

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Кафедра нафтогазової інженерії та технологій

## **МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН З ВИКОРИСТАННЯМ ГРП**

Розробила студентка групи 601-МВ  
Керівник роботи

Ващенко І.О.  
Михайловська О.В.

2025

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу  
Кафедра нафтогазової інженерії та технологій  
Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технології

До захисту

Завідувач кафедри, НГТТ

*В.о. Дмитро Козак*  
*В. С. Козак*

## МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: «Дослідження процесу підвищення продуктивності газових свердловин  
з використанням ГРП»

Пояснювальна записка

**Керівник**

К.т.н., доц. Михайловська О.В.  
посада, наук. ступінь, ПІБ  
*О.В. Михайловська*  
підпис, дата,

**Виконавець роботи**

Ващенко Ірина Олександрівна  
студент, ПІБ  
група 601-МВ  
*Ірина Ващенко*  
підпис, дата

**Консультант за 1 розділом**

К.т.н., доц. Михайловська О.В.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

**Консультант за 2 розділом**

К.т.н., доц., Савик В.М.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

**Консультант за 3 розділом**

К.т.н., доц., Михайловська О.В.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

**Консультант за 4 розділом**

К.т.н., доц., Рубель В.В.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

**Консультант за 5 розділом**

К.т.н., доц., Рубель В.В.  
посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 23.04.2025р.

Полтава, 2025

Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут: Нафти і газу  
Кафедра: Нафтогазової інженерії та технологій  
Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр  
Спеціальність: 185 Нафтогазова інженерія та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри НГІТ  
В.о. директора ННІНГ  
«14» 01 2025 року  
С.Г.Гарин

ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Ващенко Ірина Олександрівна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження процесу підвищення продуктивності газових свердловин з використанням ГРП

Керівник проекту (роботи) к.т.н., доцент Михайловська О.В.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навч. закладу від «09» 08 2024 року № 818-Ф.О.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 22.12.2024р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1. Науково-технічна література, періодичні видання, патенти на винаходи, конспекти лекцій. 2. Проекти розробки чи технологічні схеми розробки родовищ (за необхідності). 3. Геологічні звіти та звіти фінансової діяльності підприємств за профілем роботи. 4. Технологічні режими роботи свердловин та експлуатаційні карточки свердловин.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Огляд проблеми підвищення продуктивності при ГРП.

2. Сучасні рідини, які застосовуються при ГРП.

3. Аналіз факторів, що впливають на ефективність ГРП з використанням методів математичного моделювання.

4. Досвід застосування ГРП на «Б.» родовищі.

5. Аналіз перспектив застосування ГРП на свердловинах №№5 і 54 «Б.» родовища.

Висновки по проекту.

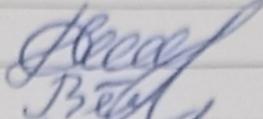
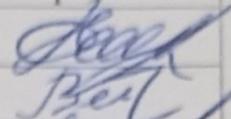
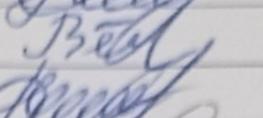
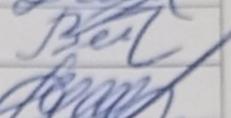
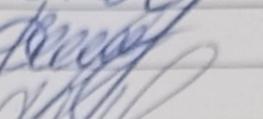
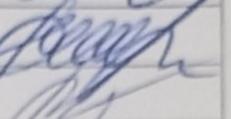
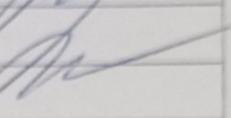
5. Перелік графічного матеріалу

1. Цілі ГРП; 2. Види рідин ГРП; 3. основні відомості про родовище;

4. рекомендації щодо вибору об'єктів для проведення ГРП; 5. основні

відомості про операції ГРП; 6. результати прогнозування видабутку  
 на рекомендації до ГРП свердловинах; 7. експертний захист від ГРП.

