

УДК 553. 048

Василь Васильович Хроль,

провідний геофізик, ГУ «Укргазпромгеофізика»,
вул. Драгомирівська, 3, м. Харків, 61031, Україна,
e-mail: vkhol87@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5776-0233>;

Анатолій Іонович Лур'є,

д. геол.-мінер. н., професор, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна,
e-mail: anlure16@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4836-5781>

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ВУГЛЕВОДНЕНАСИЩЕННЯ УЩІЛЬНЕНИХ ПІЩАНО-АЛЕВРИТОВИХ ПОРІД В УМОВАХ ДДЗ

Складна ситуація з енергетичними носіями в Україні змусила звернути увагу на вивчення нетрадиційних колекторів, серед яких важливу роль відіграють ущільнені піщано-алеєвритові породи. Причиною, що змусила звернути увагу на ущільнені породи є виснаження, в значній мірі, традиційних покладів. Вперше ущільнені піщано-алеєвритові різновиди в Дніпровсько-Донецькій западині були розглянуті при дослідженні газу центральнобасейнового типу. Проведені дослідження дозволили виділити основні критерії виявлення вуглеводненасищення ущільнених порід, які супроводжуються певними показниками. Запропоновані критерії накопичення та збереження вуглеводнів в ущільнених піщано-алеєвритових товщах дають можливість оцінювати перспективи нафтогазоносності цих відкладів. Насищення ущільнених порід пов'язано з висхідною міграцією газу, що призводить до підвищення температури, а це, в свою чергу, до активізації процесу перетворення органічної речовини. Утримання вуглеводнів в ущільнених піщано-алеєвритових породах супроводжується розвитком маловодності, поєднанням низької щільності і високої проникності порід, ін. Такий поділ носить умовний характер, так як геологічні критерії та показники часто взаємодіють і доповнюють один одного. В роботі розглянуто кожен з критеріїв окремо. В якості об'єкту досліджень була розглянута південна прибортова зона Дніпровсько-Донецької западини, в якій за загальними ознаками були виявлені зони поширення ущільнених піщано-алеєвритових порід. При виділенні зон перспективності вуглеводненасищених ущільнених піщано-алеєвритових порід була взята за основу температурна характеристика з урахуванням фактичного матеріалу. На першому етапі оцінки перспектив нафтогазоносності ущільнених піщано-алеєвритових порід виділені ділянки з аномально підвищеними температурами, а на другому етапі застосовується детальне дослідження запропонованих показників.

Ключові слова: ущільнені піщано-алеєвритові породи; вуглеводненасищення; геологічні критерії; процеси; міграція; температура; утримання; надходження.

В. В. Хроль, А. И. Лурье. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УГЛЕВОДОРОДОНАСЫЩЕНИЯ УПЛОТНЕННЫХ ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ДДВ. Сложная ситуация с энергетическими носителями в Украине заставила обратить внимание на изучение нетрадиционных коллекторов, среди которых важную роль играют уплотненные песчано-алеєвритовые породы. Причиной, заставившей обратить внимание на уплотненные породы является истощение, в значительной степени, традиционных залежей. Впервые уплотненные песчано-алеєвритовые разновидности в Днепро-Донецкой впадине были рассмотрены при исследовании газа центральнобасейнового типа. Проведенные исследования позволили выделить основные критерии выявления углеводородонасыщенных уплотненных пород, сопровождающиеся определенными показателями. Предложенные критерии накопления и сохранения углеводородов в уплотненных песчано-алеєвритовых толщах дают возможность оценивать перспективы нефтегазоносности этих отложений. Насыщение уплотненных пород связано с восходящей миграцией газа, что приводит к повышению температуры, а это, в свою очередь, к активизации процесса преобразования органического вещества. Содержание углеводородов в уплотненных песчано-алеєвритовых породах сопровождается развитием маловодности, сочетанием низкой плотности и высокой проницаемости пород, др. Такое разделение носит условный характер, так как геологические критерии и показатели часто взаимодействуют и дополняют друг друга. В работе рассмотрены каждый из критериев в отдельности. В качестве объекта исследований была рассмотрена южная прибортовая зона Днепро-Донецкой впадины, в которой по общим признакам были обнаружены зоны распространения уплотненных песчано-алеєвритовых пород. При выделении зон перспективности углеводородонасыщенных уплотненных песчано-алеєвритовых пород была взята за основу температурная характеристика с учетом фактического материала. На первом этапе оценки перспектив нефтегазоносности уплотненных песчано-алеєвритовых пород выделены участки с аномально повышенными температурами, а на втором этапе применяется детальное исследование предложенных показателей.

Ключевые слова: уплотненные песчано-алеєвритовые породы; углеводородонасыщение; геологические критерии; процессы; миграция; температура, удержание; поступление.

Вступ. В сучасний період збільшення ресурсної бази значною мірою пов'язаний з дорозвідкою родовищ, які перебувають в розробці. Останній процес включає в себе вивчення нетрадиційних колекторів, серед яких значний інтерес представляють ущільнені піщано-алеєвритові породи.

