



Журнал виходить за участі редакції
української «Гірничої енциклопедії»



ГЕОТЕХНОЛОГІЇ

Число 5

ISSN 2616–8839

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

2022

**ЗАСНОВНИЦЬКА
РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

Білецький В.С., д.т.н., професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», дійсний член Гірничої академії України та Академії економічних наук України, редактор відділу переробки корисних копалин, редактор випуску;

Фик І.М., д.т.н., професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», дійсний член Української нафтогазової академії, редактор відділу нафтогазової інженерії;

Суярко В.Г., д.г.–м.н., професор, Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна, академік Академії наук Вищої школи України та Української нафтогазової академії, редактор відділу геології;

Бондаренко В.І., д.т.н., професор, Національний гірничий університет, дійсний член Академії інженерних наук України, редактор відділу розробки твердих корисних копалин;

Гайко Г.І., д.т.н., професор, Національний технічний університет «Київська Політехніка», член–кореспондент Академії будівництва України, редактор відділу геобудівництва;

Барташук О.В., к.г.н., с.н.с., УкрНДІгаз, м. Харків;

Височанський І.В., д.г.–м.н., професор, Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна;

Гулій В.М., д.г.–м.н., професор, Львівський національний університет ім. Івана Франка;

Карпенко О.М., д.г.–м.н., професор, КНУ ім. Тараса Шевченка;

Коболєв В.П., д.г.н., с.н.с., завідувач відділу сейсмометрії і фізичних властивостей речовини Землі, Інститут геофізики ім. С.І.Суботіна НАН України;

Колтун Ю.В., д.г.н., Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України;

Науко І.М., д.г.–м.н., с.н.с., м. Львів;

Бойко В.С., д.т.н., професор, Івано–Франківський національний технічний університет нафти та газу;

Вітрик В.Г., к.т.н., ТОВ «НТП «Бурова техніка», дійсний член Української нафтогазової академії (УНГА);

Лаврова І.О., к.т.н., професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Пьотр Салуга, доктор габлітований «Гірничо–металургійна академія ім. Станіслава Сташиця», Польща.

Засновник та видавець

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

Адреса видавця та редколегії

61002, Україна, м. Харків, вул. Пушкінська, 85, корпус У–4, кафедра «Видобування нафти, газу і конденсату» НТУ «ХПІ». Телефон: (057) 707–65–15; (067) 717–80–68. E–mail: dngik@ukr.net , ukcdb@i.ua .

Виготовлення

Україна, 69097, Запорізька область, м. Запоріжжя, Хортицький р–н, вул. Сергієнка (Задніпровська), буд. 34. Типографія «УСПЕХ ПРИНТ», Наклад 100 примірників (1–й завод – 50 прим.). Формат 60x84 1/16.
Папір крейдований і офсетний.

Журнал в інтернеті

<http://library.kpi.kharkov.ua/>



The journal is supported by the Ukrainian
edition «Mining encyclopedia»



GEO TECHNOLOGIES

Volume 5

ISSN 2616–8839

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

2022

EDITORIAL BOARD:

Biletsky V.S., D.Sc., Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", member of the Mining Academy of Ukraine and the Academy of Economic Sciences of Ukraine, editor of the mineral processing department, editor-in-chief of the issue;

Fyk I.M., D.Sc., Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", member of the Ukrainian Oil and Gas Academy; editor of the department of oil and gas engineering;

Suyarko V.G., Dr.Sc., Professor, Kharkiv National University V.N.Karazin, academician of the Academy of Sciences of the Higher School of Ukraine and the Ukrainian Oil and Gas Academy, editor of the department of geology;

Bondarenko V.I., D.Sc., Professor, National Mining University, member of the Academy of Engineering Sciences of Ukraine; editor of the department of Solid Minerals Development;

Gayko G.I., D.Sc., Professor, National Technical University "Kyiv Polytechnic", corresponding member of the Academy of Ukraine, editor of the Geo-construction department;

Bartyshchuk O.V., Ph.D., Senior Researcher, UkrNIIGaz, city of Kharkiv;

Vysochansky I.V., D.Sc., Professor, Kharkiv National University. VN Karazin;

Guliy V.M., D.Sc., Professor, Lviv National University. Ivan Franko;

Karpenko O.M., Dr.Sc., Professor, KNU Taras Shevchenko;

Kobolev V.P., D.Sc., Head of seismometry and physical properties of the Earth Institute of Geophysics. S.I.Subotina NAS of Ukraine;

Koltun Yu.V., Ph.D., Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of the National Academy of Sciences of Ukraine;

Nauko I.M., D.Sc., Senior Researcher, Lviv;

Boiko V.S., D.Sc., Professor, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;

Vitryk V.G., Ph.D., LLC "NTP" Drilling equipment", member of Ukrainian Oil and Gas Academy (UOGA);

Lavrova I.O., Ph.D., Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";

Piotr Saluha, D.Sc., "Krakow Mining and Metallurgical Academy", Poland;

Founder and publisher

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 61002, Kharkov, str. Kyrpychova, 2.

Address of editor and editorial office

61002, Ukraine, Kharkiv, str. Pushkinska, 85, Building U-4, Department of "Production of oil, gas and condensate" NTU "KhPI". Phone (057) 707-65-15; (067) 717-80-68. E-mail: dngik@ukr.net , ukcdb@i.ua .

Production

69097, Ukraine, Zaporozhye, Khortytskyi District, Serhiyenko (Zadne-provski) Street. 34. Printing "Success Print", Number of copies printed 100 (1st plant – 50). Sheet size 60x84 1/16. Coated paper and offset.

Journal in Internet

<http://library.kpi.kharkov.ua>



УДК 622.323

ІСТОРИЯ НАФТОГАЗОВИДОБУВАННЯ В УКРАЇНІ

В. М. Орловський

канд. техн. наук, доцент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), e-mail: svaroh13@ukr.net, ORCID-0000 0002 8749 5354

HISTORY OF OIL AND GAS PRODUCTION IN UKRAINE

V. M. Orlovsky

PhD, associate professor (Kharkiv National University of Municipal Economy named after A. M. Beketov, Kharkiv, Ukraine), e-mail: svaroh13@ukr.net, ORCID-0000 0002 8749 5354

ABSTRACT

Actuality of problem. The article is devoted to the history of the formation of the domestic oil and gas industry. Oil and natural gas are raw materials for the chemical industry and the fuel and energy complex.

The purpose of article. Tracing and introduction into scientific circulation of the main events, facts, technical and technological decisions that determined the development of the oil and gas industry on the territory of Ukraine in the 18th–20th centuries.

Methods and apparatus. Literature review, involvement of archival materials, description of the technique and technology of oil and natural gas extraction in Ukraine.

Results. The sequence of events that reveal the technological and technical development of oil and natural gas production in Ukraine, in particular in the Western, Eastern and Southern oil and gas producing regions of Ukraine, is traced.

Scientific value of development. Introduction to scientific circulation of the main events, facts, technical and technological solutions that determined the development of the oil and gas industry on the territory of Ukraine in the 18th-20th centuries.

Practical meaning. Deposits with significant forecast resources of oil, natural gas and gas condensate have been discovered in Ukraine. Their reserves enable Ukraine to meet its own needs in the fuel and energy complex and the chemical industry and to export hydrocarbon products to European consumers.

Keywords: the oil and gas industry of Ukraine, the birth of the oil and gas industry, oil and gas deposits, the history of oil and gas extraction

ВСТУП

Нафтогазова промисловість України має багатотисячлітню історію: перші історичні дані про видобуток нафти на території західної України з'явилися ще в XIV ст.

До середини XIX ст. нафта у світі видобувалась у невеликих кількостях, головним чином з неглибоких колодязів поблизу її виходів на поверхню через природні тріщини в земній корі. З другої половини XIX ст. попит на нафту почав зростати у зв'язку з початком широкого використання парових машин і розвитком промисловості, яка потребувала великої кількості

мастильних матеріалів. Також з нафти вперше у Львові почали одержувати нафтовий дистилат який спалювати в удосконалених олійних лампах для освітлення приміщень і вулиць міст.

Запровадження наприкінці 60-х років XIX ст. буріння нафтових свердловин вважається початком зародження нафтогазової промисловості.

На рубежі XIX – XX ст. було винайдено дизельний та бензиновий двигуни внутрішнього згоряння, впровадження яких зумовило бурхливий розвиток нафтовидобувної промисловості.

Нафтогазова промисловість України представлена підприємствами з видобутку та переробки нафти і газу. Головними нафтогазовими регіонами країни є Західний (Карпатський),

Східний (Дніпровсько-Донецька западина) та Південний (Причорноморсько-Кримський), а різні за запасами родовища нафти і газу виявлені в більшості регіонів країни.

Західний нафтогазовидобувний регіон України

Передкарпатські родовища вуглеводневої сировини сформувалися на рубежі мезозойської і кайнозойської ер. Протягом крейдового і палеогенового періодів (135 – 24 млн. років тому) в цьому районі накопичувалися багатокілометрові товщі так званих флішових порід (створених шарами пісковиків, глин, мергелів і туфів), з яких нафту і газ добувають вже більше двох століть.

Про наявність нафти і газу в надрах Карпат відомо здавна. Першу письмову згадку про «чорне золото» на Прикарпатті знайдено у хроніках Яна Длугоша (1445 – 1480) – історика, дипломата, архієпископа Львова. Нафта, або як її тоді називали – «скельна олія», проявилась у вигляді значних виходів уздовж північного борту Карпат в ущелинах скель, на берегах потоків та річок, плаваючи та накопичуючись на їх поверхні.



Рисунок 1 – Перші збирачі нафти – либаки на Прикарпатті

Із найдавніших часів нафту видобували дуже примітивними способами. На початках її збирали за допомогою в'язанок із довгої трави, конопляних волокон, кінського волосу або інших матеріалів, придатних до насичення. З них сплітали зв'язані з одного кінця коси і тісними в'язанками зчерпували нафту з поверхні резервуарів та водяних потоків, де нафта накопичувалась на поверхні, оскільки є легшою від води. Нафту витискали із в'язанок у дерев'яні або бляшані відра і переливали в дерев'яні бочки або більші резервуари. Людей, які збирали нафту, називали либаками (рис. 1). Із другої половини ХІХ ст. попит на нафту різко збільшився. Для відповідного збільшення видобутку сирової нафти в місцях її виходів на поверхню копали колодязі. Змінились і методи збирання. Нафту черпали з

колодязів кублами ємністю близько 20 л. Кубли опускали в колодязі коловоротом, що закріплювався над колодязем (рис. 2). Також для цих операцій використовували дерев'яні триноги.

Початком промислового видобутку нафти у Карпатах вважають 1771 рік. Саме тоді у с. Слобода-Рунгурська, що на Коломийщині, з колодязя, який копали на сіль, на глибині 24 м отримали нафту. В подальшому з цього колодязя нафту одержували протягом понад 100 років в об'ємі 100 кг/добу. В 1775 році на промислі в Слободі-Рунгурській уже діяло сім шурфів глибиною від 25 до 70 м.

Перший нафтовий колодязь в с. Ріпному в Рожнятинському районі на Івано-Франківщині викопали в 1786 році.



Рисунок 2 – Видобуток нафти у Прикарпатті наприкінці ХІХ століття

У 1810 році видано перший урядовий документ про нафту – «Декрет Придворної Палати», в якому Австрійський уряд визнавав нафту й озокерит сировиною (мінералом), що підлягає гірничій монополії, та встановив обов'язок одержувати дозвіл на видобуток нафти й озокериту у Департаменті гірництва, котрий розміщувався у м. Дрогобич (на той час Західна частина України входила до Австро-Угорської імперії).



Рисунок 3 – Тринога та інше обладнання, яке у 1860-х роках використовувалась для ударного буріння нафтових свердловин у Прикарпатті

У районі Борислава природні джерела нафти були відомі з давніх часів, але лише у 1820 році тут почали копати колодязі для її видобування.

У Східниці перші неглибокі колодязі (до 20 м) заклали в місцях виходів нафти на поверхню у 1859 році. Саме цей рік і вважається

початком розробки Східницького нафтового родовища під Бориславом.

У 1860 році почався видобуток нафти в долині річки Бистриці Надвірнянської біля села Пасічна, а пізніше біля сіл Битків і Битківчик. Тут виник один з найстаріших на Прикарпатті Битківський нафтопромисел.

У 1886 році було розпочато буріння перших свердловин ударним способом у Бориславі, що сприяло збільшенню видобутку нафти, який становив 37,5 тис. т на рік. У 1887 році пробурили перші свердловини у Ріпному, а в 1892 році там вже нараховувалось 11 експлуатаційних свердловин.

За початок промислового використання природного газу на території Галичини можна вважати 1896 рік, коли газ із нафтових свердловин на родовищі Східниця по трубі підвели прямо до топки парового котла.

Один із найстаріших у Прикарпатті Битківський нафтопромисел виник після того, як пробурена у 1899 році друга свердловина дала першу нафту.



Рисунок 4 – Пожежа на свердловині Ойл-Сіті

У 1905 році у Станіславі (нинішній Івано-Франківськ) і Бориславі кількість нафтових вишок збільшилась до 1709. Свердловини давали щорічно близько 902 тис. т. нафти. В той час Борислав називали «Клондайком Галичини», оскільки тут видобували близько 2/3 нафтової продукції краю.

У 1908 році зі свердловини «Ойл Сіті» в районі Борислава, з глибини 1016 м отримали потужний фонтан нафти з великою кількістю розчиненого газу. Дебіт нафти зростав і за приблизними оцінками доходив до 3000 т/добу, а пізніше знизився до 1000 – 1200 т/добу. Помпи не встигали відкачувати нафту і вона розлилась навколо, досягнувши притоків Дністра та забруднивши його на велику відстань. Це спричинило екологічну катастрофу. Через кілька днів фонтанування під час грози виникла пожежа, яка тривала близько трьох тижнів (рис. 4).

У 1909 році на Прикарпатті річний видобуток нафти становив 2 млн. т. Такий видобуток складав 4 % від світового видобутку нафти і

займав третю сходинку в світі (після США і окупованого Російською імперією Азербайджану).

Після 1919 року (на той час Західна частина України входила до Речі Посполитої) на Прикарпатті створили ряд акціонерних товариств з видобутку і переробки нафти: «Малопольське нафтове товариство», «Польська спілка з реалізації нафти», фірми «Борислав», «Вакуум», «Карпати», «Франко-Полонія» та ін. Господарями цих товариств і фірм були американські, англійські, французькі та німецькі підприємці. Видобуток нафти поступово зменшується. У Бориславському нафтовому районі у 1913 році було видобуто понад 1 млн. т нафти, а в 1938 році – лише 0,5 млн. т. У цей час в Галичині діяло близько 40 нафтопромислів і експлуатувалось біля 4100 свердловин.



Рисунок 5 – Пам'ятний знак на Дашавському газовому родовищі

У 1921 році було відкрито перше родовище сухого природного газу в районі Дашави недалеко від Стрия. З відкриттям Дашавського родовища практично розпочалось становлення газової промисловості України.

Після окупації Західної частини України Радянським Союзом у 1939 році на території Прикарпаття промислові підприємства нафтогазоозокеритової галузі були націоналізовані і підпорядковані тресту «Укрнафтавидобування» з управлінням у Бориславі.

Розвиток Долинського нафтового району розпочався після того, як свердловина в районі Долини після кількомісячного буріння дала потужний фонтан нафти. У 1950 році Долинський нафтовий район вийшов на перше місце в Українській РСР за видобутком нафти.

У 1951 році почалась промислова розробка нововідкритого нафтового горизонту в Биткові. Пробурена у 1951 році свердловина № 256 на глибині 1745 метрів розкрила менілітові шари нової нафтової структури, так званої Глибинної складки, з великими запасами нафти. Ця подія стала початком другого відродження Битківського нафтового промислу.

У 1950 роках усі підприємства галузі ввійшли до об'єднання «Укрнафта». Починає активно розвиватися нафтовидобуток в Долині, Битківському районі тощо. Так за 1950 – 1955 роки видобуток нафти в Долинському нафтовому районі зріс у 20 разів. У середині 60-х років ХХ ст. видобуток нафти на Прикарпатті досяг максимуму. Подальше зниження видобутку – законотвірний процес, пов'язаний з вичерпанням запасів.

У 1950 – 1960 роки були відкриті нові потужні родовища: Долинське, Північно-Долинське, Старосамбірське, Гвіздецьке, Пнівське, Пасічниське, Спаське, Струтинське, Орів-Уличниське, Стинавське, що дозволило довести видобуток нафти у 1963 – 1967 роки до 2670 – 2680 тис. т. і газу – до 1465 – 1850 млн. м³/рік.

З 1970 років починається розвідка і видобування нафти на глибоких (4000 – 6000 м) і надглибоких (понад 6000 м) горизонтах. У 1975 році шляхом надглибокого буріння відкрито Новосхідницьке нафтогазове родовище. Свердловина № 3 Новосхідниця з глибини 4350 м дала нафту з дебітом понад 300 т за добу. Сумарно на початок 2000 року свердловина видала 730 тис. т нафти і 284 млн. м³ газу. Це найкращий показник з видобутку нафти на одну свердловину на Прикарпатті.

У 1981 році було введено в експлуатацію свердловину «Монастирець-1» глибиною 5218 м, яка до початку 1993 року була найглибшою видобувною свердловиною в Україні.

У жовтні 1992 року на Прикарпатті видобуто стомільйонну тонну нафти від початку обліку в 1886 році.

Разом з тим на межі ХХ – ХХІ ст. запаси вуглеводневої сировини у Західному нафтогазоносному регіоні України суттєво вичерпались. Так вичерпання видобувних запасів нафти по Бориславському родовищу становить 73%, по Східницькому – 99,5%, у решти родовищ вичерпання запасів менша.

Східний нафтогазовидобувний регіон України

Східний або Дніпровсько-Донецький нафтогазоносний регіон представлений Дніпровсько-Донецькою западиною (ДДз), яка є найбільшою нафтогазоносною областю України. Вона заповнена багатокілометровими переважно осадовими відкладеннями девонського (потужність понад 4000 м), карбонового (3700 м), пермського (1900 м), тріасового (450 м), юрського (650 м), крейдового (650 м), палеогенового (250 м) і неогенового (30 м) періодів історії розвитку Землі. Родовища нафти і газу тут приурочені до палеозойських (девонських, карбонових і пермських) і мезозойських (тріасових) порід, що утворилися 410 – 245 млн. років тому.

Для розвитку нафтовидобутку в Україні у період після Другої світової війни виняткове значення мало відкриття нового Східного нафтогазового регіону – Дніпровсько-Донецької

западини, який став основним за запасами і видобутком нафти та газу. Східний нафтогазоносний регіон охоплює лівобережжя Дніпра і включає Чернігівську, Сумську, Полтавську, Дніпропетровську, Харківську, Луганську та частково Донецьку області. У цьому регіоні міститься близько 85 % запасів природного газу та близько 61 % видобувних запасів нафти України. Початкові видобувні запаси регіону становлять близько 3410 млн. т умовного палива.

У Східному нафтогазоносному регіоні України нафту вперше одержали у 1936 році на Роменській солянокупольній структурі у Сумській області. Під час буріння опорної свердловини на глибинах 200 – 400 м там було виявлено просякнуту нафтою брекчію, яка перекривала соляний шток. При випробуванні свердловини з цих відкладів одержали приплив нафти дебітом близько 2 тонн на добу. Видобування нафти на Роменській структурі розпочалося в 1940 році і становило 10 тис. т. У зв'язку з низькими дебітами свердловин та нерентабельністю їх експлуатації у 1948 році видобування нафти на цій структурі було припинено.

У промислових масштабах нафтовидобування на території Східного нафтогазоносного регіону відновилося у 1951 році після введення в експлуатацію свердловини № 5 на відкритому Радченківському нафтогазовому родовищі в Полтавській області. Для проведення всього комплексу робіт у с. Гоголеве була створена дільниця з видобування нафти тресту «Бориславнафта» об'єднання «Укрнафта».

Завдяки відкриттю в 1950 році Радченківського нафтогазового родовища та найбільшого на той час в Європі Шебелинського газоконденсатного родовища в Харківській області у межах Дніпровсько-Донецької западини були значно розширені пошуково-розвідувальні роботи на нафту і газ. В результаті цього у другій половині 50-х та на початку 60-х років ХХ ст. на території від Чернігівської до Луганської областей було відкрито 34 родовища, серед них такі, як згадуване Шебелинське та великі нафтогазоконденсатні Качанівське, Глинсько-Розбишівське, Прилуцьке, Гнідинцівське, Леяківське й інші. Упродовж 1969 – 1964 років вони були введені в промислову розробку, що сприяло інтенсивному зростанню обсягів видобутку нафти в Україні (з 250 тис. т у 1950 р. до 7,3 млн. т у 1965 р.).

Уже у 1962 році Дніпровсько-Донецька нафтогазоносна область дала більшу частину видобутої в Україні нафти, а в 1964 році – і газу. З цього часу Східний регіон залишається провідним в Україні за запасами і видобутком вуглеводнів.

Наприкінці 60-х років ХХ ст. річні обсяги видобутку нафти з названих родовищ досягли свого максимуму (Качанівське – 1669,2 тис. т у 1969 р., Глинсько-Розбишівське – 1 тис. т у 1969 р., Гнідинцівське – 3690,3 тис. т у 1971 р.,

Прилуцьке – 475,6 тис. т у 1973 р, Лесяківське – 4333,2 тис. т у 1974 р.) і в подальшому у зв'язку зі значним виснаженням видобувних запасів почали інтенсивно знижуватися. Це вплинуло на динаміку річних обсягів видобутку нафти в Україні в цілому.

Максимальний річний обсяг видобутку нафти в Україні – 13,3 млн. т, із газовим конденсатом – 14,5 млн. т) – був досягнутий в 1972 році. Надалі він лише знижувався.

Починаючи з другої половини 60-х років ХХ ст. відкриття і введення в промислову розробку нових нафтових і нафтогазових родовищ з відносно великими запасами на території Східного нафтогазового регіону (Богданівське, Малодівицьке, Монастирищенське, Талалаївське, Скороходівське, Чижівське, Новогригорівське, Рибальське, Бугруватівське, Анастасівське, Перекопівське, Південно-Афанасівське, Коржівське та ін.) та Прикарпаття дещо уповільнило темпи інтенсивного зниження обсягів видобутку нафти у 1970 – 1990 роках.

Обсяги глибокого буріння постійно зростали. Максимального значення вони досягли у 1967 році (358900 погонних метрів). У цей час пошуково-розвідувальні роботи переходять на глибини 3000 – 5000 м. Стрімко збільшувалися обсяги сейморозвідувальних робіт з використанням методу спільної глибинної точки (МСГТ). Вивчення та промислове оцінювання похованих структур і насамперед міжкупольних складок Машівсько-Шебелинського газозносного району привели до численних відкриттів, у тому числі великих Єфремівського, Західно-Хрещищенського, Яблунівського, Котелевського, Березівського та інших родовищ.

З 1970 року було успішно розпочато промислове оцінювання малоамплітудних підняття на малих і середніх глибинах. У результаті чого було відкрито рентабельні для видобутку вуглеводнів Суходолівське, Юр'ївське, Виноградівське, Бережівське й інші родовища.

Досвід пошуків покладів вуглеводнів у пастках неантиклінального типу набувався переважно шляхом побіжного вивчення цих об'єктів. Із середини 80-х років минулого століття почалася їх цілеспрямована підготовка та введення в глибоке буріння. Відкриття Волошківського й інших родовищ підтвердило ефективність цього напрямку робіт. З кінця 90-х років ХХ століття розпочато освоєння нової перспективної території – північного борту ДДз. Тут нафтогазоносними виявилися не лише відклади палеозою, але й утворення кристалічного фундаменту Східноєвропейської платформи, з яких отримані промислові припливи вуглеводнів на Хухрянській та Юліївській геологорозвідувальних площах. Розробка, вдосконалення і впровадження в практику нових технологій сейморозвідки, вибір оптимальних напрямів пошуково-розвідувальних робіт на різних етапах вивчення й оцінки нафтогазоносності Східного регіону увінчалися

відкриттям за порівняно короткий проміжок часу 205 родовищ нафти і газу станом на 1994 рік.

На Дніпровсько-Донецькій западині нафтогазовидобувні управління функціонують у Сумській (Охтирське і Качанівське родовища), Чернігівській (Гнідинцівське, Прилуцьке родовища та ін.) та Полтавській (Сагайдацьке, Зачепилівське, Радченківське родовища та ін.) областях.

Південний нафтогазовидобувний регіон України

Південний нафтогазоносний регіон України охоплює Західне та Північне Причорномор'я, Північне Приазов'я, Крим, українські зони Чорного й Азовського морів. Адміністративно включає Одеську, Миколаївську, Херсонську, Запорізьку і частково Донецьку області та Автономну Республіку Крим. Площа – 290,6 тис. км², у тому числі акваторій морів – 123, 5 тис. км². Станом на 2000 рік виявлено 39 родовищ: 10 нафтових, 7 газоконденсатних, 22 газових.

Надра півдня України здавна відомі як умістилище природних вуглеводнів. Про це свідчать, зокрема, амфори з нафтою в могильниках Боспорського царства (4 – 2 тис. р. до н. д.), знайдені на Керченському півострові.

Буріння перших неглибоких свердловин поблизу природних виходів нафти на земну поверхню на Керченському півострові значних результатів не дало, однак на окремих площах було створено невеликі нафтопромисли з видобутку нафти. У 20-х роках ХХ ст. під керівництвом А.Д. Архангельського виконані науково-дослідні роботи по вивченню стратиграфії і тектоніки Керченського півострова, оцінці його нафтогазоносності. У 1935 – 1937 роках В. В. Колюбинською, Г. О. Личагіним та М. В. Муратовим було узагальнено геологічний матеріал по всьому Кримському півострову і складено геологічну карту масштабу 1:100000. Визначено головні напрямки пошуково-розвідувальних робіт на нафту і газ на Керченському півострові і рекомендовані структури, перспективні у відкладах міоцену і майкопської серії. Бурові роботи велися створеним у 1933 році трестом «Кримнафтогаз».

У 1944 році створено трест «Кримнафтогазрозвідка», що дозволило збільшити обсяги пошукового буріння, охопити нові райони, включаючи Рівнинний Крим і Північне Причорномор'я, а також розширити стратиграфічний діапазон досліджуваних відкладів. У цей період комплексні геофізичні роботи стають основою для нових геологічних побудов. За даними гравіметричної зйомки (1946 – 1952 рр.) складено зведену карту аномалій сили тяжіння для Рівнинного Криму. У 1947 – 1949 роках проведена геомагнітна зйомка. Значну роль у розвитку нафтогазопошукових робіт відіграли сейсмічні дослідження методом відбитих хвиль (МВХ), які є обов'язковою і достатньою

підставою для постановки пошукового буріння на нафту і газ на локальних об'єктах.

У 1944 – 1960 роках пошуки родовищ вуглеводнів поширюються і на інші регіони Криму та Присивашся, зростає їх стратиграфічний обсяг до відкладів нижньої крейди включно та глибина буріння. Однак родовищ, які б мали промислове значення, не виявлено.

Перший фонтан газу в Рівнинному Криму отримано на Задорненській площі з утворень палеоцену у 1960 році. Згодом були відкриті Октябрьське нафтове та Глібівське і Карлавське газові родовища (1961 р.).

Протягом 60-х років ХХ ст. геофізичними роботами виявлені пастки не лише в палеоценових, але і в майкопських відкладах. Глибоким бурінням відкрито ще ряд родовищ газу. Все це дозволило прокласти перші в Криму газопроводи з Глібівського родовища до Євпаторії, Сак, Сімферополя, Бахчисарая і Севастополя (1966 – 1967 рр.). Пізніше були підключені інші газові родовища і вся система газопостачання Криму з'єднана із загальноукраїнською системою (1976 р.).

З 1970 по 1990 рік у північно-західній частині шельфу Чорного моря геофізичними методами було виявлено близько 46, а в акваторії Азовського моря – 22 перспективних структури.

Хронологія розвитку нафтогазової промисловості України

У 1771 році розпочався промисловий видобуток нафти на Прикарпатті. На той час це був найбільший нафтовидобувний регіон у Європі.

Перші нафтопереробні заводи в Україні виникли на Прикарпатті, яке тоді входило до Австро-Угорщини, у Бориславі, Львові, Дрогобичі, Надвірній в середині – другій половині ХІХ століття.

У 1909 році на Прикарпатті видобування нафти досягало 2 млн. тонн на рік.

На початку ХХ століття на Прикарпатті почали застосовувати попутний нафтовий газ у промислових масштабах.

У 1912 році збудовано і введено в дію один з перших в Європі газопровід Борислав – Дрогобич (Львівська область) довжиною 12 км для подачі попутного нафтового газу.

Початок масштабного видобутку та використання природного газу на теренах України пов'язаний з відкриттям у 1920 році Дашавського газового родовища (Львівська область), найбільшого на той час у Європі.

У 1924 році введено в промислову розробку основні поклади газу Дашавського родовища, побудовано газопровід Дашава – Стрий – Дрогобич. **Цей рік вважається початком газової промисловості України.**

У 1936 році відкрито перші поклади нафти на Східній Україні (Роменська структура, Сумська область).

У 1937 році введено в експлуатацію першу в Україні (також і в СРСР) Приазовську газонаповнювальну станцію (Запорізька область) для заправки автомобілів стиснутим природним газом.

Після Другої світової війни нафтова і газова промисловість України інтенсивно розвивались внаслідок відкриття значних запасів вуглеводнів в регіоні Дніпровсько-Донецької западини, на Прикарпатті та в Причорноморсько-Кримській нафтогазоносній області.



Рисунок 6 – Одна із ділянок газопроводу Дашава – Київ

У 1945 році вперше в світі розпочато експорт природного газу з території України (Дашавське та Опарське родовища) до Польщі.

У 1948 році побудовано найпотужніший у Європі газопровід Дашава – Київ довжиною 509 км. **Цей рік вважається початком транспортування газу в Україні магістральними газопроводами.**

У 1950 році відкрито унікальне Шебелинське газоконденсатне родовище (Харківська область) – на той час найбільше в Європі.

У 1951 році продовжено газопровід Дашава – Київ до Москви (Російська Федерація). Цим було започатковано подачу газу з України до Росії.

У 1954 році вперше в Україні (також і в СРСР) впроваджено технологію нагнітання води в нафтові поклади на Бориславському родовищі (Львівська область).

У 1960 році побудовано та введено в експлуатацію газопровід Дашава – Мінськ та започатковано подачу газу з України до Білорусі. Введено в експлуатацію Шебелинський газопереробний завод. Відкрито перше в Криму газове родовище Задорненське, що дало початок розвитку нафтогазової промисловості в Криму.

У 1962 році почалось транспортування нафти першою гілкою «Броди – кордон із західноєвропейськими державами» нафтопроводу «Дружба» до Угорщини та Чехословаччини. **Цей рік вважається початком транспортування нафти магістральними нафтопроводами в Україні.** Відкрито Лесяківське нафтове родовище

(Чернігівська область) – найбільше за запасами нафти в Україні.

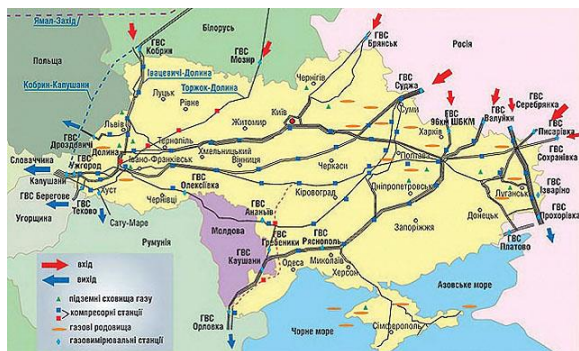


Рисунок 7 – Газотранспортна система України

У 1963 році створено Управління магістральних нафтопроводів «Дружба», яке здійснювало експлуатацію нафтопроводів на території України, Росії, Білорусії.

У 1964 році почали закачування газу до першого в Україні Олишівського підземного газосховища (Чернігівська область). **Цей рік вважається початком підземного зберігання газу в Україні.**

У 1966 році введено в експлуатацію нафтопроводи від Гнідинцівського родовища (Чернігівська область) до Кременчука. **Цей рік вважається початком створення системи Придніпровських магістральних нафтопроводів.**

У 1967 році введено в експлуатацію газопровід Долина – Ужгород – кордон із західноєвропейськими державами. Це був початок експорту газу з України до Чехословаччини та Австрії.

У 1971 році відкрито перше на шельфі Чорного моря газоконденсатне родовище – Голіцинське.

У 1972 році максимальний річний рівень видобутку нафти в Україні досяг рівня 14,5 млн. тонн.

У 1975 році максимальний річний рівень видобутку природного газу в Україні досяг рівня 68,7 млрд. куб. м.

У 1978 році введено в експлуатацію трансконтинентальний газопровід «Союз».

У 1981 році вперше в Європі впроваджено технологію сайклінг-процесу на Новотроїцькому газоконденсатному родовищі (Полтавська область).

У 1983 році введено в експлуатацію одне з найбільших у світі підземних сховищ газу – Більче-Волицьке (Львівська область). Побудовано трансконтинентальний газопровід «Уренгой – Ужгород».

У 1988 році побудовано трансконтинентальний газопровід «Ямбург – Ужгород».

У 1996 році почалось впровадження на газотранспортній системі України внутрішньотрубної діагностики газопроводів.

У 1997 році введено в експлуатацію установку каталітичного риформінгу на Шебелинському газопереробному заводі. Вперше в Україні розпочато випуск неестильованих високооктанових бензинів.

У 1998 році створено Національну акціонерну компанію «Нафтогаз України», яка об'єднала державні активи нафтогазової промисловості України. Досягнуто максимального обсягу транзиту природного газу через територію України – 141 млрд. куб. метрів.

У 1999 році завершено будівництво газопроводів Джанкой – Феодосія – Керч та Хуст – Сату-Маре (Румунія). Введено в експлуатацію Яблунівський газопереробний завод. Відкрито Північно-Казантипське газове родовище в Азовському морі.

У 2000 році відкрито Східно-Казантипське газове родовище в Азовському морі. Досягнуто максимального обсягу транзиту нафти територією України – 56,4 млн. тонн.

У 2001 році завершено будівництво нафтопроводу Одеса – Броди. Відкрито Північно-Булганацьке газове родовище в Азовському морі. Введено в експлуатацію компресорну станцію «Тарутине» (Одеська область). За технічної підтримки Європейської комісії побудовано газовимірювальну станцію «Гребеники» (Одеська область) з ультразвуковими лічильниками.

У 2002 році завершено будівництво морського нафтового терміналу «Південний». Відкрито Кобзівське газоконденсатне родовище.

У 2003 році введено в експлуатацію Кобзівське газоконденсатне родовище та Східно-Казантипське газове родовище в Азовському морі. Введено в експлуатацію газоперекачувальну установку комбінованого циклу «Водолій» (компресорна станція «Ставище», Київська область).

У 2004 році розпочато експлуатацію нафтопроводу Одеса – Броди в реверсному режимі. Після реконструкції потужність Шебелинського газопереробного заводу збільшено до 1 млн. тонн сировини на рік. Впроваджено технологію сайклінг-процесу на Куличихінському газоконденсатному родовищі. Введено в експлуатацію Північно-Булганацьке газове родовище в Азовському морі.

У 2005 році відкрито Дібровське і Дубонецьке газові родовища та Римарівське, Східновиноградівське, Аксютинське газоконденсатні родовища.

У 2006 році затверджено Енергетичну стратегію України на період до 2030 року.

У 2007 році введено в експлуатацію компресорний цех на Опарському підземному сховищі газу (Львівська область).

У 2008 році введено в дію компресорну станцію «Бобровницька» (Чернігівська область).

У 2009 році вперше здійснено (тимчасово) роботу газотранспортної системи України у автономному режимі та впроваджено схему реверсу для забезпечення потреб вітчизняних

споживачів у природному газі без зовнішніх поставок. Вперше за часів незалежності компанія «Нафтогаз України» отримала промисловий приплив нафти за межами України – з родовища в Єгипті. Введено в дію Ливенське, Недільне та Аксютівське газоконденсатні родовища (Харківська область). Відкрито Мигринське нафтогазове та Святогірське газоконденсатне родовища (Харківська область) На Котелевському та Тимофіївському родовищах впроваджено технологію сайклінг-процесу.

У 2010 році компанія «Нафтогаз України» стала асоційованим членом Європейського союзу газової промисловості «Єврогаз». Прийнято Закон України «Про засади функціонування ринку природного газу».

У 2011 році Україна стала повноправним членом Європейського енергетичного товариства.

У 2012 році Кабінет Міністрів України відповідною постановою затвердив техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) будівництва LNG-терміналу в Україні. Підписано дві Концесійні угоди між Арабською Республікою Єгипет (АРЄ), ДП «Закордоннафтогаз» («Нафтогаз України») та державною холдинговою нафтовою компанією GANOPE на проведення розвідки, розробки та експлуатації родовищ нафти і газу на територіях WADI EL MAHAREETH та SAUTH WADI EL MAHAREETH у Східній пустелі Єгипту. Відповідно до рамкової Угоди між компаніями «Нафтогаз України» та «RWE Supply & Trading GmbH» (RWEST, Німеччина) розпочато поставки природного газу в Україну з території Польщі.

У 2013 році відповідно до рамкової Угоди між компаніями «Нафтогаз України» та «RWE Supply & Trading GmbH» (RWEST, Німеччина) розпочато поставки природного газу в Україну з території Угорщини.