6. Консультанти розділів роботи

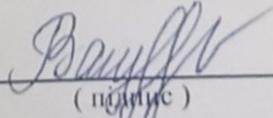
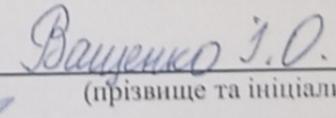
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	к.т.н. доц. Михайловська		
2	к.т.н., доц. Савик Я.М.		
3	к.т.н. доц. Михайловська		
4	к.т.н., доц., Рубель В.Л.		
5	к.т.н., доц., Рубель В.Л.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

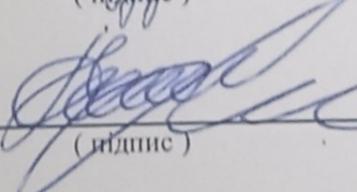
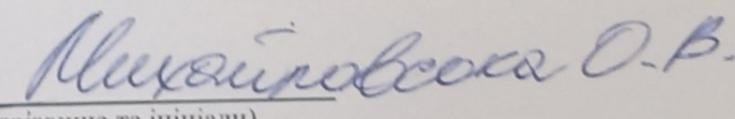
### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Огляд проблеми підвищення продуктивності при ГРП	01.09-22.09
2	Сучасні рідини, які застосовуються при ГРП	23.09-13.10
3	Аналіз факторів, що впливають на ефективність ГРП з використанням методів математичного моделювання	14.10-03.11
4	Досвід застосування ГРП на «Б.» родовищі	04.11-17.11
5	Аналіз перспектив застосування ГРП на свердловинах №№5 і 54 «Б.» родовища	18.11-01.12
6	Оформлення та узгодження роботи	01.12-03.12
7	Апробація роботи	04.12-16.12
8	Захист магістерської роботи	23.01

Студент

   
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

   
 (підпис) (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ	
ПРИ ГРП .....	10
1.1. Сучасні технології проведення ГРП.....	10
1.2. Методи оцінки продуктивності свердловини після ГРП .....	13
Висновки до розділу 1 .....	19
РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ РІДИНИ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ	
ГРП .....	20
2.1. Типи рідин ГРП.....	20
2.1.1. Рідини на водній основі .....	20
2.1.2. Рідини на нафтовій основі .....	25
2.1.3. Кислоти .....	26
2.1.4. Багатофазні рідини .....	27
2.1.5. Порівняльна характеристика рідин ГРП .....	29
2.2. Додаткові хімічні реагенти .....	31
2.2.1. Зшивачі .....	31
2.2.2. Понижувачі тертя (руйнувачі) .....	34
2.2.3. Понижувачі водовіддачі .....	36
2.2.4. Бактерициди .....	39
2.2.5. Стабілізатори .....	40
2.2.6. Поверхнево-активні речовини .....	41
2.2.7. Стабілізатори глини .....	41
Висновки до розділу 2 .....	43
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ	
ГРП З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО	
МОДЕЛЮВАННЯ .....	44

3.1. Математична модель процесу ГРП .....	7
3.1.1. Поширення тріщини в неоднорідному пласті .....	44
3.1.2. Визначення механічних властивостей гірських порід .....	48
Висновки до розділу 3 .....	49
РОЗДІЛ 4. ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ГРП НА «Б.» РОДОВИЩІ .....	52
4.1. Вихідні геолого-промислові дані .....	53
4.1.1. Стратиграфія.....	53
4.1.2. Фізико-літологічна характеристика продуктивних горизонтів .....	53
4.1.3. Газоконденсатна характеристика .....	57
4.1.4. Аналіз результатів розробки покладів та поточного стану експлуатації свердловин.....	58
4.2. Досвід проведення ГРП на свердловинах «Б.» родовища .....	62
Висновки до розділу 4 .....	70
РОЗДІЛ 5. АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ ГРП НА СВЕРДЛОВИНАХ №№5 І 54 «Б.» РОДОВИЩА .....	76
5.1. Рекомендації щодо вибору об'єктів для проведення ГРП на «Б.» родовищі .....	77
5.2. Результати прогнозування видобутку газу на рекомендованих до ГРП свердловинах .....	80
5.3. Економічний ефект від впровадження ГРП на свердловинах- кандидатах .....	84
Висновки до розділу 5 .....	88
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

## АНОТАЦІЯ

Ващенко І. О. Дослідження процесу підвищення продуктивності газових свердловин з використанням ГРП. Рукопис. Кваліфікаційна робота на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології» за освітньо-професійною програмою «Нафтогазова інженерія та технології», Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2025.

Робота складається зі вступу, 5 (п'ятьох) розділів, висновків та списку використаних джерел з 60 найменувань. Кваліфікаційна робота викладена на 95 сторінах, містить 12 таблиць, 31 рисуноків.

У першому розділі «Огляд проблеми підвищення продуктивності при ГРП» на високому теоретичному рівні розкрито сучасні технології проведення ГРП, наведено методику оцінювання ефективності проведення ГРП.

В другому розділі «Сучасні рідини, які застосовуються при ГРП» здійснено огляд рідин ГРП, наведено рекомендації щодо їх застосування для різних пластових і технологічних умов, висвітлено їх переваги та недоліки.

