

© **Д.Д. Федоришин**
д-р геол. наук
О.М. Трубенко
канд. геол. наук
С.Д. Федоришин
канд. геол. наук
Т.В. Потятинник
ІФНТУНГ

Основні геологічні чинники, які зумовлюють неоднозначність геофізичної інформації в процесі дослідження неогенових відкладів у свердловинах Хідновицького газового родовища

УДК 553.98.061.4

Розглянуто можливість ідентифікації виділених складнобудованих порід-колекторів неогенових відкладів у пошукових свердловинах газоконденсатних родовищ різної тектонічної будови в межах Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Встановлено основні фактори, які зумовлюють спотворення геофізичної інформації, отриманої в процесі електрометрії свердловин.

Ключові слова: колектор, мінеральний склад, структура порового простору, коефіцієнт пористості, питомий опір.

Рассмотрена возможность идентификации выделенных сложнопостроенных пород-коллекторов неогеновых отложений в поисковых скважинах газоконденсатных месторождений различного тектонического строения в пределах Бильче-Волицкой зоны Предкарпатского прогиба. Установлены основные факторы, которые обуславливают искажение геофизической информации, полученной в процессе электрометрии скважин.

Ключевые слова: коллектор, минеральный состав, структура порового пространства, коэффициент пористости, удельное сопротивление.

The article deals with the possibility of identification and selection of reservoir rocks with complex structure of Neogene deposits in prospecting wells of gas condensate fields of various tectonic structure within Bilche-Volytska zone in the Carpathian Foredeep. The main factors causing distortion of the geophysical data received during electrometric surveying have been stated.

Key words: reservoir rock, mineral composition, the structure of pore space, coefficient of porosity, resistant.

Проблеми, пов'язані з видобуванням вуглеводневої сировини, ефективністю пошуків нових покладів нафти й газу та збільшенням коефіцієнтів їх вилучення у процесі розробки, значною мірою зумовлені морально застарілою та фізично зношеною матеріально-технічною базою нафтогазової галузі, яка суттєво впливає на ефективність як пошуково-геологорозвідувальних робіт, так і ускладнює експлуатацію родовищ вуглеводнів. Окрім цього, видобування вуглеводнів значною мірою залежить також від інформації про геологічну будову пошукових площ у межах нафтогазоносних провінцій. У зв'язку з цим встановлення особливостей геологічної будови розрізів перспективних пошукових площ, порід-колекторів, які їх вивопнюють, та визначення граничних значень петрофізичних і фізичних параметрів є актуальним завданням нафтогазової галузі.

Метою роботи є дослідження особливостей геологічної будови відкладів сарматського ярусу неогенової системи, визначення петрофізичних параметрів і компонентного складу матриці порід-колекторів Летнянського та Хідновицького газових родовищ, а також встановлення ступеня їх впливу на покази методів геофізичних досліджень свердловин (ГДС).

Потрібно зазначити, що у межах навіть однієї нафтогазоносною провінції, наприклад Карпатської, нафтогазові поклади сконцентровані в різних тектонічних блоках та сформовані в різних літолого-стратиграфічних умовах.

Геологічні розрізи у межах родовищ із блоковою будовою, як видно з роботи [1], характеризуються тонкоритмічним перешаруванням відкладів, які представлені пісковиками, алевролітами, глинами та аргілітами. Компонентний склад матриці порід-колекторів у більшості відкладів газових родовищ блокової будови є полімінеральним, із глинистим та глинисто-карбонатним типом цементу.