До недавнього часу, країна знаходилась осторонь цього важливого процесу. Неухильне зростання обсягів споживання сировини призведе-

ло до пошуку альтернативних джерел вуглеводнів. Розвиток галузі спрямований в сторону вивчення існуючих родовищ з впровадженням та залученням новітніх, удосконалених технологій. В даному випадку необхідно акцентувати увагу на вивченні покладів вуглеводнів нетрадиційного типу в ущільнених породах, які раніше недостатньо розглядалися як джерела вуглеводнів [1]. Результати проведених досліджень свідчать, що ресурси газу ущільнених піщано-алеєвритових

порід можуть перевищувати ресурси традиційних покладів [2]. У зв'язку з цим, розвиток даного напрямку являється актуальним. Безперечно, пошук вуглеводнів в ущільнених піщано-алевритових породах в межах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) буде набувати розвитку. У зв'язку з чим, всебічна вивченість має велике теоретичне та практичне значення для правильної орієнтації в пошуці ущільнених вуглеводненасичених порід осадових утворень. Більшість традиційних колекторів в межах ДДЗ добре вивчені, тому доцільно використовувати раніше отримані теоретичні та практичні знання застосовуючи їх при вивченні ущільнених порід. На основі останніх створити модель, яка буде спрямована на інтенсифікацію та вилучення вуглеводнів з ущільнених піщано-алевритових порід на працюючих родовищах або пошуково-розвідувальних об'єктах.

Основною проблемою слід вважати недостатню вивченість, умов та територію розповсюдження газу ущільнених порід в Україні. Раніше, у зв'язку з великою кількістю запасів газу в традиційних покладах, вуглеводні ущільнених порід не розглядалися як перспективне джерело. Одною з причин, що змусила поновити інтерес до ущільнених порід – це виснаження, в значній мірі, традиційних покладів. Успішне застосування методики видобутку вуглеводнів з ущільнених порід в зарубіжних країнах підштовхнуло Україну до розвитку цього напрямку. Різноманітний літологічний склад, широкий фаціальний набір та інші геологічні обставини створюють сприятливі умови для формування об'єктів ущільнених вуглеводненасичених порід в межах ДДЗ.

Мета роботи: Запропонувати основні геологічні критерії виявлення вуглеводненасичення ущільнених порід, які супроводжуються певними показниками.

Аналіз попередніх робіт. До недавнього часу інформація по ущільненим вуглеводненасиченим піщано-алевритовим породам найчастіше зустрічалась лише в зарубіжних виданнях. Масштабні роботи, спрямовані на зміцнення енергетичного впливу за рахунок видобутку вуглеводнів в ущільнених породах, проводяться в США, Канаді, КНР [2]. На теренах України вивченням даного напрямку майже не займалися. В 60-і рр. ХХст працівники УкрНДІгазу спробували детально дослідити ущільнені вуглеводненасичені породи, але в той час даний напрямок не набув розвитку. Ці дослідження пов'язані з іменами Мухаринської І.О., Харченко С.Д., Лагутіна А.А. та ін. Перспективність ДДЗ на газ ущільнених піщано-алевритових порід обґрунтовано в роботах Б.П. Кабишева [9]. Наприкінці 90-х рр ХХ століття інтерес до ущільнених порід був понов-

лено. Вперше була проведена кількісна оцінка ресурсів газу «центральнобасейного типу»[2]. В одній із своїх робіт О.Ю. Лукін стверджує, що низькопроникні теригенні породи тісно пов'язані з іншими нетрадиційними джерелами вуглеводнів (вугільний метан, сланцевий газ). У викладеному матеріалі прослідковується їх генетична спільність, де основну роль відіграє постійне поповнення товщі газом з різних джерел. В іншій своїй роботі О.Ю. Лукін [7] підкреслює розвиток «спільних факторів формування нетрадиційних ресурсів газу...» глибинної міграції та розвитку катагенетичних процесів. Він в своїх роботах неодноразово відмічає різноманітність процесу накопичення газу як за рахунок глибинної міграції вуглеводнів, так і завдяки перетворенню власної органіки. На прикладі США О.Ю. Лукін показав перспективи розвитку та сучасний стан проблеми пошуків газу щільних порід в Україні [8].

В роботі І.В. Височанського з співавторами [10] приводиться беззаперечні докази стосовно перспективності неантиклінальних пасток нафти і газу у теригенних відкладах. Він наголошує про існування в ДДЗ широкого спектру сприятливих генетичних факторів розвитку вуглеводненасичення в ущільнених піщано-алевритових породах.

В роботі В.Г. Суярко з співавторами [14] приводить аналіз результатів нафтогазопошукових робіт у східній частині Дніпровсько-Донецького палеорифту. Він схиляється до того, що розміщення скупчень вуглеводнів у пастках різних типів обумовлюється структурно-тектонічними, літологічними та флюїодинамічними умовами.

Необхідно відмітити роботу В.М. Бенько з співавторами [25], в якій розглянуті особливості геологічної будови і перспективи нафтогазоносності глибокозанурених горизонтів Дніпровсько-Донецької западини.

Великим поштовхом у вивченні ущільнених колекторів в Україні можна вважати вихід багатотомної монографії «Нетрадиційні джерела вуглеводнів України», де розглянуті перспективи освоєння газозносного потенціалу ущільнених порід ДДЗ. В роботі приведені різноманітні нетрадиційні джерела, в тому числі газозносний потенціал ущільнених порід.

В роботі [12] авторами приведені закономірності змін ущільнення кварцитоподібних пісковиків з глибиною.

В останні десятиліття питання відносно ущільнених піщано-алевритових порід в ДДЗ були розглянуті під час досліджень газу центральнобасейного типу. До недавнього часу виявлення газу в ущільнених породах носило в собі загальний характер та не обґрунтовувалось фактичним матеріалом.

Виклад основного матеріалу: Загально прийнято, що територія ДДЗ за тектонічною належністю поділяється на приосьову, південний та північний борти, прибортові зони. Не зважаючи на те, що кожна зона характеризується різною історією геологічного розвитку та є мінливою, в кожній з них в різному вигляді виділяються об'єкти розповсюдження ущільнених порід, які можуть бути насичені вуглеводнями.

Характер залягання ущільнених піщано-алевритових різновидів дуже різноманітний [20]. У зв'язку з своєрідною специфікою літологічних пачок, ущільнені породи необхідно розглядати як окремо, так і комплексно в безпосередньому контакті з традиційними породами-колекторами.

