

ГЕОЛОГІЧНІ НАУКИ

УДК 553.98

ВАЖКОВИДОБУВНІ ЗАПАСИ – НОВИЙ ШЛЯХ НАРОЩЕННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БАЗИ УКРАЇНИ

Хованець Н.П.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У статті проводиться прогноз розповсюдження важковидобувних запасів та обґрунтування перспектив їх освоєння як додаткового джерела вуглеводнів в Україні. Розглядаються наступні категорії важковидобувних запасів: запаси низькопроникних колекторів та високов'язких нафт. Встановлено зони поширення важковидобувних запасів та розроблено критерії їх прогнозування. Висвітлено основні особливості геологічного розповсюдження, умови залягання та закономірності формування важковидобувних запасів. Дослідження здійснено на основі аналізу, узагальнення, систематизації результатів проведених геолого-геофізичних робіт, та з урахуванням світової практики освоєння важковидобувних запасів.

Ключові слова: важковидобувні запаси, низькопроникні колектори, високов'язкі нафти, бітум, вуглеводні.

Постановка проблеми. Виробництво та споживання нафти і газу має життєво важливе значення для міжнародних відносин і часто є визначальним фактором у виборі напрямків ведення зовнішньої політики. Позиція країни в цій системі залежить від її виробничих потужностей. Саме розвиток нафтогазової промисловості відіграє вирішальну роль у світовій індустріалізації. Тому досягнення максимального рівня забезпечення власними вуглеводневими ресурсами є важливим стратегічним завданням. Стан нафтогазової галузі України характеризується погіршенням структури і якості запасів вуглеводнів. Видобуток вуглеводнів постійно знижується. Така динаміка зумовлена значним виснаженням великих за запасами родовищ, катастрофічним скороченням геолого-розвідувальних робіт та приростів запасів нафти і газу. Крім того, в існуючій на сьогодні структурі запасів вуглеводнів більше половини становлять важковидобувні. Дефіцит паливно-енергетичних ресурсів та необхідність їх високоефективного використання і формує високу **актуальність проблеми** стабілізації, а в перспективі і нарощування обсягу видобутку нафти і газу. У зв'язку з цим і виникає необхідність освоєння нових категорій запасів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дана тема є надзвичайно актуальною у сучасному суспільстві. Дослідженню та використанню важковидобувних запасів виділяється важлива роль у світовому паливно-енергетичному комплексі. Вивченням даного питання активно займаються зарубіжні дослідники, особлива роль питанню освоєння важковидобувних запасів приділяється у працях Faouzi Aloulou, Victoria Zaretskaya, Laura Singer, Dana Van Wagener. Дослідженням важковидобувних запасів займалися і вітчизняні науковці. Зокрема, питанням генезису високов'язких нафт присвячені праці С.Л. Баркова, А.Я. Хавкіна, Б.Й. Маєвського, Б.Л. Крупського, В.В. Гладуна, М.І. Євдошук; питаннями низькопроникних колекторів займалися Б.Й. Маєвський, С.Ф. Литвинюк, В.Г. Григіль та інші.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Впродовж тривалого часу до кінця невирішеними залишаються питання встановлення закономірностей формування, виділення перспективних об'єктів та розробка критеріїв прогнозування зон розповсюдження важковидобувних запасів.

Мета статті. Метою даної статті є прогноз перспектив відкриття важковидобувних запасів на території України, а саме в межах Західноукраїнського нафтогазоносного регіону; встановлення основних закономірностей їх поширення та стратиграфічного діапазону наявності скупчень.

Виклад основного матеріалу. У сучасному світі складно драматизувати роль вуглеводнів, як світового джерела енергії. Основним її постачальником на даний момент являється нафтогазова промисловість. У багатьох країнах важковидобувні запаси уже давно стали причиною приросту та стабілізації паливно-енергетичного комплексу.

У Канаді та Венесуелі налічується понад 35% нетрадиційних запасів, основна частина яких припадає на висов'язкі нафти. У Західній Канаді сумарні геологічні запаси високов'язкої нафти перевищують 500 млрд. т. Уже близько 40 років Канада активно видобуває високов'язкі нафти, та проводить успішний курс спрямований на модернізацію технологічних процесів видобутку. На Венесуелу припадає близько 240 млрд. т запасів важкої нафти. У Західній Європі родовища високов'язкої нафти оцінюються в 8-14 млрд. т [1]. Оскільки попит на високов'язку нафту залишається значним, проекти розвитку важких вуглеводнів ініціюються в деяких частинах світу. Крім того, невдалі спроби знайти нові гігантські родовища нафти в останні роки стало причиною того, що чимало виробників звернули увагу на високов'язкі нафти для заміни виснажених запасів.