Яскравим прикладом геологічного розрізу з тонкошаруватою будовою можуть бути відклади неогенової системи кайнозойської ерети Хідновицького газового родовища Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. За результатами ГДС, що проведені у св. 22-Хідновичі (інтервал глибин 802–843 м), тонкоритмічна товща нижньодашавської світи представлена як однорідний розріз, вивопнений піщано-глинистими породами. Якщо розглянути криві мікропотенціала мікроградієнт-зондів на четвертому треку діаграм (рис. 1), помітимо позитивні аномалії значень питомого електричного опору в інтервалі (810–825 м), які характерні для мономікто-

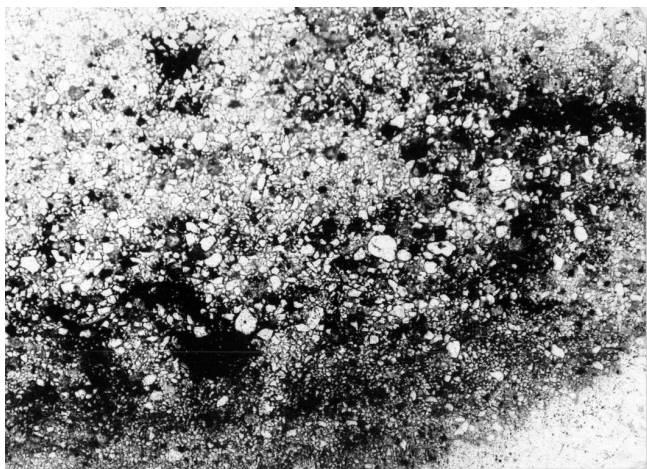


Рис. 1. Дрібнозернистий пісковик із хлорито-глюконітовим глинистим цементом

вих пісковиків, насичених вуглеводнями. За результатами проведених досліджень кернавого матеріалу, відібраного із порід вищезазначених інтервалів, було встановлено граничні значення їх коефіцієнтів пористості ($K_n^{пр}=8,2\%$) та величини літолого-структурного коефіцієнта $\lambda=0,415$, якому відповідає значення коефіцієнта проникності $K_{пр}=127 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. Такі дані підтвердили припущення про наявність газонасичених пісковиків, не зважаючи на те, що всі інші електричні методи характеризують цей інтервал як однорідну літологічну товщу. Під час випробування порід в інтервалі 810–830 м отримано приплив газу дебітом $Q_f=37,013$ тис. $\text{м}^3/\text{добу}$.

Для розробки методології ідентифікації порід-колекторів у такому типі геологічних розрізів за геофізичними та петрофізичними критеріями автори статті проаналізували геологічну будову Хідновицького родовища.

У тектонічному відношенні це газове родовище розташоване у західній частині Крукеницької западини Більче-Волицької зони, яка обмежена з північного сходу Краковецьким регіональним розломом, а з південного заходу – Передкарпатським глибинним розломом.

При цьому потрібно зазначити також особливість геологічної будови Крукеницької западини, зумовлену тим, що фундамент западини складають дислоковані та метаморфізовані породи рифею, що вносять зміни в параметри природних фізичних полів вміщуючих порід та газонасичених пластів і визначають їх геофізичні параметри. На відміну від родовищ із блоковою будовою, структура розмитой поверхні рифейських відкладів Хідновицького родовища представлена видовженою з північного заходу на південний схід брахіантиклінальною складкою, склепіння якої знаходиться на території Польщі.

Вищезалігаючі породи міоцену облямовують ерозійний рельєф докембрійських відкладів і в південно-західній частині структури складки зрізуються Стебницьким насувом. Враховуючи те, що основні поклади газу неогенових відкладів усіх газових родовищ Більче-Волицької зони сконцентровані у дашавській світі сарматського ярусу, основну увагу авторів статті привернула саме морфологія поверхні насуву.

У результаті досліджень виявилось, що поверхня насуву має вигляд двох скиб, насунених у північно-східному напрямку до Хідновицької структури. Поряд із цим спостерігається поперечне до насуву порушення, у результаті чого північно-західна частина тіла насуву є припіднятою відносно північно-східної на 80–120 м. Підтвердженням такого простягання тектонічного порушення є побудована поверхня опорного гіпсоангідритового горизонту тиранської світи (N_1ts).