У 2014 році компанія «Нафтогаз України» приєдналася до системи відображення даних AGSI+ за стандартами асоціації європейських операторів підземних газових сховищ (GSE). Укртрансгаз та Gaz-System підписали Угоду щодо інтеграції ГТС Польщі та України, зокрема, про будівництво нового інтерконектору між країнами

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Діак І.В., Осінчук З.П., Савків Б.П.: Газова галузь України. Становлення, досягнення, особистості. – К.: Світ успіху, 2009. – 320 с.
2. Діак І.В., Осінчук З.П. Газова промисловість України на зламі століть: наукове видання. – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2000. – 236.
3. Дорошенко Світлана Українська термінологія нафтогазової промисловості: становлення і розвиток. Монографія. – Полтава: Видавництво ПолтНТУ, 2013. – 139 с.
4. Клапчук В.М. Корисні копалини Галичини : видобування та переробка: [Монографія] / В.М. Клапчук / ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника». – Івано-Франківськ: Фоліант, 2013. – 508 с.
5. Нафтогазова галузь України: поступ і особливості. / Р.М. Кондрат, Л.М. Середницький // Видобування нафти і газу [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://www.logos.biz.ua/proj/naftogaz/pdf/0031-0038.pdf>
6. Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. – К.: 7.06.2012.
7. Плачков І.В. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє К., 2012 – 2013. – в 5-ти книгах [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://energetika.in.ua/ua/books/book-1/part-2/section-8/8-1>
8. Рафінування нафти на початку ХХ століття / Клапчук В.М. // Таємниці галицьких надр [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL <http://photo-lviv.in.ua/tajemnytsi-halytskykh-nadr-rafinuvannya-nafty-na-pochatku-xx-stolittya/>
9. Становлення нафтопромислової промисловості Прикарпаття // Музей нафтопромислів Галичини [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://oilmuseum.org.ua>
10. Становлення нафтопромислової промисловості Прикарпаття // Музей нафтопромислів Галичини [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://oilmuseum.org.ua>
11. Historia polskiego przemyslu naftowego/ T.2. / Pod redakcja R. Wolwowicha. – Brzozow – Krakow, 1995. – 616 s.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Актуальність проблеми. Стаття присвячена історії становлення вітчизняної нафтогазової промисловості. Нафта і природний газ є сировиною для хімічної галузі та паливно-енергетичного комплексу.

Мета. Простеження і введення у науковий обіг основних подій, фактів, технічних та технологічних рішень, які визначили розвиток нафтової і газової промисловості на теренах України у XVIII–XX ст.

Методи і апаратура. Літературний огляд, залучення архівних матеріалів, опис техніки і технології видобування нафти і природного газу в Україні.

Результати. Простежено послідовність подій, які розкривають технологічний та технічний розвиток видобутку нафти і природного газу в Україні, зокрема в Західному, Східному і Південному нафтогазовидобувних регіонах України.

Наукова цінність розробки. Введення у науковий обіг основних подій, фактів, технічних та технологічних рішень, які визначили розвиток нафтової і газової промисловості на теренах України у XVIII – XX ст.

Практичне значення. В Україні виявлені родовища зі значними прогнозними ресурсами нафти, природного газу та газоконденсату. Їх запаси дають можливість Україні забезпечувати власні потреби паливно-енергетичного комплексу і хімічної промисловості та експортувати вуглеводневу продукцію європейським споживачам.

Ключові слова: *нафтогазова промисловість України, зародження нафтогазової промисловості, родовища нафти і газу, історія видобування нафти і газу.*

ABSTRACT (IN POLAND)

Pilność problemu. Artykuł poświęcony jest historii powstawania krajowego przemysłu naftowego i gazowego. Ropa i gaz ziemny to surowce dla przemysłu chemicznego i kompleksu paliwowo-energetycznego.

Bramka. Prześledzenie i wprowadzenie do obiegu naukowego głównych wydarzeń, faktów, decyzji technicznych i technologicznych, które zdeterminowały rozwój przemysłu naftowego i gazowego na terenie Ukrainy w XVIII–XX wieku.

Metody i sprzęt. Przegląd literatury, wykorzystanie materiałów archiwalnych, opis techniki i technologii wydobywania ropy naftowej i gazu ziemnego na Ukrainie.

Wyniki. Prześledzono sekwencję wydarzeń, które ujawniają rozwój technologiczny i techniczny wydobywania ropy naftowej i gazu ziemnego na Ukrainie, w szczególności w zachodnich, wschodnich i południowych regionach wydobywania ropy i gazu na Ukrainie.

Naukowa wartość rozwoju. Wprowadzenie do obiegu naukowego głównych wydarzeń, faktów, rozwiązań technicznych i technologicznych, które zdeterminowały rozwój przemysłu naftowego i gazowego na terenie Ukrainy w XVIII - XX wieku.

Praktyczne znaczenie. Na Ukrainie odkryto złoża o znacznych prognozowanych zasobach ropy naftowej, gazu ziemnego i kondensatu gazowego. Ich rezerwy umożliwiają Ukrainie zaspokojenie własnych potrzeb w kompleksie paliwowo-energetycznym i przemyśle chemicznym oraz eksport produktów węglowodorowych do konsumentów europejskich.

Słowa kluczowe: *przemysł naftowo-gazowy Ukrainy, geneza przemysłu naftowego i gazowego, złoża ropy i gazu, historia wydobywania ropy i gazu.*

ABOUT AUTHORS

V. M. Orlovskyy, PhD, associate professor (Kharkiv National University of Municipal Economy named after A. M. Beketov, Kharkiv, Ukraine), e-mail: svaroh13@ukr.net, ORCID-0000 0002 8749 5354



УДК 622.279.5

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ НАФТОВИЛУЧЕННЯ

В.С.Білецький,

*докт. техн. наук, професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",
Харків, Україна. електронна адреса ukcdb@i.ua, тел. +380(067) 717-80-68.*

CLASSIFICATION OF INCREASE METHODS OIL EXTRACTION

V. Biletskyi

Doctor of Science, professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail ukcdb@i.ua, tel. +380(067) 717-80-68.

ABSTRACT

Issues of classification of oil recovery enhancement methods in foreign and domestic science and practice are outlined. It is shown that practical (operational), scientific, and scientific-practical domestic classifications of methods of increasing oil recovery and intensification of oil production are based on the following features: the achievable value of the coefficient of oil recovery from the productive layer, the mechanism of achieving the effect of increasing oil recovery and/or intensification of production, type of working agents. The proposed author's version of the MPN classification by the mechanism of achieving the effect of increasing oil recovery and/or intensification of production.

Key words: *oil and gas engineering, methods of increasing oil recovery, classification, oil recovery coefficient, mechanisms of increasing oil recovery, working agents.*

ВСТУП

У світі загальноприйняті два терміни, що поєднують методи впливу на нафтовий об'єкт з метою покращення нафтовидобутку: EOR (Enhanced Oil Recovery) та IOR (Improved Oil Recovery). До першого в основному відносяться методи, що ґрунтуються на застосуванні витісняючих агентів, відмінних від води (теплові, газові, хімічні та мікробіологічні методи); другий термін – покращена нафтовіддача (IOR) — це термін, який іноді використовується як синонім EOR, хоча він також застосовується до покращень у видобутку нафти, досягнутих за допомогою більш досконалого проектування та управління проектами, наприклад, визначення об'ємів нафти, які були пропущені під час закачування води за допомогою сейсморозвідки, а потім буріння нових свердловин для доступу до цих нафтових кишень (пасток).

У вітчизняній практиці терміни «методи підвищення нафтовилучення» та «інтенсифікація видобутку нафти» охоплюють всю множину вторинних, третинних і четвертинних методів, а також заходи, спрямовані на покращення нафтовіддачі. Тобто, вітчизняні терміни МПН та

МІВН охоплюють EOR (Enhanced Oil Recovery) та IOR (Improved Oil Recovery).

ОСНОВНИЙ ВИКЛАД. Практичні (експлуатаційні), наукові і науково-практичні вітчизняні класифікації методів підвищення нафтовилучення та інтенсифікації видобутку нафти (МПН та МІВН) ґрунтуються на таких ознаках:

- досяжна величина коефіцієнта вилучення нафти (КВН) з продуктивного пласта [1, 4, 5, 6, 7];
- механізм досягнення ефекту підвищення нафтовилучення та/або інтенсифікації видобутку;
- тип робочих агентів [3, 4, 5, 6, 7].

Розглянемо ці класифікації докладніше.

I. За коефіцієнтом вилучення нафти розрізняють первинне, вторинне, третинне і четвертинне видобування нафти:

Первинні методи використовують тільки природну енергію пласта, досягають КВН не більше 20-30 %.

Вторинні методи пов'язані з підтриманням внутрішньопластової енергії шляхом закачування

в пласт води і природного газу. Вони досягають КВН порядку 30-50 %.

Третинні методи здійснюється шляхом штучного підтримання енергії пласта або штучної зміни фізико-хімічних властивостей нафти. При цьому досягається КВН на рівні 30-60 (70) %.

Четвертинні методи – це більш просунуті, динамічні МПН. Китайські фахівці, наприклад, пропонують як четвертинний метод – заводнення продуктивного пласта рідкокристалічним флюїдом.[8]

II. За механізмом підвищення нафтовилучення та інтенсифікації видобутку виділяють такі МПН та МІВН:

1. Фізичні методи
2. Хімічні методи
3. Біологічні методи
4. Комбіновані методи
5. Спеціальні методи

Так як класифікація МПН та МІВН за механізмом підвищення нафтовилучення та інтенсифікації видобутку подається в такій редакції вперше, автори вважають за доцільне коротко охарактеризувати ці методи.

1. До фізичних методів належать:

- **Витіснення нафти з пласта:**
 - **водою (заводнення)** – підтримка і відновлення пластового тиску і балансу енергії здійснюються закачуванням води;
 - **газами** – сухим вуглеводневим газом (метан), газоводяною сумішшю, газом високого тиску, збагаченим вуглеводневим газом, раніше — повітрям, димовими газами;
 - **Витіснення нафти вуглекислим газом** працює за таким механізмом: у пласті утворюються три зони — зона первісної пластової нафти, перехідна зона від властивостей первісної нафти до властивостей діоксиду вуглецю і зона чистого CO₂. При нагнітанні CO₂ в заводнену зону перед ним утворюється вал нафти, який витісняє і пластову воду;
 - **газом і водою** – почергове нагнітання газу і води – метод водогазового циклічного діяння;
 - **розчинником** – як витискувачі використовують вуглеводневі розчинники (пропан-бутанові фракції).
- **Теплофізичні методи** – теплова дія на пласт та/або при вибійну зону:
 - **нагнітання в пласт теплоносіїв** — гарячої води, водяної пари (циклічна парова стимуляція), в тому числі і як внутрішньопластового терморозчинника вуглеводнів;
 - **теплофізичні методи впливу на привибійну зону** – циклічний і стаціонарний електропрогрів, термоакустичні й циклічний паротепловий вплив;
 - **метод теплової облямівки** – в поклад високов'язкої нафти теплоносії нагнітають у вигляді нагрітої облямівки розміром понад 0,3-0,4 об'єму оброблюваного пласта, а потім форсовано проштовхують її по пласту холодною водою, яка

нагрівається теплою, що акумулювалася в пласті за тепловим фронтом витіснення;

-парогравітаційний дренаж – вдосконалена форма парової інтенсифікації, при якій у нафтовому пласті бурять пару горизонтальних свердловин, одна на кілька метрів над іншою. Пара під високим тиском безперервно впорскується у верхній стовбур свердловини, щоб нагріти нафту та зменшити її в'язкість, змушуючи нагріту нафту стікати в нижній стовбур свердловини, звідки її відкачують.

- **Електричні методи**

- **Електромагнітний вплив** – підвищення дебіту нафтових свердловин електромагнітним діянням – вплив на пласт високочастотного електромагнітного поля. Зона впливу визначається способом створення (в одній свердловині або між декількома) напруги і частоти електромагнітного поля, а також електричними властивостями пласта. Крім теплових ефектів, електромагнітний вплив призводить до деемульсації нафти, зниження температури початку кристалізації парафіну і появи додаткових градієнтів тиску за рахунок силового впливу електромагнітного поля на пластову рідину.

- **Електрична обробка свердловин** — призначена для зниження обводненості на видобувних нафтових свердловинах, відновлення їх продуктивності, відсічення газових конусів, а також для відновлення характеристик нагнітальних свердловин. Об'єктами є як теригенні, так і карбонатні колектори з глибиною залягання до 2000м і 3000м відповідно. Як правило, обробці підлягають свердловини з обводненістю продукції 40-85 % і дебітом по рідині 10-85 м³ добу при неоднорідних пластах з почергово високою і зниженою пористістю. Сутність технології заснована на тому, що при пропущенні через нафтовий пласт імпульсів електричного струму відбувається виділення енергії в тонких капілярах. Коли кількість виділеної енергії перевищує порогове значення, спостерігаються зміни структури пустотного простору мікронеоднорідного середовища і просторових структур фільтраційних потоків. Відбуваються руйнація кольматанта і прилеглих шарів гірської породи, газова кольматація, руйнування подвійних електричних шарів, зміна поверхневого натягу на межі розділу фаз. Після закінчення електровпливу на пласт у результаті зміни просторової структури фільтраційних потоків в породі обводненість знижується на тривалий період. Використовується схема підключення двох розташованих поруч свердловин до колонних голівках. Джерелом живлення служить дизель-генератор або високовольний трансформатор. З виходу силового блоку різнополярний імпульсний струм через силові кабелі подається на металеву арматуру устя двох вибраних свердловин. Тривалість електровпливу на пласт становить 20-30 годин.

- *Електрогідралічна обробка свердловин* (ЕГУ) застосовується для підвищення нафтовилучення. При електричному розряді між двома електродами в рідкому середовищі відбувається формування каналу наскрізної провідності з наступним його розширенням до низькотемпературної плазмової каверни, що утворює ударну хвилю і хвилі стиснення. Час дії ударної хвилі не перевищує $0,3 \cdot 10^{-6}$ с. Поширюючись у присвердловинній зоні, вона руйнує кольматційні утворення.

- *Хвильовий вплив:*

- *Об'ємний хвильовий вплив на нафтове родовище.* При цьому на поверхні родовища нафти спеціальним чином створюються монохроматичні коливання певної амплітуди, що поширюються в вигляді конуса від поверхні до нафтового пласта, охоплюючи об'єм в зоні радіусом 1.5-5 км від епіцентру впливу (<https://www.youtube.com/watch?v=7YTe3daetzo>).

- *Віброхвильовий вплив на породи продуктивного нафтового пласта* створюється при роботі штангового насоса. В результаті у масиві формуються хвилі пружних деформацій, які поширюються на великі відстані від свердловини і забезпечують отримання значних ефектів, як у збуджуваній свердловині, так і в свердловинах у радіусі 2-2,5 км від неї. Інфранизькочастотні пружні коливання формують в пласті зону розміщення, що покращує його фільтраційні характеристики.

- *Акустична обробка свердловин* заснована на перетворенні електричної енергії змінного струму в енергію пружних хвиль з частотою коливань 20 кГц в інтервалі перфорації свердловини. Частота ультразвукової хвилі визначає її специфічні особливості: можливість розповсюдження спрямованими пучками і можливість генерації хвиль, що переносять значну механічну енергію. При взаємодії акустичного поля з гірськими породами досягається: збільшення їх проникності завдяки змінам структури пустотного простору; руйнування мінеральних солевідкладів; акустична дегазація і зниження в'язкості нафти; залучення в розробку низькопроникних і закольматованих пропластків порід продуктивного пласта.

• *Вібраційні методи діяння на нафтові поклади* – безперервні коливальні процеси генерують у привибійній зоні пласта також за допомогою гідралічних вібраторів, що спускаються на трубах і приводяться в дію прокачуванням через них робочої рідини (нафти). У гідралічних вібраторах типу ГВЗ імпульси тиску на вибої виникають унаслідок того, що турбіна, яка обертається під впливом потоку рідини, поперемінно перекриває та відкриває вихід її з корпусу вібратора. Залежно від витрат рідини й параметрів вібратора імпульси тиску на вибої можуть досягати декількох мегапаскалів (МПа). Вібратор генерує хвильові процеси, що супроводжуються «диханням» тріщин, винесенням у свердловину забруднюючих

частинок і води з пор пласта, зниженням в'язкості пластової нафти.

• *Азотно-імпульсна обробка нафтових свердловин* — призначена для збільшення нафтовидобутку шляхом вибіркового впливу імпульсами тиску, які створюють газогенератори, на локальні ділянки найбільшої нафтонасиченості в інтервалі перфорації свердловини. Імпульси тиску руйнують кольматційні утворення, збільшуючи проникність присвердловинної зони. Газогенератори заряджаються азотом до тиску 100 атм. Комплект заглибних газогенераторів для п'яти- і шестидюймової обсадної колони встановлюють в інтервалі обробки пласта. В ході обробки протягом 1,0-1,5 метра уздовж стовбура свердловини генеруються імпульси тиску до 120-150 МПа. При цьому залежно від стану зони обробки регулюються параметри імпульсного впливу по амплітуді, частоті і тривалості імпульсів. Час обробки свердловини не перевищує 24 годин.

• *Ударно-хвильова дія на привибійну зону пласта* – передбачає високовольтний імпульсний пробій рідини у привибійній зоні, електричним розрядом. Хвилі стиснення, які збуджуються під час цього пробою рідини, циклічно навантажують пористе насичене середовище, багаторазово відбиваються та трансформуються у хвилі стиснення-розтягування. За рахунок їх повторюваної знакозмінної дії руйнуються кольматційні відкладення, покращується гідродинамічний зв'язок системи пласт–свердловина.

2. До хімічних методів належать:

• *Реагентна обробка нафтових свердловин.* Для інтенсифікації нафтовидобутку використовують органічні і мінеральні речовини в рідкій або твердій фазі. За механізмом взаємодії з кольматуючими утвореннями реагентів:

- *Кислотної дії,* розчинна спроможність яких заснована на кислотних властивостях водного розчину, що визначаються концентрацією йонів водню;

- *Кислотна обробка свердловин* полягає в заливанні або закачуванні в свердловину і продавлюванні в пристовбурну зону нафтоносного пласта рідиною або повітрям під тиском інгібованих кислотомісних розчинів на основі соляної, азотної, флуористоводневої, оцтової і сульфамінової кислот або їх сумішей. Добір кислот здійснюється в залежності від характеру, складу і структури порід навколо свердловини. По закінченні процесу реагування кислотного розчину з породами нафтоносного пласта свердловина прокачується ерліфтом або глибинним насосом з утилізацією рідини на поверхні. У процесі дренажування свердловини відбирають контрольні проби рідини і перевіряють їх на залишкову кислотність. Після досягнення значення рН, що дорівнює пластовій

рідині, прокачування припиняють і свердловину вводять в експлуатацію. Розрізняють такі різновиди кислотних обробок: кислотні ванни, прості кислотні обробки (ПКО), кислотні обробки під тиском, пінокислотні обробки, багаторазові обробки, поінтервальні (ступінчасті) кислотні обробки, кислотоструминні (гідромоніторні) обробки, спирто-піно-кислотні обробки, газокислотні обробки, глинокислотні обробки, термохімічні обробки, термокислотні обробки.

- *Кислотна ванна* проводиться для очищення вибою свердловини від глинистої кірки. Може проводитися без тиску і під тиском.

- *Окисно-відновної дії*, реакції яких засновані на перенесенні електронів від відновлювача до окиснювача, що супроводжується зміною фазового стану компонентів, що входять до складу реагуючих речовин;

- *Комплексної дії*, що забезпечують утворення розчинних комплексних сполук за участю моно- і полівалентних металів;

- *Поліфункціональні реагенти*. Їх розчинна здатність заснована на поєднанні кислотного і окислювально-відновної дії на кольматуючі утворення і породи продуктивного пласта.

3. До біологічних методів належать:

• Мікробіологічні методи — методи діяння на нафтові поклади шляхом активізації аеробних і анаеробних бактерій у привибійній зоні нагнітальних свердловин, що спричиняє окиснення залишкової нафти з утворенням органічних кислот, спиртів, поверхнево-активних речовин, вугільної кислоти, з виділенням газів (метан та ін.).

4. Комбіновані методи поєднують фізичні, хімічні, біологічні методи.

• Фізико-хімічні методи підвищення нафтовилучення — методи діяння на нафтові поклади, які покращують заводнення (за рахунок зниження міжфазового поверхневого натягу і зміни відношень рухомостей фаз) і сприяють вилученню залишкової нафти із заводнених пластів. До першої групи належать методи запомповування водних розчинів поверхнево-активних речовин (заводнення розчинами ПАВ), полімерного заводнення, лужного заводнення (розчини лугів) і силікатно-лужного заводнення (розчин силікату натрію з лужними властивостями), сірчано-кислотне заводнення (нагнітання сірчаної кислоти у вигляді облямівки), а до другої — методи витіснення нафти діоксидом вуглецю (газ, рідина, водний розчин) та міцелярними розчинами і міцелярно-полімерне заводнення (облямівки міцелярного і полімерного розчинів).

• Депресійно-репресійна хіміко-гідродинамічна дія на привибійну зону пласта. У результаті циклічної дії на пласт у режимі

депресія–відновлення гідростатичного тиску відбувається очищення привибійної зони пласта і поступове заповнення свердловини (внутрішнього об'єму НКТ) пластовим флюїдом. Можна також здійснювати циклічну багатократну дію на пласт чи безперервне відкачування пластового флюїду при заданій величині депресії. Після очищення (декольматації) привибійної зони пласта забезпечується дренавання пласта з відкачуванням певної кількості рідини. Технологія реалізується за допомогою встановленого на насосно-компресорних трубах (НКТ) пакера і змонтованого над ним гідровакуумного пристрою. Робоча рідина: пластова або технічна вода, водний розчин NaCl чи CaCl₂, товарна дегазована нафта.

• Внутрішньопластове горіння (хіміко-фізичний або термохімічний метод) – ґрунтується на екзотермічних хімічних окиснювальних реакціях пластової нафти із закачуванням у пласт окиснювачем (звичайно киснем повітря); часто в зону генерації тепла подаються також вуглеводневий газ і вода. За співвідношенням витрат води і повітря розрізняють сухе (без нагнітання води), вологе (нагнітають води до 2-3 л/м³) і надвологе (те ж понад 2-3 л/м³) горіння. Створення зони екзотермічних реакцій, яка переміщується по пласту, нагріває нафту, зменшує її в'язкість (фізичні процеси) і, як результат, збільшує видалення неспаленої її частини (часто цей метод експлуатаційники зараховують до теплових, хоча природа утворення тепла – хімічна).

• Реагентно-гідроімпульсна віброструминна обробка нафтових свердловин – комбінований спосіб збільшення нафтовидобутку свердловин. Технологія реалізується за допомогою віброструминного декольмататора, що руйнує кольматацийні утворення закачуванням в привибійну зону кислот або інших реагентів шляхом багаторазових гідравлічних ударів і виносу на поверхню продуктів реакції.

• Гідравлічний розрив пласта (фізико-хімічний метод, гідродудар складає його фізичну частину, декілька сотень застосовуваних реагентів – хімічну). Кислотний гідравлічний розрив пласта (КГРП), селективний, направлений, MSW-frac (Multy Storey Well + fracking) — технологія «багатоповерхового» буріння з проведенням ГРП, газодинамічний розрив пласта (ГДРП).

• Електрогідравлічна та електрична обробка нафтових свердловин застосовується для підвищення нафтовилучення. При електричному розряді між двома електродами в рідкому середовищі відбувається формування каналу наскрізної провідності з наступним його розширенням до низькотемпературної плазмової каверни, що утворює ударну хвилю і хвилі стиснення. Поширюючись в присвердловинній зоні, вона руйнує кольматацийні утворення. Ефективність електрогідравлічної обробки визначається тиском ударної хвилі і числом

генеруючих імпульсів уздовж інтервалу перфорації.

- Воднева термобарохімічна технологія збільшення продуктивності нафтових, газових та газоконденсатних свердловин — забезпечує розколювання привибійної зони продуктивних пластів. Полягає в комплексному водневому термобарохімічному впливі на колювату зону пласта. Використовується ефект водневої активації процесів дифузії та фільтрації флюїду в пористому середовищі продуктивного пласта під час протікання екзотермічної реакції.

- Імпульсно-ударні методи діяння на нафтові поклади впливають на породи потужними ударними хвилями, що генеруються під час вибуху на вибої глибинних бомб і зарядів вибухових речовин (ВР) спеціального призначення. Утворювана при цьому мережа тріщин у твердих породах поряд із супутніми вибуху тепловими ефектами та фізико-хімічними змінами властивостей нафти під впливом продуктів вибуху, що проникають у пори пласта, створюють умови, які сприяють поліпшенню припливу нафти й газу до свердловин. Крім того, на нафту позитивно впливають продукти згоряння, збільшуючи її текучість. Як правило, продукти згоряння містять діоксид вуглецю, соляну кислоту, воду, хлор, оксиди азоту. Ці речовини діючи на продуктивний пласт розчиняють карбонатні складові породи, руйнують адсорбційні шари на межах розділу. Сукупна дія фізичних і хімічних чинників приводить до збільшення дебітів свердловин.

- Термокислотна обробка свердловини — комбінований процес, у першій фазі якого здійснюється термохімічна обробка, у другій (без перерви у часі) — звичайна, проста соляно-кислотна обробка.

5. Спеціальні методи (включають схемні, алгоритмічні та ін. рішення):

- *Метод зміни напрямків фільтраційних потоків* — гідродинамічний метод підвищення нафтовилучення із пласта під час заводнення, технологічна суть якого полягає в тому, що нагнітання води зупиняється в одних свердловинах і переноситься на інші, внаслідок чого змінюються напрямки руху фільтраційних потоків до 90°.

- *Потоковідхиляючі методи* засновані на закачуванні в нагнітальні свердловини обмежених об'ємів спеціальних реагентів, призначених для зниження проникності високопроникних прошарків пласта (аж до їх блокування), з метою вирівнювання приймальності свердловини по розрізу пласта і, тим самим, створення більш рівномірного фронту витіснення і зменшення проривів води у видобувні свердловини.

- *Метод змінних тисків* — метод діяння на привибійну зону пласта, який полягає у здійсненні в цій зоні змінних навантажень

шляхом створення в колоні експлуатаційній високого тиску нагнітанням рідини з його наступним зменшенням. У фазі зменшення тиску колювальні частинки інтенсивним потоком рідини виносяться із привибійної зони у свердловину, чим досягається підвищення продуктивності (приймальності) свердловини.

- *Метод форсування відбирань рідини* — гідродинамічний метод підвищення нафтовилучення із пластів під час заводнення, суть якого полягає в постійному збільшенні дебітів видобувних свердловин (зменшенні вибієного тиску). Цим створюються високі градієнти тиску в пласті, залучаються до розробки залишені цілики нафти, лінзи, тупикові і застійні зони, малопроникні пропластки і ін.

- *Циклічне діяння на пласт* — періодична зміна об'єму запомповування робочого агента в пласт через всі, які є в наявності, або через групи нагнітальних свердловин, котра передбачає зміну тиску і швидкості потоків рідини з метою покращення виробки неоднорідного пласта за рахунок більш повного використання капілярних і гідродинамічних сил.

- *Азотно-імпульсна обробка нафтових свердловин* призначена для збільшення нафтовидобутку шляхом вибієкового впливу імпульсами тиску, які створюють газогенератори, на локальні ділянки найбільшої нафтонасиченості в інтервалі перфорації свердловини. Ефект досягається за рахунок відновлення фільтраційних властивостей присвердловинної зони. Імпульси тиску руйнують колювату зони утворення, збільшуючи проникність присвердловинної зони (<https://www.youtube.com/watch?v=ay0XXXKdrzI>).

- *Метод зривної кавітації* — обробка фільтрової і привибійної зони кавітаційним генератором імпульсів тиску (КГІТ). При роботі КГІТ у режимі періодичної зривної кавітації виникає послідовність фаз тиску — репресії і депресії, що діють на фільтрову і привибійну зону свердловини. Динамічний тиск, що створюється генератором, має нелінійний, імпульсний характер з тривалістю імпульсів 2-3 мікросекунди і частотою повторення 700—12 000 Гц. Ефективна зона поширення імпульсів тиску перевищує 50 м. Імпульси тиску — керовані і можуть досягати сотень і тисяч атмосфер. В результаті впливу знакозмінного тиску виникають нові тріщини, фільтраційні канали привибійної зони звільнюються від забруднень: механічних домішок, колоїдних частинок, відкладень солей, асфальто-смоло-парафінових складників нафти, продуктів окиснення і, як наслідок, відбувається очищення каналів і відновлення проникності пласта. У видобувних свердловинах поліпшується приплив флюїдів, посилюється їх проникнення з привибійної зони і знижується обводненість. У нагнітальних свердловинах збільшується приймальність, що забезпечує підтримку необхідного пластового тиску.

• *Схемні рішення при бурінні* – буріння бокових стовбурів (в т. ч. горизонтальних), багатобілий свердловини «риб'яча кістка», «березовий листок» тощо.

• **III. За типом робочих агентів** традиційна класифікація МПН та МВН має такий вигляд [3-7]:

1. Теплові методи:

- паротеплова дія на пласт;
- внутрішньопластове горіння;
- витіснення нафти гарячою водою;
- пароциклічні обробки свердловин.

2. Газові методи:

- закачування повітря у пласт;
- вплив на пласт вуглеводневим газом;
- вплив на пласт діоксидом вуглецю;
- вплив на пласт азотом, димовими газами та ін.

3. Хімічні методи:

- дія на пласт водними розчинами ПАР;
- дія на пласт пінними системами;
- дія на пласт розчинами полімерів та іншими загущуючими агентами;
- дія на пласт лужними розчинами;
- дія на пласт кислотами;
- дія на пласт композиціями хімічних реагентів

(зокрема міцелярні розчини та ін.);

- мікробіологічна дія на пласт.

4. Гідродинамічні методи:

- інтегровані технології;
- залучення до розробки недренованих запасів;
- бар'єрне заводнення на газонафтових покладах;
- нестационарне (циклічне) заводнення;
- форсований відбір рідини;
- ступінчасто-термальне заводнення.

5. Потоковідхилюючі методи (ПВМ):

Потоковідхилюючі методи засновані на закачуванні в нагнітальні свердловини обмежених об'ємів спеціальних реагентів, призначених для зниження проникності високопроникних прошарків пласта (аж до їх блокування), з метою вирівнювання приймальності свердловини по розрізу пласта і, тим самим, створення більш рівномірного фронту витіснення і зменшення проривів води у видобувні свердловини.

6. Група комбінованих методів, що поєднує гідродинамічний та тепловий методи, гідродинамічний та фізико-хімічний методи, тепловий та фізико-хімічний методи тощо.

7. Фізичні методи збільшення дебіту свердловин:

Окремо слід сказати про так звані *фізичні методи збільшення дебіту свердловин*. Об'єднувати їх з методами збільшення нафтовіддачі не зовсім правильно через те, що використання методів збільшення нафтовіддачі характеризується збільшенням потенціалом витіснювального агента, а у фізичних методах

збільшення дебіту свердловин досягається за рахунок використання природної енергії пласта.

Найчастіше застосовуються такі фізичні методи збільшення дебіту свердловин:

- гідророзрив пласта;
- буріння бокових стовбурів (в т.ч. горизонтальних);
- електромагнітний вплив;
- хвильовий вплив на пласт;
- інші аналогічні методи.

Використання МПН при розробці із заводненням передбачає вирішення наступних завдань:

По-перше, підвищення гідродинамічної складової методу заводнення в результаті циклічності процесу закачування, зміни напрямку фільтраційних потоків, організації нових вогнищ заводнення, оптимізації щільності сітки свердловин, форсованого відбору тощо. Це завдання гідродинамічних МПН.

По-друге, зниження відмінності фізико-хімічних властивостей пластової нафти і витіснювальної води за рахунок додавання у воду поверхнево-активних речовин (ПАР), полімерів-загущувачів, лугів та інших хімічних реагентів, що дозволяють знизити міжфазний натяг на межі нафти-вода, підвищити в'язкість води, покращити її миючі властивості; це завдання фізико-хімічних МПН.

По-третьє, певна роль відведена тепловим, газовим та мікробіологічним МПН.

В сучасній світовій практиці нафтовидобування найбільш широкое застосовування одержали теплові та газові (CO₂) методи. За даними Міністерства енергетики США, серед третинних методів, що застосовуються у США, теплові методи становлять 40 %, а 60 % – газові. Ще близько 1% застосувань припадало на хімічні технології (полімери, ПАР).

Хімічний вплив здійснюється на родовищах Франції; закачування газу – на об'єктах родовищ Туреччини; у Китаї, Індії, Індонезії – термічний та хімічний вплив; у Лівії, Мексиці, Техасі, Каліфорнії – закачування газу; у Венесуелі – закачування газу, термічний та хімічний вплив; у Колумбії – термічний вплив тощо.

У першому десятилітті XXI століття за рахунок третинних методів у світі добувалося (за оцінками компанії Aramco) близько 3 мільйонів барелів на день (з них 2 мільйони – за рахунок теплових методів), що становило близько 3,5 % загальносвітового нафтовидобутку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Hite JR, Stosur G, Carnahan NF, Miller K. 2003. Guest editorial. IOR and EOR: effective communication requires a definition of terms. J. Petrol. Technol. 55, 16.
2. Recovery rates, enhanced oil recovery and technological limits / Philos Trans A Math Phys Eng Sci. 2014 Jan 13. URL:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3866386/>

3. Бойко В.С., Бойко Р.В. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу. Тт. 1-2, 2004-2006 pp. 560 + 800 с.

4. Качмар Ю. Д. Інтенсифікація припливу вуглеводнів у свердловину / Ю. Д. Качмар, В. М. Світлицький, Б. Б. Синюк, Р. С. Яремійчук. — Львів: Центр Європи, 2004. — 352 с. — Кн. I.

5. Качмар Ю. Д. Інтенсифікація припливу вуглеводнів у свердловину / Ю. Д. Качмар, В. М. Світлицький, Б. Б. Синюк, Р. С. Яремійчук. — Львів: Центр Європи, 2004. — 414 с. — Кн. II.

6. Білецький В. С. Основи нафтогазової інженерії / Білецький В. С., Орловський В. М., Вітрик В. Г. — Львів: «Новий Світ- 2000», 2019— 416 с.

7. Орловський В. М., Білецький В. С., Вітрик В. Г., Сіренко В. І. Технологія видобування нафти. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, НТУ «ХПІ», ТОВ НТП «Бурова техніка», Львів, Видавництво «Новий Світ — 2000», 2022. — 308 с.

8. THE PROBLEM OF QUATERNARY OIL RECOVERY SUCCEEDING A POLYMER FLOODING / Guo Shangping; Tian Genlin; Wang Fang; Lei Qiaohui; Tao Cheng (Institute of Porous Flow & Fluid Mechanics, CNPC & Chinese Academy of Sciences). URL: https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-SYXB199704009.htm

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Викладені питання класифікації методів підвищення нафтовилучення (МПН) в закордонній і вітчизняній науці і практиці. Показано, що практичні (експлуатаційні), наукові і науково-практичні вітчизняні класифікації методів підвищення нафтовилучення та інтенсифікації видобутку нафти ґрунтуються на таких ознаках: досяжна величина коефіцієнта вилучення нафти (КВН) з продуктивного пласта, механізм досягнення ефекту підвищення нафтовилучення та/або інтенсифікації видобутку, тип робочих агентів. Запропонована авторська версія класифікації МПН за механізмом досягнення ефекту підвищення нафтовилучення та/або інтенсифікації видобутку.

Ключові слова: нафтогазова інженерія, методи підвищення нафтовилучення, класифікація, коефіцієнт вилучення нафти, механізми підвищення нафтовилучення, робочі агенти.

ABOUT AUTHORS

V. Biletskyi Doctor of Science, professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail ukcdb@i.ua, tel. +380(067) 717-80-68.



УДК 552.578.18.

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СКУПЧЕНЬ ГАЗУ ЩІЛЬНИХ КОЛЕКТОРІВ У ПАЛЕОЗОЙСЬКИХ ПОРОДАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Владислав Толстов,

*магістрант кафедри Фундаментальної і прикладної геології ХНУ імені В.Н.Каразіна,
tolstov.vlad37@gmail.com, +38(066) 142 56 78*

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE FORMATION OF GAS CLUSTERS OF DENSE COLLECTORS IN THE PALEOZOY DEPOSITS OF WESTERN DONBAS

Vladyslav Tolstov,

*Master's student of the Department of Fundamental and Applied Geology KHNU named after V. N. Karazin,
tolstov.vlad37@gmail.com, +38(066) 142 56 78*

ABSTRACT

Relevance of the study: today Ukraine has all the prerequisites to conduct more detailed studies of oil and gas-bearing objects. In particular, in the region: Donetsk – Pavlograd – Kramatorsk – Lysychansk. Within the study area, there are coal seams that generate hydrocarbon gas up to the layers of fine-grained sandstones of the Paleozoic age and require more detailed consideration.

Purpose: to study the geological structure and gas content in the Paleozoic rocks of the western part of the Donetsk folded structure

The object of the study is the gas content of the Paleozoic stratum of the Donetsk folded structure.

The subject of the study is the peculiarities of the gas formation of dense reservoirs in the Paleozoic rocks of the Donetsk folded structure. In particular, the following research tasks are set: transformation of primary organic matter into gas; • the role of coal seams in the generation of hydrocarbon gases; • the role of deep faults; • hydraulic fracturing; • make a schematic model of gas generation of coal-bearing strata along cracks in fine-grained sandstone layers.

1) Перетворення первинної органічної речовини на газ

Кероген:

Найважливішим джерелом в процесі газогенерації є органічна речовина (ОР). Найбільша частина ОР, розсіяної в породах (85-95%) – це кероген [1]. Під мікроскопом видно, що кероген складається зі скупчень тонких частинок органічної речовини, головним чином фрагментів рослин, водоростей, спор, спорангіїв, пилку, частинок смоли, воску тощо [5]

Кероген у сланцях має край тонкозернисту структуру і тісно пов'язаний із глинистими, піщаними та карбонатними частинками. Породи, багаті на кероген, мають гладкий раковистий злам і відрізняються тьмяним або шовковистим блиском. При збільшенні температури кероген розкладається. [1]

Елементарний склад керогену, як і його компонентний склад, залежить, по-перше, від

вихідної органічної речовини та від фаціальної обстановки седименто- та діагенезу, а по-друге, від того, якого ступеня катагенезу досягли у своєму розвитку вмісні породи. Домішка сапропелевої речовини сприяє підвищенню вмісту водню.

Перетворення первинної ОР на газ починається з моменту її відкладення в осадах у відновлювальних умовах, при цьому необхідні такі джерела енергії [1]: 1) каталітичні реакції; 2) температура та тиск; 3) катагенетичні зміни;

Каталітичні реакції:

Органічна речовина в глинистих осадах може зустрічатися у вигляді окремих частинок, перемішаних з частинками глини, чи у вигляді молекул, адсорбованих глинистими мінералами. Вплив глинистих мінералів на ОР полягає в їх каталітичній активності внаслідок тісного зіткнення цих мінералів з органічними сполуками. Адсорбцію органічної речовини глинами, алевролітами та заповнення нею

кристалічної ґратки глинистих мінералів можна розглядати як зміна ОР, важливий фактор у ланцюзі перетворень ОР на газ. [2]

Термодинамічні умови

Тиск спільно з температурою істотно впливає на перетворення первинної ОР у малометаморфізоване газове вугілля (марка Г).