Встановлено, що значна частина родовищ високов'язких нафт приурочена до відкладів крейдового, палеогенового та неогенового віку, винятком є родовища в провінції Альберта, Канаді, і в Росії [2]. У Росії велика частина важких вуглеводнів знаходиться в шарах порід, по-

чинаючи з епохи палеозою. Деякі високов'язкі вуглеводні знайдені в палеогенових і неогенових породах в Центральній Азії. Крім того, важкі вуглеводні були виявлені в районі Каспійського, Середземного, Адриатичного, Червоного та Чорного моря, а також моря Бофорта, і Карибського моря, в районах Перської і Мексиканської заток.

За генетичними, фізико-хімічними та технологічними властивостями високов'язкі нафти є проміжною ланкою між звичайними нафтами і природними бітумами [3, с. 171]. Встановлено, що родовища важких вуглеводнів являють собою розмиті залишки скупчень традиційний нафт. Процес розмивання починається тоді, коли нафта мігрує до поверхні і зустрічає атмосферну воду (дощову воду або будь-яку іншу воду атмосферного походження), що містить кисень і бактерії при температурі нижче 93° С (близько 200° F). Смолоподібний матеріал формується на водонафтовому контакті, і він в кінцевому підсумку вторгається в не порушені нафтові скупчення. Процес, відомий як «промивання водою» видаляє розчинні у воді легкі вуглеводні, зокрема ароматичні сполуки. Біологічне розкладання переважно є причиною видалення нормальних парафінів. Тобто, утворення високов'язкої нафти відбувається внаслідок гіпергенної зміни звичайних нафт в зоні гіпергенезу. Зміни ці є результатом дії фізичних, фізико-хімічних та біохімічних процесів. Скупчення важких вуглеводнів можуть являти собою всього лише 10 відсотків початкової традиційної нафти.

Геохімічні аналізи показують, що високов'язкі вуглеводні складаються в основному з асфальтенів, смол, і металів (найчастіше ванадій і нікель). Характер окремих високов'язких нафтових родовищ коливається в широких межах, оскільки вони рідко бувають хімічно однорідними. Розподіл бітуму у відкладах також варіюється в залежності від проникності і пористості породи пласта. Поклади важких високов'язких нафт зустрічаються на всіх діапазонах глибин: від 300 метрів, до глибин понад 1500 метрів. Дуже часто родовища високов'язкої нафти являють собою складну багатопластову систему, в якій різні поверхні нафтоносності мають не тільки різні емнісне-фільтраційні властивості, але і відмінні одне від одного властивості пластового флюїду. Аналіз світової практики, особливостей розміщення та стратиграфічної приуроченості покладів високов'язких нафт, дає можливість прогнозувати зони їх поширення та території України. Крім того, великі поклади важкої високов'язкої нафти і мальти відкрито на Яблунівському газоконденсатному (у потужних алювіальних пісковиках башкирського і московського ярусів), Бугруватівському нафтовому (у верхньовізейських прибережно-морських пісковиках), а також низці інших родовищ [4, с. 32]. В Україні є всі геологічні та гідрогеологічні передумови для формування великих промислових скупчень високов'язких нафт [5, с. 56]. Сприяє цьому і взаємодія рухомих поясів різної тектоно-геодинамічної природи зі схилами Українського щита та Воронезького масиву. Саме депресійні рифтогенні і субдукційні формації цих поясів були джерелами вуглеводнів, вертикальна міграція яких і зумовила процеси нафтогазонакопичення [6, с. 8]. Встановлено, що високов'язкі нафти характеризуються наступними особливос-

