

УДК 622.621

DOI <https://doi.org/10.32347/tb.2025-43.0605>**<sup>1</sup>Наталія Сорокова,**

доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-3529-7145>, e-mail: [aes\\_kpi@ukr.net](mailto:aes_kpi@ukr.net)**<sup>2</sup>Юлія Кольчик,**

кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-4559-5725>, e-mail: [kolchik.iium@knuba.edu.ua](mailto:kolchik.iium@knuba.edu.ua)**<sup>2</sup>Лариса Пашкова,**

старший викладач,

<https://orcid.org/0009-0001-2056-6090>, e-mail: [pashkova.lv@knuba.edu.ua](mailto:pashkova.lv@knuba.edu.ua)**<sup>2</sup>Володимир Новіков,**

кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0009-0009-6592-0805>, e-mail: [novikov.vd@knuba.edu.ua](mailto:novikov.vd@knuba.edu.ua)**<sup>2</sup>Наталія Чепурна,**

кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-8044-7563>, e-mail: [chepurna.nv@knuba.edu.ua](mailto:chepurna.nv@knuba.edu.ua)

<sup>1</sup>Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Берестейський просп., 37, Київ, 03056, Україна

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, просп. Повітряних сил, 31, м. Київ, 03037, Україна

## ОБЛАДНАННЯ ВИДОБУТКУ, ПІДГОТОВКИ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ І ГАЗУ

**АНОТАЦІЯ.** Процеси розробки нафтогазових покладів є вельми різноманітними і залежать від великої кількості факторів, що обумовлює їх підвищену небезпеку. Виникнення аварійних ситуацій на будь-якому етапі видобування може призвести до значних втрат матеріальних, людських ресурсів та нанести значну шкоду екології. В роботі розглянуті питання забезпечення технологічних процесів видобування нафти та газу, їх підготовки, транспортування та зберігання необхідним обладнанням. Показані стадії розробки нафтового покладу, розглянуті особливості процесу видобування копалин та відмінності в виборі обладнання в залежності від величини запасів нафти й газу, глибини їх залягання, продуктивності, ступеня вироблення та обводнення, промислової підготовки та транспортування продукції. Наведена необхідність більш ретельної розробки родовищ, особливо на останніх стадіях процесів видобування. Розглянуті заходи по інтенсифікації нафтовіддачі, підвищенню використання енергії пласта, безпеки та екологічності видобутку.

**Ключові слова:** видобування нафти та газу, спосіб видобутку, пластова енергія, обладнання.

## EQUIPMENT FOR PRODUCING, PREPARATION, TRANSPORTATION AND STORAGE OF OIL AND GAS

**ABSTRACT.** The processes of oil and gas development are very diverse and depend on a large number of factors, which makes them highly dangerous. The occurrence of emergencies at any stage of production can lead to significant losses of material and human resources and cause significant damage to the environment. The paper considers issues of ensuring technological processes of oil and gas extraction, their preparation, transportation and storage with the necessary equipment. The stages of oil field development are shown, the features of the mineral extraction process are considered, and the differences in the choice of equipment are considered depending on the size of oil and gas reserves, their depth, productivity, degree of production and waterlogging, industrial preparation and transportation of products. The need for more thorough development of deposits, especially at the final stages of the extraction process,

*is highlighted. The need for more thorough development of deposits, especially at the final stages of the extraction process, is highlighted. Measures to intensify oil recovery, increase the use of reservoir energy, and ensure the safety and environmental friendliness of extraction are considered.*

**Keywords:** *oil and gas extraction, extraction method, reservoir energy, equipment.*

**Постановка проблеми.** Питання забезпечення технологічних процесів видобування нафти та газу сучасним енергоємним обладнанням є актуальним, оскільки від цього, зокрема, залежать вартість копалин та енергії і нафтопродуктів, які отримують при їх використанні.