Тверда ОР, що виявляється в горючих сланцях представлена керогеном. Для розкладання його на газоподібні речовини необхідна температура порядку 350-400°C. Реакції, що протікають за тривалий геологічний період часу, вимагають значно нижчих температур, ніж ті ж реакції у звичайних лабораторних умовах. Було виявлено, що перехід керогену в газове вугілля, залежить не тільки від температури, а й від часу. [3]

Тобто, реакція протікає за будь-якої температури, але при низькій температурі потребує більш тривалого часу.

Однак навіть при вкрай повільному перебігу реакції за геологічний час може утворитися значна кількість кінцевого продукту.

Якби час не відігравав такої ролі в процесі низькотемпературної трансформації органічної речовини, то навіть мізерна частина сучасної кількості ОР могла б дати величезну масу керогену вугільного типу. Як і в багатьох геологічних проблемах, у цьому випадку час – фактор, що практично не піддається обліку. [6]

Визначення ступеню катагенезу, яку досягли у своєму розвитку вмісні породи суттєво сприяє відображенню елементарного та компонентного складу керогену. [1]

Спостереження за зміною газових складових розрізу вугленосної товщі, катагенетично перетвореної до різних рівнів, доводять, що **зі збільшенням глибини збільшення температури стає базовим фактором, який впливає на термодинамічну систему «кероген-газ»** та призводить до деструкції високомолекулярних компонентів. Через це концентрація органічної речовини на глибоких стадіях мезокатагенезу різко зменшує обсяги генерації високомолекулярних вуглеводнів і генерує тільки легкі вуглеводні. В процесі катагенезу керогену, метан є основою складу газу на глибинах більших 5-6 км. [6]

Виходячи з цього, можна побудувати таку схематичну модель утворення вуглеводнів:

2) Роль вугільних пластів у генерації вуглеводневих газів

Традиційно вважається, що метан у вугіллі утворюється внаслідок вуглефікації органічної речовини.

Як вже було зазначено, у верхній частині катагенетичної зональності розташована **область генерації вуглеводневих газів**. Вона охоплює відклади в зоні мезокатагенезу та верхів апокатагенезу у обсязі градацій МК₁ – АК_{1,2}.

В якості газогенеруючої товщі території виступає вугленосна формація середнього та нижнього карбону, яка відноситься до палеозойського структурного поверху. [7] Слабовугленосні (на рівні проявів) породи ісаївської та авилівської світ касимівського ярусу верхнього карбону теж можна умовно вважати верхньою частиною цієї газогенеруючої товщі за рахунок розсіяної органічної речовини.

Таким чином, в межах території Західного Донбасу газ щільних колекторів слід шукати у дрібнозернистих пісковиках та алевролітах, які залягають вище області генерації вуглеводневих газів [5].

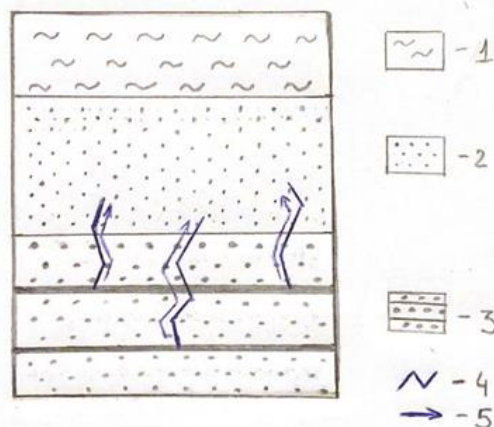


Рисунок 1 – Схематична модель газогенерації вугленосних товщ по тріщинах в пласти дрібнозернистого пісковика

1 – аргіліт; 2 – пласти дрібнозернистого пісковика акумулюючого газ; 3 – пласти пісковика із вугільними товщами, що генерують вуглеводневий газ; 4 – тріщини; 5 – напрям вертикальної міграції газу

3) Роль глибинних розломів:

Донецька складчаста споруда характеризується складною геологічною будовою. Осадова товща, що складається з палеозойського, мезозойського та кайнозойського структурних поверхів, зім'ята у складки та розбита розломами, які своїм корінням сягають мантиї. Цими розломами відбувається висхідне тепломасоперенесення у земній корі, яке за активізації тектонічних процесів сприяє створенню **термодинамічних умов** не лише для катагенетичних перетворень керогену, а й для міграції газів через тріщини у масивах гірських порід [9].

Велику роль в цьому процесі відіграють і тріщини, що виникають внаслідок процесів діастрофізму, таких, як утворення складчастих та розривних порушень. Деякі тріщини виникають на глибині, як наслідок збільшення об'єму порід при впливі на них розтягуючих зусиль, які утворюються в процесі складкоутворення.

Відповідно, тріщини з'єднують ізольовані порожнини та пори в дрібнозернистих пісковиках та алевролітах, тобто утворюють канали до інших пластів та, безпосередньо, можуть акумулювати в собі скупчення сланцевого газу. Ці процеси є неурівноваженими, через що вони призводять до формування зон аномальних температур та тисків. Очевидно, що це призводить до створення каналів вертикальної міграції молекул газу, що кріпляться до дрібнозернистого пісковика та можуть акумулювати сланцевий газ в межах новоутворених пор завдяки дії сил повехневого натягу (Ван дер Ваальса) [8].

Сили Ван дер Ваальса, у свою чергу, забезпечують міжмолекулярне кріплення метану (CH₄) до кварцу дрібнозернистого пісковика (SiO₂). Треба зауважити, що процес може бути тільки в пластах щільних колекторів через їх дрібнозернистість.

Вони вираховуються за формулою:

$$U = -\frac{a}{r^6}$$

де a – характерна для атомів стала,

r – відстань між атомами, знак «мінус» означає, що сили Ван дер Ваальса зумовлюють взаємне притягання атомів газу і твердих речовин.

На великих глибинах та на площах з підвищеною напруженістю геотермічного поля, що тяжіють до районів сучасної тектонічної активності, зі збільшенням термодинамічного ізотопного ефекту вуглець метану може бути більш збагачений важчим ізотопом C¹³, на відміну від ОР.

Дослідження з визначення ізотопного складу вуглеводню вугілля та метану вугільних родовищ в межах території дослідження призвели до висновку, що в процесі вуглефікації ізотопний склад вуглеводів вугільної маси майже не змінювався і був в межах $\delta C^{13} \pm 0,1\%$ [4].

Важкий ізотоп метану може утворюватися на високих стадіях метаморфізму, що важко пояснюється генетичним зв'язком метану з органічними речовинами. Це, відповідно, може свідчити про додаткове надходження синтезованих вуглеводнів по розломах з астеносфери [9].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. A.I. Levorsen. Geology of Petroleum / A.F. Berry // Section on Hydrodynamics and

Capillary Pressure. – Berkley: University of California, 1967.- 638 p.

2. Bell H.S., American Petroleum Refining, 3rd ed., D. Van Nostrand Co., New York, pp. 259-261, 1945

3. Maier C.G., Zimmerly F.R., The Chemical Dynamics of the Transformation of the Organic Matter to gas in shales, Bull. Univ. Utah, 14, pp. 62-81, 1924

4. Алексеев Ф.А., Лебедев В.С. Изотопный состав углерода угля, CH₄ и CO₂ угольных месторождений юго-западной части Донецкого бассейна // Геохимия. – 1977. -№ 1. – С. 306-310.

5. Аналіз і узагальнення матеріалів структурного буріння по відкладам середнього та нижнього карбону в межах Донецької складчастої споруди з метою виявлення найбільш перспективних зон нафтогазонакопичення : Звіт про НДР / Горьайнов С.В., Бережний В.В., Лакоба М.В. та ін.– Харків : УкрНДІГаз, 2006. – 225 с.

6. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины : [монография] : т. 2 / А.В. Анциферов, А.А. Голубев, В.А. Канин, М.Г. Тиркель, Г.З. Задара, В.И. Узиюк, В.А. Анциферов, В.Г. Суярко. – Донецк: из-во «Вебер», 2010. – 478 с.

7. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України / під ред. П.Ф. Гожики. - Київ : ІГН НАН України - Логос, 2013. – 637 с

8. Термодинаміка газового потоку [Електронний ресурс] / А.А. Халатов, А.В. Гільчук, Л.М. Кохтич, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 252 с.

9. Термодинаміка трансформації керогену / Хоха Ю., Любчак О., Яковенко М. – Львів : Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, 2019. – С. 25-40.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Актуальність дослідження: сьогодні Україна має всі передумови, щоб проводити більш детальні дослідження нафтогазоносних об'єктів. Зокрема, в районі: Донецьк – Павлоград – Краматорськ – Лисичанськ. В межах вивчаємої площі розміщуються вугільні товщі, що генерують вуглеводневий газ до пластів дрібнозернистих пісковиків палеозойського віку і потребують більш детального розгляду.

Мета: вивчити геологічну будову та газоносність в палеозойських породах західної частини Донецької складчастої споруди

Об'єкт дослідження – газоносність палеозойської товщі Донецької складчастої споруди .

Предмет дослідження – особливості формування газу щільних колекторів в палеозойських породах Донецької складчастої споруди. Зокрема, ставляться такі **задачі** досліджень: •перетворення первинної органічної речовини на газ ; • роль вугільних пластів в генерації вуглеводневих газів ; • роль глибинних розломів; • гідравлічний розрив пласта; • скласти схематичну модель газогенерації вуглеводневих товщ по тріщинах в пласти дрібнозернистих пісковиків.

ABOUT AUTHORS

Vladyslav Tolstov, Master's student of the Department of Fundamental and Applied Geology KHNU named after V. N. Karazin, tolstov.vlad37@gmail.com, +38(066) 142 56 78



УДК 662.754

МЕТАНОЛ У НАФТОГАЗОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ЗЕЛЕНОМУ ПЕРЕХОДІ

Закревський Андрій¹, Родін Леонід²,

¹ Аспірант Полтавського Національного Технічного Університету "Полтавська Політехніка Ім. Юрія Кондратюка", +380964085973, Andrey.Zakrevskij@gmail.com

² Директор Тов "Хтк", кандидат хімічних наук, Email: Leonid.Rodin56@gmail.com

METHANOL IN THE OIL AND GAS INDUSTRY AND THE GREEN PASSAGE

Andrii Zakrevskiy¹, Leonid Rodin²

¹ Postgraduate Student Of The Poltava National Technical University "Poltava Polytechnic Named After Yury Kondratyuk", +380964085973, Email: Andrey.Zakrevskij@gmail.com

² Director Of "Htk" Llc, Phd Of Chemical Science, +380 97 305 6515, Email: Leonid.Rodin56@gmail.com

ABSTRACT

The review material provides an expert assessment of the state and prospects for the use of methanol in the oil and gas industry in the context of the "green transition". A number of promising technological directions for obtaining and using methanol are highlighted. Problematic "bottlenecks" of the oil and gas industry are shown, where the use of innovative methanol technologies will give a significant positive result.

Key words: oil and gas industry, "green transition", methanol, innovative technologies.

Боротьба зі зміною клімату та зменшення викидів парникових газів є глобальним викликом, вирішення якого потребує спільних зусиль. Такі нафтогазові гіганти як Exxon Mobil, Shell, TotalEnergies, British Petroleum та інші вже давно декларують [1] мету кліматичної (вуглецевої) нейтральності. Разом з тим, за оцінками Reclaim Finance¹, до 2050 року TotalEnergies, Shell, BP, Eni, Equinor і Repsol кожна матиме від 32% до 79% більше викидів парникових газів, ніж дозволено за сценарієм 1,5°C [2]. Українські нафтогазові компанії не відстають: НАК «Нафтогаз України» та ДТЕК Нафтогаз також поставили за мету до 2040 року бути вуглецево нейтральними². Зокрема, про це сказав 2021 року на Міжнародній кліматичній конференції у Глазго

Максим Тімченко, генеральний директор ДТЕК: "ДТЕК став на шлях трансформації, що відповідає ціннісному запиту з боку суспільства. Процес декарбонізації відіграє важливу роль у ESG-стратегії компанії. Наше прагнення – досягти вуглецевої нейтральності до 2040 року. В практичному сенсі для ДТЕК це означає трансформацію з високовуглецевого в екологічний, ефективний і технологічний бізнес. На цьому шляху ДТЕК активно інвестує у відновлювані джерела енергії, цифрові мережі, системи накопичення енергії, інновації та нові технології"³.

Скорочення викидів вуглецю за рахунок зміни джерел енергії та промислових процесів сприяло переходу до відновлюваної енергії та показало зменшення викидів CO₂. Хоч і відновлювана, і непоновлювана енергія виробляють вуглецеві

¹ Французький недержавний аналітичний центр, Париж

² Вуглецева нейтральність ([англ. carbon neutrality](#)) — термін, що описує досягнення чистого нульового викиду [вуглекислого газу](#) за рахунок балансування викидів вуглецю з видаленням вуглецю із атмосфери або просто усуненням викидів вуглецю.

³ Зміна клімату: важливість кліматичних переговорів у Глазго й цілі ДТЕК на саміті. <https://dtek.com/media-center/news/izmenenie-klimata-vazhnost-klimaticheskikh-peregovorov-v-glazgo-i-tseli-dtek-na-sammite/>

сполуки, відновлювана енергія має майже нульові викиди.

Сонячна та вітроенергетика були головними трендами останнього десятиріччя, проте світ рухається далі і тенденція декарбонізації набирає нових обертів. Сьогодні ми бачимо нові цікаві проекти, наприклад, уловлювання вуглецю.

Уловлювання та зберігання вуглецю (*carbon capture and storage, CCS*) — процес, що включає відокремлення CO_2 від промислових та енергетичних джерел, транспортування до місця зберігання та довгострокову ізоляцію його від атмосфери [3]. Зазвичай, CO_2 уловлюють біля великого джерела викидів газу, наприклад ТЕС, компресорів магістральних газогонів або електростанції на біомасі, після чого його ховано у відповідних геологічних формаціях. Хоч ця технологія застосовується для різних цілей вже кілька десятиліть, зокрема за третинного нафтовидобутку, довгострокове поховання CO_2 під землею є відносно новою технологією.

Економічно доцільніший метод знищення вуглецю, ніж його поховання. Він передбачає перетворення CO_2 на CH_3OH . Метанол CH_3OH є хімічною речовиною, яка пов'язує вуглець, що входить до складу метану CH_4 та інших газоподібних вуглеводнів.

Виробництво метанолу для сучасного розвитку економіки є ключем до вирішення екологічних проблем та «м'якого» зеленого переходу з можливістю збереження та розвитку локального виробництва вуглеводнів.

Метанол синтезується за допомогою водню та вуглекислого газу, є базою для синтезу оцтової кислоти, формаліну і будь-яких складних вуглеводнів.

Уловлювання CO_2 шляхом виробництва метанолу має супроводжувати будь-які промислові виробництва з викидами CO_2 в атмосферу. Так, компанія TotalEnergies запустила демонстраційний проект на НПЗ у Лейні (Німеччина) щодо випуску «кліматично нейтрального метанолу». В рамках проекту e-CO2Met як сировину передбачається використовувати CO_2 , відходи нафтопереробки, а також водень, отриманий за високотемпературного електролізу. Компанія планує досягти нульових викидів до 2050 року. А шведське енергетичне агентство виділило близько €30 млн (\$35,8 млн) місцевому проекту Aig з виробництва метанолу потужністю близько 200 тис. т/рік у Стенунгсунді (Швеція) з вуглекислого газу, а також з водню, який вироблятиметься на новій електролізній установці [4].

Потенціал України щодо зв'язування промислового CO_2 у метанол оцінюється у 3 млн тонн. Тільки в нафтогазовому виробництві метанол є частиною хімічних циклів і виводить нас на новий якісний рівень хімічної промисловості, де на кожному етапі можливе маржинальне зростання в десятки разів, порівняно із простим спалюванням вуглеводнів, і при цьому досягнення вуглецевої нейтральності

української промисловості.

Завдяки метанолу можна:

- диверсифікувати та декарбонізувати українські виробництва, які мають значні викиди CO_2 , з подальшим виробництвом та реалізацією зеленого метанолу;

- зберігати надлишки виробництва електроенергії атомних, сонячних, вітрових станцій у вигляді зеленого аміаку та зеленому метанолі, з подальшою переробкою в високотехнологічні хімічні речовини;

- завантажити вітчизняні машинобудівні заводи виробництвом компактних та модульних установок для України і країн, що мають глобальні викиди попутного нафтового газу.

Використання метанолу в нафтогазовій промисловості

Метанол критично необхідний для видобутку газу в Україні обсягом 45 тис. тонн/рік для запобігання блокуванню газопроводів газогідратами.

Метанол присутній у багатьох операціях у нафтогазовій сфері, зокрема:

Інгібування / запобігання гідратації

Вода зазвичай присутня в потоках природного газу та нафти. Ця вода може поєднуватися з метаном і етаном, утворюючи гідрати за різних обставин. Гідрати — це тверді речовини, подібні до льоду, які можуть накопичуватися та закупорювати трубопроводи, що не лише знижують виробництво, але й можуть пошкодити трубопроводи.

Метанол є одним із поширених термодинамічних інгібіторів гідратів. Його можна використовувати двома способами:

1. Безперервне введення невеликих кількостей для запобігання утворенню гідратів. У цій ситуації метанол, що вводиться, буде дуже розбавленим у потоці і часто не впливатиме на якість газу;

2. У разі утворення гідратної пробки, метанол може вводиться у великих кількостях протягом короткого періоду, щоб розчинити/зруйнувати гідратну пробку, яка потім піде за течією. Після операції розблокування метанол більше не буде присутній у потоці.

В Україні станом на 2020-і роки газовидобувні підприємства забезпечуються метанолом від великих виробників, розташованих на значній відстані від родовищ. Виробництво метанолу на модульних установках потужністю 3-30 т/добу безпосередньо на родовищах виключає небезпечну логістику і можливість екологічних аварій при перевезеннях цього особливо токсичного реагенту, економить ресурси, і що не менш важливо, робить газову компанію незалежною від постачальників метанолу.

У разі виробництва метанолу в нафтогазовій компанії і його використанні для власних виробничих потреб (як інгібітору гідратуутворення) на метанол встановлюється нульова ставка акцизного податку.

Осушення трубопроводу

Коли встановлюється новий трубопровід або лінія, його часто заповнюють водою. Цю воду необхідно видалити перед початком використання. Після видалення основної маси води, часто шляхом очищення, можна додати метанол, щоб видалити залишки води [5, 6].

Розчинник/співрозчинник

Активні хімічні речовини, наприклад, інгібітори корозії, що використовуються в нафтогазовому секторі, часто потрібні в невеликих кількостях, їх можна розчинити для отримання розчину, який можна впорскувати в потік. Метанол можна використовувати як розчинник або співрозчинник у поєднанні з іншими розчинниками в цих запатентованих рідинах.

Паливо для транспорту

Використання метанолу як палива для автомобілів підприємства.

Метанольний метод декарбонізації нафтогазових підприємств

Факельне спалювання газу зустрічається в установках видобутку сирої нафти, газу, нафтопереробних заводах, хімічних заводах та звалищах. На промислових підприємствах факельні труби в основному використовуються для спалювання легкозаймистого газу, що виділяється запобіжними клапанами під час незапланованого надмірного тиску технологічного обладнання.

Проблема виникає через те, що більшість свердловин, які буряться для видобутку нафти, також видобувають суміші інших вуглеводнів, такі як конденсати, рідини природного газу та природний газ. Якщо для природного газу немає продуктивного виходу через погане планування, відсутність інфраструктури або відсутність стимулів, тоді такий газ розглядають як "супутній газ". Такий газ спалюється або скидається в атмосферу.

Аналіз MEA, що базується на супутникових та аналітичних даних, констатує неправильне використання значної частини супутнього газу. За оцінками, з 935 млрд куб. м газу, який було видобуто разом з нафтою в 2019 році, лише близько 75% газу використовувалось операторами на місці, або повторно закачувалось у свердловину, або продавалось споживачам. Решта 25% близько 55 млрд куб. м, було скинуто в атмосферу як метан, а інші 150 млрд куб. м було спалено 90 [7].

Спалювання газу в факелах впливає на навколишнє середовище за рахунок викидів CO_2 – близько 350 млн. тонн щорічно. Також марно витрачається цінний енергетичний ресурс. Наприклад, якби цю кількість газу було використано для виробництва електроенергії, вона могла б забезпечити близько 750 мільярдів кВт·год електроенергії [8].

Непродуктивне використання супутнього газу призводить до значних витрат. Екологічні наслідки цього дуже серйозні. Спалювання 150 млрд кубометрів газу у 2019 році спричинило

викиди в розмірі близько 300 мільйонів тонн CO_2 (MtCO_2), що приблизно відповідає річним викидам Італії, а також викиди інших забруднюючих речовин, які можуть погіршити якість місцевого повітря [7].

Супутній газ (переважно метан), що скидається безпосередньо в атмосферу, має набагато сильніший ефект потепління, ніж CO_2 . 55 млрд куб. м організованих або легких викидів еквівалентно 1808 т CO_2 . Зниження рівня спалювання та скидів супутнього газу повинно відбуватися одночасно, щоб забезпечити ефективне управління викидами [7].

Вирішенням проблеми факельного спалювання газу є метанол. Природний газ з високим вмістом CO_2 є ідеальною сировиною для виробництва метанолу. Тому нафтовий газ можна використовувати в якості сировини для виробництва метанолу.

Для ліквідації факелів на об'єктах можна використовувати модульні установки виробництва метанолу невеликої потужності. При спалюванні на факелі від 100 до 1000 м³/годину газу виробництво метанолу складе 1-10 тис. т/рік відповідно, а зниження викидів вуглекислого газу скоротиться на 3-30 тисяч т/рік. За словами Леоніда Родіна, директора ТОВ «Хімічна Технологічна Компанія», вартість такої установки складе 50-300 млн. грн. [8].

Для повного забезпечення метанолом нафтогазових об'єктів потрібно побудувати 40 компактних модульних станцій з виробництва метанолу (табл. 1.).

Сировиною для виробництва метанолу може бути не тільки природний газ з високим вмістом метану, але і низькокалорійний газ з високим вмістом азоту. В цьому випадку синтез метанолу здійснюється не за циркуляційною схемою, а за проточною каскадною схемою, з декількома реакторами [8].

При введенні в дію Кодексу ГТС України газові компанії будуть проводити очищення видобувного природного газу від надлишкового CO_2 . Цей викидний CO_2 можна використовувати як добавку до синтез-газу у виробництві метанолу, що призводить до зниження витратного коефіцієнта по природному газу, знижує собівартість виробництва, а також забезпечує можливість продажу квот на викиди вуглекислоти.

Власне виробництво метанолу у нафтогазовій компанії відкриває додаткові перспективні напрямки розвитку для компанії. Установка з виробництва метанолу є основою для її модернізації та переходу на виробництво «зеленого» метанолу.

«Зелений» метанол – це метанол, який виробляється з CO_2 і екологічно чистого водню. Такий водень може бути отриманий шляхом електролізу води з використанням електроенергії від відновлюваних джерел (сонце, вітер). Але для нафтогазових компаній більш цікавим є виробництво і використання «бірюзового» водню. Це водень, отриманий піролізом метану без

викидів CO₂ з отриманням твердого вуглецю, який не забруднює довкілля. В такому випадку нафтогазова компанія збереже потужності з видобутку природного газу і стане учасником зеленої циркулярної економіки[8].

Зрозуміло, що як і в будь-якій технології, у використанні метанолу є стримуючі чинники. Основний з них – токсичність [9], що, зокрема, обумовлює дослідження інгібіторів гідратуутворення для заміни метанолу [10].

Таблиця 1.

Назва виробництва	Потужність однієї установки, тонн/рік	Кількість зв'язаного CO ₂ , тонн/рік	Вартість однієї установки, млн. грн.	Кількість установок для України
Компактномодульне виробництво метанолу	1 000-10 000	3 000-25 000	50-300	40
Модульне виробництво зеленого аміаку	20 000	50 000 (заощаджений CO ₂)	400	50

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Climate Change 2022 – TotalEnergies. URL: https://totalenergies.com/sites/g/files/nytnzq121/files/documents/2022-08/CDP_Climate_Change_2022.pdf
2. TotalEnergies, BP, Shell et ENI will blow up their carbon budget by up to 80%. URL: <https://reclaimfinance.org/site/en/2022/03/14/totalenergies-bp-shell-et-eni-will-blow-up-their-carbon-budget-by-up-to-80/>
3. Carbon Capture and Storage: Physical, Chemical, and Biological Methods (2015)/ Edited by Rao Y. Surampalli, Ph.D., P.E.; Tian C. Zhang, Ph.D., P.E.; R. D. Tyagi, Ph.D.; Ravi Naidu, Ph.D.; B. R. Gurjar, Ph.D.; C. S. P. Ojha, Ph.D.; Song Yan, Ph.D.; Satinder K. Brar, Ph.D.; Anushuya Ramakrishnan, Ph.D.; and C. M. Kao, Ph.D., P.E. – Society of Civil Engineers. ISBN (print): 9780784413678 ISBN (PDF): 9780784478912
4. Європа ставить на метанол из углекислого газа / «Argus Нефтехимия». 29 июня 2021. URL:

5. <https://www.argusmedia.com/ru/news/2229225-evropa-stavit-na-metanol-iz-uglekislogo-gaza>

6. Грудз В.Я. Трубопровідний транспорт газу / М. П. Ковалко, В. Я. Грудз, В. Б. Михалків, Д. Ф. Тимків, Л. С. Шлапак, О. М. Ковалко; За редакцією М. П. Ковалка. – Київ: Агентство з національного використання енергії та екології, 2002. – 600 с.

7. McAllister, E. W. Pipeline rules of thumb handbook: quick and accurate solutions to your everyday pipeline problems / W.E. McAllister, editor — 5th ed. p.cm. Boston · Oxford · Johannesburg · Melbourne · New Delhi · Singapore: Gulf professional publishing, 2002. – 651 pages.

8. Ребекка Шульц, Крістоф Макглейд, Пітер Зеневські. Спалювання газу – в центрі уваги. // Нафта і газ України. 9 грудня 2020 року.

9. Метанол в нафтогазовій промисловості // Нафта і газ України. № 12. 2020.

10. Токсикологічна хімія// Колектив авторів. Запоріжжя, 2014. 186 с.

11. А.П. Мельник. Дослідження інгібіторів гідратуутворення для заміни метанолу. / А.П. Мельник, С.В. Кривуля, С.О. Крамарев, С.Г. Малік, Т.І. Марценюк, К.М. Діхтенко. // Нафтогазова галузь України. 2014. № 5. С. 20-21.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

У оглядовому матеріалі подана експертна оцінка стану і перспектив використання метанолу в нафтогазовій промисловості в контексті «зеленого переходу». Виокремлено ряд перспективних технологічних напрямків одержання і застосувань метанолу. Показано проблемні «вузькі місця» нафтогазової промисловості, де застосування інноваційних метанолових технологій дасть суттєвий позитивний результат.

Ключові слова: нафтогазова промисловість, «зелений перехід», метанол, інноваційні технології.

ABOUT AUTHORS

Andrii Zakrevskiy, Postgraduate Student Of The Poltava National Technical University "Poltava Polytechnic Named After Yury Kondratyuk", +380964085973, Email: Andrey.Zakrevskij@gmail.com
Leonid Rodin, Director Of "Htk" Llc, Phd Of Chemical Science, +380 97 305 6515, Email: Leonid.Rodin56@gmail.com



УДК 622. 245.422.6.

ОГЛЯД ПОЛЕГШЕНИХ ТАМПОНАЖНИХ РОЗЧИНІВ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ БОКОВИХ СТОВБУРІВ СВЕРДЛОВИН

Аліна Похилко,

*аспірант кафедри видобування нафти, газу і газоконденсату Національний технічний університет «ХПІ»,
Україна Misyac@i.ua*

OVERVIEW OF SIMPLIFIED TAMPONATION SOLUTIONS FOR FIXING THE SIDE BARRELS OF WELLS

Alina Pokhylko,

graduate student of the department of oil and gas extraction and gas condensate KhPI National Technical University, Ukraine Misyac@i.ua

ABSTRACT

Analyze an importance of lightweight cement material using for slim hole side-track cementing. It leads to formation repression decreasing and mud loses prevention, also avert of hole destruction and packing-off during cement job operations. To research an available Portland-cement based lightweight cement slurry with different admixtures and other recipes, determine their specifics and advantages. Exude optimal compositions which can be used for slim hole side track cementing.

Objective. Lightweight cementing materials. Physical and physically-mechanical properties of lightweight cementing slurry and formed stone.

Methodology. Side-track theoretical materials, such as articles, literatures has been researched. Investigations of slim hole cementing issues and problems has been analyzed.

Results. This material can be used for the next practical testing of lightweight cement slurry using during side-track drilling in places with abnormal subsurface conditions.

Scientific novelty. Novelty of article is detailed analyzing of lightweight cement slurry composition which can be used for side-track cementing, as side track the mostly perspective method of oil and gas exploration increasing in Ukraine.

Practical significance. Practical value of article results is possibility optimal recipe for the side track hole cementing. It can be done after series of laboratory analysis, based on this analysis can be chosen optimal mixture for the practical using in the different geological conditions

Постановка проблеми. Буріння бокових стовбурів – один із пріоритетних напрямків збільшення нафтогазовидобутку на наявних родовищах в Україні. Перевагою бокового стовбура є досить короткий термін спорудження (від 30 днів до 2 – 3 місяців), менша вартість спорудження та капіталовкладень, можливість розробляти важкодоступні раніше не розроблювані продуктивні пласти, при цьому отримані дебіти часто перевищують результати глибокого вертикального буріння. Буріння бокових стовбурів свердловин характеризується своїми складнощами, пов'язаними з багатьма

факторами: малим діаметром стовбура, особливістю геометрії та іншими. При цьому, цементування за колонного простору обсадженого бокового стовбура відіграє вирішальну роль, оскільки від цього залежить як надійність ізоляції продуктивної зони від за колонних перетоків, так і отримання необхідних об'ємів продукції.

Осадовий комплекс порід ДДЗ утворений ангідритами, вапняками, доломітами, глинами, ангідритами, мергелями. В основному дані породи не залягають масивними пластами, а утворюють перешарування різних комплексів порід невеликої товщини. При бурінні бокових

стовбурів зі значними кутами викривлення виникає концентрація напружень на дані нашарування, які призводять до осипання і обвалювання стінок свердловини. За умови успішного буріння, при цементуванні важливо зменшити гідростатичний тиск стовпа тампонажного розчину, адже при різкій зміні репресії існує ризик обвалювання стінок бокового стовбура, закупорки заколонного простору та неможливості продавлювання тампонажного розчину на всю довжину хвостовика. Крім цього, буріння бокових стовбурів, в основному виконується на виснажених родовищах, передбачається проходження дренажних зон зі зниженими та аномально-низькими пластовими тисками. Це спричиняє додатковий ризик виникнення поглинання тампонажного розчину та гідророзриву гірської породи при проведенні цементувальних робіт.

Запобігти даним ускладненням можливо шляхом застосування полегшених та легких тампонажних матеріалів.

Існують три методи досягнення зниження густини тампонажних розчинів:

1. Зниженням густини в'язучого матеріалу, або введення легкої добавки (наповнювача).

2. Збільшенням водосумішевого відношення із паралельним зростанням водоутримуючої здатності суміші;

3. Заміщенням частини твердих (рідких) фаз газоподібною фазою:

а) шляхом безпосередньої аерації;

б) введенням штучних (природних) мікрочасток (капсул);

в) введенням спеціально оброблених, спучених матеріалів з великим ступенем кавернозності і низькою насипною масою.

Виклад основного матеріалу. Вибір методу зниження густини визначається умовами застосування та технологічними можливостями. До найбільш розповсюджених в Україні слід віднести полегшені тампонажні матеріали, які відносяться до 1-ої та 2-ої груп, або об'єднують в собі якості, притаманні одночасно цементам 1-ої і 2-ої груп.

В Україні виготовляється лише один вид полегшеного тампонажного цементу ПЦТШ-Пол 5-100, з густиною 1450 кг/м^3 і призначений для пластів з температурою вищою за $50 \text{ }^\circ\text{C}$ [1]. Дані тампонажні розчини не можуть забезпечити потреби при цементуванні бокових стовбурів.

У 1970-х роках в СРСР були розроблені полегшені тампонажні цементи ОЦГ – на основі суміші шлаку, портландцементного клінкеру і трепелу при співвідношенні компонентів 1:1 (за масою). Трепел – пухка, дрібнопориста осадова порода густиною $1,2 - 2,5 \text{ г/см}^3$ від білого і сірого до темно-сірого, червоного і бурого або чорного кольору, має слабку гігроскопічність [2]. Також була розроблена рецептура ОШЦ, яка складається з суміші шлаку і глини (наприклад бентоніту). Діапазон густини тампонажних розчинів на

основі ОЦГ – $1450 \div 1600 \text{ кг/м}^3$, водосумішеве відношення (В/С) = $0,7 \div 1,1$, допустимі температури використання $40 \div 150 \text{ }^\circ\text{C}$. Густина тампонажних розчинів на основі ОШЦ варіює в межах $1450 \div 1550 \text{ кг/м}^3$, В/С = $0,85 \div 0,95$, рекомендована температура використання для ОШЦ-120 – $80 \div 160 \text{ }^\circ\text{C}$, для ОШЦ-200 – $160 \div 220 \text{ }^\circ\text{C}$ [1]. Цементи ОЦГ і ОШЦ вироблялись в Україні Констянтинівським ВАТ „Завод обважнювачів”.

Досліджувалася усадка полегшених тампонажних розчинів з густиною 1530 кг/м^3 . Для аналізу використовувалися три полегшувальні добавки: трепел, вермикуліт та алюмосилікатні порожнисті мікросфери (ценосфери), а основою суміші був цемент ПЦТ-I-100. Алюмосилікатні мікросфери є силікатними кульками гладенької поверхні, діаметром від 10 до декількох сотень мікрметрів (в середньому біля 100 мкм), які утворюються у результаті високотемпературного факельного спалювання вугілля. Частинки мають високу механічну міцність, термостійкість, низьку теплопровідність та є хімічно інертними. Густина матеріалу стінок частинок $2,5 \text{ г/см}^3$. У випадку додавання до тампонажних розчинів призводять до піноутворення. Вермикуліт – мінерал класу силікатів, групи триоктаедричних гідролуд, форми виділення якого – лускуваті і пластинчасті, також тонкодисперсні агрегати золотисто-жовтого або бурого кольору. Характеризується здатністю до спучування, розшарування та значного збільшення в об'ємі під дією високої температури ($400 - 1000 \text{ }^\circ\text{C}$). Негативно впливає на тампонажну суспензію, оскільки здатний до спливання, а при перевищенні концентрації вермикуліту призводить до коагуляції розчину та погіршує його реологічні характеристики. Усадка цементного розчину визначалася як в лабораторних умовах так і в умовах, наближених до свердловинних. Найкращі результати були отримані для рецептури ПЦТ-I-100 + вермикуліт. Усадка в звичайних умовах становила 2,43%, а в імітованих пластових – 2,6 %, тоді як для інших двох рецептур цей показник перевищував 4%. Дані рецептури потребують подальшого вивчення на експлуатаційних об'єктах та пошуків шляхів зниження густини розчину менше 1530 кг/м^3 для використання в умовах високопоглинаючих горизонтів.

В Україні були розроблені також полегшені цементи ПЦТШ-Пол5-100 і ПЦТШ-Пол4-100 до складу яких входить 50 % цементного клінкеру і 50 % полегшувальної домішки – цеолітизованого туфу, та 3 % гіпсу [2]. Діапазон густини тампонажних розчинів на основі таких цементів $1400 \div 1500 \text{ кг/м}^3$ при В/С = $1 \pm 0,2$. Рекомендована температура використання $50 \div 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Авторами [3] пропонується застосовувати в умовах АНПТ тампонажні розчини на основі портландцементу ПЦ I-500Н (характеризуються високим вмістом C_3S) виробництва ПАТ

«Волиньцемент» з мінеральними добавками природного цеоліту та метакаоліну. Густина розчину з вмістом 20 мас. % цеоліту та 10 мас. % метакаоліну становила 1610 кг/м³. У результаті фізико-хімічних досліджень отриманих тампонажних сумішей було виявлено присутність у хімічному складі сполук, які активно взаємодіють з портландцементними мінералами під час тверднення цементу. Цеоліт та його основний матеріал кліноптилоліт Na₆[(AlO₂)₆(SiO₂)₃₀]·24H₂O є алюмосилікатом каркасної будови, що має тривимірну каналну пористість. Тому цеоліт може поглинати і віддавати воду без зміни об'єму, проявляючи властивості не тільки мінеральної добавки пуцоланічної дії, а й ефективного полегшувача [4; 5]. Для цементування свердловин застосування таких матеріалів є також, безсумнівно, перспективним, але виникає необхідність додавання великої кількості модифікуючих добавок. Так, автором [6] розроблено і оптимізовано склад полегшених високофункціональних тампонажних сумішей на основі портландцементу цього ж цементу ПЦ І-500Н ПАТ «Волиньцемент», ПАТ «Миколаївцемент», ПАТ «Івано-Франківськцемент» з використанням метакаоліну і цеоліту вже з хімічними добавками пластифікуюче-стабілізуючої дії (стабілізатори на основі ефірів целюлози «Wolocel» та полікарбоксилатів «Starvis» і суперпластифікатори на основі полікарбоксилатів «Melfux» та сульфомеламінформальдегідів «Melment»), антисипінювачами (Delfoam), сповільнювачами тужавіння (НТФК), армуючими (функціональні пропіленові волокна) та розширними компонентами (негашене вапно). У результаті дослідження встановлено, що стінки частинок мікросфер не витримують тиску більше 20 МПа, а розчини з добавкою золи характеризуються великим водовідділенням та утворений камінь має низьку міцність. Оптимальним був склад з додаванням 20 та 10 мас. % цеоліту та метакаоліну з густиною вихідної суміші 1,6 г/см³. Перевагами отриманих сумішей є синергетичне підсилення активності компонентів, що сприяє інтенсивному зв'язуванню Са(ОН)₂ з утворенням гідрогеленіту 2СаО·Al₂O₃·SiO₂·8H₂O, гідрокарбоалюмінату кальцію C₃A·СаСО₃·11H₂O, гідрогранату плазоліту 3СаО·Al₂O₃·SiO₂·4H₂O та моногідросульфоалюмінату кальцію (МГСАК) 3СаО·Al₂O₃·СаSO₄·12H₂O, при цьому утворення останнього компонента підвищує термостійкість утвореного каменю.