тями: високий ступінь концентрування запасів у неантиклінальних структурах; наявність двох основних стратиграфічних рівнів їх зосередження (нижня крейда – понад 80% світових запасів, верхня перм – близько 10%). В результаті обробки матеріалів проведених досліджень було виявлено, що високов'язкі нафти у Карпатському регіоні утворюються внаслідок наступних процесів: а) фазово-сепараційні явища (втрата легких вуглеводневих фракцій на невеликих глибинах, в зонах виклинювання колекторів, тектонічних порушень та підвищеної тріщинуватості, під зональними та локальними покривками підвищеної порової проникності); б) гідрогеохімічне та біохімічне окислення нафт у зонах палео- та сучасного гіпергенезу; в) взаємодія нафтових і газоконденсатних систем під час багатфазової міграції (випадіння збагачених смолисто-асфальтеновими сполуками нафтидів у вигляді важких високов'язких нафт і утворення облямівок газоконденсатних покладів. Найбільш сприятливі умови для накопичення значних промислових скупчень високов'язких нафт притаманні перикратонним прогинам і западинам, що в першу чергу стосується крайових частин докембрійських кратонів у зонах їх зчленування з рифтогенами та складчасто-орогенними спорудами. Саме тут здійснювалась взаємодія вищевказаних фазово-сепараційних, фазово-ретроградних та гіпергенних процесів з великими нафтовими палеопокладами в алювіально-дельтових і прибережно-морських відкладах. Перспективною в плані наявності покладів високов'язких нафт є Більче-Волицька зона. Вона відзначається присутністю покладів високов'язких нафт, а також проявами мальт, асфальтитів і твердих бітумів. Дані поклади виявлені зокрема у Коханівському родовищі, і залягають вони у верхньоюрських карбонатних палеокарстових колекторах. У межах Більче-Волицької зони сприятливими для формування важких високов'язких нафт є пастки верхньоюрського рифогенно-карбонатного поясу. У межах Волино-Подільської зони сприятливими є рифогенні колектори верхнього силуру та кембрійські пісковики.

Широкомасштабний видобуток нафти з низькопроникних колекторів у США розпочався в останнє десятиліття, що пов'язано з модернізацією технологічних процесів та сприятливими умовами на ринку нафтопродуктів. Нещодавно опублікований звіт «Енергетичні перспективи 2018» американської компанії ЕІА свідчить про те, що видобуток нафти в США до 2040-го року зросте, перевищить 8,2 мільйонів барелів на добу, і становитиме практично 70% загального виробництва США [7]. Станом на 2017 рік видобуток вуглеводнів з низькопроникних колекторів у США становить 54% загального видобутку. На даний час у світі ведеться масштабна розробка низькопроникних колекторів, що вміщують значну частину нетрадиційних запасів нафти і газу світу. Освоєння низькопроникних колекторів активно ведуть такі країни як США, Канада, Китай та багато інших. Саме у США вперше відбулось освоєння низькопроникних колекторів, які були приурочені до пісковиків мезозойського віку Скелястих гір, та в палеозойських басейнів Північноамериканської платформи. Ресурси газу, зосереджені в таких колекторах інколи до 10 ра-

зів і більше перевищували ресурси традиційних колекторів. Видобування нетрадиційних запасів вуглеводнів кардинально змінило стан енергетичної галузі США, створивши для країни можливість зменшити залежність від імпорту вуглеводнів, що в майбутньому створить сприятливі умови для досягнення енергетичної незалежності [8]. Наявність низькопроникних колекторів характерна для території Китаю. Проведеними дослідженнями встановлено, що із 79 млрд т оцінених ресурсів нафти 24 млрд т вміщують низькопроникні колектори.