**Актуальність дослідження.** Нафта й газ є основними енергоносіями, які мають важливе значення в економіці країни. Продукти переробки нафти та газу є основою всіх видів палива для енергетики, транспорту та сировиною для хімічної промисловості. З нафти отримують бензин, керосин, дизельне паливо, змащувальні масла, мазут, парафін, бітум та інші нафтопродукти. При хімічній переробці нафти й газу отримують синтетичні волокна, каучуки, пластмаси, фарби.

Видобуток нафти і газу в Україні здійснюється у східному, західному та південному регіонах, з найбільшими запасами та обсягами видобутку у східному регіоні, особливо в Полтавській, Сумській та Харківській областях. Усі родовища розрізняються за величиною запасів нафти й газу, геологічною будовою, продуктивністю, ступенем вироблення й обводнення, особливостями технології видобутку нафти й газу, промисловою підготовкою та транспортуванням продукції [1].

Фізико-хімічні властивості нафти та газу визначаються складом тобто масовим вмістом у ній хімічних елементів: вуглецю і водню. Вміст вуглецю становить 83–87 %, водню 12–14%. Вміст інших елементів – сірки, кисню, азоту рідко перевищує 3–4 %.

Нафту поділяють на фракції шляхом перегонки. Фракція нафти бензин має діапазон кипіння 30–200 С°, керосин 200–300 С°. Фракція, що залишається, це мазут, з якого отримують бітуми, гудрони, масла. Залежно від фракційного складу розрізняють бензинові (легкі) та паливні (важкі) нафти.

Пластові води присутні в більшості нафтогазових родовищ і є звичайним супутником нафти. Крім пластів, у яких вода залягає разом з нафтою, зустрічаються й чисто водонесні пласти. Пластова вода в нафтових і газових покладах може перебувати не тільки в чисто водяній зоні, але й у нафтовій і газовій, насичуючи разом з нафтою та газом продуктивні породи покладів.

**Формулювання цілей статті.** Задачею дослідження є аналіз обладнання, що використовується при розробці нафтогазових покладів для забезпечення повної розробки родовищ упродовж всього терміну їх життєдіяльності, заданого видобутку нафти та газу за умови мінімальних витрат і, за можливістю, з найбільшими значеннями коефіцієнтів нафтовіддачі.

**Останні дослідження та публікації.** Темі підвищення ефективності видобування корисних копалин, особливо на кінцевих стадіях розробки присвячена значна кількість робіт. Методика визначення кінцевих строків експлуатації нафтових та газових свердловин, аналіз економічної доцільності та технічної можливості їх подальшої роботи при різних методах інтенсифікації розробки дозволяє оптимізувати видобуток копалин [2]. В [3] наведені економічні аспекти інтенсифікації видобутку складних запасів нафти і газу в Україні, можливості зростання ефективності при освоєні залишкових запасів вуглеводнів та вирішення проблем виснаження традиційних родовищ, описані проблеми видобутку газу в Україні та шляхи їх подолання. В [4, 5] розглянуті питання актуальності та доцільності розробки виснажених родовищ та наведені пропозиції щодо удосконалення процесів видобутку вуглеводнів із таких родовищ, зокрема, шляхом впровадження нових технологій та методів підвищення нафтовіддачі пластів.

В [3] розглянуті положення науково-обґрунтованого вибору технологій та свердловин для впровадження методів інтенсифікації видобутку нафти шляхом дії на привибійну зону свердловин, та вибором технології та обладнання в залежності від стадії розробки родовища.