Отже, вважаємо, що у цьому розрізі спостерігається одне й те саме порушення, яке перетинає відклади дашавської світи, чим і пояснюється зменшення товщини літотипів геологічного розрізу, а також випадання з нього продуктивних горизонтів НД-6 та НД-7. Результати петрографічного аналізу показали, що у процесі седиментації в неогеновій системі формувалися відклади з підвищеною глинистістю з тонкоритмічним перешаруванням як у розсіяному, так і прошарковому вигляді. Це відбулося за рахунок розвитку зон зминання ділянок, які наближені до Стебницького насуву, що вплинуло на фільтраційно-ємнісні властивості вищезалігаючого продуктивного горизонту НД-8.

Отже, основною особливістю геологічної будови неогенових відкладів Хідновицького родовища є те, що у межах нижньо- та верхньодашавської підсвіти сарматського ярусу відсутні продуктивні відклади горизонтів НД-6 та НД-7 та розвинута заглинизованість горизонтів НД-1, 2, 3, 4, 5. Такий висновок ґрунтується також і на аналізі процесів, пов'язаних зі Стебницьким насувом.

Загалом у межах дашавської світи Хідновицького родовища продуктивними горизонтами є НД-1, 2, 3, 4, 5, 8 та ВД-13, 14. Порооди, які складають ці горизонти, є сірими пісковиками, алевролітами, вапняками, аргілітами з різними прошарками туфів і туфитів. Основними породами-колекторами є теригенні піщано-алевролітові літотипи.

Аргіліти у дашавській світі є флюїдоупорами. Вони представлені вапняковими, рідше – гідрослюдястими різновидами алеврито-пелітової структури. Зрідка простежується інтенсивна їх піритизація [2].

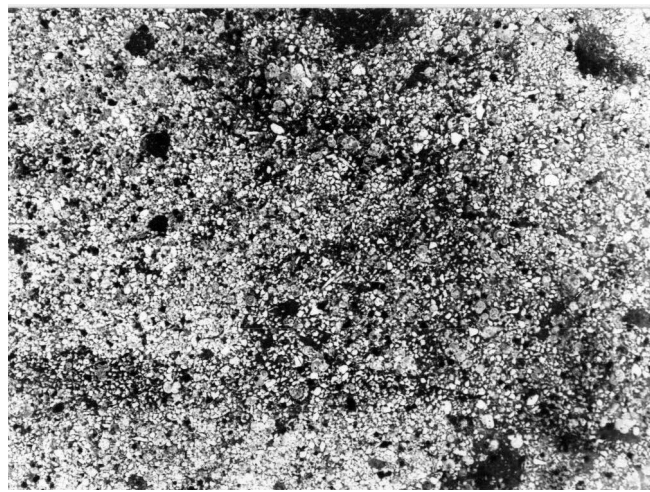


Рис. 2. Алевроліт із кальцито-глинистим цементом і форамініферами

Таблиця

Класифікація сарматських відкладів Летнянського родовища за даними літолого-петрографічних досліджень

Вид порід за розміром уламків	Різновид порід за складом цементу
Прості породи	
пісковик дрібно-зернистий	гідрослюдисто-глинисті, хлорито-глинисті з глауконітом, хлорито-кальцитові
пісковик алевритистий	гідрослюдисто-глинисті з піритом, кальцитові
алевроліти піщанисті	кальцито-глинисті, глинисто-кальцитові
алевроліти	кварцево-глинисті, кальцито-глинисті з форамініферами
аргіліти алевритисті	кварцево-глинисті, кальцито-глинисті з форамініферами
мергель піщано-алеверитистий	кварцево-глинисті, кальцито-глинисті з форамініферами
вапняк піщано-алеверитистий, кремнистий	кварцево-глинисті, кальцито-глинисті з форамініферами
Складні породи	
гравійні пісковики	гідрослюдисто-каолінітові, гідрослюдисто-глинисті, глинисто-гідрослюдисті, кальцитові
пісковики гравійно-алеверитисті	глинисто-кальцитові з глауконітом
алевроліти гравійно-піщанисті	глинисті, гідрослюдисто-глинисті, глинисті з глауконітом
алевроліти гравійно-піщанисті з уламками глин і фауни	глинисто-кальцитові
калькаренит	перемитий піщано-глинистий вапняк