У третьому розділі «Теоретичні основи моделювання процесу ГРП» розкриті принципи і алгоритм моделювання ГРП у пакеті програмного забезпечення Petex IPM (Prosper, MBAL).

У четвертому розділі «Досвід використання ГРП на родовищі Б.» висвітлено досвід проведення ГРП на п'ятьох свердловинах родовища, наведені колекторські властивості покладів і фізико-хімічні характеристики флюїдів.

У п'ятому розділі «Аналіз перспектив застосування ГРП на свердловинах №№5 і 54 родовища Б.» надані рекомендації стосовно свердловин, намічених до проведення ГРП та виконано прогноз видобутку газу після проведення інтенсифікації.

Ключові слова: гідравлічний розрив пласта, газоконденсатне родовище, колектор, дебіт, рідина розриву, пропант.

## ANNOTATION

8

Vashchenko I. O. Study of the process of increasing well productivity using hydraulic fracturing. Manuscript. Qualification work for obtaining the second (master's) level of higher education in specialty 185 "Oil and Gas Engineering and Technology" under the educational and professional program "Oil and Gas Engineering and Technology", National University "Yury Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava, 2025.

The work consists of an introduction, 5 (five) chapters, conclusions and a list of references from 60 titles. The qualification work is presented on 95 pages, containing 12 tables, 31 figures.

The first chapter "Overview of the problem of increasing productivity during hydraulic fracturing" reveals modern hydraulic fracturing technologies at a high theoretical level, and provides a methodology for assessing the effectiveness of hydraulic fracturing. The second section, "Modern Fluids Used in Hydraulic Fracturing," provides an overview of hydraulic fracturing fluids, recommendations for their use under various reservoir and process conditions, and highlights their advantages and disadvantages.

The third chapter, "Theoretical Foundations of Hydraulic Fracturing Modeling," describes the principles and algorithm for Hydraulic Fracturing modeling in the Petex IPM software package (Prosper, MBAL).

The fourth chapter, "Experience with Hydraulic Fracturing at Field B." describes the experience of Hydraulic Fracturing at five wells in the field, presents the reservoir properties of the deposits and the physicochemical characteristics of the fluids.

The fifth section, "Analysis of the Prospects for Hydraulic Fracturing at Wells No. 5 and 54 at Field B." provides recommendations for wells scheduled for hydraulic fracturing and a forecast of gas production after stimulation.

Keywords: hydraulic fracturing, gas condensate field, reservoir, flow rate, fracturing fluid, proppant.

- [1]. Donaldson E., Alam W., Begum N. Hydraulic Fracturing Explained: Evaluation, Implementation, and Challenges. Houston, Texas: Gulf Publishing Company, 2013. XXIV, 200 p. — ISBN: 978-1-933762-40-1.
- [2]. Birdi K.S. Surface Chemistry and Geochemistry of Hydraulic Fracturing. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, 2017. — 194 p. — ISBN10: 1482257181.
- [3]. Economides M., Oligney R., Valky P. Unified fracture design: bridging the gap between theory and practice. Alvin, Texas: Orsa Press, 2002. — 259 p. — ISBN 0-9710427-0-5.
- [4]. Zendehboudi S., Bahadori A. Shale Oil and Gas Handbook: Theory, Technologies, and Challenges. Gulf Professional Publishing, 2017. — 415 p. — ISBN: 978-0-12-802100-2.
- [5]. Alzahabi A. Soliman M. Optimization of Hydraulic Fracture Stages and Sequencing in Unconventional Formations. CRC Press, 2019. — 279 p. — ISBN: 978-1-138-08595-4.
- [6]. Aminzadeh F. (Ed.) Hydraulic Fracturing and Well Stimulation. Scrivener Publishing / Wiley, 2019. — 315 p. — (Sustainable Energy Engineering Series). — ISBN: 978-1-119-55569-8.
- [7]. Belyadi H., Fathi E., Belyadi F. Hydraulic Fracturing in Unconventional Reservoirs: Theories, Operations, and Economic Analysis. 2nd Edition. — Gulf Professional Publishing, 2019. — 613 p. — ISBN: 978-0-12-817665-8.
- [8]. Bungler A.P., McLennan J., Jeffrey R. (eds.) Effective and Sustainable Hydraulic Fracturing. InTech, 2013. — 1070 p. — ISBN: 978-953-51-1137-5.
- [9]. Economides, M. J., & Martin, T. (2007). Hydraulic Fracturing: Fundamentals and Practices. Society of Petroleum Engineers.
- [10]. King, G. E. (2012). Twenty Years of Hydraulic Fracturing Research: What Have We Learned? Society of Petroleum Engineers, SPE 145306.