Недоліком запропонованих рецептур є відносно невелике зниження густини; потреба у великій кількості води замішування, що при твердненні призводить до зростання усадкових деформацій; необхідність додавання комплексу модифікуючих поліфункціональних добавок. Для зменшення усадкових деформацій до суміші пропонується введення 3 – 5 мас. % меленого негашеного вапна, але характер його дії

неконтрольований, що може стати причиною появи тріщин у вихідному цементному кільці. Отже, запропонована рецептура є як складною у приготуванні, дороговартісною і не забезпечує значного зниження густини розчину.

Дослідниками лабораторії тампонажних матеріалів Чернівецького національного університету розроблено ряд рецептур полегшених тампонажних матеріалів для кріплення свердловин в умовах низьких і аномально низьких пластових тисків. Для тампонажних робіт у зонах з високими і підвищеними геостатичними температурами пропонується застосовувати термостійкий безклінкерний тампонажний цемент, склад якого наступний: 50% доменний шлак заводу «Криворіжсталь» (СаО – 47,8; SiO₂ – 40,0; Al₂O₃ – 7,6; FeO – 0,3; MnO – 1,1; MgO – 2,2, SO₃ – 1,46) та 50% полегшувальної добавки – цеолітизованого туфу. Густина отриманих розчинів становила 1,4 – 1,6 г/см³, В/Ц = 0,59 – 1,14, температурний оптимум застосування знаходиться в межах 1200 – 180 °С. Особливістю отриманого цементу є здатність швидко формувати високоміцний цементний камінь при підвищених температурах у результаті швидкої гідратації і утворення максимально термодинамічно стійких кристалогідратів за рахунок високого вмісту SiO₂ та Al₂O₃ та відносно низького вмісту малоактивного «мертвопаленого» вапна СаО, тоді як при низьких температурах затвердіння відбувається повільно або зовсім відсутнє [1].

Авторами [7] спільно з Полтавським відділенням УкрДГРІ розроблений наступний перелік рецептур термостійких полегшених тампонажних матеріалів:

Тампонажні суміші густиною 1560 – 1640 кг/м³ на основі портландцементу ПЦТІ-100 та порошку П7 продукту обпалювання кускового шамоту, взятих у пропорції ПЦТІ-100:порошок П7 = (40 - 70 %):(30 – 60 %). Зниження густини до заданого рівня проводилося за рахунок підвищеного водосумішевого відношення (0,70 – 0,80). Максимальна температура застосування становить 120 °С).

Полегшені безклінкерні доломіто-зольні тампонажні суміші (ДЗС). Густина вихідного розчину при В/С = 0,58 – 0,62 та співвідношенням компонентів сухої фази доломітове борошно напівобпалене : кисла зола-винос ТЕС – (50 – 60):(50 – 40) становить 1540 – 1620 кг/м³. Температурні межі використання 60 – 100 °С. ДЗС відноситься має здатність до розширення, але міцність утвореного цементного каменю є не високою, що звужує коло їх застосувань.

Цементно-зольні тампонажні суміші (ЦЗС). У якості добавки використовується зола Курахівської ТЕС від 40 до 60 % від маси сухого матеріалу, у результаті отримується розчин з густиною в межах 1550 – 1650 кг/м³, можливе зниження густини до 1450 – 1470 кг/м³ із застосуванням стабілізатора до води замішування.

Температурний інтервал застосування 50 – 160 °С. Цементний камінь, утворений з ЗЦС володіє високою корозійною стійкістю в умовах полімінеральної агресії.

Полегшені та легкі тампонажні суміші густиною 1350 – 1550 кг/м³ із використанням 5 – 13 мас. % полегшувальної добавки – фільтроперліту. Недоліком рецептури є невисокі фізико-механічні показники цементного каменю, а при зниженні густини нижче 1470 кг/м³ його міцність не відповідає існуючим вимогам. Діапазон пластових температур для застосування 50 – 100 °С.

Легкі тампонажні розчини з трикомпонентним складом: портландцемент (ПЦТІ-50, ПЦТІ-100) : зола Курахівської ТЕС : фільтроперліт – (60 – 70) : (20 – 30) : (10). Густина трикомпонентної композиції варіює в межах 1265 – 1280 кг/м³ для температур застосування 20 – 100 °С.

Безклінкерні тампонажні суспензії на основі зол-виносу ТЕС (ЗС), взятих у пропорції зола висококальцієва : зола кисла – (30 – 0) : (30 – 70). При В/С 0,54 – 0,56 отримані розчини з густиною 1500 – 1620 кг/м³ для температурних варіацій 20 – 160 °С. Для розчинів характерна висока термостійкість, стабільність, та здатність до розширення при твердінні [8].

Розчини для цементування свердловин в умовах підвищених температур (20 – 100 °С) густиною 1450 – 1620 кг/м³, що виготовлені із стандартних тампонажних цементів з додаванням тонкодисперсного цеолітового борошна. Співвідношення компонентів наступне – ПЦТІ-100 : ЦБ – (55 – 70):(30 – 45) при В/С = 0,7 – 1,00. Цементний камінь, утворений з даного розчину характеризується високими показниками адгезії з металом (від 1,5 МПа при t = 75 °С, Р = 30,0 МПа (ПЦТІ-100:ЦБ = 55:45, В/С=1,0) до 4,1 МПа при t = 75 °С, Р = 30,0 МПа (ПЦТІ-100:ЦБ = 70:30, В/С=0,7) та від 1,7 МПа при t = 100 °С, Р = 40,0 МПа (ПЦТІ-100:ЦБ = 55:45, В/С=1,0) до 3,8 МПа при t = 100 °С, Р = 40,0 МПа (ПЦТІ-100:ЦБ = 65:35, В/С=0,75 відповідно) [9].

Полегшені та легкі тампонажні суміші на основі тампонажних цементів ПЦТІ-50 або ПЦТІ-100, які містять 20 – 50 мас. % зольних мікросфер. Відповідно густина одержаних розчинів варіювала від 1100 кг/м³ (ПЦТІ-50(ПЦТІ-100): зольні мікросфери = 50:50, В/С = 0,75) до 1420 кг/м³ (ПЦТІ-50(ПЦТІ-100): зольні мікросфери = 80:20, В/С = 0,55). Температурні межі застосування 20 – 160 °С за умови використання цементно-зольної суміші як в'язучого матеріалу для підвищення термостійкості вище 100 °С. Обмежуючим фактором застосування рецептури є руйнування зольних мікросфер при високому гідростатичному тиску стовпа рідини, що стає результатом седиментаційної нестабільності розчину та значного водовідділення.

Тампонажні розчини густиною 1200 – 1650 кг/м³ для температурного інтервалу застосування 20 – 150 °С з додаванням 10 – 15 мас. %

полегшувальної добавки гідрофобізованого адсорбенту КОГ, що викликає газонасичення тампонажного розчину (мелений каолін, оброблений спеціальними поверхнево-активними речовинами). КОГ володіє гідрофобізованістю не менше 60%. При приготуванні розчину можливе інтенсивне піноутворення, а під дією тиску вище 10 МПа густина розчину зростає на 15 – 20 %. До якісних характеристик рецептури відноситься низька газопроникність і густина.

Полегшені тампонажні розчини для кріплення свердловин з пластовою температурою 50 – 140 °С в умовах понижених пластових тисків з портландцементу або цементно-зольної суміші з додаванням домішки 0,04 – 0,11 масових часток % реагенту на основі ксантанової кислоти. Отриманий розчин характеризується високою стабільністю, а цементний камінь – термостійкістю та підвищеною міцністю.

У випадку необхідності зниження густини тампонажного розчину нижче 1000 кг/м³ доцільним є застосування аерованих і газоцементних тампонажних розчинів.

Авторами [10] розроблена тампонажна композиція з високою міцністю на основі тампонажного портландцементу з додаванням піску, перероблених промислових відходів поліуретану та поверхнево-активних речовин (наприклад, етоксилат спирту). Додавання повторно використовуюваного поліуретану до цементної суміші призводить до утворення міжфазної перехідної зони за рахунок розміру полімеру. За рахунок дії неіоногенних поверхнево-активних речовин навколо полімерних елементів спостерігалися значна кількість голок, що могли бути спричинені утворенням еtringіту. Поверхнево-активна речовина модифікує мікроструктуру матриці та сприяє гідратації фаз цементу. Вказані фактори сприяють високим міцнісним характеристикам цементного каменю.

Тампонажні розчини пониженої густини з покращеними реологічними властивостями, стабільністю суспензії та високоміцним вихідним матеріалом були отримані авторами [11] із використанням колоїдного нанокремнезему. Для низькотемпературних свердловин дослідниками [12] запропоновані модифіковані полегшені тампонажні суміші на основі тампонажного цементу класу G з додаванням нанокремнезему, 30 % від сухої маси порожнистого сферичного матеріалу, оброблені хімічними реагентами для скорочення терміну гідратації. Добрі результати були отримані у результаті цементування 3-тьої дослідної свердловини в штаті Квісленд Австралія. Дана свердловина була призначена для видобування свердловинного вугільного пластового газу. Особливістю її кріплення було постійне поглинання тампонажного розчину та небажані гідророзриви пласта. Тому постала потреба у застосуванні полегшених тампонажних суспензій з густиною 11 фунт/гал. (≈1098 кг/м³). Для цього проводилися дослідження із

застосуванням трьох основних методів зниження густини: застосування газованого тампонажного розчину, застосування розчину із великим водоцементним відношенням і використання рецептури із введеними порожнистими мікросферами. Найкращого результату було досягнуто із застосуванням порожнистих мікросфер. Суспензія мала необхідну густину, а утворений цементний камінь характеризувався високою міцністю та відсутністю тріщин. [13]

Також позитивні результати застосування скляних мікросфер як полегшувальної добавки до звичайних портландцементів [14]. Вміст такого полегшувача склав 2,5 – 7,5 % від маси тампонажного портландцементу ПЦТ. Густина вихідного розчину склала в межах 1400 – 1600 кг/м³. При цьому для зниження густини використовувалися рецептури зі звичайними порожнистими та апропретованими (модифікованими) скляними мікросферами визначеного розміру. Модифікація мікросфер полягала в покритті їх поверхні кремнійорганічним гідрофобізатором. Перевагою вказаних рецептур є високі фізико-механічні характеристики та низька проникність за рахунок мінімальних геометричних порот у структурі цементної матриці. Під час лабораторних досліджень рецептур в автоклавах консистометра з короткотривалими впливами тиску 40 МПа були відмічені зростання густини суспензії із звичайними порожнистими мікросферами в межах 3,73 – 5,22 %, а для апропретованих мікросфер цей показник варіює від 3,7 до 4,25%. Це показує, що апропретовані мікросфери більш стійкі до надлишкових тисків, менше піддаються руйнуванню, а цементний камінь здатний характеризується міцністю на згин 3,5 МПа та 10,3 МПа на стик. Мінімальне значення густини розчину з вмістом скляних мікросфер – 1340 кг/м³.

Використання високодисперсного тампонажного портландцементу Rheosem 650 (питома поверхня 650 м²/кг) в комплексі з полегшувальною добавкою алюмосилікатних порожнистих мікросфер (10 – 20% від сухої маси при В/С 0,7 – 0,9) дає можливість отримувати цементні суміші з густиною вихідного розчину 1300 – 1380 кг/м³ для цементування пластів в умовах аномально-низьких пластових тисків. Велика дисперсність клінкерної частини сухої суміші сприяє збільшенню утворень коагуляційної структури і гідратних утворень, які формують високоміцну структуру і відповідно високоміцний тампонажний камінь. Отримані алюмосилікатні порожнисті мікросфери ідеальної форми та гладенької поверхні, діаметром від 2 до 10 мкм (переважно – 35 мкм) з товщиною стінки 2 – 10 мкм, густиною 580 – 690 кг/м³, температура плавлення 1400 – 1500 °С. Особливою характеристикою отриманих композицій є зменшення термінів тужавіння. Кінцеві терміни затвердіння знаходяться в межах 3-4 годин і залежать від водоцементного відношення. Це

необхідно враховувати при кріпленні глибоких свердловин за один прийом, оскільки можливе передчасне тужавіння цементної суспензії і відповідний її не підйом до запроєктованої висоти.

Позитивними є результати застосування розширюваних тампонажних сумішей з пониженою водовіддачею РТС-50ПВ та РТС. У ході розробки рецептури авторами були обрані наступні види домішок: кварцовий пісок, латекс, пластифікуючі, стабілізуючі та армуючі домішки. Густина тампонажної суспензії РТС-50ПВ склала 1840, а РТС Пол ПВ 1580 кг/м³. Суспензія РТС Пол ПВ має значно нижчу густину, але й різниться деякими якісними показниками. Так, водовідділення розчину складає 90 см³ за 30 хв (а тоді як РТС-50ПВ – 24 см³ за 30) та міцність каменю на вгин у віці 2 діб становить 1,5 МПа, тоді як РТС-50ПВ – 5,9 МПа. Тобто, хоч дані рецептури і показали добрий результат під час випробувань, вони потребують детального спостереження та перевірки використання на інших об'єктах зі складними гірничо-геологічними умовами.

Авторами [15] пропонується застосовувати тиксотропний тампонажний цемент для ізоляції високопоглинаючих пластів. Суміш складається з води, гідравлічно-в'язучої речовини (цементу) та титанових комплексних хімічних сполук, які збільшують міцність цементного каменю за рахунок стеричного ефекту. У якості генераторів таких волокон можливе також використання поліпропілену.

Перспективним напрямком зниження густини розчину є застосування аерованих або газонаповнених тампонажних розчинів [16].

Компанія Schlumberger також активно займається пошуком універсальних полегшених тампонажних розчинів, які б дали можливість підвищити результативність якісного розділення продуктивних пластів та попередження поглинання, забруднення привибійної зони пласта та аварійних ситуацій. Дослідники компанії розглядали два варіанти зниження густини тампонажного розчину: перший – його насичення азотом під час закачування в пласт, другий – введення в суху суміш керамічних кульок дуже малого діаметру. Орієнтуючись на другий варіант, компанією Schlumberger розроблена технологія цементування нафтових свердловин CemSTONE з використанням бетону CemCRETE, який одержують з цементного розчину LiteCRETE. Ця інноваційна система дала можливість регулювати густину цементного розчину без будь-якої зміни проникності системи в період тужавіння. Пізніше компанією Schlumberger були проведені лабораторні дослідження активної тампонажної композиції FlexSTONE. Її перевага – особлива внутрішня структура тримодального розташування твердих частинок за розміром, що давало б можливість цементному каменю витримувати змінні навантаження у процесі буріння, експлуатації та

консервації свердловини. Недолік – руйнування та утворення тріщин в цементному камені при тривалій експлуатації («старіння» цементного каменю). Тому наступною розробкою компанії Schlumberger був самовідновлюваний цемент FUTUR, який здатний до закупорювання тріщин в цементі у результаті хімічної реакції з вуглеводнями. Проведені лабораторні дослідження трьох складів таких цементів. Для кожного із складів використовувався цемент марки G, замішаний на прісній воді. Густина отриманого тампонажного розчину знаходилася в межах 1400 – 1870 кг/м³. Рецептūra пройшла промислове випробування і у більшості випадків були отримані позитивні результати на нафтових родовищах. Недоліком її відносно висока густина полегшеного розчину. [17].

ВИСНОВКИ

Перспективою збільшення видобутку нафти та газу в Україні на основі наявного фонду свердловин є виконання капітального буріння методом бурінням бокового стовбура. Однак, через особливість геометрії стовбура такої свердловини та її малого діаметра на практиці виникають значні складнощі із забезпечення надійного завершення бокового стовбура, а саме цементування заколонного простору. Через небезпеку виникнення поглинання тампонажного розчину, гідророзривів у процесі прокачування розчину, можливості закупорювання та недокачування суспензії по всій довжині хвостовика важливим є використання тампонажних розчинів зниженої густини, які б утворювали тампонажний камінь із необхідними міцнісними характеристиками. Для розв'язання даної проблеми було виконано вивчення наукових літературних джерел та виділено ряд тампонажних суспензій зі зниженою густиною різного складу. Найбільш перспективними на сьогодні є тампонажні розчини на основі портландцементу ПЦТ І – 100 з додаванням полегшувальної добавки (ценосфери, спучений перлітовий пісок, зола виносу ТЕС). Цементний камінь, утворений на основі даних рецептур повинен відповідати вимогам Державного стандарту щодо тампонажних розчинів, а полегшувальна домішка бути досить доступною та невисокою вартісною. Для відібраних сумішей виконати ряд лабораторних досліджень та здійснити математичне моделювання, за результатами якого є добрими та свідчать про міцнісні характеристики вихідного каменю в межах вимог стандартів. Подальше вивчення рецептура потребує на практиці в умовах бокових стовбурів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Горський В. Ф. Тампонажні матеріали і розчини / В.Ф. Горський. – Чернівці – 2006 – 524 с.
3. Мислюк М.А. Буріння свердловин: довідник у 5 т. / Мислюк М.А., Рибчич І.Й. – К.: "Інтерпрес ЛТД", т. 4: Завершення свердловин.– 2012. – 608 с
4. Соболев Х. С., Петровська Н. І., Терліга В. С., Ковальчук М. Б. / Переваги застосування цеолітових туфів Сокоринського родовища у виробництві сучасних тампонажних матеріалів. – Вісник придніпровської державної академії будівництва та архітектури. - №10. – 2014 р.
5. Терліга В. С., Соболев Х. С., Петровська Н. І. / Полегшені сухі тампонажні суміші з добавками-сповільнювачами для цементування глибоких свердловин. – Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. - №6. – 2012 р.
6. Ina Pbndiene, Modestas Kligys and Jurga Seputute-Juckie. Portland cement Based Lightweight Multifunctional Matrix with Different Kind of Additives Containing SiO₂ / Engineering Materials & Tribology XXII / Pennsylvania State University, University Park, USA-09/05/16,00:59:09 / 2014 P. 305 – 308. doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.604.305 © 2014 Trans Tech Publications, Switzerland
7. Терліга В.С. – Полегшені сухі тампонажні суміші з добавками-модифікаторами для цементування свердловин / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Львів / 2013.
8. Орловський В. М., Похилко А. М., Дмитренко В. І. / Розроблення термостійких полегшених і легких тампонажних матеріалів. – Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано Франківськ. - № 3(60). – 2016 р.
9. Орловський В.М. Тампонажні матеріали, що розширюються при твердінні: монографія / В.М. Орловський. – Полтава, 2015. – 129 с.
10. Орловський В.М. Нові полегшені і легкі тампонажні матеріали / В.М. Орловський, С.Г. Михайленко, О.В. Лужаниця // Науковий вісник Івано-Франк. нац. тех. унів. нафти і газу. – 2010. – № 3. – С. 10 – 14.
11. Lightweight Polyurethane Mortar with Structural Properties [Electronic resource] / Horgnies V., Matthieu M.; Arroyo R., Rodríguez A., Gutierrez-Gonzalez S. // Advanced Materials Research. – Zurich. – 2015. – Volume 1129. – P. 581-585 doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1129.581. Access mode: <https://www.researchgate.net/publication/282151488>
12. G. Quercia, H.J.H. Brouwers, A. Garnier, K. Luke / Influence of olivine nano-silica on hydration and performance of oil-well cement slurries / Materials and Design / 2016. P. 162 – 170. journal homepage: www.elsevier.com/locate/matdes. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2016.02.001>.

13. Hamid Soltanian* and Ali Reza Mortazavi / The Use of Nanoaccelerator in Cement Slurries in Low Temperature Well Conditions / Journal of Petroleum Science and Technology 2016, 6(1), 109-114

14. Brendon Tan, Mathew Lang, Devin Harshad. - High-Strength, Low-Density Cement Pumped On-the-Fly using Volumetric Mixing Achieves Cement to Surface in Heavy Loss Coal Seam Gas Field / Copyright 2012, Society of Petroleum Engineers, SPE 158092 / P. 1 – 10.

15. Shamsa Al Menhali, Ghanim Kashawani, Abber Sajwani. – Safety Engineering Controls of Lost Circulation during Cementing in Onshore Oil Construction Projects / International Journal of

Materials Engineering 2015, 5(3): 46-49 / DOI: 10.5923/j.ijme.20150503.02

16. M.V. Dvoynikov, M.V. Nutskova, V.N. Kuchin / ANALYSIS AND JUSTIFICATION OF SELECTION OF FLUIDS TO BE USED FOR WATER SHUT-OFF TREATMENT DURING WELL COMPLETION / Bulletin of PNRPU. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining. 2017. Vol.16, no.1. P.33–39 / DOI: 10.15593/2224-9923/2017.22.4

17. Марио Балларба, Элен Бюльте-Лойе и др. Обеспечение эффективного разобщения пластов после окончания эксплуатации скважины / Нефтегазовое дело. – 2008 г.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Мета. Проаналізувати важливість застосування полегшених тампонажних розчинів для кріплення бокових стовбурів з метою зниження репресії на пласт і небезпеки поглинання, руйнування стінок та закупорювання заколонного простору. Вивчити наявні рецептури тампонажних розчинів зниженої густини на основі стандартного портландцементу з додаванням домішок та інших складів, їх недоліки та переваги. Виділити ряд оптимальних складів суспензій, які можуть бути застосовані для цементування бокових стовбурів.

Об'єкт. Тампонажні суспензії пониженої густини. Фізичні властивості розглянутих суспензій та фізико-механічні параметри цементного каменю, їх співставлення із вимогами стандартів.

Методика. Вивчено літературні джерела та практичні матеріалів буріння та кріплення бокових стовбурів. Проаналізовано ряд ускладнень та аварій при кріпленні бокових стовбурів.

Результати. Отримані результати можна використовувати для подальших практичних досліджень ефективності застосування полегшених тампонажних сумішей з додаванням спученого перлітового піску.

Наукова новизна. Наукова новизна полягає у огляді варіацій рецептур полегшених тампонажних розчинів, які можуть бути використані для кріплення бокових стовбурів свердловин – одного із перспективних напрямків відновлення фонду діючих свердловин та підвищення об'єму видобутку вуглеводневої продукції в Україні.

Практичне значення. Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості вибору оптимальних рецептур для кріплення бокових стовбурів. Такий вибір має бути поведений після проведення ряду лабораторних досліджень для найоптимальніших рецептур та подальшого практичного застосування в різних гірничо-геологічних умовах.

ABOUT AUTHORS

Alina Pokhylko, graduate student of the department of oil and gas extraction and gas condensate KhPI National Technical University, Ukraine Misyac@i.ua



УДК 622.013:621.317.385

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ЗАЛІЗНИХ РУД

Сокур М.І. Доктор технічних наук, професор, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. E-mail: m_sokur39@ukr.net

Равінська В.О. кандидат технічних наук, завідувачка відділу якості Полтавського ГЗК. E-mail: vita.ravinskaya@gmail.com

ENERGY SAVING DURING IRON ORE PROCESSING

Sokur M.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University. E-mail: m_sokur39@ukr.net

Ravinska V.O. candidate of technical sciences, head of the quality department of Poltava GZK. E-mail: vita.ravinskaya@gmail.com

ABSTRACT

Energy-saving methods of crushing iron ores using magnetic fields are described. The technological principles of saving resources in the beneficiation of magnetite ores and the new technology of combined crushing of ores at the Ingulets GZK are outlined. It is shown that the resource-saving technology significantly improves the quality of iron ore concentrate and reduces specific electricity consumption during ore preparation.

Key words: crushing of iron ores, energy saving, Inguletskyi GZK, ore preparation, iron ore processing, iron ore concentrate

Енергозберігаючі методи подрібнення залізних руд з використанням магнітних полів

Погіршення якості сировини, підвищення вимог до повноти і комплексності її використання, розробки ресурсо- і енергозберігаючих технологій роблять усе більш актуальною проблему раціонального руйнування руд, розкриття і збагачення мінералів.

Серед стадій рудопідготовки найменш енергоємним є дроблення (0,5-4 кВт.год/т), в той час, як енергоємність останніх стадій подрібнення на два порядки вище вказаної.

Очевидно, що як одне із джерел енергозбереження у процесах рудопідготовки слід розглянути перерозподіл різних етапів руйнування по переділах, зокрема, здійснювати розкриття мінералів у менш енергоємних процесах дроблення і першої стадії подрібнення.

Унаслідок структурних особливостей більшості залізних руд частка розкритих мінералів у стадіях дроблення і першій стадії подрібнення, як правило, досить мала. Зумовлено це, перш за все, випадковим характером руйнування руд від стискуючих навантажень в існуючих апаратах дроблення та подрібнення.

Вихід з такого становища – заміна випадкового руйнування селективним.

При цьому поруч із традиційним розумінням селективного руйнування відзначимо ще одну його особливість – кероване руйнування. Залежно від властивостей руди і складових її мінералів керуючі фактори можуть бути різними. Для залізних руд природним керуючим фактором є магнітне поле.

Розглянемо коротко фізичні можливості застосування магнітних полів для селективного руйнування руд і розкриття мінералів. При цьому, звичайно, в основному будуть розглянуті ті фактори, які здатні впливати на напружений стан магнітного мінералу та його оточення, а також на процеси зародження, розвитку і подрібнення траєкторії руху тріщин у заданому напрямі.

До ефектів, здатних стати керуючими, слід віднести: зміну розмірів і форми магнітних мінералів у магнітних полях; селективну термічну дію, викликану процесами перемагнічування та ін.; магнітний тиск і дія пондеромоторних сил на магнітні частинки в неоднорідних і нестационарних магнітних полях.

На порівняно простій моделі, яка широко використовується в механіці руйнування,

показано, що дія магнітного поля на неоднорідний матеріал, який містить магнітне включення, здатна змінити напружений стан системи. Найбільше вона виявляється при одночасній дії магнітного поля і зовнішніх навантажень [1].

Руйнування такого структурного елементу (одиночний зросток або частинка з багатьма включеннями зерен магнетиту) під дією зовнішніх навантажень і прикладеного магнітного поля можливе в результаті поширення магістральної тріщини, яка проходить по нерудній вмісній матриці й на межі зрощення з магнетитом. При цьому магнітне поле в результаті селективної дії тільки на магнітний матеріал створює умови для вибіркового руйнування межі зрощення і в силу ефекту гідростатистичного стискування включення (магнетиту) попереджує рух магістральної тріщини по магнетиту, а значить, транскристалітне (неселективне) руйнування його з утворенням зростків.

Основні висновки по розглянутій моделі, а також по інших моделях взаємодії магнітних полів із магнетитами узгоджуються з результатами експериментальних досліджень змін фізико-механічних властивостей руд і безпосередньої технологічної оцінки подрібнення і розкриття.

Вплив магнітного поля на фізико-механічні властивості руд вивчали на зразках правильної форми при стискуванні, скручуванні і частинках неправильної форми (зростки магнетиту з нерудними мінералами різної крупності).

Вплив постійних, змінних та імпульсних магнітних полів досліджувати на залізних рудах різних родовищ [2]. Так, на зразках титаномагнетитових руд після обробки у полі з напруженістю $2,4 \times 10^6$ А/м протягом 7 мс відзначено зниження міцності на стискування на 20-40%. Крім того, методом локального мікродеформування виявлено розміщення меж зростання рудних і нерудних мінералів.

Дослідження діаграми навантаження зразків, які деформуються у магнітному полі (стискування, згинання), показали, що в нестационарних магнітних полях спостерігається зменшення межі міцності та енергії руйнування майже вдвічі, а також більш високій ступінь інтеркристалітного руйнування.

Приблизно така сама картина відзначається і при руйнуванні зростків (частинки неправильної форми), яке супроводжується зниженням міцності та енергії руйнування на 15-40% після впливу на них магнітним полем.

Технологічна оцінка впливу магнітним полем на магнетитові руди та залізни кварцити також підтвердила результати експериментальних досліджень змін міцності. Після обробки руди крупністю – 12 мм вихід класу – 0,3 мм збільшився на 8-12%, збільшення масової частки заліза в концентраті склало 1,3-1,6%.

Обробка титаномагнетитових руд (крупність – $0,5 + 0,1$ мм) у змінних магнітних полях також призвела до зниження міцності частинок на 30-40% і підвищення селективності руйнування на 50-60% [1].

Аналіз взаємовпливу магнітних мінералів (зростків рудних і нерудних мінералів), а також молольних тіл із зовнішнім магнітним полем дозволив визначити два напрямки дослідження селективного знеміцнення руд у перших стадіях руйнування з метою підвищення повноти розкриття видобувного мінералу на менш енергоємних стадіях подрібнення:

- руйнування руд шляхом одночасного впливу магнітними полями і механічними навантаженнями, наприклад, молольними тілами або робочими органами апаратів;

- руйнування руд шляхом впливу нестационарними магнітними полями (імпульсними, змінними).

Відповідно до обраних напрямів досліджень були виконані дослідно-конструкторські роботи та виготовлені лабораторні експериментальні пристрої для створення магнітних полів у робочих об'ємах подрібнювальних апаратів, експериментальні моделі подрібнювальних апаратів зі змінними параметрами магнітного поля і механічних навантажень, а також випробувальні стенди з джерелами живлення змінного та імпульсного струму й електромагнітними перетворювачами для впливу змінних магнітних полів на магнітну пульпу подрібнювального матеріалу.

Схеми деяких варіантів моделей експериментальних пристроїв наведені на рис. 1.

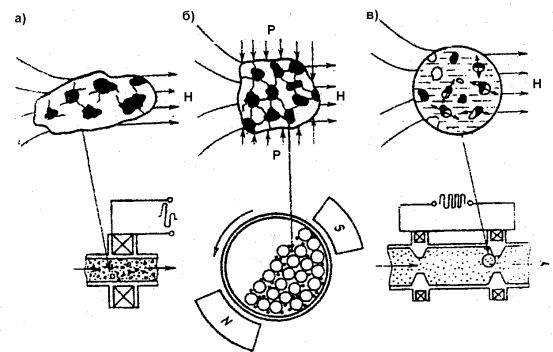


Рисунок 1. – Схема варіантів моделей експериментальних пристроїв:

а) – для впливу на руду імпульсним магнітним полем; б) – для впливу на руду постійним магнітним полем безпосередньо у процесі кульового подрібнення (при цьому були використані конструктивні варіанти, що дозволяють створити різну топографію магнітного поля у камері; в) – для магніто-акустичної обробки матеріалу в пульті.

Вказані моделі проходили всебічну технологічну перевірку з метою вибору найбільш

раціональних конструкторських рішень, а також відпрацювання способів знеміцнення руд і розкриття мінералів. Дослідження здійснювалися на залізних рудах різної міцності (0,2-6 мм) і з різною масовою часткою заліза у вихідних продуктах (7-55%): обробка матеріалів велася як у періодичному, так і в безперервному циклах.

Таким чином, наведені дані про основи селективного впливу магнітних полів на залізні руди підтверджують принципову можливість створення нових технологій знеміцнення руд – магнітно-механічних технологій, що дозволяє здійснити раціональне розкриття видобувних мінералів на ранніх стадіях руйнування без переподрібнення як рудних, так і вміщуючих мінералів.

Слід разом з тим відзначити, що впровадження вказаних технологій може спричинити і деякий перегляд всіх елементів ланцюга подрібнення та збагачення: зниження ролі традиційних класифікаторів і зростання ролі трипродуктових сепараторів і сепараторів із регульованим магнітним полем для стадіального виділення розкритих продуктів методами магнітної сепарації.

Ці технології дозволяють також суттєво зменшити енергоспоживання у процесах рудопідготовки.

Технологічні принципи ресурсоекономії при збагаченні магнетитових руд

Робота за принципом “не дробити нічого зайвого” виключає застосування зайвих дробильних та подрібнювальних засобів і дозволяє уникнути невиправданих витрат електроенергії, води, молольних тіл та інших ресурсів.

Проте, як показує аналіз, у технології збагачення магнетитових руд цей ресурсозберігаючий принцип порушений, оскільки у наступні прийоми розкриття, на II і III стадії подрібнення, зростки магнетиту з пустою породою (50-90%) потрапляють у суміші з уже розкритими рудними і нерудними мінералами. У зв'язку в цим частина енергії руйнування в кульових млинах витрачається на переподрібнення розкритого корисного мінералу.

Дослідження, проведені у “Механобрчорметі” показали, що в магнітному продукті I стадії подрібнення, який містить 36,0-57,4% класу – 0,05 мм (ПівдГЗК та ПівнічГЗК), міститься 44-52% розкритих рудних мінералів, які в наступних стадіях розкриття додатково переподрібнюються до вмісту 85,3-95,6% класу – 0,05 мм. Незважаючи на значне переподрібнення мінералів магнетиту, зростки лишаються нерозкритими і в товарних концентратах цих підприємств ще лишається близько 14-22% розубожених зростків крупністю – 0,07 мм з масовою часткою заліза у вказаних концентратах через неефективну переробку зростків на 2-2,4% нижче, ніж у концентратах, одержаних за рекомендованою

технологією, де крупність концентрату доведена до 98% класу – 0,05 мм шляхом тонкого грохочення та схеми секцій доведення. Масова частка заліза у концентратах, одержаних за новою технологією, збільшена з 65,8 і 64,3 до 68,2 і 66,3% відповідно на ПівдГЗК і ПівнічГЗК.

За даними “Механобрчормету” на діючих магнітозбагачувальних фабриках кінцева крупність подрібненого матеріалу досягає 85-95% класу – 0,05 мм, питома поверхня концентратів складає 1400 – 1900 см²/г, ступінь розкриття рудних мінералів 78–86%, в концентратах знаходиться до 6-8% бідних зростків з масовою часткою рудного мінералу менше 5%.

Відзначені характерні особливості розподілу мінералів у циклах збагачення: концентрат крупністю 45-50% класу – 0,07 мм містить до 30% розкритого рудного мінералу; частка зростків у концентраті фракції 0-0,07 мм не зменшується по мірі зниження крупності подрібнення від I до V стадії; концентрат забруднений бідними зростками, рівнопритягуваними і рівновидобувними з вільними рудними зернами; за рахунок крупних зростків масова частка заліза у концентраті знижується на 25%.

Одним із напрямів поліпшення якості концентрату деякі дослідники рекомендують зниження кінцевої крупності подрібнення з метою більш повного розкриття рудних мінералів. Проте в технології збагачення магнетитових руд цей напрям пов'язаний зі зменшенням продуктивності подрібнювального обладнання приблизно на 10-13% при підвищенні масової частки заліза в концентраті на 1% або збільшенням обсягів доподрібнення на 23-30%, тобто скороченням виробництва товарного концентрату на 10-13% або значному збільшенні фондо- і ресурсоспоживання, що у масштабі всієї галузі практично недопустимо.

Існуючу технологію збагачення магнетитових руд правомірно вважати екстенсивною і витратною. Необхідні альтернативні технологічні рішення, які б дозволили підвищити ефективність переробки руди, поліпшити якість товарних концентратів і забезпечити ресурсозбереження.

Відомо, що якість магнітних продуктів кожної технологічної операції залежить від масової частки розкритих частинок магнетиту, зростків і нерудних мінералів. Як показують дослідження, в магнітному продукті I стадії збагачення міститься близько 50% розкритих рудних частинок і майже стільки ж зростків, причому від 10 до 28% з масовою часткою рудного мінералу менше 5%. При екстенсивній технології збагачення зростки, що утворюються на I стадії переробки, потрапляють на II стадію доподрібнення як вихідний матеріал, з якого утворюються нові, більш важкопереробні зростки. Потім процеси структурно-текстурних перетворень, розкриття та відділення зростків ще більш ускладнюються через негативний вплив флокуляції та зниження

контрастності у фізичних властивостях розкритих рудних мінералів і зростків.

Для інтенсифікації технології збагачення магнетитових руд необхідно прискорити процес концентрації розкритих рудних мінералів у магнітних продуктах всіх стадій збагачення, починаючи з I стадії. З цієї метою спочатку слід переглянути розподільні процеси, що дозволяють виділити в окремі цикли переробки зростків, а для тих, що залишились, частини магнітного матеріалу – застосувати традиційні прийоми доводки. Аналіз експериментальних даних показує, що при виведенні з магнітного продукту I стадії збагачення зростків з масовою часткою рудного мінералу менше 5% (що технічно найменш складно), концентрація розкритих частинок магнетиту у магнітному продукті цієї стадії збагачення збільшується з 44-52% до 50-65%, а при видаленні зростків з масовою часткою рудного мінералу менше 25% (масова частка загального заліза 18-20%) – збільшується до 57-80,6% [1].

Проте можливості концентрації розкритих рудних мінералів цим не вичерпуються, тому що у магнітному продукті лишаються (розрахунково) ще 12-34% зростків з масовою часткою рудного мінералу більше 25%. Таким чином, застосування

розподільного процесу для магнітного продукту I стадії збагачення – досить ефективний технологічний прийом підвищення концентрації розкритих рудних мінералів у продукті. Одночасно з цим, що дуже технологічно важливо, із наступного циклу дробки магнітного продукту видаляється вихідний матеріал (зростки), що утворює нові важкозбагачуючі зростки. Введення розподільних процесів для перемішки магнітних продуктів у наступних стадіях сепарації дозволяє ще більш прискорити концентрацію розкритих рудних частинок, а зростки, що виділяються при цьому, об'єднати в один продукт для вибіркового і селективного його розкриття і дозбагачення.

Дослідження екстенсивної та інтенсивної технології проводилися на магнетитовій руді глибоких горизонтів Соколовського родовища (таблиця 1). Відповідно до результатів досліджень, інтенсивна технологія збагачення руди дозволяє отримати концентрат тієї ж якості, що і за стандартною технологією (масова частка заліза 67,8%), але при більш грубому подрібненні (76,6% класу 0,07 мм у порівнянні з 95% за стандартною), а при однаковій крупності подрібнення руди – отримати концентрат з масовою часткою заліза вище на 1,3%.

Таблиця 1. – Результати досліджень стандартної і ресурсозберігаючої технологій

Технологія	Продукти	Вихід, %	Масова частка Fe, %	Вилучення, %	Масова частка класу – 0,07 мм, %
Стандартна (екстенсивна)	Концентрат	54,0	67,8	84,2	95,0
	Хвости	46,0	14,9	15,8	55,0
	Вихідний	100,0	43,5	100,0	76,5
Ресурсозберігаюча (інтенсивна) з різною крупністю подрібнення	Концентрат	54,0	67,8	84,2	76,6
	Хвости	46,0	14,9	15,8	57,8
	Вихідний	100,0	43,5	100,0	68,0
	Концентрат	51,1	69,1	81,2	95,0
	Хвости	48,9	16,8	18,8	57,8
	Вихідний	100,0	43,5	100,0	76,8

Розрахунки показують, що при переробці 1 тонни руди за новою технологією експлуатаційні витрати знижуються на 0,55 крб., а капітальні – 0,65 крб. Для реалізації цієї технології у розподільних процесах застосовуються магнітні сепаратори підвищеної вибіркової та ефективності.

