрат органічної речовини та генерації газоподібних вуглеводнів, які були визначені фахівцями лабораторії геохімії Львівського відділення УкрДГРІ під керівництвом І.Б. Губича за допомогою лабораторного моделювання піролізу керогену та зіставлення отриманих даних з результатами бітумінологічних досліджень керна матеріалу.

Питомі щільності генерації вуглеводнів на оціночних ділянках визначені за формулою:

$$P = OP \cdot K_{к.в.} \cdot H \cdot d \cdot K_a$$

де P – щільність генерації газоподібних вуглеводнів, тис. т /км²; OP – вміст органічної речовини у газогенеруючих породах, %; $K_{к.в.}$ – коефіцієнт, що відновлює катагенетичні втрати OP , %; H – підрахункова товщина порід, км; d – щільність порід, т/км³; K_a – коефіцієнт акумуляції вуглеводнів, %.

Значення питомих щільностей генерації вуглеводнів змінюються від 40 тис. т/км² у східній частині території до 560 тис. т/км² на її південному заході [Лазарук та ін., 2012]. З огляду на отримані дані прогнозні ресурси сланцевого газу в межах Олеської ділянки становлять близько 1 трлн м³.

Проте це лише загальні геологічні об'єми сланцевого газу в товщі силуру. Видобувні його запаси будуть суттєво меншими. Справа у тому, що за даними багатолітньої розробки родовищ з низькопористими породами-колекторами коефіцієнт вилучення газу не перевищує 60-70%. Зрозуміло, що із щільних глинистих пластів ви-

добуватиметься ще менше газу. Крім того, не вся товща породи буде охоплена зоною тріщинуватості, яка виникне у результаті гідророзриву пластів. Як видно на рис. 3, частина об'єму газонасичених порід (30-40%) залишається не охопленою дренаванням. Окрім того, не кожен ізольований в породі газовий пухирець буде перетнутий тріщиною, тому багато з них залишаються в породі (рис. 4). Таким чином, коефіцієнт вилучення

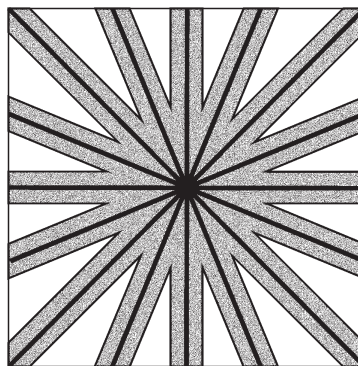


Рис. 3. Схема охоплення об'єму газонасиченої породи тріщинами гідророзриву при 16 свердловинах у кластері. Чорними лініями зображені проєкції похило спрямованих свердловин на горизонтальну поверхню, сірим фоном – зони тріщинуватості породи, утворені в результаті гідророзривів, білим фоном – зони, не порушені тріщинами

Fig. 3. Diagram of coverage of volume of hydraulic fracturing gas-saturated rocks with cracks in 16 wells in the cluster. Black lines show the projection of directional wells on a horizontal surface, gray background – zones of fracturing rock, created by hydraulic fracturing, white background – areas not affected by cracks

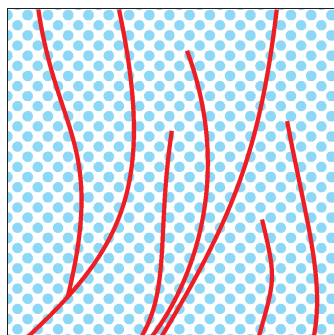


Рис. 4. Схема, яка демонструє часткове дренавання з породи газових включень (синім) тріщинами гідророзриву (червоним)

Fig. 4. Diagram showing the partial drainage of rock gas inclusions (blue) hydraulic fractures (red)