Науково-теоретичні дослідження та фактичний матеріал дозволяють виділити в умовах ДДЗ перспективні стратиграфічні комплекси на предмет вуглеводненасичення в ущільнених піщано-алевритових породах [19]. Найбільшого розвитку ущільнені піщано-алевритові породи набувають в межах нижньопермсько-верхньокам'яновугільних та середньо-нижньокам'яновугільних комплексів.

Основними критеріями виявлення ущільнених порід слід вважати ступінь насиченості порід та характер утримання вуглеводнів. Розглянемо показники, які характеризують ці два процеси.

Процес поповнення товщі ущільнених порід вуглеводнями досить різноманітний та складний. В першу чергу, він пов'язаний з висхідною міграцією газу, що надалі призводить до підвищення температури, яка в свою чергу активізує процес перетворення власної та привнесеної органічної речовини. З огляду на це, прослідковується тісний причинно-наслідковий зв'язок, що призводить до різностороннього збагачення товщі вуглеводнями.

Наступний показник можна називати збереженням, утриманням або присутністю вуглеводнів в ущільненій товщі. Дане ствердження можна застосовувати до кожного із наведених показників, тому надалі вони будуть використовуватись як одне визначення. До показників присутності вуглеводнів в ущільнених піщано-алевритових породах відносяться: маловодність, поєднання низької щільності та високої проникності товщі, які досить успішно можна визначити при проведенні геолого-газо-геохімічних досліджень в процесі будівництва свердловини. Забезпечення та розвиток процесів поповнення має умовну значимість за відсутності умов збереження. Даний критерій є не менш важливим і являється своєрідним накопичувально-показовим індикатором вуглеводненасичення.

У зв'язку з тим, що геологічні критерії та їх показники (своєрідний індикатор) найчастіше

взаємодіють, доповнюють один одного та являються «заручниками» причинно-наслідкових процесів. Отже, перейдемо до розгляду окремо кожного показника.

Міграція вуглеводнів поширюється майже на всі літологічні різновиди, в тому числі на ущільнені піщано-алевритові породи. Підживлення ущільнених порід відбувається переважно газами метанового ряду, які мають низьку щільність та в'язкість. Згідно показникам критичної температури (метан $\sim -83^{\circ}\text{C}$, етан - $\sim +32^{\circ}\text{C}$), рідка фаза метану в осадовій товщі неможлива, а для етану присутність рідкої фази можливо лише в обмежених інтервалах [5]. Певні процеси свідчать про можливість сучасної міграції вуглеводнів до вищих гіпсометричних рівнів. При висхідному переміщенні частина вуглеводнів затримується в ущільненій товщі, а інша частина, потрапивши до зони активного водообміну, руйнується.

При досягненні дуже щільних порід, водоупорів – висхідна міграція відбувається за рахунок уповільненої фільтрації та дифузії, а отже, проникнення метану в ущільнених піщано-алевритових різновидах необхідно розглядати як поєднання процесів спливання, фільтрації та дифузії. Процес міграції вуглеводнів умовно безперервний. Міграційні процеси мають вибіркового характер та визначаються ступенем порушення порід (диз'юнктивні, плікативні), які підстиляють ущільнені породи. В залежності від літофаціальної мінливості, залежить швидкість міграції та кількість привнесених вуглеводнів (пропускна здатність порід). Товщі з розвиненими піщано-алевритовими різновидами в порівнянні з глинистими мають більш сприятливі умови для переміщення вуглеводнів. Це позитивний чинник, що дозволяє постійно поновлювати певні товщі піщано-алевритових порід вуглеводнями. З іншого боку, підвищений розвиток тектонічних порушень цієї товщі призводить до повної або часткової втрати газу в ущільнених піщано-алевритових породах. Тобто, повинен зберігатися своєрідний баланс розвитку тріщинуватості в ущільненій піщано-алевритовій товщі. Процес концентрації газу на певних ділянках визначається масштабами його міграції. Активізація даного процесу супроводжується підвищенням температурного поля в зоні міграції, в тому числі в межах ущільнених-піщано алевритових порід.

Таким чином, поява геотермічних аномалій, які пов'язані з висхідною міграцією переважно метану, вказує на присутність вуглеводнів в ущільнених піщано-алевритових породах. На масштаб поповнення вуглеводнів в середині ущільненої товщі впливають літологічний склад, генетична належність та інші геолого-геохімічні

особливості. Постійний «привнос» вуглеводнів з глибини забезпечить безперервне поповнення товщі новими порціями, тим самим створюючи або підтримуючи температурну аномалію. Саме метан може мігрувати із значних глибин, де він має достатньо високі температурні показники. Виходячи з вище сказаного, підвищення температури на певній ділянці розвитку ущільнених піщано-алевритових порід може бути індикатором їх насичення вуглеводнями.

Найбільший вплив на перетворення органічної речовини вчиняє температура. Процес перетворення органіки різноплановий, відбувається під дією температури та інших чинників. Це означає, що процес перетворення органічної речовини буде відбуватися завжди але по різному та залежить від глибини розташування ущільнених піщано-алевритових порід. Ущільнені породи можуть мати температурну відмінність від порід, які знаходяться на однакових глибинах за межами розвитку цієї товщі. В цьому випадку в ущільнених піщано-алевритових породах температура згідно фактичних даних може бути вище на ~ 15 - 20°C.