Таким чином, ресурсозберігаюча технологія дозволяє суттєво підвищити якість концентрату і зменшити питомі витрати електроенергії при рудопідготовці.

Технологія комбінованого подрібнення руд на Інгулецькому ГЗК

З поглибленням кар'єру Інгулецького родовища магнетитових руд погіршуються фізико-механічні властивості видобувної сировини, що знижує ефективність технологічного процесу самоподрібнення, яке застосовується на збагачувальній фабриці (другої черги) Інгулецького ГЗК. Одним зі шляхів підвищення ефективності є застосування напівподрібнення і комбінованого подрібнення.

Перший етап промислових випробувань комбінованої схеми подрібнення з використанням в I стадії млина самоподрібнення ММС-70х23 у заводському виконанні показав можливість збільшення продуктивності секції на 18,5% порівняно з секцією повного самоподрібнення під час одночасного зменшення масової частки заліза

в концентраті на 1%. Погіршення якості концентрату є наслідком нетехнологічності випробуваної схеми комбінованого подрібнення, за якою у другій стадії подрібнення в млині МШР-4000х7500 подрібнювалися і галя крупністю $-50+20$ мм, що виводиться з млинів ММС-7000х23000, і промпродукт I стадії магнітного збагачення крупністю $-1+0$ мм.

Для покращення якісних показників концентрату в 1985-1986 рр. на РЗФ-2 ІнГЗК проведено випробування нової комбінованої схеми подрібнення з модернізованим обладнанням і напівподрібненням у I стадії подрібнення. Для цих потреб здійснені реконструкція і модернізація технологічної схеми і обладнання секції №18 у наступних напрямках:

Для підвищення установленної потужності електродвигунів з 1600 до 2000 кВт (для можливості довантаження куль у млин) реконструйовані головні приводи для двох млинів ММС-7000х2300.

Розроблені, виготовлені й встановлені на млинах ММС-7000х2300 бутари-класифікатори зворотного типу з регульованим виводом галі.

Млини ММС-7000х2300 обладнанні новою конструкцією футерівки, що дозволило довантажувати у млин кулі.

На млинах ММС-7000х2300 встановлені розвантажувальні решітки з щільними отворами шириною 15 мм, які розташовані в периферійній частині.

На II і III стадіях подрібнення використані нові універсальні млини МШП-4000х7500.

У II прийомі знешламлювання застосовано дешламатор МД-9.

За пропозицією спеціалістів ІнГЗК для роботи млина ММС-7000х2300 з довантаженням 10-15% куль як головний привод використано електродвигун зі статором від електромашини СДС-19-56-40 потужністю 2500 кВт. Для забезпечення потрібної частоти обертання ротора 125 хв^{-1} його обмотка була попередньо переключена з 40 на 48 полюсів. Комбіноване використання двигуна дозволило прискорити випробування з мінімальними переробками привода млина. Встановлена потужність електродвигуна збільшилася від 1600 до 2000 кВт, забезпечивши задану потужність.

На базі виконаних тензометричних випробувань млина ММС-7000х2300 для проведення випробувань використані барабани з литими торцевими стінками. Технологічна схема самоподрібнення секції №17 включала три стадії самоподрібнення (самоподрібнення в I стадії і рудногалечне в II і III стадіях), три стадії магнітного збагачення і два прийоми знешламлювання.

Технологічна схема збагачення з комбінованим подрібненням секції №18 включала

три стадії подрібнення (напівсамоподрібнення в I стадії і кульового у II і III стадіях) та класифікації.

Млини ММС-7000х2300 I стадії подрібнення працювали при довантаженні куль діаметром 125 мм до 10-15% у замкненому циклі з односпіральними класифікаторами.

Класифікація у II стадії подрібнення здійснювалась у два прийоми і включала попередню і контрольну класифікацію промпродуктів магнітного збагачення. Подрібнення II і III стадії здійснювалось у млинах МШЦ-4000х7500.

Особливістю комбінованої схеми подрібнення було виключення виводу галі із млина I стадії подрібнення.

За період випробувань на секції №17 і 18 надходила руда практично однакового складу відносно різновидів, які представлені магнетитовими, силікат-магнетитовими залістими кварцитами.

Як відмічалось, млин самоподрібнення ММС-7000х2300 для роботи в режимі напівсамоподрібнення був обладнаний спеціальною футерівкою проточної частини барабана і розвантажувальної решітки з щільними отворами в її периферійній частині шириною 15 мм. Встановлено, що футерівка барабана млина самофутерується рудним завантаженням. На стикі циліндричної частині барабана з торцевою кришкою і розвантажувальною решіткою, а також на самій решітці відбувається зависання куль. Розмір щільних отворів розвантажувальної решітки через їх розвальцювання практично не змінився і в середньому склав 17 мм.

Первинна маса кульового завантаження млина ММС-7000х2300 №181 склав 40 т і складався з куль діаметром 125 і 60 мм. Через недостатню продуктивність й накопичення у млині куль малого діаметру в подальшому застосовувались лише кулі діаметром 125 мм. Аналогічна закономірність підтверджується практикою роботи закордонних фабрик.

Випробування проводились при різноманітних кульових завантаженнях. Аналіз впливу кульових завантажень на продуктивність млинів ММС-7000х2300 показує, що при довантаженні 48 т куль у кожен млин продуктивність секції по руді складає 193,5 т/год (100,8 т/год млини №181 і 92,7 т/год млин №183). Під час завантаження 10-15% куль (відповідає масі 35-53 т) продуктивність млина самоподрібнення працюючого без виводу галі, підвищується на 30-90%. Продуктивність секції з повним рудним самоподрібненням і виводом галі склала 162,9 т/год.

Випробування показали, що на процес самоподрібнення істотно впливає крупність вихідної руди. Із зменшенням масової частки класу $+75$ мм продуктивність млина збільшується.

Максимальна масова частка класу +75 мм у вихідній руді не повинна перебільшувати 40%.

Одним з основних параметрів, які визначають технологічні показники роботи барабаних млинів, є ступінь заповнення їх подрібнювальним середовищем.

Відомо, що загальне заповнення млинів напівсамоподрібнення кулями і крупногрудковими фракціями руди не повинно перевищувати 30-35% об'єму барабана млина [3].

Аналогічні результати отримані й під час випробувань на Інгулецькому ГЗКі, які показали, що найбільша ефективність напівсамоподрібнення досягається під час загального ступеня заповнення барабана млина (кулі+руда) рівного 30-35%.

При масовій частці 50,1% класу –0,05 мм у зливах класификаторів питома продуктивність млинів напівсамоподрібнення склала 0,605 т (м³/год). Питома продуктивність млинів ММС-7000х2300, які працюють у режимі самоподрібнення, 0,58 т (м³/год) при масовій частці 62% класу – 0,05 мм.

Питома вага енергії в I стадії комбінованого подрібнення відповідно 15,7 і 16,5 кВт на 1 т вихідної руди. Питомий вихід куль діаметром 125 мм склав 1,1 кг на 1 т руди. Довантаження куль у млин ММС-7000х2300 сприяє зниженню питомих витрат енергії та підвищенню питомої продуктивності по вихідній руді й по класу – 0,074 мм.

Подрібнення II і III стадії здійснюється у млинах МШЦ-4000х7500. Як подрібнювальне середовище використовувались параболоїди. На період випробувань млини заповнювались на 32-35% об'єму, при цьому споживана потужність двигуна склала 1650-1700 кВт. Крупність подрібнення по класу –0,05 мм для II і III стадій склала відповідно 86,1 і 95,3; питома продуктивність –0,73 і 0,1 т (м³/год), питомі

витрати помольних тіл на 1 т вихідної руди – 0,61 і 0,41 кг.

Млин МШР-4000х7600, працюючи у режимі рудногалежного подрібнення, споживає 1200-1250 кВт енергії [1].

За результатами роботи секції №18 масова частка заліза у концентраті 62,8%, що на 0,3% більше, ніж у раніше випробуваній комбінованій схемі подрібнення. За тристадіальною схемою самоподрібнення масова частка складає 63,5%.

Масова частка заліза в хвостах за комбінованою схемою подрібнення і тристадіального самоподрібнення відповідно склала 14,7 і 14,52%. Застосування комбінованої схеми подрібнення дозволяє збільшити продуктивність секції на 30,6 т/год і зменшити питому витрату електроенергії з 16,5 кВт/т до 15,7 кВт/т вихідної руди.

Таким чином, випробування показали, що комбінована схема подрібнення дозволила підвищити надійність роботи всієї технологічної схеми (за рахунок виключення із схеми конвеєрної подачі галі й скрапу у млин МРГ-7000х2300 і МРГ-4000х7500) і зменшити питому витрату електроенергії на подрібнення на 0,8 кВт на 1 т вихідної руди.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Сокур М.І., Сокур І.М. Маркетинг енергоресурсів при збагаченні руд: Монографія. – Кременчук: ПП. Щербатих, 2006. – 300 с.
2. Хопунов З.А., Ворончихин С.Л., Первухин А.В. Некоторые вопросы теории и практики обогащения руд черных металлов: Сб. статей // Механообчермет. – М.: 1987 – с. 99 – 108.
3. Сокур Н.И. Экономия энергоресурсов при дезинтеграции минерального сырья // Пути экономии ресурсов при обогащении руд: сборник научных статей / Ин-т Механообчермет. – М; Недра, 1990. – с. 3-8.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Описані енергозберігаючі методи подрібнення залізних руд з використанням магнітних полів. Викладені технологічні принципи економії ресурсів при збагаченні магнетитових руд та нова технологія комбінованого подрібнення руд на Інгулецькому ГЗК. Показано, що ресурсозберігаюча технологія дозволяє суттєво підвищити якість залізрудного концентрату і зменшити питомі витрати електроенергії при рудопідготовці.

Ключові слова: подрібнення залізних руд, енергозбереження, Інгулецький ГЗК, підготовка руди, збагачення залізної руди, залізрудний концентрат.

ABOUT AUTHORS

Сокур М.І. доктор технічних наук, професор, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. E-mail: m_sokur39@ukr.net

Равінська В.О. кандидат технічних наук, завідувачка відділу якості Полтавського ГЗК. E-mail: vita.ravinskaya@gmail.com



УДК 681.511.46:681

ПІДВИЩЕННЯ ФОНТАНОБЕЗПЕЧНОСТІ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ДАТЧИКІВ РІВНЯ В СИСТЕМУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Ткаченко Микола, Газопромислове управління «Полтавагазвидобування» Акціонерного товариства «Укргазвидобування» м. Полтава, Україна, tkachenkonupp@ukr.net

INCREASING THE SAFETY OF WELL DRILLING BY IMPLEMENTATION OF ULTRASONIC LEVEL SENSORS IN THE AUTOMATION SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Mykola Tkachenko, Gas industry management "Poltavagvydobuvannya" Joint-stock company "Ukrgazvydobuvannya" Poltava, Ukraine, tkachenkonupp@ukr.net

ABSTRACT

The scientific paper shows the main factors of ensuring fountain safety of drilling wells. An analysis of the constructions of level gauges installed on the receiving tanks of circulation systems of drilling rigs was carried out. A comparative analysis of float and ultrasonic level meters is carried out, their disadvantages and advantages are given. The issue of the relevance and effectiveness of the use of ultrasonic level sensors is considered. A conclusion was made about the great prospects of introducing ultrasonic level gauges in order to increase the well safety of well drilling and compliance with the modern level of digitization, digitization and automation of technological processes.

Key words: oil and gas production, fountain safety, level gauge, circulation system, float level sensor, ultrasonic level sensor, capacity

Основними напрямками розвитку паливно-енергетичного комплексу України визначені головні завдання галузі: підвищення темпів та ефективності розвитку економіки внаслідок прискорення науково-технічного прогресу, технічного переозброєння та реконструкції виробництва, інтенсивного використання виробничого потенціалу, вдосконалення системи управління. При цьому передбачено забезпечення видобутку достатньої кількості нафти, газу і газового конденсату за рахунок розвитку галузі шляхом введення в розробку великої кількості нових нафтогазових родовищ. Особлива увага приділяється освоєнню буріння свердловин на глибини 5000 – 7000 метрів і більше з метою введення в розробку глибокозалеглих родовищ. Збільшення обсягів видобутку нафти і газу неминуче пов'язане з експлуатацією нових родовищ і продуктивних горизонтів, відкриття яких залежить від ступеня досконалості технології буріння свердловин.

Досвід показує, що буріння до проектних глибин нерідко супроводжується зростаючим

впливом гідродинамічних, фізико-хімічних і механічних процесів, що виникають у наявному в стовбурі свердловини буровому розчині, на загальний стан системи «свердловина–пласт». Це в кінцевому рахунку призводить до численних ускладнень і аварій.

З усіх видів відомих ускладнень особливу небезпеку становлять газонафтоводопрови, що переходять за певних умов у відкриті газові і нафтові фонтани.

Боротьба з фонтанонебезпечністю є одним із найважливіших завдань технологічних і виробничих служб бурових і газонафтовидобувних підприємств і являє собою цілий комплекс технічних, технологічних і організаційних заходів, який в сукупності являє собою технологію забезпечення безаварійного ведення робіт з позицій запобігання ГНВП, викидів і відкритих фонтанів.

Для зменшення ризику аварій, пов'язаних з викидом і фонтанування, необхідно використовувати найсучасніше обладнання, прогресивні технології та матеріали, приймати

тільки продумані рішення. Одним з вирішальних факторів запобігання переходу проявів у відкритий фонтан є застосування ефективних технічних засобів для попередження виникнення і розвитку ГНВП.

Своєчасне виявлення ГНВП досягається за допомогою засобів вимірювальної техніки та контрольних приладів, що оснащені аварійною звуковою та світловою сигналізацією, а також реєструючими пристроями із записом на діаграмі.

До таких технічних засобів контролю, за свідченнями яких судять про ознаки розпочатого надходження пластового флюїду відноситься рівнемір бурового розчину.

Рівнемір – реєструє сумарний обсяг бурового розчину за зміною рівня рідини в приймальних ємностях; забезпечується пристроєм автоматичної сигналізації; в складних геологічних умовах оснащується реєструючим приладом із записом показань на діаграмі.

Сьогодні рівень розчину в ємностях циркуляційної системи визначають поплавковими датчиками.

Принцип дії заснований на вимірюванні висоти положення поплавця щодо поверхні ємності або вимірювальної бази (осі) датчика. Поплавкові датчики за будовою і механіки процесу можна розділити на п'ять груп (рис. 1).



Рисунок 1 – Датчики рівня поплавкові: а – герконовий: PitLevelSensor (PLS) (Weatherford); б – магнітострикційний: Дубров (СКБ «Ореол»); в – потенціометричний ДУП-1 (ЗАТ АМТ); г – штанговий: ДУ-Ш (ВАТ НПФ «Геофізика»); д – безштанговий: УПБ-М (ТПГ)

Поплавкові датчики є застарілим типом рівнемірів та мають багато недоліків, таких як: низька роздільна здатність, досить висока погрішність показань, прямий контакт з буровим розчином (пряма залежність пересувань поплавця від властивостей бурового розчину). В зв'язку з

цим, вони поступово виходять з обігу станцій ГТВ.

Ультразвукові датчики рівня (рис.2) призначені для вимірювання рівня бурового розчину в робочих і приймальних ємностях бурової установки.



Рисунок 2 – Ультразвукові датчики рівня

Принцип роботи ультразвукових рівнемірів заснований на тому, що звукові хвилі відбиваються від перешкоди, якими є об'єкти вимірювання. Випромінювач ультразвукового рівнеміра, розташований в корпусі датчика, посилає ультразвукові хвилі, частина яких відбивається від об'єкта вимірювання та повертається назад в приймач. У датчику прийнятий відбитий сигнал перетворюється вбудованою електронікою в напругу. Таким чином, інтегрований контролер вимірює час, за який сигнал проходить шлях від випромінювача, що відбивається від об'єкта і повертається на приймач. Переваги ультразвукових датчиків рівня очевидні, адже відсутній контакт з продуктом, а тому на рівнемірі не утворюються відкладення. Прилади дуже компактні, мають надійну конструкцію, не мають рухомих частин і практично не потребують обслуговування.

Ультразвукові датчики рівня мають багато переваг: чудові експлуатаційні характеристики та надійність, повністю герметизований сенсор, відсутність необхідності технічного обслуговування, робота при низькій напрузі живлення, автоматичне придушення помилкового

ехосигнала, простота встановлення, швидке введення в експлуатацію та готовність до цифровізації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Датчики систем автоматизации технологических процессов бурения нефтяных и газовых скважин : справочное пособие / С.И. Васильев, Л.А. Лапушова. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 138.
2. Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование / под ред. А. М. Гусмана и К. П. Порожского. – Екатеринбург: УГГА, 2002. – 592 с.
3. Чабаев Л. У., Чудновский Д. М., Хлебников С.Р., Аветисов А.Г., Зозуля Г.П., Кустышев А.В., Пуля Ю.А. Фонтаноопасность при бурении, эксплуатации и ремонте скважин. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2009. – 267 с.
4. Левицкий А.З., Командровский В.Г., Тенишев В.М., Шилкин И.В. Компьютерные и информационные технологии в решении задач оперативного управления бурением Ч. 1, 2, 3, М.: Нефть и газ, РГУНГ им. Губкина, 1999, 2000, 2001.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

У статті показані основні фактори забезпечення фонтанобезпечності буріння свердловин. Проведено аналіз конструкцій рівнемірів, що встановлюються на приймальних ємностях циркуляційних систем бурових установок. Проведений порівняльний аналіз поплавкових та ультразвукових рівнемірів, наведені їх недоліки та переваги. Розглянуте питання про актуальність і ефективність застосування ультразвукових датчиків рівня. Зроблений висновок про великі перспективи впровадження ультразвукових рівнемірів з метою підвищення фонтанобезпечності буріння свердловин та відповідності сучасному рівню цифровізації, діджиталізації й автоматизації технологічних процесів.

Ключові слова: газонафтопроєкти, фонтанобезпечність, рівнемір, циркуляційна система, поплавковий датчик рівня, ультразвуковий датчик рівня, ємність.

ABOUT AUTHORS

Ткаченко Микола, Газопромислове управління «Полтавагазвидобування» Акціонерного товариства «Укргазвидобування» м. Полтава, Україна, tkachenkonupr@ukr.net



УДК 553.2 (477)
УДК 622.23

РОЛЬ РІДКІСНИХ І РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ МЕТАЛІВ У 5-6 ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТРОЯХ: ПЕРСПЕКТИВИ УКРАЇНИ

Л.Шпильовий¹, В.Білецький²

¹ ТОВ "Азов-Мінеральна техніка", Донське, Україна

² Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна. e-mail: ukcdb@i.ua, тел. +380 (067) 717-80-68.

THE ROLE OF RARE AND RARE-EARTH METALS IN 5-6 TECHNOLOGICAL DEVICES: PERSPECTIVES OF UKRAINE

L. Shpylovyi¹, V. Biletskyi²

¹ LLC "Azov-Mineraltehnika", Donske, Ukraine

² National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

*Corresponding author: e-mail ukcdb@i.ua, tel. +380(067) 717-80-68.

ABSTRACT

The role of rare and rare-earth metals in the set of modern and future related industries, which have a single technical level and develop synchronously, is shown. Today, the 5th (the age of computers and telecommunications) and 6th (nanotechnology) technological devices are the core technological devices that determine the course of scientific and technological progress. The authors emphasize the exceptional importance of rare and rare-earth metals in the modern and further development of the economy of the countries of the world. In particular, Ukraine's prospects are considered in this context.

Keywords: rare and rare-earth metals, extraction, processing, use, scientific and technical progress, world market of rare metals, Ukraine

ВСТУП. З розвитком новітніх галузей науки й техніки в усьому світі різко зростає роль рідкісних (РМ) і рідкісноземельних (РЗМ) металів, які використовуються у провідних галузях виробництва і забезпечують економічну й оборонну безпеку будь-якої держави. Важко назвати галузь техніки, яка тією чи іншою мірою не застосовувала б рідкісні метали, їх сплави та різноманітні сполуки. Атомна енергетика, радіоелектроніка, авіаційна й ракетна техніка, машинобудування, приладобудування, хімічна й медична промисловість, виробництво напівпровідникових і наноматеріалів, спеціальних сортів легованих сталей, композиційних матеріалів безупинно розширюють номенклатуру застосування рідкісних і рідкісноземельних металів і підвищують вимоги до їхньої чистоти. Рідкісні й рідкісноземельні метали та їх сполуки мають різочу різноманітність фізико-хімічних властивостей, що й визначає надзвичайно широкі

сфери їхнього застосування. В усьому світі зростають масштаби виробництва й споживання рідкісних і рідкісноземельних металів [1].

Забезпеченість і використання промисловістю стратегічних видів мінеральної сировини – рідкісних металів, – є важливими показниками рівня розвитку економіки кожної країни. У першу чергу це стосується ніобію, танталу, рідкісних земель, цирконію, ванадію, молібдену, вольфраму, титану, які знаходять застосування у вигляді концентратів, оксидів чи хімічних сполук, металічних порошків та сплавів у різних галузях промисловості.

Розвиток наукоємних технологій зумовлює сталу світову тенденцію до збільшення споживання рідкісних металів [2]. Спостерігається тенденція неухильного росту споживання продукції на основі рідкісних та рідкісноземельних металів як в традиційних, так і в новітніх високих технологіях, що свідчить про

необхідність посиленої уваги до проблеми розвитку мінерально-сировинної бази цієї групи металів (рис. 1).

Основний виклад. Оскільки рідкісні метали відносяться до матеріалів високих технологій (*advanced materials*), темпи їх світового виробництва суттєво випереджають темпи росту практично всіх видів корисних копалин. Прогнози розвитку ринку рідкісних металів дуже сприятливі. Всі надмагнітні, надлегкі, надтверді, наджаростійкі і високоміцні конструкційні матеріали в наші дні створюються на основі або з використанням рідкісних металів. Всі ресурсо– і

енергозберігаючі технології сьогодні неможливо створити без рідкісних елементів. Зараз налічується багато областей ефективного використання рідкісних металів як у військовій, так і в цивільних областях промисловості, медицини. Рідкоземельні елементи (РЗЕ) є ключовими інгредієнтами для низки енергетичних та інформаційних технологій. Вони є незамінною частиною потужних магнітів для виробництва електроенергії для компонентів акумуляторної батареї, а також для оптичних пристроїв, таких як лазери.

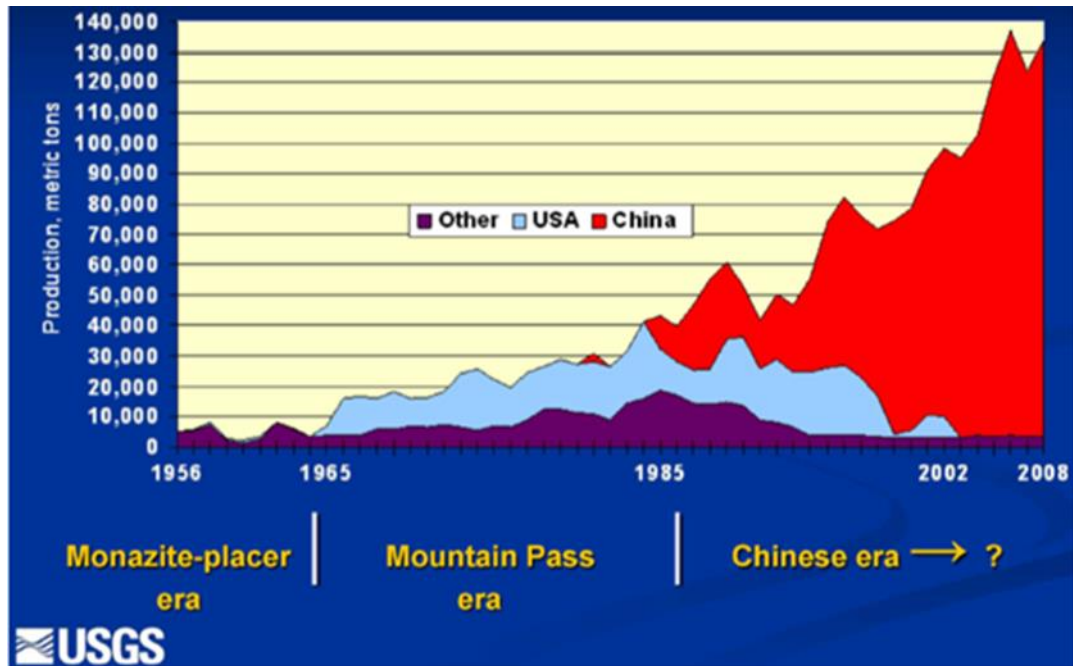


Рисунок 1. Глобальний видобуток РЗЕ. Лідер видобутку станом на початок XXI ст. — Китай.

Промислово-економічний рівень розвитку сучасних держав визначається масштабами споживання не стільки чавуну і сталі, скільки рідкісних металів. Найбільшими споживачами рідкісних металів в світі є країни, що досягли найбільших успіхів в науково-технічному прогресі: США, країни Західної Європи, Японія, Китай.

Відповідно до «Звіту про світовий ринок рідкоземельних металів за 2022 рік» The Business Research Company⁴ очікується, що розмір ринку рідкоземельних металів зросте з 5,72 мільярда доларів США у 2021 році до 6,53 мільярда доларів США у 2022 році за середньорічного темпу зростання (CAGR) 14,1%. Очікується, що світова частка ринку рідкоземельних металів зросте до 9,65 мільярдів

доларів у 2026 році при середньому темпі зростання 10,3%. Згідно з аналізом ринку рідкоземельних металів, очікується, що збільшення попиту на електроніку стане основним рушієм ринку в прогнозований період [3].

Основні тенденції ринку рідкоземельних металів – розробка надтонких 2D-магнітів формує перспективи ринку рідкоземельних металів, що призводить до нових застосувань в обчислювальній техніці та електроніці. Тенденції промисловості рідкоземельних металів включають надтонкі двовимірні магніти, які можуть працювати при кімнатній температурі та можуть використовуватися в обчислювальній техніці та електроніці. Наприклад, у липні 2021 року вчені Департаменту енергетики Національної лабораторії імені Лоуренса Берклі нещодавно розробили ультратонкий 2D-магніт, який є хімічно стабільним за умов навколишнього середовища та може використовуватися в компактних спінтронних пристроях пам'яті високої щільності [3].

⁴ The Business Research Company
<https://www.thebusinessresearchcompany.com/>

Масштаби видобутку, виробництва й споживання більшості рідкісних металів, необхідних для розробки саме новітніх технологій, – це точний індикатор науково-технічного розвитку країни. Отже, ні про який розвиток нанотехнологій не може бути й мови, якщо країна не виробляє і не споживає рідкісні елементи.

Станом на 2021 р. Китай є монополістом на світовому ринку як з видобутку, так і з переробки РЗЕ, і більшість країн і галузей промисловості світу залежать від китайського експорту. Протягом останнього десятиліття США постійно імпортували понад 80% своїх поставок РЗЕ з Китаю (USGS 2010-2021).

Складність подолання китайської монополії полягає в тому, що Китай не тільки має найбільші у світі запаси РЗЕ, але також є домом для близько 80% потужностей з переробки РЗЕ. Переробка РЗЕ є дорогим процесом із значним впливом на навколишнє середовище, і багато країн, які видобувають руду РЗЕ на власних територіях, вибирають переробку в Китаї, а не переробку всередині країни [4].

Україна суттєво відстає від економічно розвинутих країн в споживанні рідкісних металів. Так, споживання ніобію на одну тонну виплавленої в нашій країні сталі складає 6-8 грамів, в той час як в провідних країнах цей показник сягає 110-155 грамів [5].

Сучасні світові ринки сировини та інвестиційні проекти в царині надрокористування жорстко поділені, а їх найпривабливіші сегменти характеризуються високим напруженням конкурентної боротьби. Глобалізація світового мінерально-сировинного комплексу стала реальністю. На сьогодні близько 100 транснаціональних корпорацій контролюють більше 70 % світового видобутку і переробки корисних копалини. Для більшості видів мінеральної сировини характерна ситуація, коли декілька країн задовольняють не менше 60-70 % світової потреби в ній. Такі країни, зокрема ті, які мають розвідані запаси рідкісних металів, мають суттєві переваги в конкурентній боротьбі.

Численними геологічними дослідженнями встановлено, що Україна є унікальною рідкіснометалічною провінцією [6-11].

Станом на початок ХХІ ст. перспективними залишаються такі рудні об'єкти: Пержанське берилієве, Ястребецьке флюоритциркон рідкісноземельне, Малишівське ільменітцирконове, Полохівське, Шевченківське та Станковатське літєві, Азовське циркон-рідкісноземельне, Жовторіченське скандій-ванадієве, Мазурівське нефелін-польовошпат-рідкіснометалічне, Вербинське молібденове, Новополтавське апатит-рідкісноземельне, Федірівське, Кропивинське, Стремгородське апатит-титаномагнетит-рідкіснометалічне.

Разом з тим, цей потужний природний потенціал для розвитку економіки країни до теперішнього часу в повній мірі не

використовується. Показники імпорту рідкіснометалічної продукції говорять про те, що Україна, володіючи значними сировинними запасами рідкісних і рідкісноземельних металів, змушена їх завозити. Це говорить про нерозвиненість вітчизняної галузі рідкісних металів [8].

Державними програмами розвитку мінерально-сировинної бази для задоволення потреб нашої країни в РМ і РЗМ планувалося освоєння ряду нових великих об'єктів, в першу чергу Мазурівського родовища нефелінових сієнітів – комплексних нефелін-польовошпат-рідкіснометалічних руд. Однак постійна зміна як політичної, так і економічної ситуації, відволікання уваги високопосадовців на боротьбу за владу, бездіяльність чиновників, ставали на заваді реалізації державними структурами намічених планів. А приватний бізнес не створив свого вітчизняного сектора видобування і продуктування РМ і РЗМ.

Проте завдання щодо підготовки й створення вітчизняної мінерально-сировинної бази РМ та РЗМ продиктовані не тимчасовими обставинами, а розрахунками на тривалу перспективу [12-16], та повинні відповідати національним інтересам держави [8]. Слід зауважити, що в міжнародній торгівлі політичні міркування нерідко переважають економічну доцільність, та диктують свої умови гри.

В Україні поки що в промислових масштабах налагоджено виробництво лише титанових та цирконієвих концентратів, та деяких продуктів їх переробки.

У той же час, на території Східного Приазов'я знаходиться Мазурівське родовище нефелін-польовошпат-циркон-тантал-ніобієвих руд [17-27], яке просторово та генетично пов'язане зі становленням Октябрського лужного масиву. Згідно техніко-економічної доповіді (ТЕД) родовище визнане рідкіснометалічним [26, 28-31], проте саме комплексний характер руд зумовлює промисловий інтерес до нього. Останнім часом спостерігається поживлення господарської діяльності підприємств керамічної та скляної галузі, що мають значну потребу в польовошпатовому концентраті, яка на сьогодні задовольняється імпортом із Росії та Туреччини. Комплексне використання всіх корисних копалин Мазурівського родовища значно підвищує перспективи його освоєння.

З практичної точки зору, можливість суттєвого зниження залежності від імпорту концентратів рідкісних металів (ніобію, танталу та ін.), можливість зниження собівартості вітчизняного виробництва феросплавної та іншої рідкіснометалевої продукції, а також створення вітчизняної сировинної бази нефелін-польовошпатових матеріалів залежить від глибини вивчення геолого-економічних, технологічних, інженерно-геологічних та екологічних параметрів Мазурівського родовища як «еталонного комплексного пілотного об'єкту». Освоєння родовища

сприятиме зміцненню рідкіснометалічної та польовошпатової сировинної бази України. Обидві підгалузі промисловості надзвичайно важливі для економіки держави, забезпечення внутрішнього ринку та зміцнення експортного потенціалу країни [24-26].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Жарменов А.А. Сила – в комплексности: Национальному центру по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан – 25! // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – М., 2018. – Вып. 61(9). – С. 674-677.
2. U.S. Geological Survey, 2021, Mineral commodity summaries 2021: U.S. Geological Survey, 200 p. URL: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf>
3. Rare Earth Metals Global Market Estimated To Grow At 14% Rate // The Business Research Company's Rare Earth Metals Global Market Report 2022: Market Size, Trends And Forecast To 2026. LONDON, GREATER LONDON, UK, August 17, 2022. URL: https://www.einnews.com/pr_news/586461734/rare-earth-metals-global-market-estimated-to-grow-at-14-rate
4. The Not-So-Rare Earth Elements: A Question of Supply and Demand. // HYONG-MIN KIM, DEEP JARIWALA / SEPTEMBER 23, 2021. URL: <https://kleinmanenergy.upenn.edu/research/publications/the-not-so-rare-earth-elements-a-question-of-supply-and-demand/>
5. Шпильовий Л. В. Збагачення ніобієвих руд: монографія / Л. В. Шпильовий, В. С. Білецький, К. Л. Шпильовий; ред. В. С. Білецький. — Київ: Халіков Р. Х., 2021. — 160 с.
6. Волкова Т.П. Геолого-геохимические критерии оценки редкометалльных месторождений в щелочных комплексах Приазовья (Украинский цит): Автореф. дис. д-ра... геол. наук: 04.00.11 / ИГМР НАН Украины. – К., 2004. – 28 с.
7. Волкова Т.П. Редкометалльные объекты Донецкой области – путь развития экономических отношений между Украиной и Россией // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини / Під ред. Л.С. Галецького – К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2005. – С. 33-36.
8. Выдолоб В.В. Благородные и редкие металлы: информационное обеспечение, стратегические направления развития, значимость для регионов / В.В. Выдолоб, С.Г. Грищенко, С.В. Кольцов // Благородные и редкие металлы. – Донецк: ДонНТУ, ООО «Норд Компьютер». – 2003. – С. 15-17.
9. Гурський Д. С. Металічні корисні копалини // Металічні і неметалічні корисні копалини / Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. [та ін.]; Наук. ред. М. П. Щербак, О. Б. Бобров. — НАН України, Держ. геолог. служба України.. — Київ: Центр Європи, 2006. — Т.1. — 739 с. — ISBN 966-7022-61-7.
10. Стрекозов С.Н. Перспективы геолого-промышленной переоценки месторождений и рудопроявлений редких металлов и редких земель Приазовья в новых экономических условиях / С.Н.Стрекозов, Н.А.Козарь, В.В.Груба // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини / За ред. Л.С. Галецького – К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2005. – С. 259-261.
11. Фоций Н.В., Козарь Н.А., Стрекозов и др. Создание в Донецком регионе промышленной базы по получению редких металлов и редких земель / Н.В.Фоций, Н.А.Козарь, С.Н.Стрекозов // Рідкісні метали України – погляд у майбутнє / За ред. Л.С. Галецького – К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2001. – С.105.
12. Ажажа В.М. Редкие металлы в науке и технике / В.М.Ажажа, А.В.Бабун, А.М.Бовда // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини / За ред. Л.С. Галецького – К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2005. – С. 7-11.
13. Айнберг Л.Ф. Приазовский щелочной массив / Л.Ф.Айнберг // Тр. Всесоюзн. Геол.-развед. об-ния НКТП СССР. – Л.: М., 1933. – Вып. 196. – С. 3-19.
14. Атлас “Геологія і корисні копалини України” / [Галецький Л.С., Чернієнко Н.М., Брагін Ю.М. та ін.]; за ред. Л.С.Галецького]. – НАН України, Міністерство екології та природних ресурсів, ДФФД Міністерство освіти і науки, ТОВ УЦПТ “Геос-XXI сторіччя”. К.: ДП «Такі Справи», 2001. – 168 с.
15. An Atlas of Geology and Mineral Resources of Ukraine / [Galets'kyi L.S., Cherniyenko N.M., Drannuk A.S. and other]; under L.S. Galets'kyi]. – Printed in Canada. Publisher – Toronto: University of Toronto Press, 2007. – 168 с.
16. Волкова Т.П. Особенности размещения тантал-ниобиевого оруденения в Октябрьском массиве / Т.П. Волкова, Р.В.Попов // Благородные и редкие металлы. – Донецк: ДонНТУ, ООО «Норд Компьютер», 2003. – С. 186-188.
17. Галецкий Л.С. Роль минеральных ресурсов Украины в преодолении кризисных явлений в экономике / Л.С.Галецкий, Н.Н.Черниенко // Развитие продуктивных сил Украины: від В.І. Вернадського до сьогодення: Матеріали міжнародної наукової конференції. – Київ, 20 березня 2009 р.: У 3-х част. / РВПС України НАН України. — К.: РВПС України НАН України, 2009. – Ч.2 – С. 87-90.
18. Галецкий Л.С. Состояние и перспективы обеспечения ГМК Украины минеральным сырьем / Л.С.Галецкий, Н.Н.Черниенко // Геолог Украины, 2008. – № 4. – С. 27-38.

19. Галецький Л.С. Зміна ролі і значення мінерально-сировинного потенціалу України в сучасних умовах / Л.С.Галецький, Є.О.Яковлев, Н.М.Чернієнко // Національна безпека: український вимір: Наук. зб. Рада нац. безпеки і оборони України, Ін-т пробл. нац. безпеки. — К., 2009. — Вип. 4(23). — С. 32-38.

20. Донской А.Н. Нефелиновый комплекс Октябрьского щелочного массива / А.Н.Донской — К.: Наук. думка, 1982. — 148 с.

21. Донской А.Н. Перспектива обеспечения Украины собственной сырьевой базой алюминиевой промышленности / А.Н.Донской, Е.А.Кулиш // Геология та генезис рудних родовищ України (сучасний стан, нові підходи проблеми, рішення). - К.: УкрДГРІ, 2004. — С. 226-228.

22. Донской А.Н. Нефелиновые породы Украины – комплексные алюминий-глиноземные и редкометалльные руды / А.Н.Донской, Е.А.Кулиш, Н.А.Донской – К.: Логос, 2004. — 222 с.

23. Когон Э.Ш. Особенности технологической минералогии редкометалльной и редкоземельной сырьевой базы Приазовья / Э.Ш.Когон, Н.Н.Черниенко // Геол. журнал, 2006. — № 4. — С. 87–90.