газу зі сланцевих порід навряд чи перевищить 10-15% від загальних геологічних ресурсів, що для Олеської ділянки сягатиме 120-150 млрд м³. Приблизно таку ж оцінку запасам сланцевого газу Олеської ділянки, а саме 100 млрд м³, дають фахівці Міністерства енергетики США, методику підрахунку вони не оприлюднюють. Такого ж порядку цифри отримали за результатами своїх досліджень Ю.З. Крупський, І.М. Куровець, П.М. Чепіль [Крупський та ін., 2013]. Об'єктами вивчення ними були обрані Рава-Руська, Східноліщинська, Белзька, Давидівська ділянки площею по 500 км² кожна, вміст газу за аналогією з родовищами США прийнятий на рівні 3,0 м³/т, коефіцієнт газовилучення 0,1. У розрахунках приймались до уваги лише товщини з вмістом органічного вуглецю понад 0,5%, густина порід

2700 кг/м³. Для чорносланцевих порід силуру видобувні перспективні ресурси згаданими дослідниками оцінені в 158,7 млрд м³, а для всієї території Волино-Поділля – 635 млрд м³.

Висновки

В надрах Волино-Подільської нафтогазотної області за комплексом геолого-геофізичних критеріїв цілком ймовірні поклади сланцевого газу, приурочені насамперед до товщі силурійських відкладів. Видобувні ресурси сланцевого газу в межах Олеської ділянки становлять 120-150 млрд м³. Враховуючи щорічне споживання Україною газу на рівні 50 млрд м³, констатуємо, що за рахунок сланцевого газу Олеської ділянки держава навряд чи здобуде енергетичну незалежність у стратегічному аспекті.

Список літератури / References

1. Альтернативи газозабезпечення України: скраплений природний газ (СПГ) та нетрадиційний газ: (Аналітична доповідь Центру Разумкова). *Національна безпека і оборона*. 2011. № 9. С. 2-42.

Alternative of gas supply of Ukraine: liquefied natural gas (LNG) and unconventional gas: (Analytical report by Razumkov Centre), 2011. *Natsionalna bezpeka i oborona*, № 9, p. 2-42 (in Ukrainian).

2. Газета «Українська правда», 28.08.2013. www.prawda.com.ua

The newspaper "Ukrayins'ka pravda", 28.08.2013, available at: www.prawda.com.ua (in Ukrainian).

3. Губич І.Б., Лазарук Я.Г., Сирота Т.О., Барчук В.В., Александрова І.В., Вислоцька О.І. Перспективи нафтогазонасності палеозойських відкладів Волино-Поділля за даними газокаротажних та геохімічних досліджень. *Нафтова і газова пром-сть*. 2012. № 5. С. 3-8.

Hubych I.B., Lazaruk J.G., Syrota T.O., Barchuk V.V., Alexandrova I.V., Vyslotska O.I., 2012. Hydrocarbon potential of Paleozoic sediments of Volyn-Podolia according to gas log and geochemical studies. *Naftova i gazova promysovist'*, № 5, p. 3-8 (in Ukrainian).

4. Крупський Ю.З., Куровець І.М., Чепіль П.М. Прогнозна оцінка ресурсів газу із чорних сланців силуру Волино-Поділля. *Нетрадиційні джерела вуглеводнів в Україні: пошуки, розвідка, перспективи: Матеріали наук. конф.*, Київ, 27-29 листопада 2013 р. Київ, 2013. С. 30-31.

Krupski Yu.Z., Kurovets I.M., Chepil P.M., 2013. Estimate of gas resources of black shales of Silurian Volyn-Podolia. *Alternative sources of hydrocarbons in Ukraine: prospecting, exploration prospects: Proceeding of Scientific Conference*, Kyiv, 27-29 November 2013, p. 30-31 (in Ukrainian).

5. Куровець І.М., Дригант Д.М., Чепіль П.М., Чепусенко П.С., Шира А.І. Геолого-петрографічна характеристика басейнових дрібнозернистих порід силуру південно-західної України Східноєвропейської платформи. *Зб. наук. пр. Ін-ту геол. наук НАН України*. 2010. Вип. 3. С. 287-293.