**Основна частина** У розробці нафтового покладу виділяють чотири стадії: I – наростаючий видобуток нафти; II – стабілізація видобутку нафти; III – падаючий видобуток нафти; IV – пізня стадія експлуатації покладу. На першій стадії наростання обсягів видобутку нафти забезпечується в основному введенням у розробку нових експлуатаційних свердловин в умовах високих пластових тисків. Спосіб видобутку нафти в цей період фонтанний, обводненість відсутня. Тривалість першої стадії становить близько 4–6 років (залежно від запасів нафти та кількості свердловин). Друга стадія – стабілізація нафтовидобутку – починається після розбурювання основного ресурсу свердловин. У цей період видобуток нафти спочатку дещо наростає, а потім починає повільно знижуватися. Збільшення видобутку нафти на цій стадії можна досягти більш щільним розміщенням сітки свердловин, збільшенням нагнітання води або газу в пласт для підтримання пластового тиску, проведенням робіт по підвищенню проникності пласта та ін.[7] Обводненість копалин може досягати 50 %. Тривалість другої стадії становить близько 5–7 років. Третя стадія – падаючий видобуток нафти – характеризується зниженням нафтовидобутку, збільшенням обводнення продукції свердловин і великим падінням пластового тиску. Цей етап закінчується у випадку досягнення 80–90 % обводнення. Після закінчення фонтанного способу видобутку усі свердловини працюють на механізованих способах видобутку. Четверта стадія – пізня стадія експлуатації покладу визначається порівняно низькими обсягами відбору нафти та великими відборами води. Обводненість досягає 90–95 % і більше. Цей період є найбільш тривалим і становить 15–20 років. Загальна тривалість розробки будь-якого нафтового родовища становить 40–50 років. На рис. 1 зображені стадії розробки нафтових родовищ.

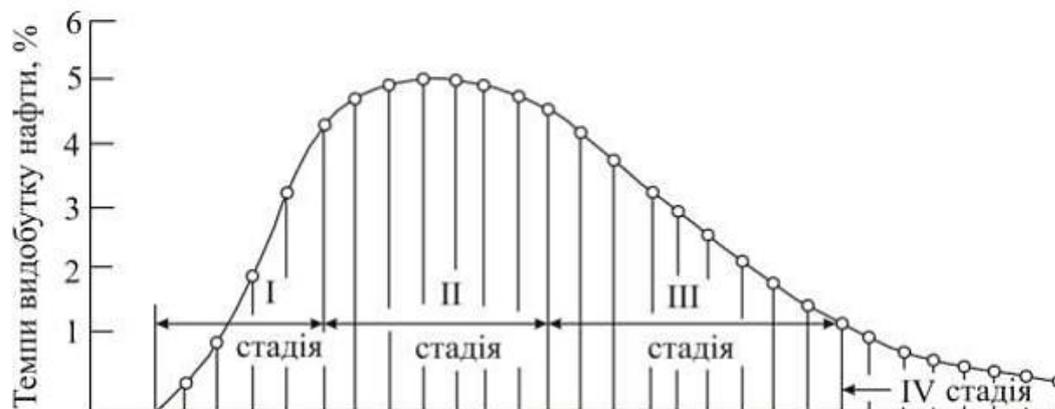


Рис. 1. Стадії розробки нафтових родовищ  
 Fig. 1. Stages of oil field development

Для підвищення нафтовіддачі використовують гідродинамічні, фізико-хімічні та теплові методи.

Обладнання, що використовується при розробці нафтогазових родовищ, залежить від пластових умов, типу родовища, способу видобутку нафти та газу (фонтанний, механізований) та включає бурове обладнання, насоси, компресори, трубопроводи та наземні установки, такі як фонтанна арматура, маніфольди та системи автоматики, а також спеціалізовані платформи для морського видобутку, призначені для вилучення, підготовки та транспортування вуглеводнів із надр Землі до місць зберігання та переробки [8].

Для видобутку нафти та газу здійснюють буріння свердловин - циліндричних отворів в земній корі, що мають малий поперечний переріз та дуже значну довжину й призначені для переміщення корисних копалин на поверхню. Початок свердловини (на поверхні) називають гирлом, її кінець – вибій. Весь порожній простір від гирла до вибою називається стовбуром. Свердловини можуть бути вертикальними або похило-спрямованими. В окремих випадках бурять горизонтальні свердловини. Окрім видобутку свердловини використовують для закачування в надра води, повітря або газу для підтримання пластового тиску. Широке

застосування отримали механічні способи буріння: ударний, ударно-обертальний, обертальний, турбінний [9].