У результаті аналізу та узагальнення особливостей геологічної будови неогенових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони також встановлено, що в окремих випадках є суттєві розбіжності у компонентному складі матриці порід-колекторів, складі їх цементу та величинах петрофізичних параметрів, які визначають колекторські властивості пластів у розрізі газоконденсатних товщ, просторово тектонічно обмеженої та блокової будови. Для порівняння та зіставлення вищезазначених чинників, характерних для неогенових відкладів Хідновицького родовища, із чинниками аналогічних відкладів родовищ блокової будови досліджено особливості геологічної будови порід дашавської світи Летнянського газового родовища.

У межах Летнянського родовища продуктивні відклади дашавської світи сарматського ярусу залягають на розмитій поверхні порід верхньотортонського під'ярусу.

Літолого-стратиграфічна товща дашавської світи виповнена двома підсвітами, які характеризуються чітко вираженим ритмічним перешаруванням піщано-глинистих літотипів. Кожен ритм починається тонким прошарком глинистих порід, які уверх за розрізом поступово збагачуються піщаним матеріалом, а в кінці ритму повністю заміщуються пісковиками. В основі ритмів у більшості випадків присутні прошарки туфів і туфітів невеликої товщини. Така особливість геологічного розрізу дашавської світи сарматського ярусу Летнянського газового родовища з блоковою будовою зумовила відмінність петрофізичних параметрів, які характеризують колекторські властивості порід-колекторів порівняно з продуктивними породами цієї світи Хідновицького родовища. Зіставлення тектонічної будови двох родовищ показало, що у тектонічному відношенні Летнянська структура по покрівлі тираської світи є асиметричною складкою північно-західного простягання (10° ПЗ), яка прилягає до Бонівського блока Угерської підзони і з північно-східного боку від Rogozniansького блока відділяється Судово-Вишнянським розломом.

Хідновицьке газове родовище приурочене до брахіантиклінальної складки, яка видовжена з північного заходу на південний схід склепінням, продовженим на територію Польщі

[3]. Щодо умов осадконакопичення відкладів за результатами робіт [4, 5] доведено, що породи дашавської світи сарматського ярусу Летнянського газового родовища виповнені мілководними морськими, солонуватими та континентальними відкладами, тоді як відклади Хідновицького газового родовища в основному представлені континентальними осадовими товщами, які збагачені органічною речовиною.

Установлено, що чим інтенсивніше прогиналася та чи інша ділянка території, тим більше накопичувалося осадового матеріалу. Динаміка утворення ритмічних товщ зумовила відкладання глинистого та піщаного матеріалу. Збільшення глибини морського басейну призводило до утворення дрібнодисперсної фракції, а у приберегових ділянках збільшувався коефіцієнт піщаності.

Така особливість будови не могла не відобразитися як на самих породах, так і на їх фізичних, петрофізичних та геофізичних параметрах.

Детальне петрографічне дослідження порід сарматських відкладів Летнянського газового родовища дало нам змогу виділити серед них дві генетичні групи літотипів, 11 видів та 24 різновиди порід. Така детальна класифікація сарматських відкладів зумовлена цими ознаками:

значними відмінностями гранулометричного складу та скелетної частини породи (незважаючи на відносну подібність уламків кварцу, незначними домішками мінералів циркону, ставроліту, рутилу, турмаліну, іліту, лимоніту, порід кварцитів, алевролітів, алевритистих аргілітів і вапняків);

відмінностями величини співвідношення головних та другорядних аутигенних мінералів у складі цементу. У цементах породи головними є гідрослюди, іліт, монтморилоніт у вигляді фракцій розміром 0,01 мм і менше, глинисто-приховані кристалічні тонкодисперсні маси та кальцит. Другорядними мінералами в цементі породи є каолінит, кварц, хлорит, глауконіт, пірит, рідше халцедон, арагоніт (у залишках фауни) і фосфорит [6].