- [11]. Meyer, R. S., & Bair, R. R. (2017). *Hydraulic Fracturing: The Science and Technology of Hydraulic Fracture Design and Application*. Springer.
- [12]. Zhao, J., & Zhang, L. (2016). The Impact of Hydraulic Fracturing on Shale Gas Production. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 31, 347-359.
- [13]. U.S. Department of Energy (DOE). (2013). *Shale Gas Production and Hydraulic Fracturing: Technology, Regulatory, and Environmental Considerations*. Office of Fossil Energy.
- [14]. Gupta, A., & Verma, S. (2014). A Study of the Hydraulic Fracturing Process in Unconventional Oil and Gas Reservoirs. *SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition*, SPE 168453.
- [15]. Rutqvist, J., & Tsang, C.-F. (2014). Modeling of Hydraulic Fracturing in Geothermal Reservoirs. *Geothermics*, 52, 61-71.
- [16]. Barree, R. D., & Miskimins, J. L. (2008). *Fracture Design for Unconventional Gas Reservoirs: Fundamentals, Diagnostics, and Optimization*. SPE 114176.
- [17]. Lee, J. H., & Sohrabi, M. (2012). The Effect of Hydraulic Fracturing on Well Productivity: A Numerical Approach. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 88, 1-9.
- [18]. Schlumberger. (2016). *Hydraulic Fracturing Techniques and Technologies*. Schlumberger Oilfield Glossary.
- [19]. Britt, L. K., & Willingham, R. F. (2014). Overview of Hydraulic Fracturing Design and Performance for Unconventional Reservoirs. SPE 169218.
- [20]. Stark, S. D., & Jansen, W. S. (2015). *Advanced Hydraulic Fracturing Simulation and Modeling Techniques: From Theory to Practice*. SPE/IADC Drilling Conference, SPE 172518.
- [21]. Zhang, Y., & Huang, Y. (2011). Effects of Fracture Geometry on Fracture Propagation and Productivity in Shale Gas Reservoirs. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 3(4), 590-597.

- [22]. Smith, M. L., & Hendrickson, W. S. (2012). Hydraulic Fracturing and Wellbore Stability: A Numerical Modeling Approach. SPE/IADC Drilling Conference, SPE 151960.
- [23]. Bour, D. (2015). Geomechanics of Hydraulic Fracturing and Its Impact on Reservoirs. *Journal of Petroleum Geomechanics*, 13(1), 89-98.
- [24]. Liu, H., & Zhao, F. (2014). Fracture Design for Multi-Stage Hydraulic Fracturing in Horizontal Wells. SPE 168453.
- [25]. Fanchi, J. R. (2011). Geological and Engineering Aspects of Hydraulic Fracturing for Gas Production. Gulf Professional Publishing.
- [26]. Kaiser, H., & Decker, L. (2013). Environmental Impact of Hydraulic Fracturing: A Case Study in the Marcellus Shale Region. *Environmental Geosciences*, 20(1), 55-72.
- [27]. O'Sullivan, P., & Paltsev, S. (2014). Hydraulic Fracturing and Its Environmental Impact: Global Perspectives and Solutions. Cambridge University Press.
- [28]. Ghanbarian, B., & Hajiabdolmajid, V. (2014). Mechanics of Hydraulic Fracture Propagation in Geothermal Reservoirs. *Journal of Geophysical Research*, 119(7), 6084-6101.
- [29]. Das, S. S., & Menon, V. (2012). Impact of Reservoir Stimulation on Hydraulic Fracturing. SPE 144581.
- [30]. Gupta, A., & Yaw, H. (2013). Evaluation of Hydraulic Fracturing Treatments Using Laboratory and Field Data. SPE 164734.
- [31]. Dusseault, M. B., & Gardner, M. (2015). Hydraulic Fracturing: History, Current Practices, and Future Prospects. *Journal of Energy Resources Technology*, 137(2), 021101.
- [32]. Vega, J. A., & Brann, R. T. (2016). Techniques for Optimizing Hydraulic Fracturing Operations in Tight Gas Reservoirs. *Journal of Petroleum Technology*, 68(7), 58-64.
- [33]. Feng, L., & Wang, H. (2017). Simulating Multi-Stage Hydraulic Fracturing for Shale Gas Production. SPE/IADC Drilling Conference, SPE 185931.