Бурова установка складається з вишки для підвішування талевої системи та розміщення бурових труб, обладнання для спуско-підйомних операцій, включаючи системи автоматизації та механізації, обладнання для подачі й обертання інструмента, насосів для прокачування промивної рідини, силового приводу, систем для приготування й очищення промивної рідини; контрольно-вимірвальні прилади й автоматика.

Якщо підйом нафти на поверхню відбувається тільки за рахунок пластової енергії, спосіб експлуатації називається фонтанним. При цьому на гирло свердловини встановлюються запірні вентиля або клапани. Такий спосіб є найбільш економічним і, його застосовують на виявлених, енергетично не виснажених родовищах [10].

Якщо свердловини не можуть фонтанувати, то для підйому нафти на поверхню використовують один з механізованих способів видобутку нафти: газліфтний або насосний з витратою додаткової, штучно введеної у свердловину енергії. При газліфтному способі видобутку нафти у свердловину подають за допомогою компресорів стиснений газ.. Найбільш поширеним механізованим способом є насосний. У насосних свердловинах рідина піднімається на поверхню за допомогою свердловинних штангових насосів, що спускаються у свердловину і заглибних електронасосів.

Устаткування свердловини підрозділяється на підземне й наземне. До підземного обладнання належать насосно-компресорні труби. Для підйому рідини із свердловини використовуються гладкі насосно-компресорні труби, які в колоні з'єднуються за допомогою муфт. До наземного обладнання при фонтанному способі видобутку належать фонтанна арматура, викидна лінія для підключення свердловини до системи промислового збору, маніфольд - розгалужена система трубопроводів з клапанами та приладами, призначена для

керування потоками рідин чи газів. Фонтанна арматура призначена для герметизації кільцевого простору між експлуатаційною колоною та насосно-компресорними трубами, для підвіски колон підйомних труб, для створення протитиску на гирлі, для проведення технологічних операцій, для контролю і регулювання режиму експлуатації свердловини.

При глибинонасосному способі видобутку і використанні штангової насосної установки (рис. 2) у свердловині встановлюють поршневий насос, який приводиться в дію поверхневим приводом за допомогою колони штанг. В цій установці наземне обладнання включає в себе верстат-качалку, редуктор, електродвигун, блок управління свердловиною, а підземне окрім насосно-компресорних труб включає в себе насосні штанги, штанговий глибинний насос і різні захисні пристрої, що поліпшують роботу установки в ускладнених умовах

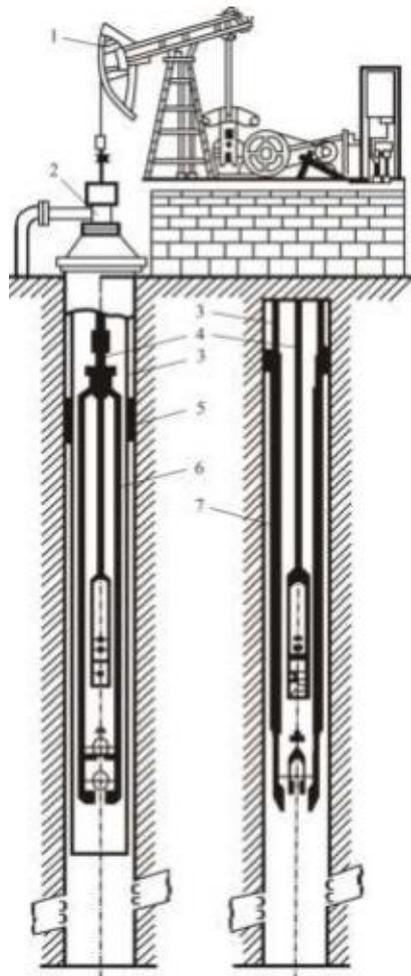


Рис. 2. Свердловинний штанговий насос: 1 – станок-качалка; 2 – обладнання устя; 3 – колонна насосно-компресорної труби; 4 – підвішені на планшайби колони насосних штанг; 5 – замкова опора; 6 – штанговий насос вставного типу; 7 – штанговий насос невставного типу.