Виділені нами різновиди порід, що виповнюють відклади дашавської світи сарматського ярусу, відрізняються також співвідношенням уламкових компонентів і складом цементу гірських порід, що зумовлено древніми змінами привносу уламків, які визначають їх колекторські властивості. Сфор-

мовані в цей період дрібнозернисті пісковики з гідроліто-дисто-глинистими, хлорито-глауконітовими і глинистими цементами характеризуються покращеними колекторськими властивостями.

Специфіка геологічної будови Летнянського та Хідновицького газових родовищ відобразилася на структурній будові матриці порід-колекторів, які представлені пісковиками та алевролітами. Із результатів експериментальних досліджень видно, що основна маса матриці пісковиків у межах Хідновицького родовища складається із кутуватих і напівкруглих уламків кварцу (65–75 %), часто зімкнутих один з одним [2]. Розподіл уламків хаотичний (рис. 2).

Щодо алевролітів, то вони складаються із відсортованих уламків кварцу розміром 0,1–0,5 мм. У складі матриці породи зустрічаються одиничні включення циркону і гранату, перемитого глауконіту. Глинистий та кварцово-глинистий цемент локалізується в окремих порах і не завжди повністю їх заповнює (рис. 3). Породи формувалася у прибережній мілководній зоні, що зумовило її покращені колекторські властивості та обумовило підвищену інтенсивність показів гамма-методів, а також підвищену електропровідність матриці. Отже, це є другою суттєвою розбіжністю між породами-колекторами Летнянського та Хідновицького родовищ.

Для згаданих родовищ розбіжність у величині параметрів, що характеризують ємнісні та фільтраційні властивості порід-колекторів, зумовлена в основному структурою порового простору, співвідношенням просвітності звужень і розширень пустотних каналів та наявністю вторинних мінералів, зокрема глауконіту та циркону. Проаналізувавши результати досліджень вищенаведених параметрів порід-колекторів дашавської світи у межах Летнянського газового родовища, ми встановили, що сумарний вміст ультрамікропор із радіусом звужень до 0,1 мкм у їх матриці коливається у межах від 4,7 до 18,2 % (рис. 4). При цьому спостерігається тенденція, при якій частка ультрамікропор у загальному об'ємі порового простору збільшується зі зменшенням пористості пустотних каналів породи. Для порід-колекторів дашавської світи Хідновицького родовища такої тенденції не спостерігається.

Розрахунки літолого-структурного коефіцієнта пісковиків Летнянського газового родовища дали змогу встановити середнє значення цього параметра ($\lambda=0,5049$). За такої величини λ для порід-колекторів нижньодашавської світи горизонтів (НД-9–НД-14) із середнім значенням коефіцієнта пористості 19,7 % розрахункова проникність становила $824,2 \cdot 10^{-15}$ мкм². За класифікацією О.О. Ханіна [7], такі породи-колектори належать до другого класу. За результатами експериментальних досліджень структури порового простору керн, який відібрано з порід-колекторів сарматського ярусу, встановлено, що просвітності та звуження пустотних каналів у цих породах є визначальними під час формування загальної пористості. У той час породи-колектори дашавської світи Хідновицького родовища характеризуються гранулярною пористістю.