Підвищена міграційна активність, як було сказано раніше, призводить до підвищення температури, яка в свою чергу викликає пришвидшення перетворення органічної речовини (ОР) та збільшення термальності зрілості порід. Вміст ОР являється додатковим фактором при утворенні газу та насиченні ущільнених піщано-алевритових порід. Як наслідок, простежується наявність ланцюгово-наслідкових процесів, які тісно пов'язані між собою та доповнюють один одного. У зв'язку з цим, прослідковується подвійний температурний «удар». Перший – класичний процес, який полягає у розвитку температурних аномалій під впливом міграційних процесів. Другий – притаманний зонам з підвищеними температурами, який пришвидшує процес перетворення органічної речовини [12]. Також необхідно зазначити, що за рахунок катагенетичних перетворень відбуваються трансформація як власної органіки, так і привнесеної з міграцією вуглеводнів. Процес перетворення цієї органіки служить додатковим джерелом підживлення та накопичення газу.

Розглянувши вплив температури на перетворення органічної речовини, необхідно звернути увагу на генераційні умови порід та їх типи. Сприятливою умовою формування ущільнених вуглеводненасичених порід являється їх утворення з глинистими, які збагачені органічною речовиною (вміст керогену). В залежності від складу та типу керогену можна опосередковано встановити перспективність товщі в нафтогазовому відношенні. Важливим фактором при гене-

рації вуглеводнів являються генетичні типи керогену, які залежать від умов навколишнього середовища під час захоронення цих відкладів. Рештки рослин та організмів під дією високих тисків та температур перетворюються в кероген, потім в бітуми та, в кінцевому випадку, в газ.

Головною умовою пропускну здатності ущільнених порід являється наявність псамітових різновидів, шляхів міграції та сучасного структурно-текстурного положення в басейні. Найбільш перспективними вважаються дельтові, авандельтові і прибрежно-морські відклади, які характеризуються локальним заляганням ущільнених товщ. Особливу зацікавленість викликають мілководно-морські відклади, в яких ущільнені піщано-алевритові породи добре утримують вуглеводні та формують латерально витримані пачки значної товщини. В прибережно-морських відкладах необхідно відзначити гирлові та вздовж берегові бари, які характеризуються великою кількістю органічної речовини. Дані відклади дають змогу добре накопичувати та утримувати вуглеводні. Тіла дельтового, переважно авандельтового генезису, в ущільнених породах також можуть добре утримувати вуглеводні.

Процес накопичення ВВ в піщано-алевритових породах може відбуватися за рахунок так званого «перетіканню» з зруйнованих пасток, глибинного надходження тощо. Не менш важливим процесом є початкова маловодність піщано-алевритових порід і подальше зниження кількості води в процесі витиснення її газом міграційного і органічного походження. Термін «маловодність» має дещо узагальнююче значення, при його використанні мається на увазі залишкова водонасиченість, яка широко використовується в нафтогазовій геології.

Ущільнені породи від самого початку позбавлені гравітаційної води, при зростанні глибини та ступеня катагенезу, інтенсивна газогенерація і ущільнення порід під дією тисків та температур витісняють воду. Утримання газу в ущільненій товщі не підпорядковано структурним умовам, не має традиційного контакту газ-вода, а утримуються завдяки дії капілярних сил та катагенетичних малопродуктивних екранів.

Необхідно звернути увагу на існування певного зв'язку між маловодністю та процесами утворення, міграції та утримання вуглеводнів ущільнених піщано-алевритових різновидів. Процеси, які відбуваються в ущільнених піщано-алевритових породах, схожі з процесами, що відбуваються в пелітових породах під дією температури та тиску. Найголовнішою умовою газонасичення даних товщ являється здатність породи утримувати вуглеводні, мінімізувавши їх міграцію в зони активного водообміну. Наявність ма-

ловодності в піщано-алевритовій товщі опосередковано може вказувати на присутність вуглеводнів. Масштаб та ступінь маловодності можуть вказувати на вміст та кількість вуглеводнів в ущільнених піщано-алевритових породах[7].

Розгорнуте дослідження процесу маловодності в ущільнених осадових породах дає змогу з впевненістю сказати, що це важливий показник, який тісно пов'язаний з формуванням, міграцією та утриманням вуглеводнів в ущільнених піщано-алевритових породах.

В якості об'єкта досліджень була розглянута південна прибортова зона ДДЗ, в якій за загальними признаками знаходиться значна кількість ущільнених піщано-алевритових порід. Метою дослідження вуглеводненасичення ущільнених піщано-алевритових порід цієї території виділені окремі зони, які характеризуються підвищеною температурою та згідно запропонованим критеріям повинні бути об'єктом дослідження. При виділенні зон перспективності вуглеводненасичення ущільнених піщано-алевритових порід була взята за основу температурна характеристика на основі фактичного матеріалу. Необхідно зауважити, що абсолютні температурні показники мають вибірковий характер. Широкий діапазон температурних показників та неоднорідність геотермічного поля південної прибортової зони ДДЗ в цілому, змушують використовувати не регіональні значення температурних аномалій, а окремих зон. До запропонованої методики, температурні умови виділених зон в комплексі з міграційними особливостями мають розглядатися на першому етапі дослідження.

В процесі досліджень було виділено шість зон, в яких зафіксовано підвищення температури відносно фонових значень. Цей показник є ключовим, який вказує на можливість вуглеводненасичення ущільнених піщано-алевритових порід. Такими зонами являються: Левенцівсько-Богатойська, Перещепинсько-Пролетарська, Виноградівсько-Личківська, Кременівсько-Мусієнківська, Руденківсько-Зачепилівська, Сагайдацько-Кибинцівська. Отже, розглянемо кожну із виділених зон окремо відносно розвитку аномальних температур.