Fig. 2. Downhole rod pump: 1 – rocker; 2 – wellhead equipment; 3 – tubing string; 4 – pump rod columns suspended on faceplates; 5 – lock support; 6 – plug-in type rod pump; 7 – non-plug-in type rod pump

Цей спосіб має ряд недоліків, зокрема недостатньо висока подача штангових насосів, необхідність установлення громіздкого обладнання, небезпека обриву штанг у разі великих глибин підвіски та видобутку в'язких нафт обмежують їх застосування. Для експлуатації обводнених, високопродуктивних, глибоких і похилих свердловин широко застосовуються заглибні відцентрові електронасоси (рис.3). Відмінна риса таких насосних установок – розташування двигуна безпосередньо в насосі та усунення штанг.

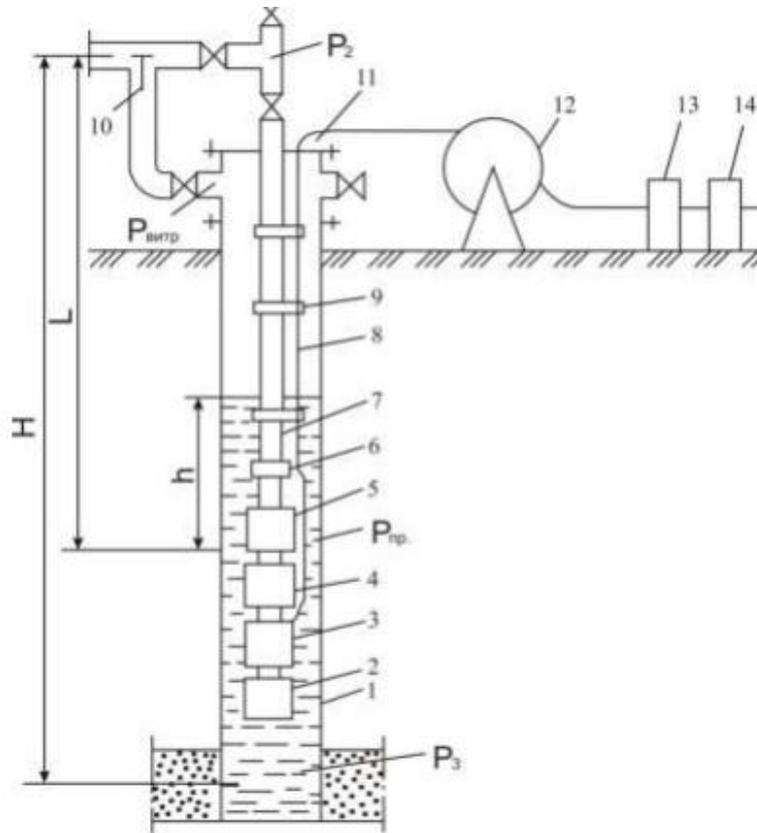


Рис. 3. Схема установки занурювального відцентрового електронасоса:

1 – експлуатаційна колона; 2 – компенсатор; 3 – електродвигун; 4 – протектор; 5 – відцентровий електронасос; 6 – зворотний і спускний клапани; 7 – насосно-компресорні труби; 8 – електричний кабель; 9 – кріпильний пояс; 10 – зворотний перепускний клапан

Fig. 3. Installation diagram of a submersible centrifugal electric pump: 1 – service column; 2 – compensator; 3 – electric motor; 4 – protector; 5 – centrifugal electric pump; 6 – check and drain valves; 7 – pump and compressor pipes; 8 – electric cable; 9 – fastening belt; 10 – check bypass valve.

Для вибору насоса в такій установці керуються паспортною характеристикою насоса значеннями напору  $H$ , подачі насоса  $Q$  споживаної потужності  $N$  і ККД. На практиці не завжди вдається підібрати насос з характеристикою, що точно відповідає характеристиці свердловини. Доводиться вдаватися до штучного регулювання роботи насоса, наприклад, до обмеження його подачі. У промислових умовах подачу насоса можна обмежити за допомогою штуцера, але при цьому різко знижується ККД насоса, гирло свердловини необхідно обладнати арматурою підвищеного тиску, збільшується осьове навантаження на вал і робочі колеса, що скорочує термін служби насосної установки. Альтернативою, що усуває вищевикладені недоліки є регулювання характеристик установки шляхом зміни числа робочих ступенів насоса. Чим більше ступенів, тим вищий створюваний тиск за умови тієї ж подачі, але в цьому випадку необхідно витягти установку зі свердловини.