Породи-колектори нижньодашавської підсвіти сарматського ярусу Хідновицького родовища характеризуються літолого-структурним коефіцієнтом $\lambda=0,0671$ та середнім значенням коефіцієнта пористості $K_{пн}=21,8$ %. За класифіка-

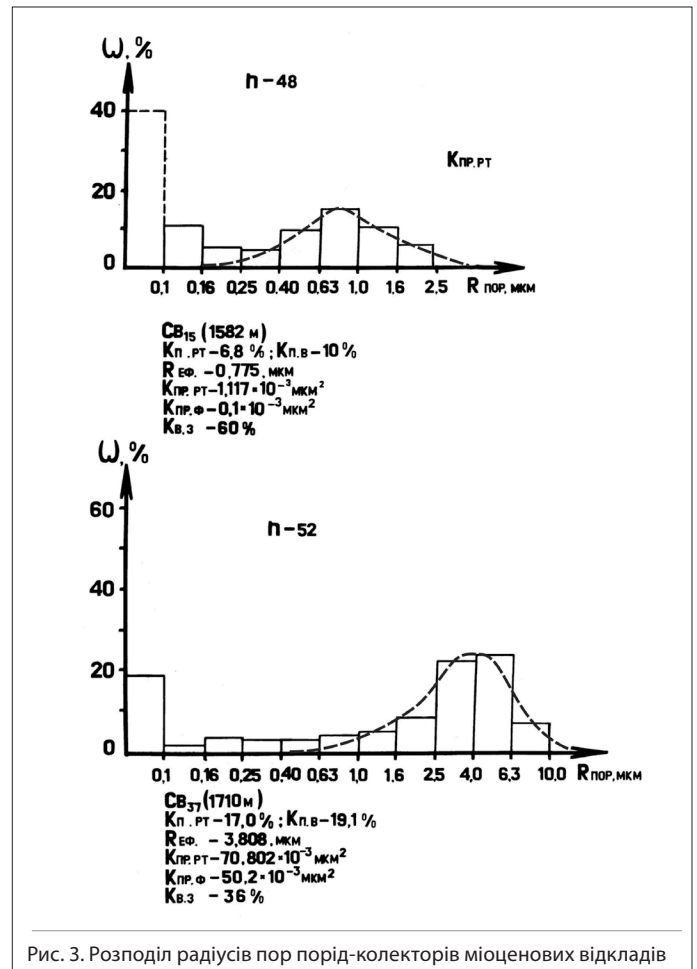


Рис. 3. Розподіл радіусів пор порід-колекторів міоценових відкладів

цією О.О. Ханіна [7], такі породи-колектори в основному належать до першого та третього класу.

У цьому є інша суттєва розбіжність у геологічній будові Хідновицького та Летнянського газових родовищ.

Всі вищенаведені особливості геологічної будови неогенових відкладів та структурні параметри порід-колекторів цих двох родовищ зумовлюють невідповідність показів геофізичних методів досліджень свердловин фізичним параметрам продуктивних пластів (див. рис. 1). Зокрема, за результатами електричних вимірювань продуктивні відклади нижньодашавської підсвіти характеризуються значеннями питомого електричного опору 1,5–2,0 Ом·м та величиною подвійного різничного параметра $\Delta J_{\gamma}=0,6–0,7$ умовних одиниць. Необхідно зазначити, що такі величини вказаних параметрів характерні для водонасичених глинистих пластів. Однак використання встановлених літолого-петрографічних та петрофізичних параметрів і критеріїв у процесі інтерпретації результатів ГДС дає можливість ідентифікувати такого типу породи з вищевстановленими геофізичними характеристиками як газонасичені породи-колектори.

Висновок

Установлено у процесі експериментальних і свердловинних досліджень критеріальні та граничні петрографіч-

ні параметри допомагають створити петрофізичну основу для інтерпретації результатів геофізичних досліджень. Врахування впливу тонкошаруватості відкладів сарматського ярусу неогенової системи на зареєстровані параметри методів геофізичних досліджень свердловин дасть змогу підвищити їх інформативність та ефективність під час виділення газонасичених порід-колекторів складної будови.