Левенцівсько-Богатойська зона охоплює значну територію південної прибортової зони ДДЗ, до її складу входять: Левенцівське родовище, Керносівська, Богатойська, Катеринівська площі. Аномальна температура в межах Левенцівсько-Богатойської зони охоплює широкий діапазон відкладів і прослідковується на різних гіпсометричних рівнях. Фонова температура складає близько 40°C. При проведенні замірів пластових температур в свердловинах були зафіксовані показники в межах 60-70°C, що являється

аномальним значенням. Даний факт доводить, що ділянка характеризується інтенсивним тепломасоперенесенням за рахунок міграції переважно метану, в тому числі завдяки розвитку глибинної тріщинуватості.

Сагайдацько-Кибинцівська зона охоплює значну територію центральної частини південної прибортової зони ДДЗ. Найбільшими родовищами, що входять до її складу, являються Сагайдацьке та Кибинцівське. Температурна аномалія в цій зоні досягає 20-30°C. Така аномалія прослідковується майже на усіх гіпсометричних рівнях та охоплює широкий діапазон. Очевидно, що аномалія пов'язана з активністю міграційних процесів за рахунок глибинного надходження вуглеводнів.

Кременівсько-Мусієнківська зона займає значну територію південної прибортової зони. До її складу входять: Кременівське, Мусієнківське, Юрїївське родовища, тощо. Ділянка ускладнена розривними порушеннями та плікативними дислокаціями, має блокову будову, що відіграє важливу роль у глибинній міграції вуглеводнів. Температурні особливості в зоні дослідження відіграють важливу роль і мають схожість в температурному відношенні з Левенцівсько-Богатойською зоною. Розподіл пластових температур показує, що Кременівсько-Мусієнківська зона є суттєво прогрітою. Перевищення температури згідно фонових значень складає 15-20°C. Завдяки цьому можна припустити, що міграційна активність метану в цій зоні знаходиться на високому рівні.

Виноградівсько-Личківська зона займає незначну за площею територію по відношенню до раніше виділених зон. Розташована в центральній частині південної прибортової зони ДДЗ, до її складу входять: Новоселівське, Виноградівське, Личківське, Східно-Новоселівське родовища. Характерною особливістю є покращена пропускна здатність товщі, про що свідчать підвищені температурні показники відносно фонових значень. В температурному відношенні зона досить однотипна. Температурні умови охарактеризовано на основі результатів вимірів геотермічного градієнту в свердловинах до глибин 4000м. Температурна аномалія складає близько 15-30°C відносно фонових значень зони дослідження. Геотермічні аномалії Виноградівсько-Личківської зони прослідковуються на всіх гіпсометричних рівнях, що доводить інтенсивність тепломасоперенесення за рахунок міграції вуглеводнів.

Руденківсько-Зачепилівська зона займає значну територію центрально-західної частини південної прибортової зони ДДЗ. До її складу входять такі родовища, як: Руденківське, Зачепилівське, Ливенське, Степне, Лиманське, Західно-

Вільшанське, Потичанське. В температурному відношенні, зона доволі мінлива та охоплює широкий діапазон значень. Температурна аномалія на Зачепилівському родовищі незначна, близько 5°C відносно фонових значень, в той же час температурні аномалії на Ливенському та Степному, родовищах сягають 15-20°C. Даний факт вказує на неоднорідність процесу міграції вуглеводнів в середині самої зони.

Перещепинсько-Пролетарська зона охоплює значну територію південно-східної частини південної прибортової зони ДДЗ, до її складу входить Перещепинське, Пролетарське, Ульянівське родовища. На території Перещепинського родовища спостерігається незначна аномалія температур, в той же час в межах Ульянівського та Пролетарського родовищ температурні аномалії складають 15-20°C. Відсутність значної температурної аномалії на окремих ділянках свідчать лише про те, що в силу певних факторів висхідна міграція уповільнена.

Застосування запропонованих критеріїв розглянемо на прикладі Ульянівського родовища, де від самого початку виявлена зона підвищених температур. Дана умова дає змогу розглядати зону як одну з перспективних в якості вуглеводненасичення в ущільненій піщано-алевритовій товщі. З точки зору нафтогазоносності, родовище вуглеводнів відноситься до типу складних багатопокладних. Традиційні пласти-колектори, розкриті окремими свердловинами, часто заміщуються ущільненими пачками, які за даними промислово-геофізичних досліджень вважалися мало перспективними у відношенні нафтогазоносності. В той же час, при бурінні в цих же інтервалах, по даним газо-геохімічних досліджень фіксувалися аномальні підвищення газопоказів відносно фонових значень. Отримані результати газо-геохімічних досліджень на фоні температурної аномалії вказують на перспективність ущільнених товщ Ульянівського родовища, що відповідає запропонованим критеріям. Цей приклад доводить доцільність використання методу геолого-технологічних та газо-геохімічних досліджень із застосуванням наведених геологічних критеріїв при оцінці вуглеводненасичення ущільнених піщано-алевритових порід.

Висновки. З метою оцінки перспектив нафтогазоносності ущільнених піщано-алевритових порід обґрунтовані базові критерії накопичення та збереження в цій товщі газу і в меншій ступені нафти. В основі запропонованих критеріїв низка геологічних показників, таких як висхідна міграція вуглеводнів, особливості літологічного складу, умови перетворення привнесеної та власної органічної речовини, маловодність товщі. Діяльність більшості процесів, які є показниками запропонованих базових критеріїв нафтогазоносності, супроводжуються підвищенням температури локальної зони розвитку ущільнених піщано-алевритових порід. Все це дозволяє на першому етапі оцінки перспектив нафтогазоносності ущільнених піщано-алевритових порід виділити ділянки з аномально підвищеними температурами, а на другому етапі запровадити детальну оцінку перспектив цієї території шляхом застосування запропонованих показників. В якості прикладу, який можна розглядати як перший етап в межах розвитку ущільнених піщано-алевритових порід південної прибортової зони ДДЗ виділено шість зон, які характеризуються підвищеним температурним полем. В одній із цих зон розглянутий зв'язок температурної аномалії з основними показниками перспективності на нафтогазоносність ущільнених піщано-алевритових порід.