В більшості випадків практична розробка українських родовищ обмежується першою та другою стадіями. Переходити до третьої та четвертої вважається нерентабельним. Результатом такого підходу є розвиток незворотних процесів, які призводять до значних втрат

вуглеводнів. Мало уваги приділяється виснаженим родовищам. Проведені дослідження, які вказують на те, що родовища у своїй більшості не припиняють процесу свого формування [11]. Тобто, родовища, запаси яких вичерпуються, через деякий час знову поповнюються. Тому, слід подовжити термін розробки родовища і, за необхідності проводити консервацію видобувних свердловин, а не ліквідувати їх.

**Для підготовки та транспортування:** нафти та газу використовують **компресорні та насосні станції** для стиснення та перекачування, **холодильники та сепаратори** для первинної підготовки (видалення газів, води). **системи автоматики та контрольно-вимірювальна апаратура при** подачі в магістральні трубопроводи. Трубопровідний транспорт має великі перспективи розвитку, пов'язані з постійним зростанням потреб у нафті й особливо в природному газі і є найефективнішим способом. Крім того використовується залізничний та автомобільний транспорт з використанням цистерн, нафтоналивні судна - танкери, у трюмах яких розміщувалися спеціальні ємності для нафти. До систем переміщення нафти і нафтопродуктів висувуються вимоги безперебійності доставки від родовищ до нафтопереробних заводів та до споживачів; мінімальні фінансові витрати та терміни технологічного процесу; збереження якості продукту; зниження до мінімуму втрат [12]. Кожен вид транспортування має свої недоліки і переваги. У разі перевезення нафти і нафтопродуктів на значні відстані застосовують комбінації з різних видів транспорту.

**Висновки.** Для ефективної та повної розробки нафтових та газових покладів, зменшення енергоємності треба обґрунтовано підходити до вибору технології та відповідного обладнання. Крім того необхідно здійснювати регулярне обслуговування, профілактичні заходи, модернізацію вузлів обладнання, що використовується.

Таким чином актуальним є аналіз та застосування новітніх досягнень в цій галузі та розробка захисту існуючого обладнання від ворожих атак.

### Список використаної літератури:

1. Фік М.І., Кріпко О.І., Раєвський Я.О., Варавіна О.П., (2019). Розробка та експлуатація нафтових та нафтогазових родовищ *НТУ "ХП"*.
2. Ганущак О.М., Бабій Т. (2007) Визначення граничних меж можливості та доцільності подальшої експлуатації свердловин. *Нафтова і газова промисловість*, (2), 24-26.
3. Пілка М.С. (2017) Економічні передумови застосування методів інтенсифікації при розробці родовищ із важковидобувними запасами в Україні. *Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія "Економіка, та управління в нафтогазовій і газовій промисловості"*, 1(15), 36-47. ISSN 2409-0948.
4. Дорошенко В.М., Єгер Д.О., Зарубін Ю.О., Кондрат Р.М. (2007). Напрямки вирішення проблем розробки виснажених родовищ нафти і газу. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*, 4(25), 17-19.
5. Купер І.М. (2015). Деякі напрямки стабілізації видобутку нафти в Україні *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*, 3(56). 7-10.
6. Іванченко І.М. (2012). Аналіз ефективності методів інтенсифікації видобутку нафти на нафтових родовищах України. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, (4), 71-77.
7. Нагорний В.П., Денисюк І.І. (2013). Технології інтенсифікації видобутку вуглеводнів. *Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України*.
8. Бойко В.С. (2004). Розробка та експлуатація нафтових родовищ. *Реалпринт*.
9. Дячук В.В., Бікман Є.С., Кісельова С.О. (2009). Проектування розробки та облаштування газових (газоконденсатних) родовищ. *За загальною редакцією проф. О.Ф. Редька. "BURUN&K"*
10. Фік І.М., Римчук Д.В. (2014). Облаштування газових та нафтових фонтанних свердловин при експлуатації. *Колонні обв'язки (1), "Ексклюзив"*.
11. Купер І.М. (2002). До проблем розробки виснажених родовищ. *Нафтова і газова промисловість* (5) 28-29.
12. Ширін Л.Н., Деніщенко О.В., Барташевський С.Є., Коровяка Є.А., Расцветаєв В.О. (2019) Транспортування нафти, нафтопродуктів і газу. НТУ "ДП".