24. Черниенко Н.Н. Геолого-технологические особенности освоения Мазуровского месторождения Приазовья Черниенко // Геологический журнал, 2006. — № 2-3. — С. 191-197.

25. Черниенко Н.Н. Мазуровское месторождение редкометалльных нефелин-полевошпатовых руд – проблемы и перспективы освоения / Н.Н.Черниенко // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини / Під

ред. Л.С. Галецького – К.: Ін-т геол.наук НАН України, 2005. — С. 280-286.

26. Чернієнко Н.М. Геолого-економічні критерії комплексного освоєння Мазурівського родовища польвошпат-нефелін-рідкіснометалевих руд Приазов'я // Геолог України, 2008. — № 3. — С. 32-43.

27. Шпилевой К.Л. Разработка технологии извлечения редких металлов из отходов обогащения мариуполитов / К.Л.Шпилевой, В.С.Белецкий, Р.Л.Попов, Л.А.Маклакова // Благородные и редкие металлы. — Донецк: ДонНТУ, ООО «Норд Компьютер», 2003. — С. 257-259.

28. Гамалинский А.И., Ивашутин Д.Д., Фрикова З.С. Техничко-економический доклад о целесообразности проведения детальной разведки на Мазуровском месторождении с обоснованием временных кондиций: Отчет о НИР / ИМР. — Донецк, 1990. — 242 с.

29. Гамалинский А.И., Ивашутин Д.Д., Фрикова З.С. Дополнения к «Техничко-економическому докладу о целесообразности проведения детальной разведки на Мазуровском месторождении с обоснованием временных кондиций: Отчет о НИР / ИМР. — Донецк, 1990. — 104 с.

30. Коваль Е.М., Павлюченко Р.А., Стрекозов С.Н. и др. Отчет о результатах предварительной разведки Мазуровского месторождения редких металлов, проведенной в 1984-1991 гг. с подсчетом запасов на 01.01.1991 г. : Отчет о НИР / ППРЭ КП «Южукргеология». — Волноваха, 1991. — 344с.

31. Коваль Е.М., Стрекозов С.Н., Козина Е.Д. Проект на проведение детальной разведки Мазуровского редкометалльного месторождения 1994-1998 г.: Отчет о НИР / ППРЭ КП «Южукргеология». — Волноваха, 1998. — 286 с.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Показана роль рідкісних і рідкісноземельних металів у сукупності сучасних і майбутніх зв'язаних виробництв, що мають єдиний технічний рівень і розвиваються синхронно. Сьогодні стрижневими технологічними устроями, які визначають хід науково-технічного прогресу, є 5-й (епоха комп'ютерів і телекомунікацій) та 6-й (нанотехнології) технологічні устрої. Автори акцентують увагу на виключній важливості рідкісних і рідкісноземельних металів у сучасному і подальшому розвитку економіки країн світу. Зокрема, в цьому контексті розглянуті перспективи України.

Ключові слова: рідкісні і рідкісноземельні метали, видобування, переробка, використання, науково-технічний прогрес, світовий ринок рідкісних металів, Україна.

ABOUT AUTHORS

Л.Шпилевий, ТОВ "Азов-Мінеральна техніка", Донське, Україна

В.Білецький, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна.
e-mail: ukcdb@i.ua, тел. +380 (067) 717-80-68.



УДК 372.83

ІНТЕРНЕТ-ДИДАКТИКА У РОЗВИТКУ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНЬОГО ФАХІВЦЯ (на прикладі розвитку медіакомпетеності фахівців з нафтогазової справи)

В.Білецький¹, Г.Онкович²,

¹доктор технічних наук, професор, НТУ «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

ukcdb@i.ua

²доктор педагогічних наук, професор, Київський медичний університет, Київ, Україна onkan@ukr.net

INTERNET DIDACTIC IN THE DEVELOPMENT OF THE PROFESSIONAL COMPETENCE OF THE FUTURE SPECIALIST (on the example of the development of media competence oil and gas specialists)

V.Biletskyi¹, H.Onkovich²,

¹doctor of technical sciences, professor, NTU "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine ukcdb@i.ua

²doctor of Pedagogical Sciences, professor, Kyiv Medical University, Kyiv, Ukraine onkan@ukr.net

ABSTRACT

The article examines and analyzes the peculiarities of Internet didactics and its components in order to increase the effectiveness of the educational process and scientific research, in particular, and primarily in the specialty "Oil and Gas Engineering and Technologies". Examples illustrate the use of blog didactics, Wikididactics, webinar didactics, and specialized online lecture courses. In the context of Internet didactics, the topic of information reliability is raised. The current domestic classification of scientific and educational publications is presented. Formulated methodical approaches and recommendations for their use.

Keywords: *mining engineering, oil and gas engineering, media culture, media didactics, media didactics of higher school, Internet didactics, media education, professionally oriented media education, professional competence, media competence, professionally oriented special course, development of professional competence*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У 2012 р. розвиваючи поняття «медіадидактика» Г.Онкович виділяє «старі медіа» і «нові медіа» [1]. При цьому ще 10 років тому вже відбувається підбиття підсумків щодо використання «старих медіа» (преси, кіно, радіо, телебачення) у навчальному процесі [1]. Зауважимо, що цей ряд можна продовжити різними технічними засобами навчання – від окремих (діафільми, прозорки, проєктори тощо) до спеціальних навчально-контролюючих машин (наприклад «Ластівка», «КИСИ»). Одночасно розкривалися технології пресодидактики і пресолінгводидактики, радіодидактики, теледидактики, кінодидактики, пропонувалися тематичні уроки, тобто йшлося про врахування індивідуальних фахових зацікавленостей, освітніх

траєкторій студентів. «Медіадидактика» розглядалася як «парасолькове поняття».

Водночас, на початку 2010 років в Україні набували популярності інформаційно-комунікаційні технології, які до того бурхливо поширилися в розвинених країнах світу. Виокремлюється поняття «нові медіа», зокрема «інтернет-дидактика» [2, с. 263–286].

Суть терміну «Інтернет-дидактика» витікає з його двох складників. Дидактика — це розділ педагогіки, який вивчає закономірності засвоєння знань, умінь і навичок, формування переконань. Якщо інтернет розглядати як один із сучасних каналів поширення інформації, то тоді Інтернет-дидактика — це засвоєння знань, умінь і навичок, формування переконань через канали інтернету. І вже невдовзі це поняття швидко стане теж «парасольковим».

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Сучасний навчальний процес суттєво базується на використанні медіа джерел. Виникла потреба у таких освітніх явищах, як медіаграмотність [3], медіакомпетентність [4, 5, 6, 7], медіакультура [8, 9]. Саме вони стали ключовими ознаками фаховості спеціаліста. Їхнє набуття супроводжується розвитком медіаосвітніх технологій [10, 11, 12]. В останні роки з'явилося розуміння, що саме завдяки медіаосвітнім технологіям у людини упорядковане життя формується і розвивається медіаінформаційна грамотність. Особливого імпульсу ці технології набувають в роки, коли особистість формує коло своїх інтересів, визначається з життєвими потребами. Молодь багато часу проводить в Інтернеті з метою пошуку інформації, навчання, спілкування, розваг. Існує нагальна потреба використовувати медіаінформаційні технології в освітньому процесі для того, щоб навчання було сучасним, цікавим, динамічним, оскільки саме ці технології мають якісно нові можливості [13, 14, 15]

Публікацій на цю тему достатньо, ми зупинимося на тих, котрі висвітлюють розвиток медіакомпетентності фахівців з нафтогазової справи. Першою тут була І.А.Сахневич з Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. В кандидатській дисертації «Педагогічні умови застосування медіаосвітніх технологій у професійній підготовці майбутніх фахівців нафтогазового профілю» [16] вона запропонувала систему професійно орієнтованих медіатехнологій і представила ці напрацювання у Практикумі для самостійного володіння основами медіакомпетентності для студентів I–IV курсів технічних спеціальностей [17].

Деякі роки тому у Фейсбучі з'явилися сторінки-блоги: «Нафтогазова освіта» [18] та «Освіта за спеціальністю „Нафтогазова інженерія та технології» [19], які почали спрямовувати студентів на пошук і використання професійно орієнтованої інформації з майбутнього фаху. У статті «ПРОФЕСІЙНО ОРІЄНТОВАНА МЕДІАОСВІТА ДЛЯ СПЕЦІАЛІСТІВ З ГІРНИЧОЇ ТА НАФТОГАЗОВОЇ ІНЖЕНЕРІЇ» пропонується програма нового спецкурсу і даються деякі рекомендації з його впровадження у систему вищої освіти. Для спеціальностей 184 «Гірництво» і 185 «Нафтогазова освіта» [20]

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. У прикладах, наведених вище, дослідниками-практиками було розглянуто різні аспекти використання засобів масової інформації та їхніх продуктів у навчальному процесі. У різних навчальних закладах з'являються спецкурси з медіаосвіти, що свідчить про розвиток медіадидактики вищої школи, яка збагачувався новітніми технологіями, термінами, поняттями. Постає потреба узагальнити ці

теоретичні напрацювання з опертям на досвід практиків, зокрема, в сфері гірничої та нафтогазової інженерії. У пропонованій статті ми розкриваємо складники інтернет-дидактики на прикладі застосування блогодидактики, вікідидактики, вебінародидактики, спеціалізованих он-лайн курсів лекцій, знайомимо з бібліотеками і картотеками у інтернет-просторі, а також порушуємо тему надійності інформації.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Інтернет-дидактика — частина медіадидактики, яка вивчає закономірності засвоєння знань, умінь і навичок, формування переконань з опертям на медіаджерела та використанням медіа продуктів (друковані видання, радіоканали, телебачення, інтернет). Її метою є розвиток медіаграмотності / медіакомпетентності, тобто навчити користуватися інформаційно-комунікативною технікою, виражати себе і спілкуватися за допомогою медіа, інтернетзасобів, свідомо сприймати і критично тлумачити інформацію, відділяти реальність від її віртуальної симуляції. Бо функції медіа (інтернету) дуже різні — інформаційна, впливу, коментарійно-оцінювальна, пізнавально-просвітницька та розважальна. Нам же треба з цього моря інформації в короткий час брати тільки те, що потрібно для освітнього процесу, навчання і наукових досліджень і абстрагуватися від ряду інших функцій інтернету.

Отже, в пропонованій статті розглядаються особливості інтернет-дидактики та її складників для підвищення ефективності навчального процесу та наукових досліджень, зокрема, і в першу чергу за спеціальністю «Нафтогазова інженерія та технології». Для цього розглянемо окремі можливості складників інтернет-дидактики, таких, як блогодидактика, вікідидактика, вебінародидактика тощо.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Блогодидактика

Блог (англ. blog, від web log — «мережевий журнал чи щоденник подій») — це вебсайт (сукупність веб-сторінок), головний зміст якого — регулярно додавані записи, зображення чи мультимедіа — комбінування різних форм представлення інформації на одному носіїві, наприклад текстової, звукової і графічної, або, останнім часом все частіше — анімації і відео. Для блогів характерні короткі записи тимчасової значущості. Блогерами називають людей, які ведуть блог. Сукупність всіх блогів в Інтернеті прийнято називати блогосферою. *Пост* (окреме повідомлення блогу) має заголовок, дату публікації, зміст (інформаційне наповнення блогу). Як правило, до кожного посту читачі можуть залишити коментарі (відгуки до публікації) за допомогою простої Web-форми. Таким чином, блогодидактика — це використання

блогосфери з освітньою та інформаційною метою. Зауважимо, що блогосфера — сукупність всіх блогів та їхніх взаємозв'язків, які є елементом мережевого простору, об'єднує он-лайн спільноту або ж соціальну мережу. Пов'язані між собою блоги складають динамічну всесвітню інформаційну оболонку, що є однією із основних відмінностей блогів від звичайних веб-сторінок та інтернет-форумів.[21]

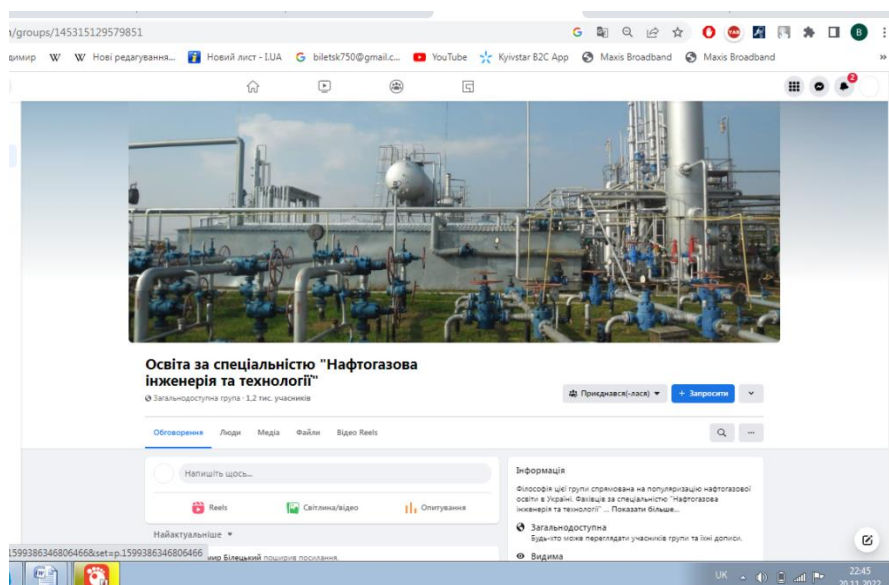
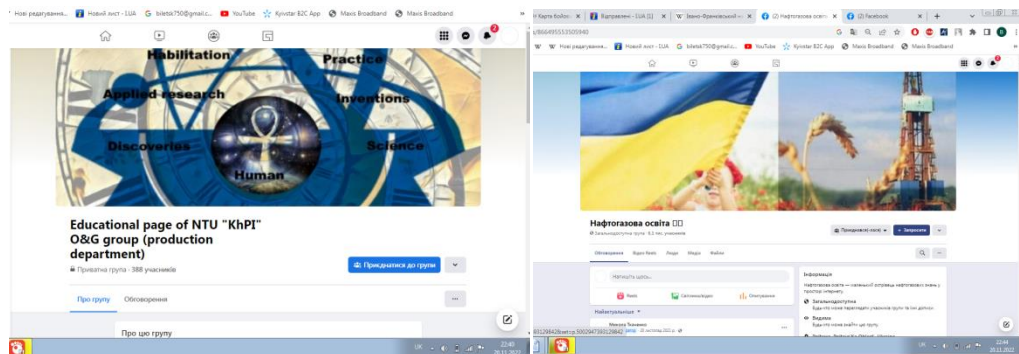
Сьогодні в соціальній мережі вже поширені «педагогічні» й «науково-педагогічні» блоги. Серед них виділяють професійно-орієнтовані блоги «педагогічної» й «науково-педагогічної» блогодидактики [22], з яких поступово виокремлюються і поповнюються наповненням нові поняття: «інженерна» [23], «медична», «юридична», «економічна» блогодидактика тощо — залежно від професійних потреб споживача інформації. [24]

В Україні напрям професійно-орієнтованої медіаосвіти у вищій школі, яка сприяє формуванню медіа- та інформаційної грамотності

майбутніх фахівців, активно досліджується в рамках наукової школи Г. В. Онкович. На часі активізувати напрацювання з медіадидактики вищої школи

Блог можна створити на одній з соціальних мереж. Наприклад, на Facebook, LinkedIn і Twitter тощо. Зрозуміло, що це ми говоримо про блоги як професійно-орієнтовані сторінки. У нашому випадку — в галузі нафтогазової інженерії. Якщо ще декілька років назад такий ресурс розглядався як резерв підвищення професійної компетентності майбутніх фахівців, то сьогодні він уже активно увійшов у повсякденну практику освітніх і бізнесових структур галузі. Наведемо приклади зарубіжного і вітчизняного досвіду техніко-технологічної блогодидактики у нафтогазовій інженерії на прикладі ресурсу Фейсбук.

Educational page of NTU "KhPI" O&G group (production department)
(<https://www.facebook.com/groups/219798795841870>) 400 користувачів.



Блог «Нафтогазова освіта» розпочав свою роботу у серпні 2017 року. Станом на жовтень 2022 року група нараховує 6100 учасників. «Нафтогазова освіта» — інформаційний ресурс, що охоплює широкий спектр питань нафтогазового сектора економіки.. Основні розділи: • Бурове обладнання • Буровий

інструмент • Нафтогазове обладнання • Спецтехніка для нафтовиків • Пошук роботи в нафтогазових компаніях • Підприємства нафтогазового комплексу • Нафтосервісні компанії • Новини нафтових і газових компаній • Виставки та форуми нафтогазової галузі Сторінка призначена для студентів і широкого кола

працівників, зайнятих бурінням свердловин, видобутком нафти і газу.

Блог-сторінку «Освіта за спеціальністю „Нафтогазова інженерія та технології» засновано навесні 2018 року. В пості–презентації наголошується: «Філософія цієї групи спрямована на популяризацію нафтогазової освіти в Україні». Адміністраторами групи стали відомі фахівці в цій галузі. Станом на жовтень 2022 року група нараховує 1,2 тис. учасників.

Наразі створення груп «Нафтогазова освіта» та «Освіта за спеціальністю „Нафтогазова інженерія та технології“» — приклад успішного застосування у вітчизняному медійному просторі медіаосвітніх технологій медіадидактики вищої школи, предметної медіаосвіти, зокрема мультимедіадидактики.

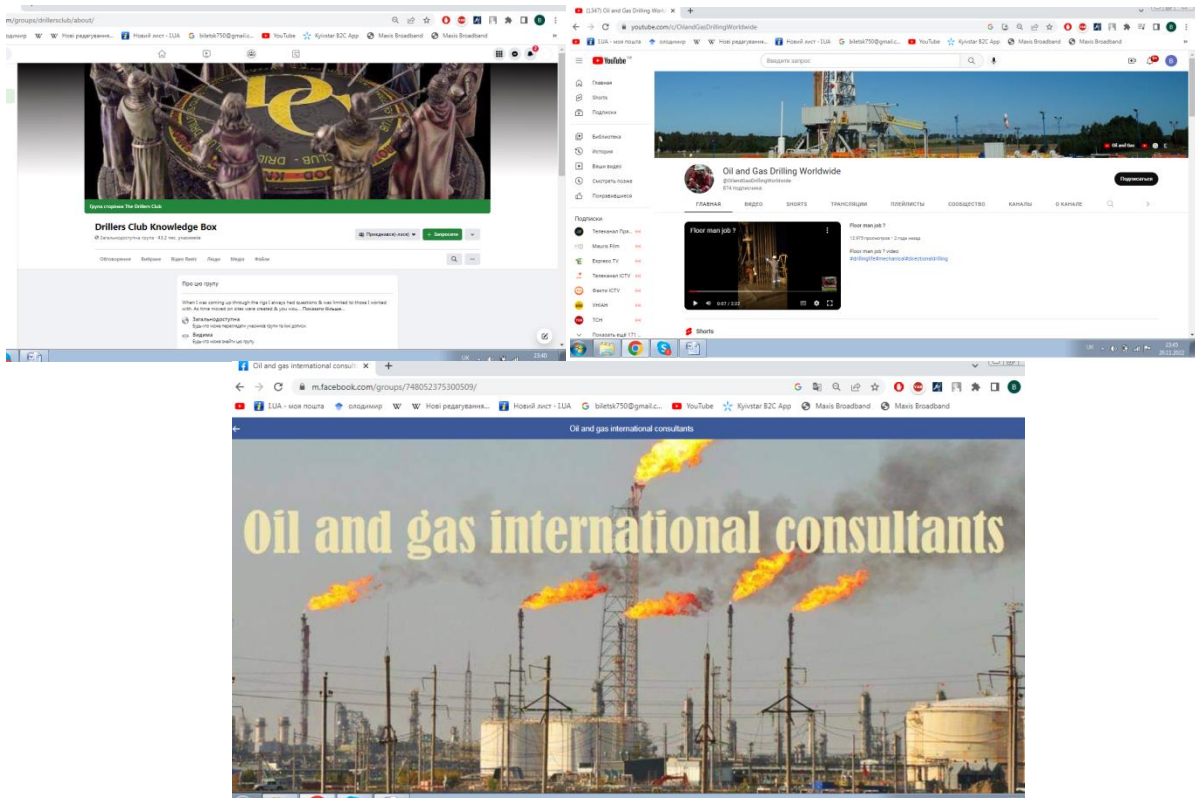
Ці блоги ініціативно засновані фахівцями нафтогазової галузі, яка активно розвивається в країні, сервери розташовані у новопромисловому Східно–Українському нафтогазовому регіоні.

Прикладами успішного використання Інтернет–дидактики є й інші аналогічні майданчики на Фейсбук :«Drillers Club Knowledge Box»

(<https://www.facebook.com/groups/drillersclub/about/>), 43,3 тис. учасників; (створено: 21 вересня 2016 р.); Oil and Gas Drilling worldwide

(<https://www.facebook.com/profile.php?id=100084879887252>) 2,3 тис.; <https://www.youtube.com/c/OilandGasDrillingWorldwide> Oil and gas international consultants (<https://www.facebook.com/groups/748052375300509>) Учасники • 82,7 тис. (створено у 2015 р.).

На цих сторінках подаються: повні тексти навчальних книг — підручників, посібників, курсів лекцій і практикумів, тексти довідників, словників, галузевих енциклопедій, а також монографій і значимих наукових статей. Тут же представлено трейлери навчальних фільмів і самі фільми, анімаційні ролики, які розкривають конструкцію, принцип функціонування пристроїв, показують протікання технологічних і природних процесів. При цьому широко застосовується технології кіно– та інтернет–дидактики: темпоральні ефекти — уповільнена та прискорена кінозйомки, мультиплікація у поєднанні з фаховими програмами, що використовуються для моделювання природних і технічних об'єктів: SolidWorks, STATGRAPHICS Plus for Windows, програмне забезпечення: Smedvig Technologies, Roxar Software Solutions, Western Atlas, Landmark Graphics, Paradigm Geophysical, CogniSeis, CGG Petrosystems, PGS Tigress, Seismic Microtechnology, GeoMatic, Quick look, Tigress, Western Atlas, DV–Geo та ін.



Особлива увага приділяється новітнім технологіям галузі нафтогазовидобування і транспортування вуглеводнів: снабінгу (робота під тиском), колтбюінгу (роботи на свердловинах з використанням гнучкої колони труб), верхній привод бурових свердловин, піггінг (очистка

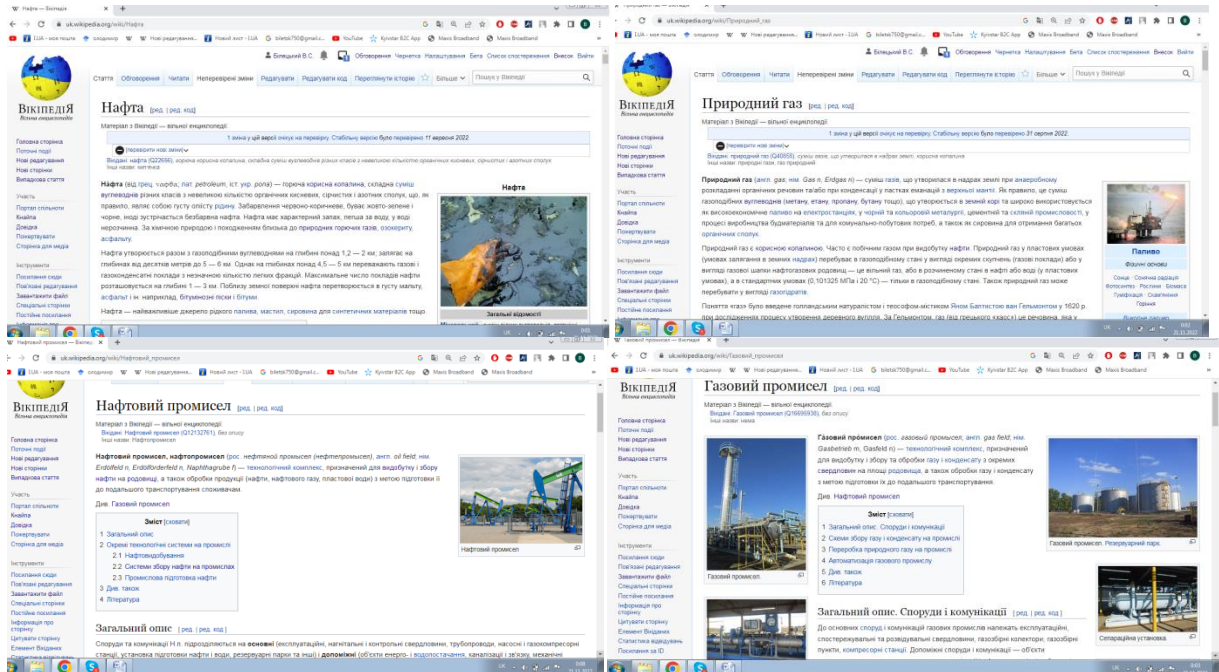
трубопроводів зсередини), горизонтальне буріння свердловин, добування газу і нафти на шельфі та глибоководні гірничі технології, новітні способи інтенсифікації видобування вуглеводнів, зокрема, різні види заводнення, кислотних обробок, гідравлічний розрив пласта тощо. Крім того, споживач інформації знайомиться з новими

дослідженнями щодо геології нафти і газу, слідкує за розвитком дискусії стосовно їх абіогенного походження та освоєння нетрадиційних вуглеводнів — метанових гідратів в океанах і морях, нафтових пісків (Альберта, Канада), сланцевого газу і нафти тощо. Всі ці теми викликають колосальну зацікавленість і студентів, і науковців, і споживачів, оскільки саме вони вирішують долю майбутнього енергетичного забезпечення людства. Крім того, на вказаних блог-сторінках — обмін досвідом, новини, обмін новими можливостями роботи та навчання в усьому світі в нафтогазовій галузі. І це тільки окремі приклади нафтогазових блогів у соцмережах. Фахова блогосфера дуже розвинена.

Фейсбук забезпечує функції ведення на сторінках групи он-лайн дискусії та висвітлення поточних та планованих подій (круглих столів, конференцій, анонси пуску важливих об'єктів тощо).

Вікідидактика

Всі, напевно, знають, що Вікіпедія — глобальна, вільна та багатомовна і безкоштовна інтернет-енциклопедія, найпопулярніший довідник в Інтернеті. Засновниками Вікіпедії є американський філософ Ларрі Сенгер та американський інтернет-підприємець Джиммі Вейлз. Офіційне відкриття відбулося 15 січня 2001 року, а українського сектору — 30 січня 2004 року.



Освітні можливості Вікіпедії привернули увагу багатьох педагогів, котрі стали використовувати Вікіпедію в навчально-виховному процесі. Так виникло поняття «Вікідидактика» [25, 26]. Вікіпедія складається з 329 мовних розділів. Найбільшою Вікіпедією за кількістю статей є англійська, яка містить понад 6 млн статей. Українська на 16 місці у світі і містить близько 1,2 млн статей. Всього станом на 15 січня 2022 року Вікіпедія містить понад 58 млн статей. За обсягом відомостей і тематикою Вікіпедію вважають найповнішою енциклопедією, яку коли-небудь створювали за всю історію людства. Її читають чи до неї звертаються за рік близько 6 млрд людей, тобто більшість мешканців планети (8 млрд).

Чим може бути корисним цей інтернет-ресурс в плані навчання і наукових досліджень? Головним чином — як первинний, оперативний довідник. Звернемося до прикладу. Візьмімо тематику спеціальності 185, наприклад,

Нафта
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%B0>

Природний газ
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7

Газовий промисел
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB

Поряд з такими інструментами Вікіпедії як вікіфікація, інтервікі, категоризація корисним є і використання відео файлів.

Окремі корисні супутні інтернет-проекти: • вільна бібліотека — Вікіджерела, • вільні підручники (Вікіпідручник), • словник — Вікісловник, • збірники цитат — Вікіцитати, • вільні новини — Вікіновини, • вільний каталог біологічних видів — Віківиди, • збірка медіа-файлів — Вікісховище.[27]

Вікіпедію називають «народною енциклопедією». І там далеко не всім статтям можна довіряти. Тому пропонуємо цей ресурс

тільки як первинний пошуковик-довідник. На жаль, ми (Україна, НАНУ, Університети, науковці) — майже всі Терра-інкогніта для Світу. В інших мовних розділах Вікі зовсім мало інформації про Україну, нашу науку та освіту. Так, з 409 академіків НАН України в англomовній Вікіпедії представлені тільки 12. А гірничих інженерів — тільки троє, та й то, двоє з них не як гірничі інженери, а народні депутати.[28, 29, 30, 31 32, 33, 34]

Бібліотеки і картотеки у інтернет-просторі

Наступний крок після Вікідидактики (первинної інформації) — це повні тексти АД (авторитетних джерел)..Сьогодні в епоху ІТ-технологій маємо ряд бібліотек і картотек в Інтернеті. Наприклад: *Українські онлайн-бібліотеки Електронна бібліотека*. Твори доступні в електронному форматі: [HTML](#), [PDF](#), [DjVu](#), [Txt](#), [FB2](#), [EPUB](#), [DOC](#) та інші. Серед наукових бібліотек на особливу увагу заслуговують [Бібліотека Всеукраїнської експертної мережі](#) <http://www.experts.in.ua/ua/baza/doc/index.php> та [Українська технічна література](https://ukrtechlibrary.wordpress.com/) <https://ukrtechlibrary.wordpress.com/>

Вебінародидактика

Вебінар (англ. webinar) — спосіб організації зустрічей он-лайн, формат проведення семінарів, тренінгів та інших заходів за допомогою Інтернету. Вебінар — це неологізм, утворений поєднанням слів веб (англ. «мережа») та семінар. Для організації вебінару використовуються технології відео-конференції, інтернет-телефонії та ін. Вебінари поширені в діловому середовищі. Дедалі більшого значення набувають вебінари й у дистанційній освіті. Використання розмаїття вебінарів в освітньому процесі виокремило ще один складний інтернет-дидактики 0 вебінародидактику [35].

Приклади:

Вебінар "Конкурси кластеру Climate, Energy and Mobility програми Горизонт Європа"

https://www.youtube.com/watch?v=tR3QYNNgWLk&ab_channel=AgencyEuropeanInno;

Вебінар "Гранти ЕІС на дослідження та інновації: інструменти Pathfinder &Transition"
https://www.youtube.com/watch?v=6skfMAAcem0&ab_channel=AgencyEuropeanInno;

Вебінар "Інтеграція університетів у європейські інноваційні мережі у сфері цифрових технологій"

https://www.youtube.com/watch?v=CiFOe595w24&ab_channel=AgencyEuropeanInno

Вебінар (англ. webinar) — спосіб організації зустрічей, конференцій онлайн, формат проведення семінарів, тренінгів та інших заходів за допомогою

Онлайн-курси лекцій

Поширеності набувають онлайн-курси лекцій, зокрема: на платформах Khan Academy (khanacademy.org), Інтернет курси edX Гарвардського університету Массачусетського технологічного інституту (edx.org), Coursera —

вищі Стенфорда, Принстона, Мічиганський та Пенсильванський університети (coursera.org), проект Prometheus (КНУ ім. Шевченко, КПІ та Києво-Могилянська Академія, Львівська ІТ-школа) та ін. Унікальний освітній проект у нафтогазовій галузі <https://deep-platform.com.ua/>

Надійність інформації. Класифікація інформації

Інтернет — це колосальна кількість ресурсів — сайтів, веб-сторінок, соціальних, новинних, навчальних, наукових та інших мереж. Як розібратися — яким джерелам довіряти практично беззастережно, які брати до уваги але перевіряти, а яким зовсім не довіряти?[36, 37 38,39]

«*Авторитетними*» вважаються джерела (АД на відміну від ОД — оригінальних джерел, які, як правило, не є перевіреними, підтвердженими іншими незалежними джерелами), які зберігають редакційну цілісність, що дозволяє верифікувати інформацію. Ці джерела охоплюють опубліковані праці у будь-якому вигляді (паперовому чи електронному) всіма мовами. Взагалі розрізняють:

Первинне джерело — це документ або людина, що надають прямі докази фактам, іншими словами, джерело, гранично близьке до описуваної ситуації. У нашій діяльності первинним джерелом є, наприклад, масив даних про об'єкт — експериментальних, диспетчерських тощо. Первинні джерела потребують грамотної обробки (наприклад, масиви експериментальних даних — обробки із застосуванням методів моделювання, математичної статистики), коментування, узагальнення. Первинні джерела — це ще не АД. Це тільки первинна інформація, на основі якої можуть сформуватися, а можуть і не сформуватися АД.

Вторинне джерело описує одне або кілька первинних. Вторинні джерела у вигляді наукових статей і книг, виданих у наукових видавництвах (особливо опублікованих у наукових журналах), ретельно перевіряються і зазвичай містять точну інформацію, що дозволяє використати їх як надійні (авторитетні) джерела.

Третинне джерело, своєю чергою, узагальнює вторинні. Енциклопедії в переважній більшості випадків є третинними джерелами.

Отже, ми черпаємо інформацію з Інтернету користуючись в основному ВТОРИННИМИ та ТРЕТИННИМИ джерелами. При цьому третинні джерела майже завжди – беззаперечні (якщо вони не застаріли). А от у вторинних джерелах, як то кажуть, "є варіанти". Ось на цих варіантах важливо зупинитися.

Наукові статті

1. Наукові статті. У кінці ХХ ст. належить чи не належить стаття до АД визначав Всесоюзний інститут наукової і технічної інформації (ВИНИТИ) та його аналоги (наприклад, ЦНИЭИуголь). Ці інститути готували перелік наукових статей за галузями, які видавали

(а в РФ видаються і сьогодні) у спеціальних грубих (тобто великого обсягу) Реферативних журналах). При такій системі наукові співробітники змушені витратити майже 50 % свого робочого часу на інформаційну діяльність у пошуках надійних джерел, тематичних оглядах (щоб бути на "вістрі прогресу").

У ХХІ ст. Західний Світ + Китай, Індія та ін. розвинені країни перейшли до іншої критеріальної парадигми сортування джерел "АД - ОД". Утворилися НАУКОМЕТРИЧНІ БАЗИ ДАНИХ, які є організовані і оперативно ведуться спеціальними інститутами та інформаційними службами. Наприклад, База даних Scopus індексує наукові журнали, матеріали конференцій та серіальні книжкові видання. Розробником та власником SciVerse Scopus є видавнича корпорація Elsevier. В додаток до можливостей РЕФЕРАТИВНИХ ЖУРНАЛІВ комп'ютеризація цього процесу та Інтернет дає змогу швидко віднайти потрібну публікацію, визначити їх рейтинг, рейтинг журналу (Імпакт фактор), рейтинг автора (індекс Гірша) тощо.

За версією Open Science in Ukraine, всі наукометричні бази даних можна класифікувати за складністю реєстрації на три категорії: А, В, С.[1]

«КАТЕГОРІЯ А». ЛЕГКА РЕЄСТРАЦІЯ. Це бази-каталоги наукових журналів, які порівняно швидко розглянуть заявку редакції на реєстрацію. Крім того, багато з подібних баз мають тенденцію самостійно експортувати метадані наукових журналів з інших баз, архівів, сховищ тощо., Що створює ефект «снігової кулі», поширюючи відомості про журнал в мережі Інтернет. Бази даних категорії «А»:

- Universe Impact Factor,
- Global Impact Factor,
- CiteFactor,
- Sindex,
- Ukrainian scientific journals,
- General Impact Factor,
- Electronic Journals Library,
- MIAR 2015 року,

Cosmos impact factor та ін.

«КАТЕГОРІЯ В». РЕЄСТРАЦІЯ СЕРЕДНЬОЇ СКЛАДНОСТІ. Це більш вимогливі бази даних, які, як правило, мають свої алгоритми розрахунку показника Impact factor, а також побудовані на ньому рейтинги. Терміни розгляду заявок в даних базах коливаються від 1 місяця до півроку або навіть 1 року. Реєстрація в базах робить журнал авторитетним в очах широкого кола наукової громадськості, а індексація в деяких з них служить своєрідною «сходиною» перед початком індексації в Scopus і Web of Science. Бази даних категорії «В»:

- Index Copernicus,
- Open Academic Journals Index,
- E-Library, DOAJ,
- UlrichsWeb,
- EBSCOhost,

- National Library of Ukraine Vernadsky та ін.

«КАТЕГОРІЯ С». СКЛАДНА РЕЄСТРАЦІЯ. Це наукометричні бази даних Scopus і Web of Science — найвпливовіші наукометричні бази даних, реєстрація в яких може стати результатом багатьох років кропіткої роботи по поліпшенню якості наукових статей, підвищенню рівня інтеграції журналу і його авторів у світове дослідницьке співтовариство, застосування численних стандартів оформлення наукової інформації. Модерація журналів тут найсуворіша, а вимоги найжорсткіші. Заявки розглядаються більше року або протягом декількох років. Індексация в цих базах свідчить про найвищий рівень визнання журналу в науковому середовищі.

Всередині цих наукометричних баз є своя градація значимості наукових журналів. Наприклад, у Скопус існує класифікація журналів на квартилі – за мірою значущості журналу Q1, Q2, Q3 і Q4.

Яким же виданням, якій інформації довіряти? Звичайно, - наукометричній найбільше (до 100%). І чим авторитетніша наукометрична база – тим більша довіра до інформації. Заслужують на увагу і довіру фахові періодичні видання ВИШів України – за списком МОН. Але тут додатково треба враховувати рейтинг самого ВИШу і рейтинг авторів.

У окремих випадках можна користуватися і іншими виданнями – не зареєстрованими у МОН і на наукометричних сторінках виданнями. Такі видання є в ІФНТУНГ та в ХІП. Тут головне – фаховий рівень автора.

2. Посібники, підручники, конспекти лекцій. Монографії

Посібники, підручники, конспекти лекцій — це навчальна література. Конспект лекцій — первинна сходи́нка, далі, по мірі вдосконалення — посібники і підручники. У вітчизняних традиціях ці видання повинні мати:

- ISBN (з англ. International Standard Book Number — міжнародний стандартний номер книги) універсальний ідентифікаційний номер, що присвоюється книзі або брошурі з метою їх ідентифікації. При цьому, видання без ISBN не вважаються друкованими працями. І вони не рекомендуються.

- Рецензентів — як правило, кандидатів і докторів наук з різних організацій, бажано і науковців, і практиків

- Рекомендацію ВЧЕНОЇ РАДИ ВИШу або Інституту до друку

- Видавництво, яке має право на друк (зареєстроване Книжковою Палатою України)

- Бажаний електронний друк в Електронних бібліотеках України, Репозитаріях ВНЗ.