Одним із методів практичного виявлення ступеня вуглеводненасичення в ущільнених піщано-алевритових породах, особливо в зоні підвищених температур, може бути прямий метод геолого-газо-геохімічних досліджень, що оснований на одночасному вивченні геологічних властивостей та газо-геохімічних особливостей. Сутність даного методу полягає в оперативному описі шламового або кернавого матеріалу з визначенням структурно-текстурних особливостей та фільтраційно-ємносних властивостей вибуреної породи [11]. Застосування цього методу цілком може бути достатньо для визначення ступеня ВВ насичення ущільнених піщано-алевритових породи.

Розширення комплексу досліджень дозволить збільшити кількість потенційних нафтогазоносних об'єктів в ущільнених піщано-алевритових породах.

Література

1. Хроль В.В. До методики виявлення ущільнених вуглеводньонасичених порід (на прикладі південної прибортової зони Дніпровсько-Донецької западини) [Текст] / В.В. Хроль // Вісник Харківського національного університету імені Каразіна. Серія «Геологія-Географія-Екологія», 2017. – Вип. 46. – С. 62-66. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2017-46-08>
2. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України [Текст] : монографія у 8 книгах / за ред. О.Ю. Лукіна та Д.С. Гурського. – К.: Ніка-центр, 2013. – Том 6. – С.8-10.
3. Лукин А.Е. О природе и перспективах газоносности низкопроницаемых пород осадочной оболочки Земли. Докл. НАН Укр. 2011.

4. Геология и нефтегазоносность Днепровско–Донецкой впадины (нефтегазоносность) / Кабышев Б.П., Шпак П.Ф., Билык О.Д. и др. – К.: Наук думка, 1989. – С. 204
5. А.И. Лурье. Геотермические аномалии и нефтегазоносность. Монография. – Харьков, 2018
6. Маловодність як один з критеріїв вуглеводненасичення ущільнених піщано–алевритових порід / В.В.Хроль, А.Й. Лур'є // за матеріалами VI Наукової конференції з міжнародною участю «Гідрогеологія: наука, освіта, практика». – Харків, 2020. – С. 90–93.
7. О природе и перспективах газоносности низкопроницаемых пород осадочной оболочки Земли / А.Е. Лукин // Доп. НАН України. — 2011. — № 3. — С. 114–123.
8. Лукин А. Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США) // Геол. журн. – 2010. – № 3. – С. 17–33.
9. Терещенко В.О. Нетрадиційні джерела вуглеводневої сировини: навчальний посібник / В.О. Терещенко. – Х.: Вид-во ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2016. – С. 52–60.
10. Височанський І.В. Геологічні фактори формування несклепінних пасток в особливих зонах нафтогазонакопичення Дніпровсько–Донецького авлакогена / І.В. Височанський // Вісник ХНУ імені Каразіна. Серія «Геологія – Географія – Екологія», 2013. – Вип. 39. – С.45–65.
11. Померанці Л.И. Газовый каротаж /Л.И. Померанц. – М.: Недра. – С. 29–77.
12. Поверенний С.Ф. До питання утворення вторинної пористості у відкладах великих глибин південного сходу Дніпровсько–Донецької западини / С.Ф. Поверенний, А.Й. Лур'є // Вісник Харківського національного університету імені Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2020. – Вип. 53. – С. 45–60. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-53-03>
13. Суярко В.Г., Іщенко Л.В. Геохімічні критерії пошуків вуглеводнів на сході Дніпровсько–Донецької западини. /В.Г. Суярко, Л.В. Іщенко // Вісник Харківського національного університету імені Каразіна. Серія «Геологія–Географія–Екологія», 2015. – Вип. 43. – С. 88–93. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2015-43-13>
14. Про структурно–геохімічні критерії прогнозування скупчень вуглеводнів / В. Суярко, Г. Лисиченко, В. Загнітко // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2017. – № 1–2. – С. 173.
15. Суярко В.Г., Фик М.І., Барановська Н.Ю. Геологічні особливості розробки сланцевого газу в умовах Донецької складчастої споруди / В.Г. Суярко, М.І. Фик, Н.Ю. Барановська Вісник Харківського національного університету імені Каразіна. Серія «Геологія–Географія–Екологія», 2012. – № 1033. – С. 54–58.
16. Лукин А.Е. Формации и вторичные изменения каменноугольных отложений Днепровско Донецкой впадины в связи с нефтегазоносностью [Текст] / А.Е. Лукин. М.: Недра, 1977. – 102 с.
17. Зиненко И.И. Глубинные зоны газонакопления ДДВ [Текст] / И.И. Зиненко, А.П. Зарицкий // Нефтяная и газовая промышленность, 1992. – №1. – С. 12–15.
18. Лебедев Б.А. Геохимия осадочных процессов в осадочных бассейнах [Текст] / Б.А. Лебедев. – Л.: Недра, 1992. – С. 239.
19. Соловьев В.О. Нетрадиционные источники углеводородов: проблемы их освоения: учебное пособие / В.О. Соловьев, И.М. Фык, Е.П. Варавина. – Х. : НТУ «ХПИ», 2013. – 92 с.
20. Кабышев Б.П. Перспективность ДДЗ на нетрадиційний газ центральнобасейнового типу / Б.П. Кабышев, Б.Е. Лоу, Т.М. Пригаріна, Ю.Б.Кабышев // Нафтогазова і газова промисловість. – 2000. – № 2. – С. 8–11.
21. Маєвський Б.Й. До питання розвитку літогенетичної тріщинуватості та нафтогазоносності глибокостанурених теригенних порід–колекторів Передкарпатського прогину і Дніпровсько–Донецької западини / Б.Й. Маєвський, В.М. Бенько, Т.В. Здерка, С.С. Куровець // Геоінформатика. — 2008. — № 4. — С. 21–24.
22. Лагутин А.А. Условия формирования и литофизические свойства пород коллекторов глубокозалегающего продуктивного горизонта В 25 26 Котелевского месторождения по данным изучения керна [Текст] / А.А. Лагутин, С.Ф. Поверенний // Питання розвитку газової промисловості України. Випуск XXX. Харків, 2002. – С. 69–75.
23. Долуда М.Е. Региональный эпигенез каменноугольных отложений Днепровско Донецкой впадины и его влияние на коллекторские свойства [Текст] / М.Е. Долуда, С.В. Литвин, С.Д. Харченко // Литология и полезные ископаемые, 1968. – №4.
24. Лагутін А. А. Аналіз результатів підрахунку запасів газу на різних етапах розробки Вільхівського родовища / А. А. Лагутін, С. В. Литвин, В. М. Лихван // Питання розв. газ. пром-сті України. – Х., 1999. – Вип. 27[1]. – С. 87–91.
25. Бенько В.М. Особливості геологічної будови і перспективи нафтогазоносності глибокостанурених горизонтів Дніпровсько–Донецької западини [Текст] : монографія / В. М. Бенько, Б. Й. Маєвський, А. А. Лагутін, В. Р. Хомин ; Маєвський Б. Й., ред. – Івано–Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. – С. 192–206.
26. Wickstrom L., Perry C., Riley K., Erenpreiss M. The Utica–Point Pleasant Shale Play of Ohio // Ohio Department of Natural Resources Division of Geological Survey Presentation, 2012. –P. 41–58.