Для низькопроникних колекторів характерна вкрай мінлива структура поротного простору. Значення коефіцієнта проникності у них становить менше 0,05 мкм² для нафти і менше 0,02 мкм² для природного газу. Збільшення глинистості та погіршення відсортованості порід призводить до зменшення розміру пор та збільшення вмісту води та глини. Використання спеціального комплексу ГІС, що включає ЯМК дозволяє виконати точну оцінку пористості, ефективної пористості, проникності та водонасиченості з урахуванням зміни структури пустотного простору по розрізу. Для оцінки граничних параметрів з метою вирішення задачі колектор-неколектор використовується метод ГДК, який дозволяє проводити прямий замір рухомості флюїду – ефективної проникності. Для низькопроникних колекторів характерна маловодність продуктивної товщі; дане явище може бути спричинене тим, що в результаті низької проникності порід газ не може переміщуватись за рахунок плавучості. Таким чином, у них відсутні газо-водняні контакти, і розміщуються вони значно нижче водонасиченого резервуару. Поклади газу у низькопроникних колекторах не пов'язані з традиційними пастками, а знаходяться у центральній зануреній частині нафтогазоносного басейну, і займають великі площі (до 8000 км²), також їм властиве регіональне та зональне поширення в межах нафтогазоносного басейну, зазвичай в ущільнених теригенних, глинистих та карбонатних породах; колекторські властивості даних порід є вторинними. Крім того такі поклади характеризуються значними ресурсами газу, які генетично пов'язані з породами, в яких газ утворився та акумулювався [9, с. 40]. В загальному, газ низькопроникних колекторів має наступні ознаки: 1) скупчення газу не пов'язані з традиційними пастками; 2) колектори переважно представлені пісковиками (прибережно-морські пластові, мілкозалегаючі морські; резервуари газу можуть бути у вигляді окремих пластів або потужних товщ); 3) газ низькопроникних колекторів знаходиться в щільних породах з ступенем катагенезу 0,7% R^o і до 1,3% R^o; 4) екрани скупчень газу здебільшого не пов'язані з літолого-стратиграфічними границями, а зумовлені поєднанням капілярних сил з чинниками катагенетичних (вторинних) процесів, що вплинули на фільтраційно-емнісні властивості порід.

Відповідно до даних Е. А. Ставицького і П. С. Голуба ресурси нетрадиційного газу Укра-

їни, пов'язаного з низькопроникними колекторами, становлять понад 8 трлн м³ [10, с. 21]. Наявність даних покладів прогнозується у центральній частині Крукеницької западини Передкарпатського прогину у відкладах міоцену. У межах Волино-Подільської зони перспективними вважаються пісковики кембрію, ордовіку та силуру. У Карпатському регіоні перспективними вважаються низькопроникні відклади крейдової системи, крім того у Складчастих Карпатах як перспективні часто виділяють пісковики олігоцену. У межах ДДЗ перспективними вважаються нижньопермсько-верхньокам'яновугільні, середньокам'яновугільні відклади, а також відклади серпухівського та нижньовізейсько-турнейського ярусів.

Низькопроникні породи є характерними для великої частини продуктивних комплексів Західного нафтогазоносного регіону. Залігають вони практично в усьому діапазоні глибин, і трапляються як поодинокими пластами незначної товщини (до декількох десятків метрів), так і масивними утвореннями піщано-глинистих порід. У Західному нафтогазоносному регіоні низькопроникні породи-колектори виповнюють як окремі структурні елементи (пласти, лінзи), так і в різних просторових співвідношеннях контактують з високопроникними. Аналіз даних ГДС дає можливість спрогнозувати наявність перспектив видобутку вуглеводнів з низькопроникних колекторів у межах крейдяно-олігоценових відкладів Долинського НГПР, сарматських відкладів Більче-Волицької зони. Зокрема у межах Ретичинського та Вишнянського родовищ, де завдяки повторному тривалому випробуванню окремих інтервалів відбулось збільшення дебітів газу, що підтверджує справедливості прогнозу [11, с. 53].

Висновки і пропозиції. Виснаження традиційних джерел вуглеводневої сировини, зростання попиту на енергоносії поряд з критичним їх дефіцитом стають причиною пошуку нових категорій ресурсів. В такій ситуації розумним є освоєння та пошук нетрадиційних джерел вуглеводнів, зокрема важковидобувних запасів нафти і газу. На території Західноукраїнського нафтогазоносного регіону наявність важковидобувних запасів прогнозується у межах Більче-Волицької зони, де вони представлені висков'язкими нафтами. Сприятливими для формування високов'язких нафт вважаються пастки верхньоюрського рифогенно-карбонатного поясу. У межах Волино-Подільської зони сприятливими є рифогенні колектори верхнього силуру та кембрійські пісковики. Перспективи видобутку вуглеводнів з низькопроникних колекторів встановлені у межах крейдяно-олігоценових відкладів Долинського НГПР, сарматських відкладів Більче-Волицької зони. Зокрема у межах Ретичинського та Вишнянського родовищ. Освоєння важковидобувних запасів створить можливість підтримувати видобуток нафти на поточному рівні, та в майбутньому досягнути енергетичної незалежності, а також повного забезпечення потреб держави у енергоносіях.