Kurovets I.M., Drygant D.M., Chepil P.M., Chepusenko P.S., Shyra A.I., 2010. Geological and petrographic characteristic of fine-grained rocks of the Silurian basin of southwestern part of the East European Platform. *Zbirnyk naukovykh prats' IGN NAN Ukrainy*, vol. 3, p. 287-293 (in Ukrainian).

6. Лазарук Я.Г., Губич І.Б., Сирота Т.О., Барчук В.В., Дереневський А.М., Александрова І.В., Вислоцька О.І. Геохімічні дослідження та підрахунок запасів сланцевого газу в межах північно-західної частини Волино-Поділля. *Мінер. ресурси України*. 2012. № 2. С. 9-12.

Lazaruk J.G., Hubych I.B., Syrota T.O., Barchuk V.V., Derenevskiy A.M., Alexandrova I.V., Vyslotska O.I., 2012. Geochemical studies and calculation of shale gas within northwestern part of the Volyn-Podolia. *Mineralni resursy Ukrainy*, № 2, p. 9-12 (in Ukrainian).

7. Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Ст. 1. Современное со-

стояние проблемы сланцевого газа (в свете опытов освоения его ресурсов в США). *Геол. журн.* 2010а. № 3 (332). С. 17–33.

Lukin A. E., 2010a. Shale gas and its production prospects in Ukraine. Paper 1. Current status of shale gas (in the light of experience in developing its resources in the United States). *Geologichnyy zhurnal*, № 3 (332), p. 17-33 (in Russian).

8. Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Ст. 2. Черносланцевые комплексы Украины и перспективы газоносности в Волыно-Подоллии и Северо-Западном Причерноморье. *Геол. журн.* 2010б. № 4 (333). С. 7–24.

Lukin A. E., 2010b. Shale gas and its production prospects in Ukraine. Paper 2. Black shale complexes of Ukraine and the prospects for their gas content in the Volyn-Podolia and the North-Western Black Sea region. *Geologichnyy zhurnal*, № 4 (333), p. 7-24 (in Russian).

9. Лукин А.Е. Природа сланцевого газа в контексте проблем нефтегазовой литологии. *Геология и полез. ископаемые Мирового океана.* 2011. № 3. С. 70–85.

Lukin A. E., 2011. Nature of shale gas in the context of problems of gas and oil lithology. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*, № 3, p. 70-85 (in Russian).

10. Лукин А.Е. Геофизические методы и проблема выявления нетрадиционных источников природного газа. *Геол. журн.* 2014. № 1 (346). С. 7-22.

Lukin A. Ye., 2014. Geophysical methods and the problem of unconventional natural gas sources detection. *Geologichnyy zhurnal*, № 1 (346), p. 7-22 (in Russian).

11. Тиссо В., Вельте Д. Образование и распространение нефти. Москва: Мир, 1981. 504 с. Tissot B., Welte D., 1981. Education and distribution of oil. Moscow: Mir, 504 p. (in Russian).

12. Poprawa P. Potencja wystepowania z y gazu ziemnego w lupkach dolnego paleozoiku w ba tyckim i lubelsko-podlaskim. *Pszeglad Geologiczny.* 2010. Vol. 58, № 3. S. 226–249.

Poprawa P., 2010. Potential of deposits occurrence of natural gas in the Lower Paleozoic shales in the Baltic and Lublin-Podlasie. *Overview geologichny*, vol. 58, № 3, p. 226-249 (in Polish).

13. Rutkowski M. Gas pojawia sie i znika, czyli krotka historia szacowania zagobow weglowodorodow neekonwencjonalnych w Polsce. *Przegland Geologiczny.* 2013. Vol. 61, № 6. S. 331-333.

Rutkowski M., 2013. Gas appears and disappears, or a brief history of estimating of unconventional hydrocarbonates in Poland. *Overview geologichny*, vol. 61, № 6, p. 331-333 (in Polish).

Стаття надійшла
17.09.2014