Список літератури

1. **Щерба В.М.** Газовые месторождения Предкарпатья / В.М. Щерба, И.С. Павлюх, А.С. Щерба. – К.: Наук. думка, 1987. – 146 с.
2. **Федоришин Д.Д.** Теоретико-експериментальні основи петрофізичної та геофізичної діагностики тонкошаруватих порід-колекторів нафти і газу (на прикладі Карпатської нафтогазоносно-ї провінції): автореф. дис... д-ра геол. наук: 04.00.17; 04.00.12 / Д.Д. Федоришин; НАН України, Ін-т геології і геохімії горючих копалин. – Л., 1999. – 34 с.
3. **Федоришин Д.Д.** Методика литологического расчленения и изучения коллекторов в тонкослоистых разрезах скважин

методами ядерно-магнитного резонанса и гамма-спектрометрии: (на прим. Бильче-Волиц. зоны Предкарпат. прогиба): автореферат дис. ... кандидата геолого-минералогических наук: 04.00.17 / Ивано-Франк. ин-т нефти и газа. – Ивано-Франковск, 1989. – 25 с.

4. **Вялов О.С.** Схема стратиграфии неогеновых отложений западных областей УССР / О.С. Вялов // Палеонтол. 1980. – Вып. 17. – С. 93–96.
5. **Доленко Г.Н.** Закономерности нафтогазоносности Передкарпатського і Закарпатського прогинів / Г.Н. Доленко, Б.І. Ярош, Б.М. Улізло, В.І. Хоменко. – К.: Наук. думка, 1969. – 202 с.
6. **Федоришин Д.Д.** Особливості геологічної будови сарматських відкладів Хідновицького газового родовища та їхній вплив на покази свердловинних геофізичних досліджень / Д.Д. Федоришин, О.М. Трубенко, С.Д. Федоришин, Т.В. Потятинник / Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології (до 70-річчя геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка), 31 березня–3 квітня 2014 р. – К., 2014. – С. 110–111.
7. **Ханин А.А.** Остаточная вода в коллекторах нефти и газа / А.А. Ханин. – М.: Недра, 1968. – 207 с.

НОВИНИ

Збільшення парку бурових установок у світі

У липні 2014 р. середня кількість бурових установок, які працювали у світі, порівняно з аналогічним періодом минулого року зросла на 163 і становить 3608 од.

Більшу половину парку бурових установок використовували у США. Тут працювало в середньому 1876 бурових верстатів, що на 110 одиниць більше, ніж у липні 2013 р. Левова їх частина знаходилася на суші, 62 – на морі і ще 14 – у внутрішніх водних басейнах. Із загальної кількості бурових установок на верстаті, з яких велося буріння на нафту, припадало майже 84 %. Більшість свердловин проводили з використанням горизонтального (1317) або похило-скерованого (213) буріння.

У Канаді у липні 214 р. працювало в середньому 350 бурових верстатів, що на 59 більше, ніж у липні минулого року. 57 % від їх загальної кількості використовували для буріння свердловин на нафту, решту – на газ.

За матеріалами сайту <http://www.ogj.com>

Найбільший в Індії завод із виробництва біогазу

Індійський сільськогосподарський комітет (APMC) у партнерстві з компанією Didask Bioenergy Pvt Ltd споруджують у Думбгалі найбільший у країні завод із виробництва біогазу. Завод, який займає майданчик площею 2 га, планується здати в експлуатацію до кінця 2015 р. Він перероблятиме 110 т відходів на добу і вироблятиме 11 тис. м³ біогазу. Завод продукуватиме також 4 т біологічного компримованого природного газу (біоКПГ), вуглекислий газ, тверді та рідкі добрива з відходів овочів і фруктів.

На заводі вуглекислий газ будуть відділяти від біогазу, переводити його в тверду, рідку чи газоподібну фазу і використовувати в харчовій промисловості. Упаковані в пакети тверді органічні добрива та ємності з рідкими добривами продаватимуть фермерам.

Уряд схвалив цей проект і фінансуватиме 25 % його вартості. БіоКПГ продаватимуть як автомобільне паливо. Важливим елементом є висока екологічність цього проекту.

За матеріалами сайту <http://www.gnvmagazine.com>