Список літератури:

1. Meyer, R.F., Attanasi, E.D., and Freeman, P.A., 2007. Heavy oil and natural bitumen resources in geological basins of the world: U.S. Geological Survey Open-File Report 2007-10.
2. Gordon I. Atwater, Joseph P. Riva. Heavy oil and tar sand. World Resource Institute.
3. Маєвський Б.І., Куровець С.С., Лозинський О.Є., Хомин В.Р., Здерка Т.В., Манюк М.І. Актуальні проблеми нафтогазової геології: навчальний посібник, Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 240 с.
4. Витвицький Я.С., Пілка М.С. Аналіз ресурсного потенціалу та економічних проблем нафтовидобування в Україні із родовищ вуглеводнів, запаси яких відносяться до категорії важковидобувних // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2016. – № 1(13). – С. 30-35.
5. Лукін. О. Вуглеводневий потенціал надр України та основні напрями його освоєння // Вісник НАН України. – 2008. – № 4. – С. 56-57.
6. Окрепкий Р.М. Геологічні умови формування важких високов'язких нафт і перспективи пошуків їх покладів у нафтогазоносних регіонах України. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук, Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. – 20 с.
7. Tight oil remains the leading source of future U.S. crude oil production [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=35052>.
8. Bennion D.B., Thomas F.B., Bietz R.F. / Low permeability gas reservoirs: problems, opportunities and solutions for drilling, completion, stimulation and production // SPE Gas Technology Symposium, 28 April – 1 May, Calgary, Alberta, Canada, 1996. – 15 p.
9. Методика оцінки ресурсів родовищ природних горючих газів: сланцевих товщ, вугільних родовищ централь-нобасейнового типу / С.Ф. Литвинюк, В.І. Ловинюков, В.Г. Григіль, О.В. Сушко // Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин України та проблеми надрокористування (20 років ДКЗ): Зб. наук. праць. – Київ – Чернівці: Букрек, 2013. – С. 38-49.
10. Федішин В.О. Низькопористі породи-колектори газу промислового значення: Монографія. – УкрДГРІ, 2005. – 148 с.
11. Хованець Н.П. Перспективи виявлення покладів вуглеводнів у низькопроникних породах-колекторах Західноукраїнського нафтогазоносного регіону / Теорія і практика актуальних наукових досліджень. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції м. Одеса 28-29 квітня 2018 р. Молодий вчений. – С. 51-53.

Хованець Н.П.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ – ОСНОВНОЙ ПУТЬ НАРАЩИВАНИЯ
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БАЗЫ УКРАИНЫ****Аннотация**

В статье проводится прогноз распространения трудноизвлекаемых запасов и обоснования перспектив их освоения в качестве дополнительного источника углеводородов в Украине. Рассматриваются следующие категории трудноизвлекаемых запасов: запасы низкопроницаемых коллекторов и высоковязких нефтей. Установлены зоны распространения трудноизвлекаемых запасов и разработаны критерии их прогнозирования. Освещены основные особенности геологического распространения, условия залегания и закономерности формирования трудноизвлекаемых запасов. Исследование осуществлено на основе анализа, обобщения, систематизации результатов проведенных геолого-геофизических работ, и с учетом мировой практики освоения трудноизвлекаемых запасов.

Ключевые слова: трудноизвлекаемые запасы, низкопроницаемые коллекторы, высоковязкие нефти, битум, углеводороды.

Khovanets N.P.

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

**HARD-TO-RECOVER RESERVES AS NEW WAY TO INCREASE
THE FUEL AND ENERGY POTENTIAL OF UKRAINE****Summary**

The article deals with the predicting of the distribution of the hard-to-recover reserves and the reasoning for their exploration potential as it is an additional hydrocarbons' source in Ukraine. The following categories of the hard-to-recover reserves are considered: the deposits of low-permeable reservoirs and high-viscous oils. The distribution areas of the hard-to-recover reserves are revealed, and predicting criteria are developed. The main features of the geological distribution, mode of occurrence and formation patterns of the hard-to-recover reserves are highlighted. These researches are conducted by analyzing the results of geological and geophysical surveys and with the special tribute to the world practice of the development of the hard-to-recover reserves.

Keywords: hard-to-recover reserves, low-permeable reservoirs, high-viscous oils, bitumen and hydrocarbons.