- [34]. Elder, H., & Phillips, D. (2015). Optimizing Hydraulic Fracturing in Unconventional Shale Reservoirs. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 27, 463-474.
- [35]. Blenkinsop, T., & Simpson, T. (2014). Case Studies on the Role of Hydraulic Fracturing in Enhancing Oil Production from Tight Reservoirs. SPE 169654.
- [36]. Dong, X., & Yang, Y. (2016). New Approaches to Hydraulic Fracture Modeling in Complex Reservoirs. *SPE Journal*, 21(4), 1297-1310.
- [37]. Hosseini, S., & Rezaee, M. (2013). The Role of Hydraulic Fracturing in Shale Gas Development: A Review. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 3(3), 213-227.
- [38]. Li, X., & Du, G. (2014). Flow Simulation in Hydraulic Fractures of Shale Gas Reservoirs: A Review of Modeling Methods and Applications. SPE 169354.
- [39]. Wang, Z., & Liu, Z. (2015). Optimization of Hydraulic Fracturing in Tight Oil Reservoirs. SPE 175148.
- [40]. Mathews, A. R., & Singh, M. (2015). Numerical Simulation and Optimization of Hydraulic Fracture Growth in Unconventional Reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 137, 144-156.
- [41]. Gao, P., & Zhou, R. (2016). Hydraulic Fracturing in Tight Gas Reservoirs: A Case Study from the Sichuan Basin, China. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 34, 1285-1297.
- [42]. Yuan, H., & Zhang, L. (2017). Hydraulic Fracturing Technologies for Gas Shale Reservoirs: Current Trends and Future Directions. SPE/IADC Drilling Conference, SPE 187626.
- [43]. Zhang, X., & Liu, Y. (2012). Mechanical Behavior of Fractured Reservoirs: Implications for Hydraulic Fracturing. SPE 151926.
- [44]. Naylor, W. (2013). Hydraulic Fracturing for Enhanced Oil Recovery. SPE/IADC Drilling Conference, SPE 157209.

- [45]. Barati, R., & Taheri, J. (2015). Thermo-Hydro-Mechanical Coupling in Hydraulic Fracturing of Geothermal Reservoirs. *Geothermics*, 56, 72-83.
- [46]. Luo, P., & Zhang, M. (2014). Fracture Propagation Modeling in Hydraulic Fracturing for Unconventional Reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 121, 153-166.
- [47]. Arman, H., & Moosavi, S. (2012). Development of a Numerical Simulator for Modeling Multi-Stage Hydraulic Fracturing in Shale Gas Reservoirs. SPE 147546.
- [48]. Blum, M., & Radke, M. (2014). Hydraulic Fracturing and Reservoir Management for Unconventional Resources: Advances in Research and Development. *Journal of Petroleum Technology*, 66(10), 46-54.
- [49]. Habib, G., & Fathi, E. (2013). The Role of Geomechanics in Hydraulic Fracturing Optimization. SPE/IADC Drilling Conference, SPE 167292.
- [50]. Palmer, M. A., & Burnham, A. (2017). Hydraulic Fracturing in the Barnett Shale: A Comparative Analysis of Fracture Behavior and Well Performance. SPE 182486.
- [51]. Akbar, M., & Siddiqui, F. (2015). Hydraulic Fracturing Impact on Wellbore Integrity and Long-Term Production. SPE 171789.
- [52]. Cao, Y., & Karytsas, C. (2012). Innovative Approaches for Modeling Hydraulic Fractures in Shale Gas Reservoirs. SPE/IADC Drilling Conference, SPE 147195.
- [53]. Gonzalez, C., & Guzman, R. (2016). Innovations in Hydraulic Fracturing Techniques: Impacts on the Shale Gas Industry. SPE 185195.
- [54]. Cheng, J., & Liu, C. (2015). Advanced Methods for Hydraulic Fracture Analysis and Their Applications to Tight Reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 140, 104-115.
- [55]. Yuan, F., & Zhao, L. (2014). Impact of Hydraulic Fracturing on Reservoir Performance in the Eagle Ford Shale. SPE 170114.
- [56]. Zhang, H., & Zhang, J. (2016). Optimization of Fracture Placement in Horizontal Wells for Shale Gas Development. SPE 184563.

- [57]. Muratov, I., & Sadeghi, M. (2013). Predicting the Effect of Hydraulic Fracturing on Reservoir Pressure and Wellbore Stability. SPE 159297.
- [58]. Sadeghi, M., & Khamari, A. (2015). Use of Microseismic Monitoring for Hydraulic Fracturing Optimization. SPE 171749.
- [59]. Liang, Y., & Wang, X. (2017). Influence of Fluid Types on Hydraulic Fracturing Performance in Tight Oil Reservoirs. SPE 182936.
- [60]. Sherwin, J., & Tennant, D. (2014). Fracture Initiation and Growth in Tight Reservoirs: Insights from Hydraulic Fracturing in the Bakken. SPE 169245.