**References:**

1. Fik M. I., Khripko O. I., Raevskii Ya. O., Varavina O. P. Rozrobka ta yeks-pluatatsiya naftovikh ta naftogazovikh rodovishch. Kharkiv. NTU «KhPI» 2019. (in Ukrainian).
2. Ganushchak O.M., Babii T.A. «Viznachennya granichnikh mezh mozhlivosti ta dotsilnosti podalshoi yekspluatatsii sverdlovin.» Naftova i gazova promislovist. №2, 2007. p.p..24-26. (in Ukrainian).
3. Pilka M. S."Ekonomichni peredumovi zastosuvannya metodiv intensifikatsii pri rozrobtsi rodovishch iz vazhkovidobuvnimi zapasami v Ukraïni» Naukovii visnik IFNTUNG. Seriya: Yekonomika ta upravlinnya v naftovii i gazovii promislovosti ISSN 2409–0948. № 1(15), 2017, p.p.36-47. (in Ukrainian).
4. Doroshenko V.M., Eger D.O., Zarubin Yu.O., Kondrat R.M. «Napryamki virishennya problem rozrobki visnazhenikh rodovishch nafti i gazu.» Rozvidka ta rozrobka naftovikh i gazovikh rodovishch. № 4 (25), 2007, p.p. 17 – 19. (in Ukrainian).
5. Kuper I.M. «Deyaki napryamki stabilizatsii vidobutku nafti v Ukraïni», Rozvidka ta rozrobka naftovikh i gazovikh rodovishch. №3(56), 2015, p.p. 7-10. (in Ukrainian).
6. Ivanchenko I.M. «Analiz yefektivnosti metodiv intensifikatsii vidobutku nafti na naftovikh rodovishchakh Ukraïni.» Visnik Vinnitskogo politekhnichnogo institutu. №4, 2012, p.p. 71-77. (in Ukrainian).
7. Nagornii V. P., Denisyuk I. I. Tekhnologii intensifikatsii vidobutku vug-levodniv . Kiïv, Institut geofiziki im. S. I. Subbotina NAN Ukraïni, 2013. (in Ukrainian).
8. Boiko V. S. Rozrobka ta yekspluatatsiya naftovikh rodovishch. Kiïv «Real-print», 2004. (in Ukrainian).
9. D'yachuk V. V. Bikman Є. S., Kiselova S. O. Proektuvannya rozrobki ta oblashtuvannya gazovikh (gazokondensatnikh) rodovishch. Za zag. red. d-ra tekhn. nauk, prof. Redko O. F. Kharkiv. «BURUN i K», 2009. (in Ukrainian).
10. Fik I. M., Rimchuk D. V. Oblashtuvannya gazovikh ta naftovikh fontannikh sverdlovin pri yekspluatatsii. Ch. 1. Kolonni obv'yazki. Kharkiv. «Eksklyuziv», 2014. (in Ukrainian).
11. Kuper I.M. «Do problemi rozrobki visnazhenikh rodovishch» Naftova i gazova promislovist. № 5, 2002, p.p. 28-29. (in Ukrainian).
12. Shirin L.N., Denishchenko O.V., Bartashevskii S.Є., Korovyaka Є.A., Ras-tsvetaev V.O. Transportuvannya nafti, naftoproduktiv i gazu. Dnipro. NTU «DP», 2019. (in Ukrainian).