Надійшла до редакції 15 травня 2021 р.

Прийнята 25 травня 2021 р.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

UDC 553.98

Vasyl Khrol,

Leading Geophysicist, Ukrgaspromgeofizyka Geophysical Division of JSC UkrGasVydobuvannya,
3 Dragomiryvska St., Kharkiv, 61031, Ukraine,

e-mail: vkhrol87@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5776-0233>;

Anatoliy Lurye,

DSc (Geology and Mineralogy), Professor, V. N. Karazin Kharkiv University,
4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine,

e-mail: anlure16@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4836-5781>

CRITERIA FOR ASSESSMENT OF HYDROCARBON SATURATION OF COMPACT SAND-ALEURITE ROCKS UNDER DDB CONDITIONS

Introduction. In the modern period, the increase in the resource base is largely associated with the exploration of deposits that are under development. The latter process includes the study of non-traditional reservoirs, among which of considerable interest are compacted sand-silt rocks.

Steady growth in raw material consumption has led to the search for alternative sources of hydrocarbons. The development of the industry is aimed at studying existing deposits with the introduction and involvement of the latest, advanced technologies. In this regard, the development of this area is relevant. Undoubtedly, the search for hydrocarbons in compacted sand-silt rocks within the Dnieper-Donetsk basin will develop.

Purpose. To propose the main geological criteria for detecting hydrocarbon saturation of compacted rocks, which are accompanied by certain indicators.

Analysis of previous works. Until recently, information on compacted hydrocarbon-unsaturated sand-silt rocks was most often found only in foreign publications. In the 60's of the XX century, employees of UkrNDIgaz tried to study in detail the compacted hydrocarbon-saturated rocks, but at that time this area was not developed. These studies are associated with the names of Mukharinskaya I, Kharchenko S, Lagutina A. In recent decades, issues regarding compacted sand-siltstone rocks in Dnieper-Donetsk basin have been considered during gas-type gas research. Until recently, the detection of gas in compacted rocks was of a general nature and was not substantiated by actual material.

Presenting main material. The nature of the compacted sand-silt varieties is very diverse. Due to the peculiarities of lithological packs, compacted rocks should be considered both separately and in combination with direct contact with traditional reservoir rocks.

Scientific and theoretical research and factual material allow us to identify promising stratigraphic complexes in terms of hydrocarbon saturation in compacted sand-silt rocks. Compacted sand-siltstone rocks acquire the greatest development within the Lower Permian-Upper Coal and Middle-Lower Coal complexes.

The main criteria for detecting compacted rocks should be considered the degree of saturation of rocks and the nature of hydrocarbons. Consider the indicators that characterize these two processes.

Due to the fact that geological criteria and their indicators (a kind of indicator) often interact, complement each other and are "hostages" of causal processes.

Conclusions. The proposed criteria are based on a number of geological indicators, such as ascending migration of hydrocarbons, features of lithological composition, conditions of conversion of imported and own organic matter, low water content of the stratum. The activity of most processes, which are indicators of the proposed basic criteria of oil and gas, are accompanied by an increase in the temperature of the local zone of development of compacted sand-silt rocks.

In one of these zones the connection of temperature anomaly with the main indicators of prospects for oil and gas bearing capacity of compacted sand-silt rocks is considered.

One of the methods of practical detection of the degree of hydrocarbon saturation in compacted sand-silt rocks, especially in the zone of elevated temperatures, can be a direct method of geological-gas-geochemical research, based on the simultaneous study of geological properties and gas-geochemical features.

Keywords: compacted sandy-silty rocks; hydrocarbon saturation; geological criteria; processes; migration; temperature, delay; receipts.