Велике значення має рік видання навчальної книги. У кожній з галузей має місце свій темп суттєвого оновлення, інновацій. Наприклад, у ІТ-

технологіях інформація застаріває вже за рік-півтора, у нафтогазовій інженерії за оцінками – за 3-5 років. Тому з такою ж частотою повинні підновлюватися і навчальні видання.

Монографії («наукове дослідження, присвячене одній темі» англ. monograph, нім. і фр. monographie від грец. μόνος «один, єдиний» та γράφο «пишу») — наукова праця, що належить одному чи кільком авторам, у вигляді книги з поглибленим вивченням однієї або кількох (тісно пов'язаних між собою) тем. Крім зазначених вище вимог, монографія повинна не мати плагіатних елементів.

Архітектори Інтернет-простору.

Або як донести до наукової спільноти інформацію

Уже в університеті студенти створюють свої блоги, часто освітні (наприклад, <https://www.youtube.com/channel/UCIOoS24mwct8mEb1WLZwS5w/featured>), починають в рамках навчального процесу вести свої наукові дослідження. Це – світова практика. На яких майданчиках можна і треба зареєструватися досліднику, щоб доносити до наукової громадськості результати своїх досліджень, вести діалог, дискусії, бути в курсі справ з працевлаштуванням тощо? Наведемо орієнтовний перелік, який витікає з практики, зокрема:

1. Веб-сторінки:

- у Вікіпедії (різними мовами):

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%A1%D1%82%D0%B5%D1%84%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87#%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%B4%D1%96%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C>

- **ORCID** – алфавітно-цифровий код для унікальної ідентифікації авторів і учасників наукової комунікації, а також веб-сайт і служби ORCID для пошуку авторів і їх бібліографічних результатів (та інших відомостей, наданих користувачами). <https://orcid.org/0000-0003-2936-9680>

- **НАУКОВЦІ УКРАЇНИ** <http://irbis-nbuv.gov.ua/ASUA/0317885>

- **linkedin** — соціальна мережа для пошуку і встановлення ділових контактів. У LinkedIn зареєстровано понад 774 мільйонів користувачів (на 2021 рік), що представляють 150 галузей бізнесу з 200 країн <https://www.linkedin.com/in/%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80-volodymyr-%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9-biletsky-229915120?trk=hp-identity-name>

2. Наукові метричні показники, індекси цитування, присутність у наукометричних базах і бібліотеках⁵:

- У Скопусі: h=6 <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56962707500>

- У Гугл-сколар h=24 <https://scholar.google.com.ua/citations?user=4aX6d9IAAAAJ&hl=ru&scioq=%D0%92%D0%A1%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9>

- У Web of Science <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1117790>

- У Наукометричній базі worldcat – WorldCat — найбільша у світі бібліографічна база даних, що налічує понад 240 млн записів про всі види творів 470 мовами світу (на 2011 рік). База створюється спільними зусиллями більш ніж 72 000 бібліотек з 171 країни світу в рамках організації OCLC Online Computer Library Center <https://www.worldcat.org/identities/lccn-n95-67723/>

- У базах Бібліотеки Конгресу США <https://id.loc.gov/authorities/names/n95067723.html>,

- У базах Німецької національної бібліотеки <https://portal.dnb.de/opac.htm?method=simpleSearch&cqlMode=true&query=nid%3D1046701495>,

- У базах Національної бібліотеки Польщі (Deskryptory BN) <http://mak.bn.org.pl/cgi-bin/KHW/makwww.exe?BM=1&NU=1&IM=4&WI=9810543619405606>

3. Повні тексти праць:

ResearchGate (дослідницька брама) — науковий портал та соціальна мережа, засіб співробітництва між науковцями з будь-яких наукових дисциплін. ResearchGate містить вебзастосунки, включаючи семантичний пошук (пошук по резюме), обмін файлами, спільне користування базою публікацій, форуми, методологічні дискусії, групи тощо. Члени можуть створювати свій персональний блог у межах мережі.

<https://www.researchgate.net/profile/Volodymyr-Biletskyi>

Репозитарій ВНЗ (eNTUKhPIIR): Головна сторінка – НТУ «ХПІ» <http://repository.kpi.kharkov>.

Крім того, при бажанні для ознайомлення наукової громадськості з повними текстами результатів НДР, статтями, монографіями, навчальною літературою тощо можна використовувати ресурси **linkedin** і Фейсбук.

ВИСНОВКИ

1. У статті розглянуто і проаналізовано особливості інтернет-дидактики та її складників з метою підвищення ефективності навчального

⁵ Для прикладу наведені показники співавтора статті Білецького В.С. станом на листопад 2022 р.

процесу та наукових досліджень, зокрема, і в першу чергу за спеціальністю «Нафтогазова інженерія та технології». На прикладах проілюстровано застосування блогодидактики, вікідидактики, вебінародидактики, спеціалізованих он-лайн курсів лекцій.

2. У контексті інтернетдидактики порушено тему надійності інформації, Подана чинна вітчизняна класифікація наукових і навчальних видань. Сформульовані методичні підходи і рекомендації щодо їх використання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Медиадидактика: масс-медиа в учебном процессе по русскому языку как иностранному : [монография] / Анна Онкович. – Saarbrücken : AP Lambert Academic Publishing, 2012. – 332 с.

2. Интернет-дидактика в обучении русскому языку как иностранному: [разд. монографии] / Анна Онкович // Медиадидактика: масс-медиа в учебном процессе по русскому языку как иностранному : [монография] / Анна Онкович. – Saarbrücken : LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – С. 263–286.

3. Ганна Онкович. Медіа- та інформаційна грамотність у сучасній вищій освіті України / Г. В. Онкович // Вища освіта України : теорет. та наук.-метод. часоп. – № 1 (Дод. 1). – [Темат. вип.] : Наука і вища освіта. – Київ, 2014. – С. 85–87.

4. Онкович Г.В. Медіакомпетентність – фахова якість сучасного випускника вищої школи // Проблеми освіти, 2014. – Т. 78. – № 1. – С. 205-211

5. Чемерис І.М. Формування професійної компетентності майбутніх журналістів засобами іншомовних періодичних видань : автореф. дис ... канд. пед. наук : 13.00.04.). К., В.о. АПН України, Ін-т вищої освіти, 2008. – 20 с.

6. Лашук Н.М. Формування медіакомпетентності майбутніх маркетологів у процесі фахової підготовки: : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти. Чернігів, Національний Університет "Чернігівський колегіум" імені Т.Г.Шевченка, 2019. - 20 с.

7. Медіакомпетентність фахівця : кол. монографія / Г. В. Онкович, Ю. М. Горун, В. О. Кравчук, Н. О. Литвин, І. В. Костюхіна, К. А. Нагорна ; за наук. ред. Г. В. Онкович ; НАПН України, Ін-т вищ. освіти.–Київ : Логос 2013.–286 с.

8. Балабанова К.Є. Формування медіакультури сучасного фахівця бібліотечної справи: навчальна програма модуля для підвищення кваліфікації бібліотекарів професійно-технічних навчальних закладів Медіадидактика вищої школи: програми спецкурсів. К.: Логос, 2013. -

9. Медіадидактика вищої школи: програми спецкурсів / Ганна Володимирівна Онкович, Катерина Євгенівна Балабанова, Інна Юрївна Гуріненко, Наталя Мар'янівна Духаніна, Артем

Дмитрович Онкович, Інна Андріївна Сахневич, Ольга Каролівна Янишин ; за наук. ред. Г. В. Онкович ; НАПН України, Ін-т вищ. освіти. – Київ : Логос, 2013. – 195 с.

10. Онкович Г.В. Медіаосвітні технології і компетентнісний підхід / Онкович Г.В. – Реалізація європейського досвіду компетентнісного підходу у вищій колі України: матеріали методологічного семінару. – К.: Педагогічна думка, 2009. – С. 206 – 217.

11. Biletsky, V., Onkovych, H. & Yanyshyn, O. (2019) MEDIA EDUCATION TECHNOLOGIES IN DEVELOPING STUDENTS PROFESSIONAL COMPETENCE // Scientific Journal WEST-EAST. Vol 2/2 N1 (October, 2019). p. 110-114.

12. Онкович А.В., Онкович А.Д. Media didactics as a way to comprehend professionally-oriented terminological systems // International Scientific-Pedagogical Organization of Philologists (ISPOP): Журнал "WEST-EAST", March, 2020 / 1. – Том 3. – С. 38-46.

13. Новітні освітні технології сучасної медіадидактики : монографія / Г. В. Онкович, В. В. Агаркова, М. М. Боголюбова, О. М. Ляліна, А. Д. Онкович, Л.В. Редько-Шпак, Н. М. Флегонтова; За наук. ред. д. п. н., проф. Г. В. Онкович. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2021. – 156 с

14. Ганна Онкович. Медіадидактика вищої школи: український досвід / Ганна Онкович // Вища освіта України : теорет. та наук.-метод. часоп. / Ін-т вищ освіти НАПН України. – Київ, 2013. – № 1. – С. 23–29.

15. Онкович Г.В. Розвиток медіадидактики вищої школи: український досвід // Обрії друкарства, 2020. – № 1(8). – С. 130-150.

16. Сахневич, Інна Андріївна. Педагогічні умови застосування медіаосвітніх технологій у професійній підготовці майбутніх фахівців нафтогазового профілю : автореф. дис ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Інна Андріївна Сахневич; В.о. Ін-т вищої освіти НАПН України.– К. : [б.в.], 2012.– 20 с..

17. Сахневич І. А. Практикум для самостійного володіння основами медіакомпетентності для студентів I–IV курсів технічних спеціальностей / І.І. А. Сахневич ; [за заг. ред. Г. В. Онкович]. – Івано-Франківськ : Сімік, 2011. – 118 с.

18. https://www.facebook.com/groups/866495553505940/?multi_permalink=1032710503551110%2C1032176773604483¬if_id=1524010543948588¬if_t=group_activity&ref=notif_6100

19. (https://www.facebook.com/groups/145315129579851/?hc_location=group)

20. Білецький Володимир, Онкович Ганна. ЕЛЕМЕНТИ ПРОФЕСІЙНО ОРІЄНТОВАНОЇ МЕДІАОСВИТИ У РОЗВИТКУ ФАХОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «НАФТОГАЗОВА ІНЖЕНЕРІЯ» // Theoretical foundations of pedagogy and education: collective monograph / Kazachiner O., Boychuk Y., Halii A. – etc. –

International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2022. 602 p. Available at : DOI – 10.46299/ISG.2022.MONO.PED.2 URL: <https://isg-konf.com/theoretical-foundations-of-pedagogy-and-education-2/>. - С.309-313.

21. Сахневич І.А. Застосування сайто- і блогідидактики у вивченні англійської мови професійного спрямування у ВТЗО (на прикладі спеціальності "Геологія")/ІА. Сахневич/ – Всеукраїнський науково-практичний журнал "Директор школи, ліцею, гімназії": зб. наук. праць. – Спеціальний тематичний випуск «Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору». – №6. – Кн. 2 – Т. III (81). – К.: Гнозис, 2018. – С. 326-336.

22. Криворотенко О. Г. Онкович Г. В. Педагогічна блогідидактика вчителів української мови та літератури // Проблеми освіти : збірник наукових праць : Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2019. Т.92, - С. 82 – 88.

23. Білецький В.С., Онкович Г.В., Ткаченко М.В. Інженерна блогідидактика у нафтогазовій справі // Геотехнології, 2019. – Ч. 2. - С.55 – 63.

24. Новітні освітні технології сучасної медіадидактики : монографія / Г. В. Онкович, В. В. Агаркова, М. М. Боголюбова, О. М. Ляліна, А. Д. Онкович, Л.В. Редько-Шпак, Н. М. Флегонтова; За наук. ред. д. п. н., проф. Г. В. Онкович. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2021. – 156 с

25. Онкович Г.В., Білецький В. С., Онкович А. Д. Вікідидактика в соціальній мережі Фейсбук // Innovations andprospects of world science: Proceedings of I International Scientific and Practical Conference Vancouver, Canada 8-10 September 2021. Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2021. 408 p.- С. 211-221.

26. Онкович Г.В., Білецький В. С., Онкович А. Д. Вікідидактика в соціальній мережі Фейсбук // Innovations andprospects of world science: Proceedings of I International Scientific and Practical Conference Vancouver, Canada 8-10 September 2021. Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2021. 408 p.- С. 211-221.

27. Категорія:Вікіпроекти <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F:%D0%92%D1%96%D0%BA%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%94%D0%BA%D1%82%D0%B8>.

28. Category:Members of the National Academy of Sciences of Ukraine. https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Full_Members_of_the_National_Academy_of_Sciences_of_Ukraine

29. ВІКІПЕДІЯ https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0

30. Category:Ukrainian_mining_engineers https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Ukrainian_mining_engineers

31. Категорія:Українські гірничі інженери - Вікіпедія

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F:%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96_%D0%B3%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D1%87%D1%96_%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B8

32. Білецький В.С., Онкович Г.В., Онкович А.Д., Балабанова К.Є. Вікідидактика: контент-аналіз просування нових складників медіаосвіти в соціальній мережі Фейсбук / PR и СМИ в Казахстане: сборник научных трудов. – Қазақстандағы PR және БАҚ: ғылыми еңбектер жинағы / сост. и гл. ред. Л.С. Ахметова. – Вып. 22. – Алматы: Қазақ университеті, 2022. – 369 с. С. 101-115.

33. Білецький В.С., Онкович Г.В., Онкович А.Д. Вікідидактика–складник новітньої медіадидактики в соціальній мережі Фейсбук // Соціальні та економічні аспекти освіти у сучасному суспільстві. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_conf/30082021/7645 - Location - Warsaw, Poland. 20 серпня 2021. – С.3-7. (XXXI International Scientific and Practical Conference Social and Economic Aspects of Education in Modern Society . Fields of Science: Social Science and Economics Company) . – С.3-7

34. Онкович Г.В., Білецький В. С., Онкович А. Д. Вікідидактика в соціальній мережі Фейсбук // Innovations andprospects of world science: Proceedings of I International Scientific and Practical Conference Vancouver, Canada 8-10 September 2021. Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2021. 408 p.- С. 211-221.

35. Онкович Г.В., Адамія З.К., Онкович А.Д., Боголюбова М.М., Ляліна О.О. Нове в медіаосвіті: вебінародидактика // Сучасні аспекти науки: II-ий том колективної монографії / за ред. Є.О. Романенка, І.В. Жукової. □ Київ; Братислава: ФОП КАНДИБА Т.П., 2020. 223 с.- С.172-189.

36. Онкович Г.В., Онкович А.Д., Корж М.О. Спецкурс «професійно орієнтована медіаосвіта» у розвитку фахової компетентності: з досвіду впровадження // Multidisciplinary academic notes. Science research and practice. Proceedings of the XXIV International Scientific and Practical Conference. Madrid, Spain. 2022. Pp. – 394-404. DOI: 10.46299/ISG.2022.1.24

37. Онкович Г.В., Онкович А.Д. Професійно орієнтована медіаосвіта: студентський поступ // Modern research in world science. Proceedings of the 4th International scientific and practicalconference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Lviv, Ukraine. 2022. Pp. 563-570.

38. Білецький В.С., Онкович Г.В. Спецкурс «Професійно орієнтована медіаосвіта» у розвитку

фахової компетентності майбутніх бакалаврів та магістрів інженерних спеціальностей в галузі автоматизації // July 15, 2022; Berlin, Germany. II International Scientific and Theoretical Conference «Features of the development of modern science in the pandemic's era» DOI:<https://doi.org/10.36074/scientia-15.07.2022> – С.54-59.

39. Формування професійно-комунікативної компетентності студентів технічних спеціальностей у вищих навчальних закладах [підрозд. 4.7 до кол. монографії] / Г. В. Онкович, О. К. Янишин, І. А. Сахневич, К. В. Балабанова // Теоретико-методологічні засади інтеграції змісту гуманітарної освіти у вищих навчальних закладах негуманітарного профілю : [кол.] монографія / [Г. В. Онкович, М. І. Бойченко, Н. М. Дем'яненко й ін. ; за заг. ред. Г. В. Онкович] ; НАПН України, Ін-т вищ. освіти. – Київ : Пед. думка, 2012. – Розд. 4 : Медіаосвіта як інтелектуально-комунікативна мережа, підрозд. 4.7. – С. 312–319.

40. Онкович А.В., Онкович А.Д. Media didactics as a way to comprehend professionally-oriented terminological systems // International Scientific-Pedagogical Organization of Philologists (ISPOP): Журнал “WEST-EAST”, March, 2020 / 1. – Том 3. – С. 38-46.

41. Ганна Онкович. Медіадидактика вищої школи: український досвід / Ганна Онкович // Вища освіта України : теорет. та наук.-метод. часоп. / Ін-т вищ. освіти НАПН України. – Київ, 2013. – № 1. – С. 23–29.

42. Ганна Онкович. Професійно-орієнтована медіаосвіта у вищій школі / Г. В. Онкович // Вища освіта України : теорет. та наук.-метод. часоп. / Ін-т вищ. освіти НАПН України. – Київ, 2014. – № 2 (53). – С. 80–87

43. Онкович Г.В. Проблематика медіаосвіти на сторінках часопису «Вища освіта України» (до 20-річчя часопису «Вища освіта України») // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Українська освіта аксіологія європейського вибору». 21 жовтня, 2021 р. – С. 292-300.

44. Ganna Onkovich. Media Didactics in Higher Education: Oriented Media Education // European Conference on Information Literacy, Istanbul (Turkey) October 22–25, 2013 : abstracts / Editors: Serap Kurbanoglu, Esther Grassian, Diane Mizrachi, Ralph Catts, Sumeyye Akca, Sonja Spiranec. – Ankara : Hacettepe University Department of Information Management, 2013. – P. 101.

45. Онкович Г.В. Медіадидактика вищої школи у розвитку професійних компетентностей майбутніх фахівців // Український інформаційний простір, 2020. – 1(5). – С.179-196.

46. Онкович Г.В. Розвиток медіадидактики вищої школи: український досвід // Обрії друкарства, 2020. – № 1(8). – С. 130-150.

47. Онкович Г.В., Онкович А. Д., Флегонтова Н.М., Ляліна О.О. Спецкурс «Професійно орієнтована медіаосвіта» у розвитку фахової компетентності: з досвіду викладання // Актуальні пріоритети сучасної науки, освіти та практики. Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції. Париж Франція. 2022. – С. 555-562. URL: <https://isg-konf.com/actual-priorities-of-modern-science-education-and-practice-two/> Доступно за адресою: DOI: 10.46299/ISG.2022.1.21

48. Профіль «Медіаосвіта» https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=search_authors&hl=ru&mauthors=label:%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D1%96%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%B0

49. Recommendations Addressed to the United Nations Educational Scientific and Cultural Organization UNESCO. In Education for the Media and the Digital Age. Vienna: UNESCO, 1999.

50. Онкович Г.В. Медіаосвіта в Україні: сучасний стан і перспективи розвитку // Нові технології навчання. – № 62. М-ли другого Міжнародного семінару „Навчально-виховне середовище та моральність у XXI столітті” / Ін-т інноваційних технологій і змісту освіти МОН України, Академія міжнародного співробітництва з креативної педагогіки. – Київ – Вінниця, 2010. С.89 – 92.

51. Онкович Г.В., Флегонтова Н.М., Ляліна О.О. Формування комунікативної компетентності майбутніх фахівців з охорони здоров'я // Неперервна педагогічна освіта ХХІ століття: зб. матеріалів ХІХ Міжнародних педагогічно-мистецьких читань пам'яті проф. О.П. Рудницької / [наук. ред.: Г.І. Сотська, М.П. Вовк].– Вип. 5 (17). – К.: Талком, 2022. – С. 133-135.

52. Онкович А., Онкович Г., Ляліна О. Вікідидактика: тематичні вікіуроки – шлях до нової освіти // Нові технології навчання: збірник наукових праць. ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти». Київ, 2020. Вип. 94. 338 с.244 – С.244-252.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

У статті розглянуто і проаналізовано особливості інтернет-дидактики та її складників з метою підвищення ефективності навчального процесу та наукових досліджень, зокрема, і в першу чергу за спеціальністю «Нафтогазова інженерія та технології». На прикладах проілюстровано застосування блогодидактики, вікідидактики, вебінародидактики, спеціалізованих он-лайн курсів лекцій. У контексті інтернетдидактики порушено тему надійності інформації, Подана чинна вітчизняна класифікація наукових і навчальних видань. Сформульовані методичні підходи і рекомендації щодо їх використання.

Ключові слова: гірничо інженерія, нафтогазова інженерія, медіакультура, медіадидактика, медіадидактика вищої школи, інтернет-дидактика, медіаосвіта, професійно орієнтована медіаосвіта,

В.Білецький, Г.Онкович (2022). Геотехнології, Число 5. 45-56

фахова компетентність, медіакомпетентність, професійно-орієнтований спецкурс, розвиток фахової компетентності.

ABOUT AUTHORS

V.Biletskyi, *doctor of technical sciences, professor, NTU "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine*
ukcdb@i.ua

H.Onkovich, *doctor of Pedagogical Sciences, professor, Kyiv Medical University, Kyiv, Ukraine* onkan@ukr.net



УДК 550.8

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМИ PETREL ДЛЯ ГЕОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Сергій Левонюк,

старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІгаз)

e-mail: sergii.levonyuk@gmail.com

ABSTRACT

Petrel is a Schlumberger software platform used in the exploration and production sector in the oil industry. Petrel software for geological modeling combines geophysics, geology and field development into a single technological chain. The article deals with the practical issues of using the Petrel software product for geological modeling of a hydrocarbon fluid deposit, in particular, detailed correlation of well sections, use of seismic survey results, creation of a structural frame of the model, lithological-facies modeling, petrophysical modeling, estimation of fluid reserves.

Keywords: *Petrel, oil and gas engineering, geological modeling, seismic exploration, lithologic-facies modeling, petrophysical modeling, fluid reserves estimation*

Для створення геологічної моделі найбільш оптимально використовувати програмний продукт Petrel фірми Schlumberger. У робочий проект Petrel завантажується уся наявна геолого-геофізична інформація по площі робіт. В першу чергу до робочого проекту імпортуються наступні дані по свердловинах.

1. Координати устя свердловин, альтитуди, дані вимірів інклінометрії (використовуються для створення траєкторій свердловин у моделі) (рис. 1).

У випадку, якщо необхідно точно повторити в моделі траєкторії свердловин, розрахованих маркшейдерською службою, рекомендується створювати траєкторію через позиційний каротаж (X, Y, Z), використовуючи таблиці поправок до інклінометрії. Ці таблиці використовуються для введення поправок до альтитуди свердловин (для «перемішень» свердловин) у припущенні наявності похибок інклінометрії за результатами аналізу структурних поверхонь і флюїдних контактів.

2. Координати пластоперетинів, розраховані маркшейдерською службою, використовуються для контролю пластоперетинів, розрахованих у

проекті після кореляції пластів, а також для створення штучних вертикальних свердловин в моделі, коли відсутні дані інклінометрії. В цьому випадку координати усть приймаються рівними координатам пластоперетинів, а альтитуди – сумі альтитуд і подовжень на покрівлю пласта.

При порівнянні координат пластоперетинів треба мати на увазі, що алгоритми розрахунку траєкторій свердловин за інформацією про кути і азимуту в різних програмах можуть відрізнятися.

3. Стратиграфічні розбивки, розраховані геологом в проекті – використовуються як основа при формуванні структурного каркасу.

4. Криві геофізичних досліджень свердловин (ГДС) – використовуються для кореляційних побудов, виділення літотипів, оцінки характеру насичення і фільтраційно-емнісних властивостей (ФСВ), прив'язки даних сейсмозв'язки

5. Відбиття флюїдних контактів в свердловинах – використовуються для побудови карт флюїдних контактів і геометризації покладів. Інтервали перфорації, результати випробувань і роботи свердловин, гідродинамічного каротажу використовуються для обґрунтування та коригування положення флюїдних контактів.

6. Дати буріння і введення свердловин до експлуатації, карти накопичених відборів і закачування використовуються при відборі свердловин з неспотвореним впливом розробки на величини початкової насиченості K_n .

7. Кількісні (визначення K_n , $K_{пр}$, K_v) і якісні (опис) дослідження ядра. Застосовуються при налаштуванні даних ГДС для подальшої масової

6 Важливо відзначити, що останнім часом в старих свердловинах в масовому порядку проводяться повторні вимірювання інклінометрії (гіроскопи), які необхідно обов'язково зібрати і врахувати.

інтерпретації, а також при створенні концептуальної моделі.

8. Загальні та геологічні дані:

- карти ефективних і нафтонасичених товщин 2D – використовуються для контролю якості побудови, і, якщо потрібно, коригування 3D моделі;
- топ-основа, полігони спеціальних дозволів, газоводяні контакти, порушення, зони заміщення і виклинювання, водоохоронних зон –

використовуються як вихідні дані для двовимірної картопобудови і 3D моделювання, для контролю якості побудови і, якщо потрібно, коригування 3D моделі. Зазвичай, ця інформація зводиться на з'єднану схему вивченості, яка є базовою картою при створенні моделі;

- текст звіту з підрахунку запасів (проектного документа), звіти по вивченню надр є тією фактологічною базою, на якій базується оцінка запасів і побудова моделі.

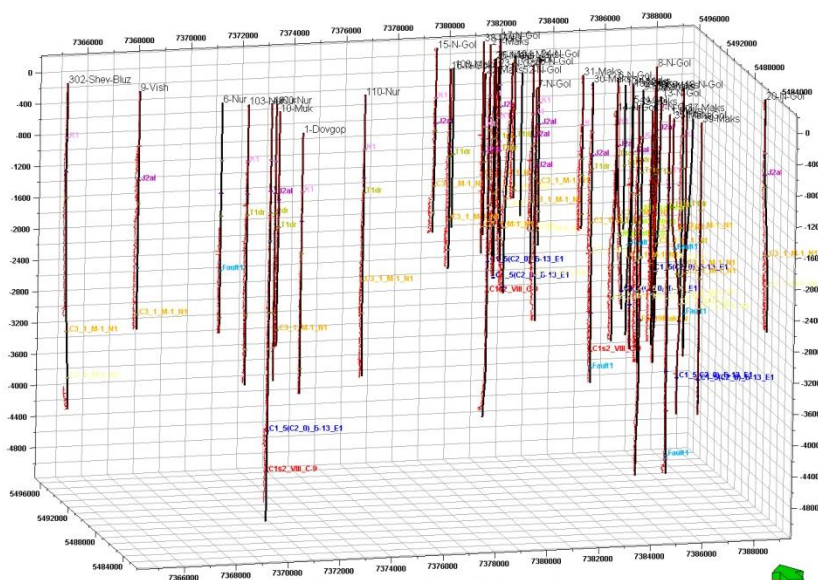


Рисунок 1 – Візуалізація пробурених свердловин в 3D вікні, координати устя і розраховані маркшейдерською службою прирощення по трьох осях

Як правило, дані, зібрані з різних джерел, завантажуються до програмного продукту моделювання, де створюється новий робочий проект. Більшість сучасних пакетів геологічного моделювання мають файлову організаційну структуру.

Типовий набір основних модулів найбільш розповсюджених пакетів тривимірного геологічного моделювання включає до себе модулі:

1. імпорту та експорту даних,
2. кореляції пластів за свердловинними даними,
3. інтерпретації даних сейсморозвідки (як правило, це – виділення порушень, трасування горизонтів і побудова карт, атрибутивний аналіз, тобто «сейсміка для геологів»),
4. аналіз даних (побудова крос-плотів, варіограм, гістограм),
5. побудова та редагування карт, точок, полігонів,
6. побудова моделі тектонічних порушень,
7. побудова структурно-стратиграфічного каркаса,
8. осереднення свердловинних даних на сітку,
9. літологічне моделювання,
10. петрофізичне моделювання,

11. підрахунок запасів,
12. планування свердловин,
13. аналіз невизначеностей і ризиків,
14. калькулятор (кубів, карт, каротажних кривих, атрибутів),
15. оформлення звітної графіки.

За необхідності у цей набір включають модуль моделювання тріщинуватості. Модуль інтерпретації каротажних кривих, як правило, в цей набір не входить. Інтерпретацію каротажних кривих зазвичай виконують петрофізики в окремому спеціалізованому пакеті.

Як правило, межі ділянки моделювання в плані вибираються на основі вихідних даних – на 1,5-2 км ширше кордонів зовнішнього контуру нафтоносності або меж ліцензії.

Вибір меж моделювання в розрізі визначається, з одного боку, цільовим геологічним завданням і умовами гірничого відводу, з іншого – можливостями використовуваної техніки та програмного пакета. У деяких випадках, після вивчення гідродинамічних процесів, виникає необхідність моделювання сусідніх вище або нижчезалеглих пластів, навіть якщо вони водоносні.

Детальна кореляція розрізів свердловин

Детальна кореляція розрізів свердловин є основним методом вивчення внутрішньої будови надр, побудованим на принципі зіставлення

розрізів свердловин з метою виділення в розрізах і простежування за площею пластів-колекторів і непроникних прошарків між ними (рис. 2).

Детальна кореляція, на відміну від кореляції регіональної або загальної, відображає макронеоднорідність будови продуктивних горизонтів і пластів.

Детальна кореляція, яка є основою для побудови моделі родовища, покладу або

продуктивного горизонту, визначає адекватність моделі реальному геологічному об'єкту. Від якості виконання детальної кореляції залежать: точність підрахунку запасів, обґрунтованість технологічних рішень при розробці покладів вуглеводнів, надійність прогнозу кінцевої віддачі вуглеводнів тощо.

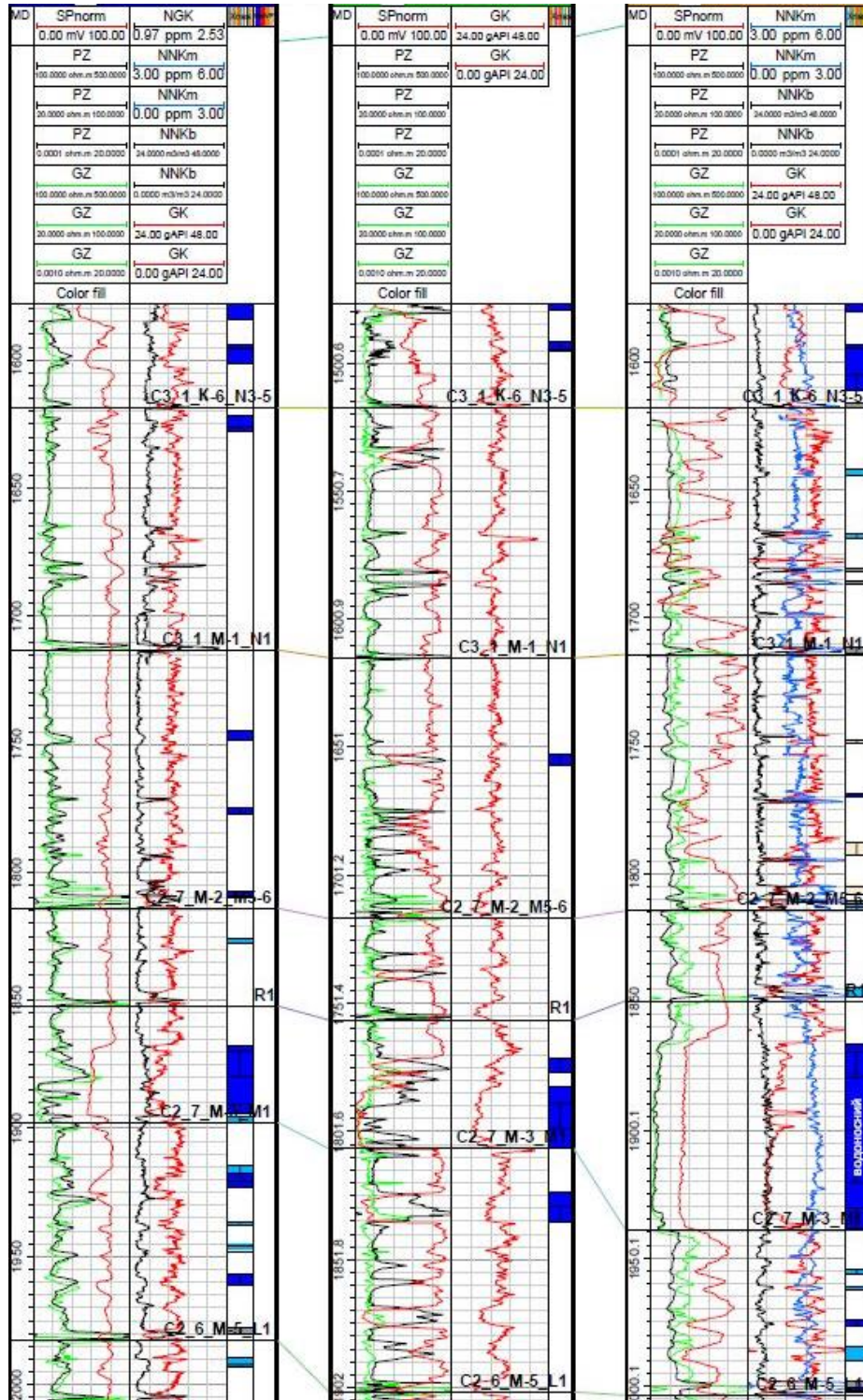


Рисунок 2 – Приклад кореляції розрізів свердловин

В основу детальної кореляції покладено такі основні положення.

1. Виявлення та облік послідовності нашарування відкладів.

Розрізи, складені осадовими породами, являють собою чергування шарів різного літологічного складу, вік яких послідовно зменшується знизу вгору по розрізу, тобто кожен вище розташований пласт молодше нижчого.

При згідному заляганні пластів їх чергування має закономірну послідовність, яка в розрізах, які розкриті різними свердловинами, однакова, тобто не порушена.

При незгідному заляганні пластів послідовність нашарування порушена в результаті перерв у осадконакопиченні, розмивів, тектонічних порушень з порушенням суцільності пластів, що проявляється в поступовій зміні товщини відкладів, у випаданні або повторенні в розрізах сусідніх свердловин пластів або великих інтервалів розрізу.

2. Виділення реперів і реперних кордонів.

Репером називають пласт, витриманий по площі і товщині, який літологічно відрізняється від вище і нижче розташованих відкладів. Якщо пласт має характерну, яскраво виражену на діаграмах ГДС поверхню, його називають реперним кордоном. Слід зазначити, що репер в залежності від їх витриманості і розповсюдження по площі поділяються на категорії: регіональні, локальні та місцеві.

Багатьом продуктивним горизонтам із згідним заляганням притаманна паралельність або віялоподібність кордонів між пластами та прошарками, що їх складають. Нерідко реалізація кореляції відкладів ускладнює фаціальну мінливість пластів-колекторів і непрониких прошарків між ними.

Детальна кореляція включає послідовність дій, яка завершується побудовою схем детальної кореляції, що відображають розташування і співвідношення пластів (прошарків-колекторів) і непрониких розділів між ними.

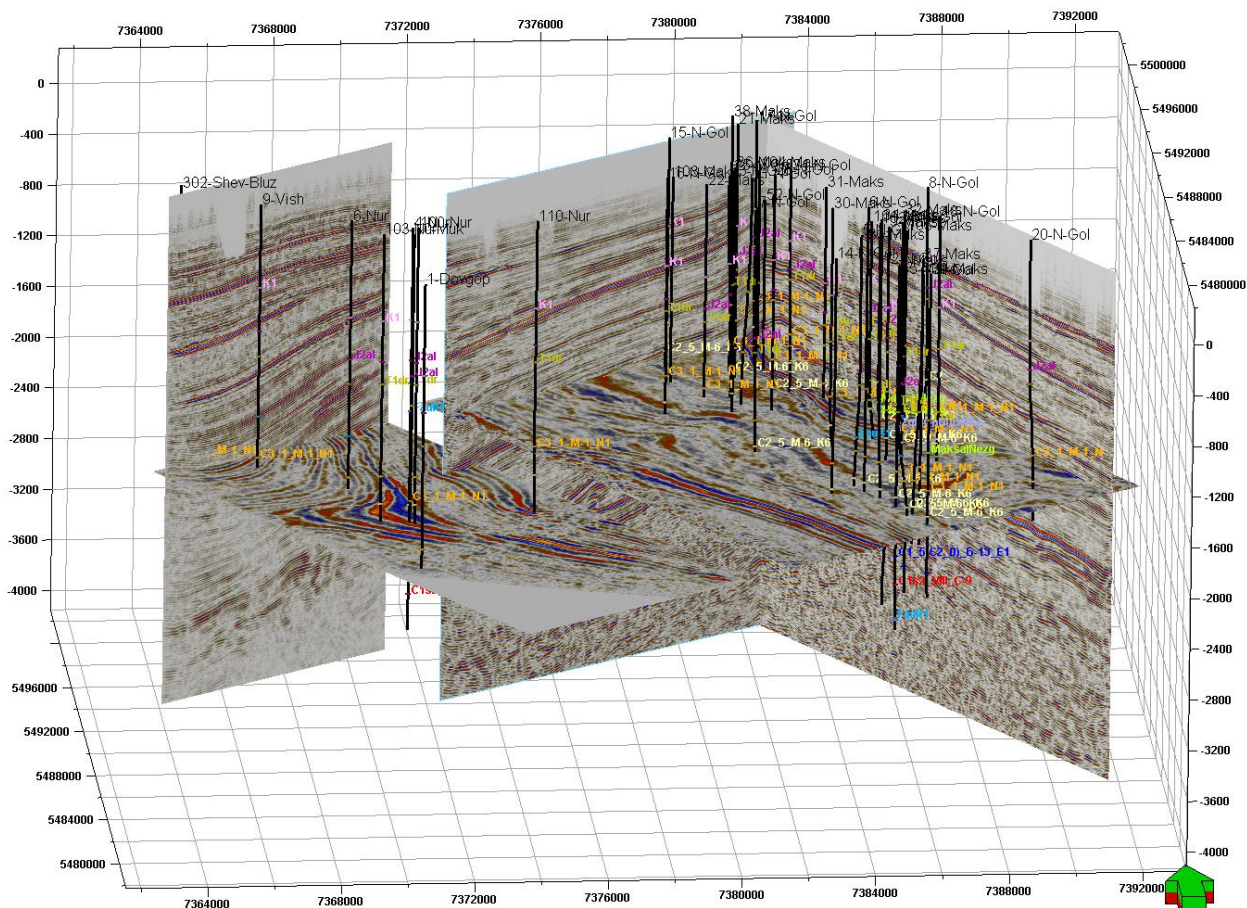


Рисунок 3 – Візуалізація сейсмічних кубів

Детальна кореляція розрізів свердловин за даними ГДС вручну починається із знаходження в розрізах свердловин регіональних і локальних реперів і виділення продуктивної робочої частини розрізу. На цій стадії виконують розчленування продуктивної частини у розрізах свердловин,

тобто поділяють її на однорідні за ГДС інтервали і проводять їх якісну літологічну інтерпретацію. За наявності достатніх даних виконують кількісну інтерпретацію, тобто, використовуючи кондиційні межі, в розрізі свердловин виділяють пласти-колектори і непроникі розділи між ними.