References

1. Khrol, V.V. (2017). *To the method of detection of compacted hydrocarbon-saturated rocks (on the example of the southern riparian zone of the Dnieper-Donetsk basin)*. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", 46, 62-66 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2017-46-08>

2. Vakarchuk S.G., Dovzhok T.YE., Filyushkin K.K., Kabyshev Yu.B., Hladun V.V., Kholodnykh A.B (2013). *Unconventional hydrocarbon resources of Ukraine. Monohrafiya*. Kiev: Nika-center [in Ukrainian].
3. Lukin A.E (2011). *On the nature and prospects of gas-bearing capacity of low-permeability rocks of the Earth's sedimentary shell. Report. NAS of Ukraine* [in Ukrainian].
4. Kabyshev B.P., Shpak P.F., Bilyk O.D. et al. (1989). *Geology and oil and gas content of the Dnieper-Donetsk depression (oil and gas content)* Kiev: Naukova Dumka, 204 [in Ukrainian].
5. Lurie A.I. (2018) *Geothermal anomalies and oil and gas content. Monograph*. Kharkiv [in Ukrainian].
6. Khrol V.V., Lurie A.Y. (2020). *Low water content is one of the criteria for carbohydrate reduction of low-water grain-aleurite rocks. VI Scientific conference with international participation "Hydrogeology: science, education, practice*. Kharkiv, 90-93 [in Ukrainian].
7. Lukin A.E. (2011). *On the nature and prospects of gas content of low-permeability rocks of the sedimentary shell of the Earth. Report. Ukraine, 114-123* [in Ukrainian].
8. Lukin A.E. (2010). *Shale gas and the prospects for its production in Ukraine. Article 1. The current state of the problem of shale gas (in the light of the experience of developing its resources in the United States)* *Geological Journal*. 3, 17–33 [in Ukrainian].
9. Tereshchenko V.O. (2016). *Unconventional sources of hydrocarbon raw materials: a textbook. Navchal'nyy posibnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, 52-60* [in Ukrainian].
10. Vysochansky I.V. (2013). *Geological factors of formation of non-vault traps in special zones of oil and gas accumulation of the Dnieper-Donetsk avlacogen. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", 39, 45-65* [in Ukrainian].
11. Pomerants L.I. (1982). *Gas logging. Nedra, 29-77* [in Russian].
12. Povyeryenny S.F., Lurie A.I. (2020). *On the formation of secondary porosity in the deposits of great depths of the south-east of the Dnieper-Donetsk basin. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", 53, 45-60* [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-53-03>
13. Suyarko V.G., Ishchenko L.V. (2015). *Geochemical criteria for hydrocarbon exploration in the east of the Dnieper-Donetsk basin. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", 43, 88-93* [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2015-43-13>
14. Suyarko V., Lysychenko G., Zagnitko V., (2017). *On structural-geochemical criteria for forecasting hydrocarbon accumulations. Geology and geochemistry of combustible minerals., 1-2, 173* [in Ukrainian].
15. Suyarko V.G. Fyk M.I, Baranovskaya N.Yu. (2012). *Geological features of shale gas development in the conditions of Donetsk folded structure. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", 1033, 54-58* [in Ukrainian].
16. Lukin A.E. (1977). *Formations and Secondary Changes in Carboniferous Deposits of the Dnieper-Donetsk Basin in Connection with Oil and Gas Potential. Moscow: Nedra, 102* [in Russian].
17. Zinenko I.I., Zaritsky A.P. (1992). *Deep zones of gas accumulation DDB. Oil and Gas Industry, 1, 12-15* [in Ukrainian].
18. Lebedev B.A. (1992). *Geochemistry of sedimentary processes in sedimentary basins. Nedra, 239* [in Russian].
19. Soloviev V.O., Fyk I.M., Varavin E.P. (2013). *Unconventional sources of hydrocarbons: problems of their development: textbook. National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute, 92* [in Ukrainian].
20. Kabyshev B.P., Lowe B.E., Prygarina T.M., Kabyshev Y.B. (2000). *Prospects of DDB for unconventional gas of the central basin type. Oil and gas and gas industry, 2, 8-11* [in Ukrainian].
21. Mayevsky B.Y., Benko V.M., Zderca T.V., Kurovets S.S. (2008). *On the question of the development of lithogenetic fracturing and oil and gas bearing capacity of deeply submerged terrigenous rocks-collectors of the Pre-Carpathian Depression and the Dnieper-Donetsk depression. Geoinformatics, 4, 21-24* [in Ukrainian].
22. Lagutin A.A., Poverenny S.F. (2002). *Formation conditions and lithophysical properties of reservoir rocks of the deep-lying productive horizon B 25 26 Kotelevskoe field according to core study data. Supply of gas industry development in Ukraine. Issue XXX. Kharkiv, 69 75* [in Ukrainian].
23. Doluda M. Ye, Litvin S.V., Kharchenko S.D. (1968). *Regional epigenesis of the Carboniferous deposits of the Dnieper-Donetsk depression and its influence on reservoir properties. Lithology and useful minerals, 4* [in Russian].
24. Lagutin A.A., Lytvyn S.V., Likhvan V.M. (1999). *Analysis of the results of calculating gas reserves at different stages of development of the Vilkhiv field. Questions of development gas industry of Ukraine. Nedra, 27[1], 87-91* [in Ukrainian].
25. Benko V.M., Maevsky B.Y., Lagutin A.A, Khomin V.R., Mayevsky B.J. (2013). *Peculiarities of geological structure and prospects of oil and gas potential of deep-submerged horizons of the Dnieper-Donetsk depression. Monograph Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas 208, 192-206* [in Ukrainian].
26. Wickstrom L., Perry C., Riley K., Erenpreiss M. (2012). *The Utica-Point Pleasant Shale Play of Ohio. Ohio Department of Natural Resources Division of Geological Survey Presentation. Annual Convention and Exhibition, Long Beach, California, 41-58* [in USA].