На наступній стадії виявляють загальні закономірності будови продуктивної частини розрізу і примітні риси нашарування. На діаграмах ГДС знаходять реперні кордони та репери, в якості яких найбільш зручно вибирати пласти глинистих або щільних карбонатних порід. Слід виявляти реперні елементи, як в межах продуктивної частини розрізу, так і за її межами.

Після проведення розчленування розрізів всіх свердловин визначають еталонну свердловину з найбільш повним, чітко диференційованим розрізом, що містить всі продуктивні пласти і реперні елементи, і, бажано, розташовану в центрі об'єкту. На еталонному розрізі відзначають виявлені репери і проводять індексацію продуктивних пластів.

По завершенні підготовчого етапу приступають безпосередньо до детальної кореляції розрізів свердловин. З розрізом еталонної свердловини по чергово порівнюють розрізи сусідніх свердловин, тобто виконують парну кореляцію розрізів свердловин. Для цього в парі свердловин поєднують виявлені репери, і зіставляють розрізи свердловин, звертаючи увагу на зміну товщини між реперами і послідовність нашарування.

Потім знизу вгору корелюють відклади, які залягають між однойменними реперами, в першу чергу, звертаючи увагу на непроники (глинисті) розділи, а потім пласти-колектори між ними. При порушенні нашарування зіставлення свердловин проводять також і зверху вниз.

У випадках, якщо свердловина не розкриває основний репер, використовують репери перехоплення, тобто додаткові репери, які не настільки витримані по площі, але мають характерну конфігурацію кривих ГДС і розташовані поруч з основним. Зіставлення розрізу свердловини завершується індексацією однойменних пластів згідно еталонному розрізу.

Потім послідовно проводять парні кореляції свердловин, розташованих в безпосередній близькості від прокоригованих свердловин тощо. По мірі перегляду каротажу розрізи свердловин по можливості групують, виділяючи певні типи розрізів. При наявності декількох типів розрізів для кожного типу обирають опорну свердловину. Кореляцію виконують окремо для кожного типу розрізів, згодом пов'язуючи їх між собою. Перевірка детальної кореляції здійснюється по профілях, що перетинаються між собою.

Детальна кореляція формується у вигляді декількох схем кореляції, вирівняних по поверхні одного з основних реперів, яка називається лінією зіставлення або вирівнювання. Якщо в результаті детальної кореляції встановлено, що послідовність нашарування не порушена і межі паралельні, положення лінії зіставлення не має особливого значення.

При віялоподібності кордонів лінію порівняння слід обирати всередині інтервалу, що корелюється. При порушенні послідовності нашарування в нижній частині продуктивного

горизонту лінію порівняння слід взяти вище межі незгідності, у випадку порушення у верхній частині – нижче поверхні незгідності.

На схемах детальної кореляції в послідовності, яка відповідає профілю на схемі розташування свердловин, розміщують діаграми ГДС (масштаб 1:200), поєднуючи поверхню відповідного репера з лінією вирівнювання. Спочатку послідовно з'єднуються основні, потім додаткові репери, глинисті розділи і пласти-колектори.

При згідному заляганні межі проводяться прямими лініями, при незгідному – хвилястими; фаціальні заміщення показуються ламаною вертикальною лінією між свердловинами.

Таким чином, схеми детальної кореляції повинні відображати витриманість або уривчастість пластів-колекторів і співвідношення їх з непроникими розділами. Результати детальної кореляції – відбиття стратиграфічних меж продуктивного горизонту, покрівлі та підшови пластів-колекторів, які знімаються з діаграм ГДС вручну.

Використання результатів сейсморозвідувальних робіт

У більшості випадків сейсмічні дані дозволяють в значній мірі уточнити геологічну будову в міжсвердловинному просторі. Необхідність використання всієї доступної геолого-геофізичної інформації при прогнозі будови продуктивних пластів не викликає сумнівів, однак правомірність застосування сейсмічних даних та достовірність цих результатів в кожному конкретному випадку до сьогодні досліджена недостатньо. Як правило, статистика верифікованості прогнозних сейсмічних і фактичних геологічних параметрів виявляється більш оптимістичною. Покладатися тільки на математичний апарат, який перетворює сейсмічну хвилюву картину в прогнозні геологічні характеристики пласта необачно, не дивлячись на те, що це значно спрощує процес створення геологічних моделей. З метою підвищення достовірності прогнозу геологічної будови пластів, необхідно залучати результати фаціального і палеогеографічного аналізів, які є перевіреними часом методами геологічного моделювання.

Ефективним є сеймостратиграфічний аналіз, який в сукупності з матеріалами регіональних досліджень і аналізом свердловинної інформації, дозволяє на якісному рівні встановлювати закономірності в будові продуктивних пластів. За матеріалами опису ядра і регіональних досліджень відновлюються палеогеографічні умови формування осадів. На підставі аналізу каротажних діаграм проводиться фаціальний аналіз, що дозволяє розділяти територію на ділянки з різними умовами осадо накопичення. Застосування палеотектонічного і палеоструктурного аналізів дозволяє прогнозувати локальні джерела знесення

осадового матеріалу і шляхи його транспортування. Врахування диференційованого ущільнення теригенного матеріалу у сукупності з аналізом загальних товщин інтервалів дозволяє передбачити ступінь піскуватості відкладів.

Результатом підготовки принципової моделі є цифрові трендові карти, найчастіше карти ефективних товщин. На цих картах виділені геологічні особливості, які неможливо отримати методами інтерполяції, але які віддзеркалюють знання і досвід геолога, що будує модель. Наш досвід побудови геологічних моделей свідчить про те, що повне уявлення про кореляції пластів і їх будову виникає тільки після побудови цифрової тривимірної моделі.

Незважаючи на багато обмежень, використання динамічних характеристик відбитих хвиль для прогнозування товщини і колекторських властивостей продуктивних пластів стає стандартною процедурою. Використання сейсмічних атрибутів дозволяє прогнозувати поширення колектора в моделі з достовірністю не меншою, ніж тільки за даними ГДС. За сейсмічними атрибутами проводиться виділення зон поширення колектора при наявності літологічно екранованих покладів і, власне, розрахунок цифрових карт ефективних товщин і коефіцієнту пористості. Зазвичай розглядається кілька видів атрибутів (амплітуда,

акустичний імпеданс (комплексний акустичний опір середовища), неоднорідність відображення і ін.) та їх реалізації в різних часових вікнах на сейсмічних розрізах.

Існують різні способи підвищення надійності та оптимізації статистичних зв'язків між сейсмічними атрибутами і параметрами, визначеними за даними ГДС. Основним фактором, що визначає ефективність прогнозування, є вибір сейсмічного атрибута або їх сукупності, положення палеогеоізохронної поверхні і оптимального часового інтервалу. Множинна регресія за кількома найбільш інформативними атрибутами дозволяє в багатьох випадках підвищити якість статистичного зв'язку. Встановлено, що зі збільшенням числа використовуваних атрибутів помилка прогнозу спочатку зменшується, а потім зростає. Існують також додаткові математичні прийоми, що призводять до поліпшення зв'язків сейсмічних атрибутів з параметрами, визначеними за даними ГДС. Сюди відносяться методи факторного і кластерного аналізів, метод головних компонент, штучні нейронні мережі та інші.

До робочого проекту геологічної моделі імпортуються сейсмічні куби в форматі *.sgy, а також результати інтерпретації – ізогіпси та тектонічні порушення, горизонти відбиття (рис.3-5).

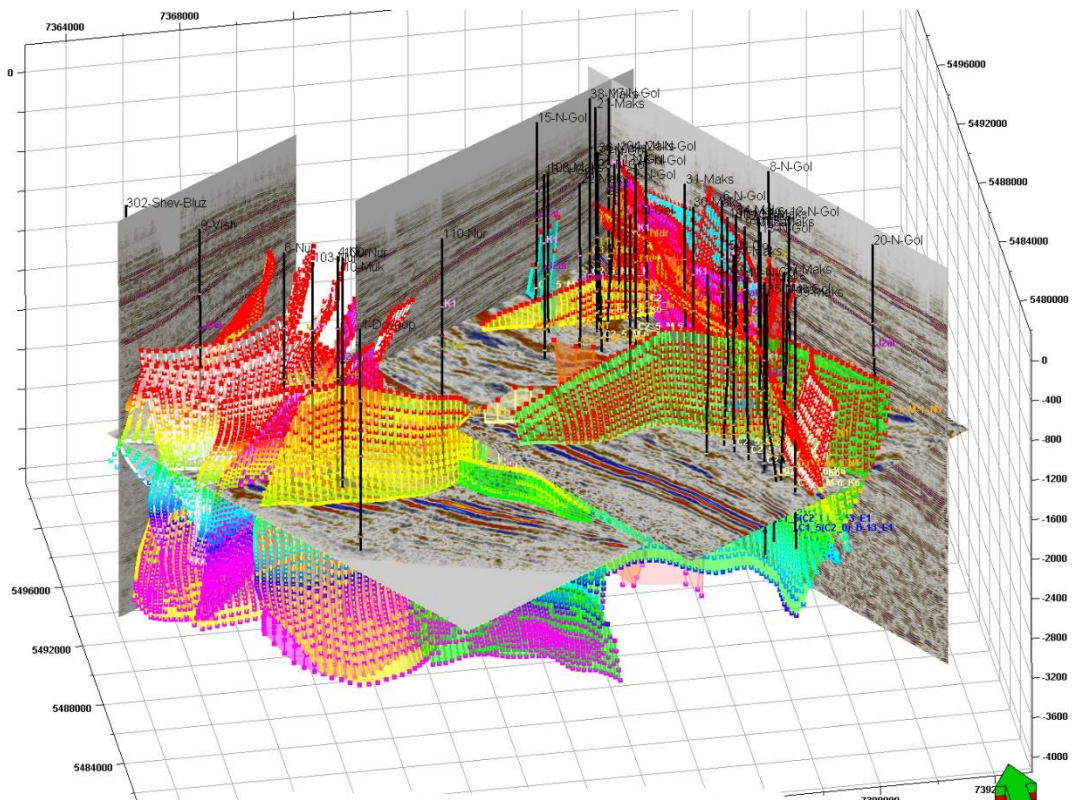


Рисунок 4 – Візуалізація інтерпретації тектонічних порушень

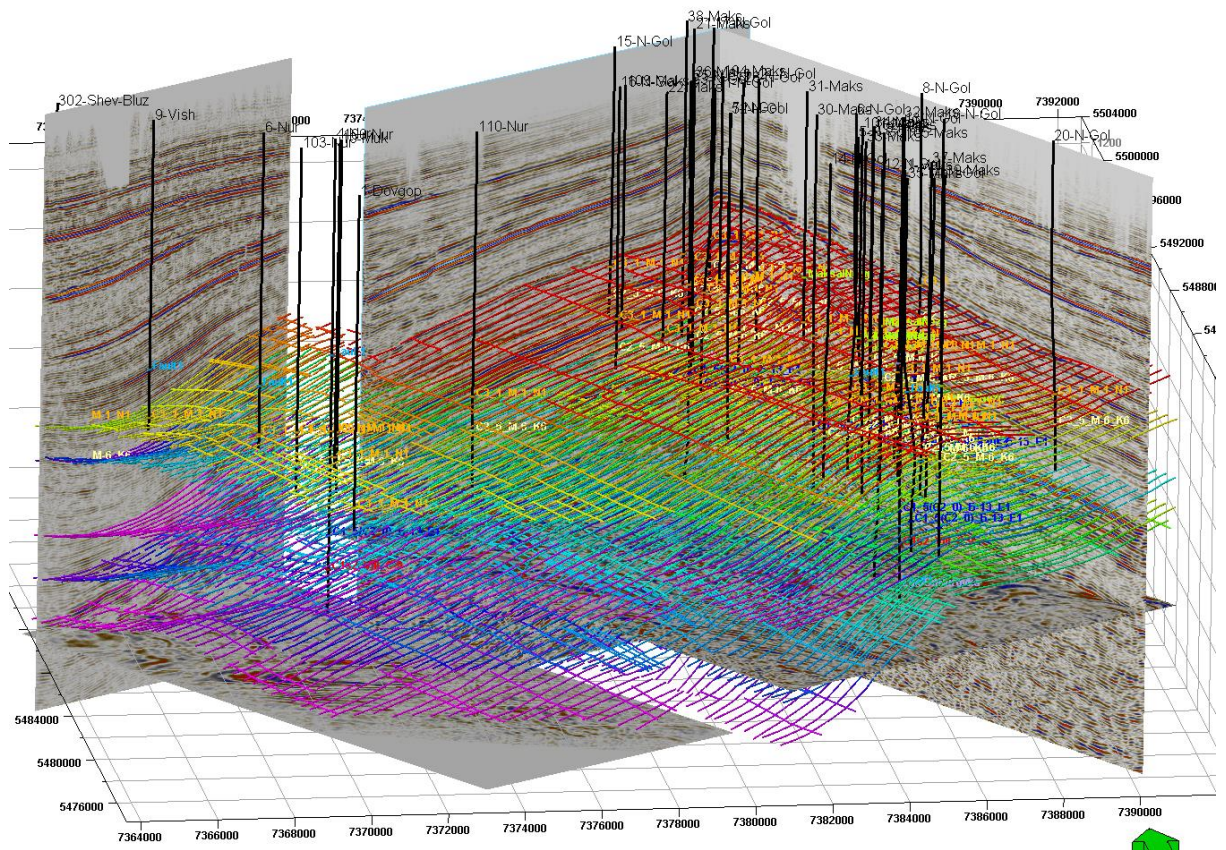


Рисунок 5 – Результати інтерпретації горизонтів відбиття

Створення структурного каркасу моделі

Основні три джерела і три складові частини структурного каркасу моделі – це стратиграфічні розбивки (маркери) пластів у свердловинах, стратиграфічні поверхні пластів і площини тектонічних порушень, організовані в тектонічну модель. При побудові структурного каркаса передбачається, що вже виконана вся підготовча робота: відкориговані пласти на основі концептуальної моделі осадоногопичення, введені поправки на інклінометрію свердловин згідно з прийнятою флюїдною моделлю, виконані двовимірні побудови карт стратиграфічних поверхонь пластів.

Двовимірні побудови карт структурних поверхонь при 3D моделюванні в цілому аналогічні побудовам карт при підрахунку запасів. Зазвичай число стратиграфічних поверхонь в моделі істотно перевищує число опорних геологічних горизонтів, які надійно простежуються та які з ними асоційовані. Тому спочатку виконується побудова основних стратиграфічних поверхонь пластів, пов'язаних з регіональними етапами осадоногопичення. Після цього виконується побудова інших (додаткових) стратиграфічних поверхонь через карти стратиграфічних товщин по свердловинах, виходячи з прийнятої моделі осадоногопичення.

У випадку, коли проміжна поверхня повинна бути конформна одночасно двом основним

стратиграфічним поверхням, побудова здійснюється з використанням карти пропорцій товщин. Наприклад, спочатку будується за свердловинними даними карта h/N , де h – товщина верхнього шару в свердловинах, а N – сумарна товщина верхнього і нижнього шару, тобто всієї пачки. Потім ця карта множиться на сумарну карту стратиграфічних товщин, отриману вирахуванням з карти покрівлі пачки А карти підшви пачки Б. Додаванням отриманої карти до карти покрівлі пачки А розраховується проміжна поверхня В.

У сучасних пакетах геологічного моделювання є можливість будувати поверхні, одночасно конформні вище і нижчезалеглим поверхням, автоматично. Вона реалізована таким чином, що користувачеві слід вказати ряд параметрів, таких, як: вище і нижчезалегли «опорні» поверхні, кількість проміжних поверхонь у заданому інтервалі, метод коригування товщин (не обов'язково пропорційний). При необхідності частину проміжних інтервалів можна задати фіксованою картою товщин (наприклад, у випадку, коли необхідно зберегти змодельовані товщини глинистої перемички, яка локально виклинюється). Карта пропорцій і карта стратиграфічних товщин будується «віртуально» на основі заданих налаштувань і користувач отримує необхідні проміжні поверхні.

Крім основних поверхонь, у структурний каркас іноді включають і допоміжні поверхні, що

дозволяє вирішити будь-які прикладні завдання. Наприклад, при адаптації тривимірної геологічної моделі до матеріалів підрахунку запасів у ситуації, коли зони стратиграфічного виклинювання пласта, які фіксуються сейсморозвідкою, в матеріалах підрахунку запасу були показані як зони виклинювання колекторів. У тривимірній геологічній моделі поверхні структурного стратиграфічного каркаса доводиться виклинути далі за кордон лінії при підрахунку запасів, а виклинювання колекторів забезпечити введенням допоміжних поверхонь.

Наступним за створенням структурного каркаса етапом побудови моделі є побудова тривимірної сітки, або 3D-гріду. Тривимірні сітка – це комірковий каркас, усередині якого

відбуваються всі основні етапи геологічного моделювання.

Головна відмінність тривимірної сітки від двовимірного гріду (тобто поверхні) в тому, що кожна клітинка тривимірної сітки займає певний об'єм у просторі, тоді як осередок двовимірного гріду характеризується лише площею. Правильно побудована тривимірні сітка – це основа побудови коректної геологічної моделі (рис. 6).

Розміри елементарної комірки моделей визначаються з урахуванням особливостей геологічної будови нафтогазових площ, розподілу фільтраційно-ємнісних властивостей вздовж стовбуру свердловини, розташування пробурених свердловин, можливостей обчислювальної техніки.

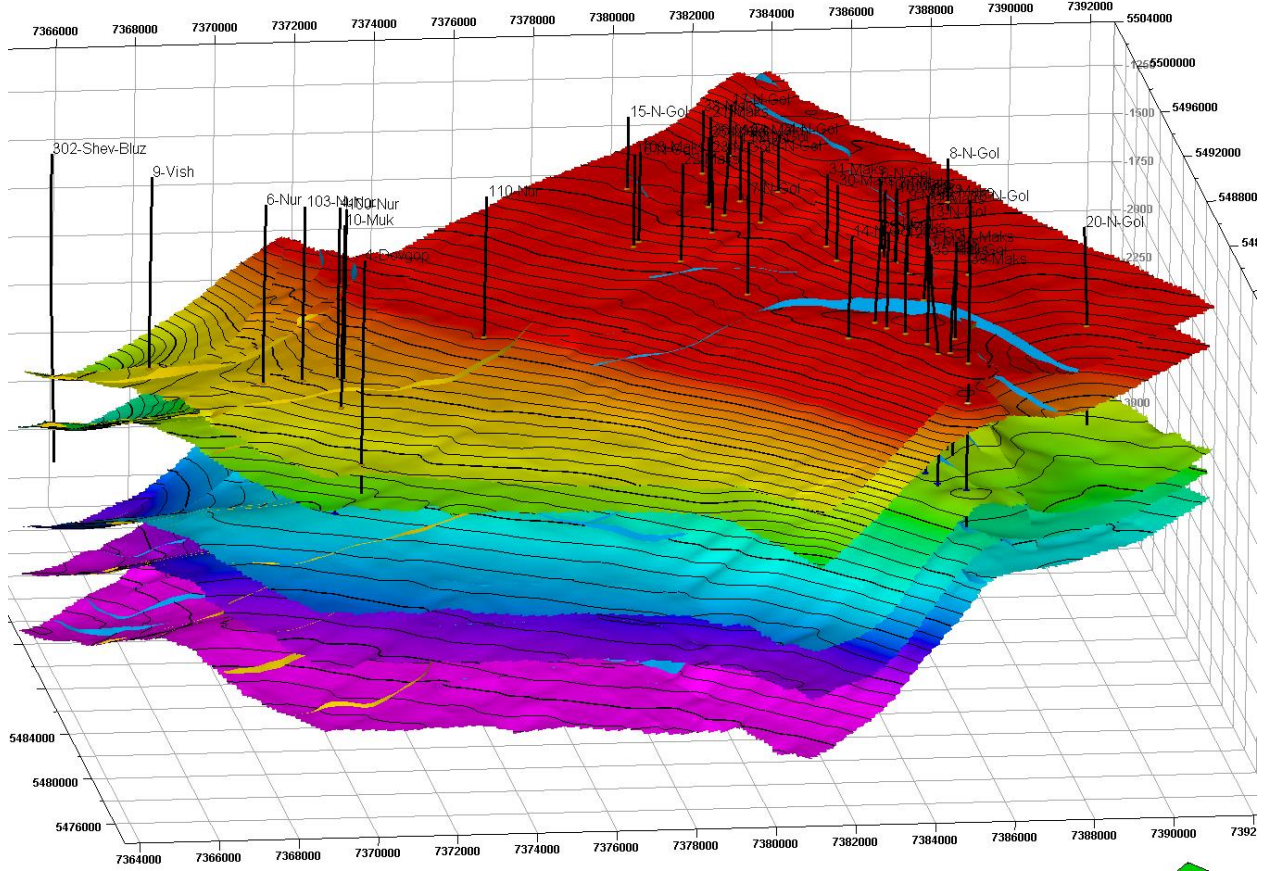


Рисунок 6 – Тривимірні геологічна модель

Літолого-фаціальне моделювання

Побудова дискретного кубу літофацій є наступним етапом побудови тривимірної геологічної моделі за побудовою структурно-тектонічного каркасу. Однак, існує спрощений підхід до геологічної моделі, коли побудова кубу літофацій не проводиться. У цьому випадку виконується інтерполяція (крігінг) значень пористості по свердловинах, якщо криві пористості є у наявності по всьому інтервалу пласта, який моделюється. Далі по залежності $K_{п-}$ $K_{п-}$ розраховується куб проникності, що потім дозволяє за визначеними значеннями $K_{п-}$ зробити

частину комірок неактивними та провести фільтраційні розрахунки.

Такий спрощений підхід має наступні недоліки. По-перше, він застосовується тільки для покладів з простою геологічною будовою – простим літологічним складом, структурною та стратиграфічною будовою, які мають слабку мінливість властивостей по площі та по розрізу.

По-друге, без врахування розподілу літофацій спотворюється розподіл фільтраційно-ємнісних властивостей (ФЄВ) в об'ємі резервуару, які коректно відновлюються тільки при використанні літолого-фаціальної моделі. При правильному підході до створення геологічної моделі літолого-фаціальна модель є тією основою, яка дозволяє використовувати розроблену геологом

концептуальну модель та забезпечить геологічно та статистично достовірний розподіл ФЄВ у резервуарі. При використанні терміну «літологічна модель» розуміється проста літологічна модель, коли моделюється розподіл «колектор-неколектор».

Створення літолого-фаціальної моделі виконується на основі розрахованих кривих фацій по свердловинах. При цьому розподіл розрізу за ознакою «колектор» або «не колектор» проводиться на підставі геолого-геофізичної характеристики пластів, яка обґрунтована за

даними ГДС. За допомогою вбудованого у програмному комплексі Petrel калькулятора створюється дискретний каротаж фацій у якому «колекторам» присвоювалось значення «0», а «неколекторам» значення «1». У подальшому з використанням модуля *Scale up well logs* проводиться осереднення значень розподілу ознаки «колектор-неколектор» на комірки 3D-ґриду. На підставі осереднених значень комірок з використанням модуля *Facies modeling* виконується фаціальне моделювання у міжсвердловинному просторі (рис. 7).

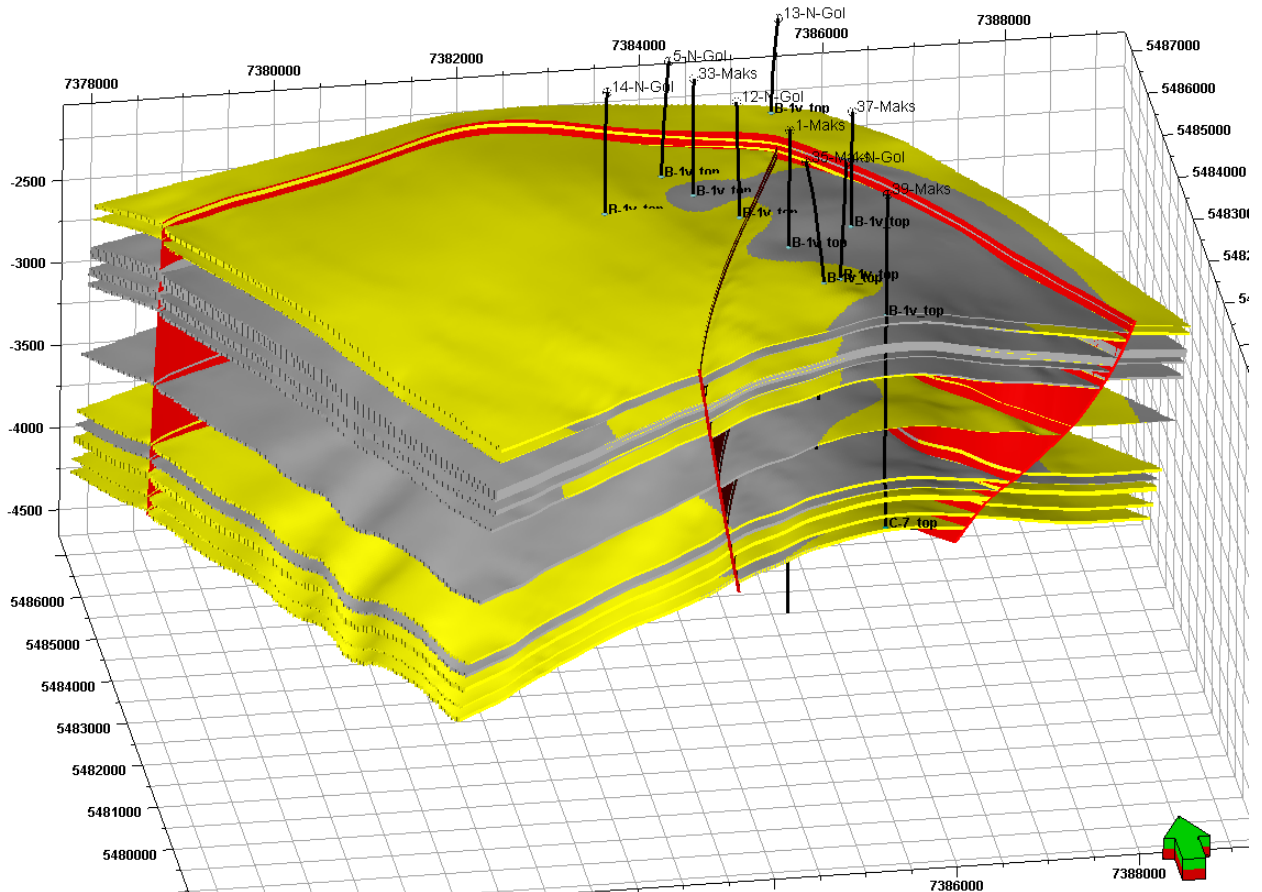


Рисунок 7 – Тривимірна літолого-фаціальна модель

Петрофізичне моделювання

Петрофізичне моделювання фільтраційно-емнісних властивостей колектора є наступним етапом роботи після створення літолого-фаціальної моделі. Воно виконується з метою розподілу безперервних властивостей у тривимірній моделі для подальшої оцінки запасів вуглеводнів та гідродинамічного моделювання. До них належать пористість, проникність, нафтогазонасиченість та інші. У рамках даного етапу виконується моделювання пористості (*porosity*), газонасиченості (*saturation*), визначається відношення ефективної товщини до загальної (*Net/Gross*).

Перед тим, як розпочати моделювання пористості у міжсвердловинному просторі проводиться осереднення значень кривих пористості на комірки 3D-ґриду. Потім за допомогою модуля *Petrophysical modeling* виконується моделювання пористості в міжсвердловинному просторі (рис. 8). Моделювання газонасиченості та *Net/Gross* виконується за тією ж методикою.

Для визначення параметра *Net/Gross* створюються криві дискретного каротажу загальних товщин пластів за результатами інтерпретації ГДС. Потім за допомогою вбудованого калькулятора розраховується параметр *Net/Gross* як відношення ефективної товщини пластів до загальної.

У тих інтервалах, де ефективні товщини не визначені згідно висновків за результатами

інтерпретації ГДС, параметр Net/Gross приймається рівним 0,5 (тобто половина загальної товщини інтервалу).

Таким чином, моделювання петрофізичних властивостей колекторів уможливило оцінку запасів газу.

Оцінка запасів газу

Перед оцінкою запасів необхідно виконати моделювання поверхонь газоводяних контактів за допомогою модуля *Make contacts* та розрахувати параметр Bg (*Gas formation volume factor*), який характеризує відношення об'єму газу при пластових умовах до об'єму пластового газу при нормальних умовах (температура – 20°C, тиск – 1 атм.).

Параметр Bg у програмному комплексі Petrel є аналогом поправок на відхилення від закону Бойля-Маріотта та на температуру згідно прийнятої Державним Комітетом Запасів України для проведення підрахунку запасів газу. Розрахунок Bg виконується згідно залежності:

$$Bg = 1 / (f \times (P_{пл} \times 9,86923 \times \alpha - 1)) \quad (1)$$

де, f – поправка на температуру; $P_{пл}$ – пластовий тиск розрахований на середину вертикального інтервалу покладу; α – поправка на відхилення від закону Бойля-Маріотта.

Далі для кожного покладу за допомогою вбудованого калькулятора призначається розрахований параметр Bg . Після цього можна розпочинати розрахунок запасів газу.

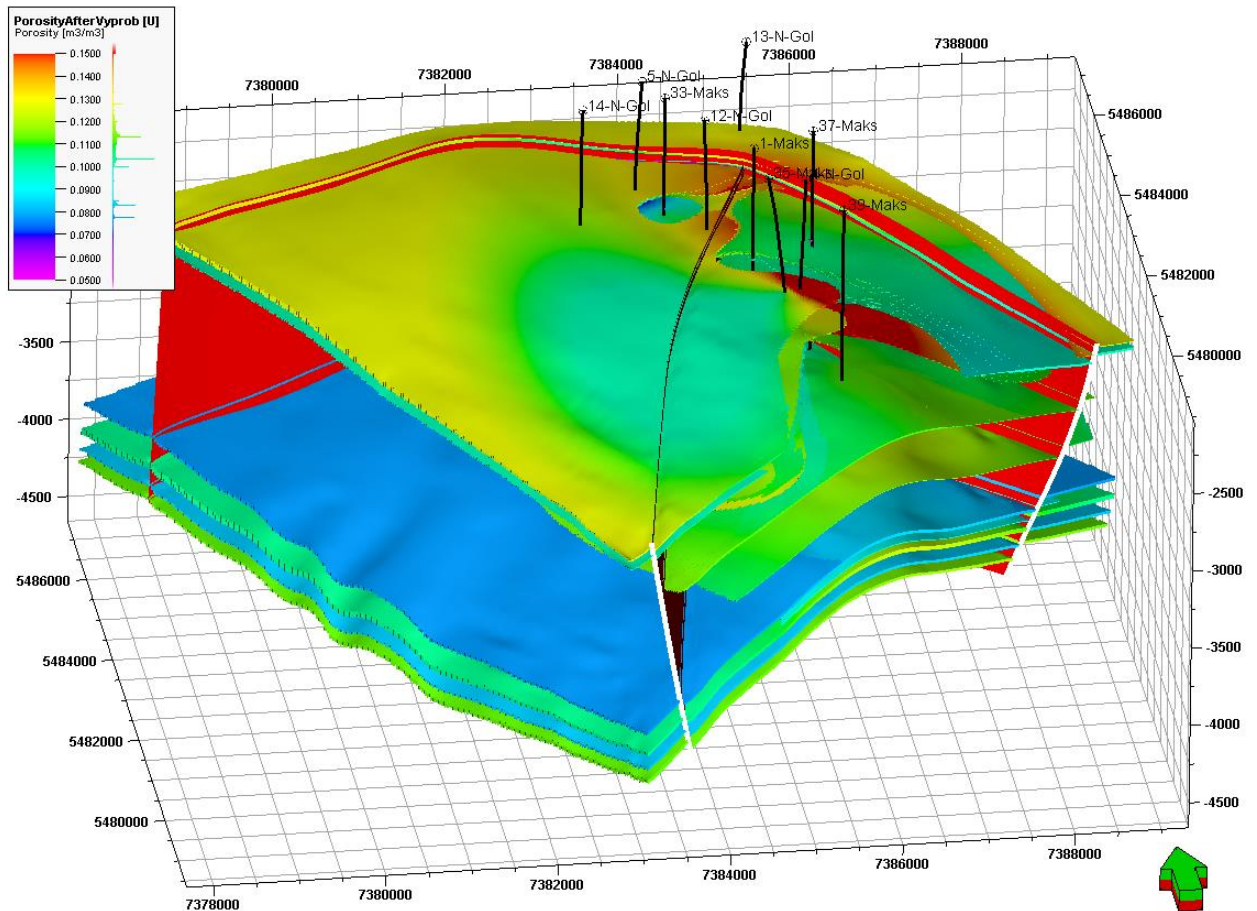


Рисунок 8 – Тривимірна модель пористості

ВИСНОВОК

Розглянуті практичні питання застосування програмного продукту Petrel для геологічного моделювання покладу вуглеводневого флюїду, зокрема, детальної кореляції розрізів свердловин, використання результатів сейсмозвідувальних робіт, створення структурного каркасу моделі, літолого-фаціальне моделювання, петрофізичне моделювання, оцінка запасів флюїду.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. / І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.
2. Мислюк М. А. Моделювання явищ і процесів у нафтогазопромисловій справі : Підручник / М. А. Мислюк, Ю. О.Зарубін. - Івано-Франківськ : Екор, 1999. – 494 с.
3. Білецький В.С. Моделювання у нафтогазовій інженерії: навчальний посібник. / В.С. Білецький – Львів: Видавництво "Новий Світ – 2000", – Харків: НТУ «ХПІ», 2021. – 306 с.

4. Мулявин С.Ф. Основы проектирования разработки нефтяных и газовых месторождений. Учебное пособие. Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – 215 с.

5. Гладков Е.А. Геологическое и гидродинамическое моделирование месторождений нефти и газа: учебное пособие / Е.А. Гладков; Томский политехнический университет.–Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 99 с.

6. [William E. Allcock, Benjamin S. Allen, Rachana Ananthakrishnan.](#) Petrel: A Programmatically Accessible Research Data Service // Conferences [PEARC '19: Proceedings of the](#)

[Practice and Experience in Advanced Research Computing on Rise of the Machines \(learning\)](#) July 2019 Article No.: 49. Pages 1–7 <https://doi.org/10.1145/3332186.3332241>

7. Modeling of Oil Product and Gas Pipeline Transportation / by Mikhail V.Lurie (Author), Emmanuil Sinaiski (Translator). 2008.

8. Holstein, E. (Editor), Petroleum Engineering Handbook, Volume V(b), Chapt 17, Reservoir Engineering, 2007.

9. Warner, H. (Editor), Petroleum Engineering Handbook, Volume VI, Chapter 6, Coalbed Methane, 2007.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Petrel – програмна платформа фірми Schlumberger, що використовується у секторі розвідки та видобутку у нафтовій промисловості. Програмне забезпечення Petrel для геологічного моделювання об'єднує в єдиний технологічний ланцюжок геофізику, геологію і розробку родовищ. У статті розглянуті практичні питання застосування програмного продукту Petrel для геологічного моделювання покладу вуглеводневого флюїду, зокрема, детальної кореляції розрізів свердловин, використання результатів сейморозвідувальних робіт, створення структурного каркасу моделі, літолого-фаціальне моделювання, петрофізичне моделювання, оцінка запасів флюїду.

Ключові слова: *Petrel, нафтогазова інженерія, геологічного моделювання, сейсмічна розвідка, літолого-фаціальне моделювання, петрофізичне моделювання, оцінка запасів флюїду.*

ЗМІСТ

<i>В.М. Орловський</i> Історія нафтогазовидобування в Україні	1–9
<i>В.С.Білецький</i> Класифікація методів підвищення Нафтовилучення	10-16
<i>Владислав Толстов</i> Фізико-хімічні особливості формування скупчень газу щільних колекторів у палеозойських породах західного донбасу	17-19
<i>Закревський Андрій, Родін Леонід</i> Метанол у нафтогазовій промисловості Та зеленому переході	20–23
<i>Аліна Похилко</i> Огляд полегшених тампонажних розчинів для кріплення бокових стовбурів свердловин	24-30
<i>Сокур М.І., Равінська В.О.</i> Енергозбереження при переробці залізних руд	31–36
<i>Ткаченко Микола</i> Підвищення фонтанобезпечності буріння свердловин шляхом впровадження ультразвукових датчиків рівня в систему автоматизації технологічних процесів	37–39
<i>Л.Шпильовий, В.Білецький</i> Роль рідкісних і рідкісноземельних металів у 5-6 технологічних устроях: перспективи України	40–44
<i>В.Білецький, Г.Онкович</i> Інтернет-дидактика у розвитку професійної компетентності майбутнього фахівця (на прикладі розвитку медіакомпетеності фахівців з нафтогазової справи)	45-56
<i>Сергій Левонюк</i> Застосування програми PETREL для геологічного моделювання	57-67



Національний технічний університет
«Харківський політехнічний університет»
кафедра «Видобування нафти, газу та конденсату»
61002, Україна, м.Харків,
вул.Пушкінська, 85, корпус У-4
Телефон: (057)707-65-15; (067)717-80-68
E-mail: dngik@ukr.net



ГЕОТЕХНОЛОГІЇ

Науково-технічний журнал

Число 5

Комп'ютерна верстка	Анастасія Куш
Обкладинка	Михайло Фик
Редактор випуску	Володимир Білецький

Рекомендовано до друку редакцією «Гірничої енциклопедії»,
Протокол № 1-1122 від 27.11 2022

Підп.до друку оригінал-макета 27.11 2022
Формат 60×84 1/16. Папір офісний.
Друк цифровий.Гарнітура Times. Ум.друк.арк. 12,0.
Обл.вид.арк. 14. Зам 0607-2022. Наклад 50 пр.