

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

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра буріння та геології
Спеціальність 184 Гірництво

До захисту

Гарант освітньої програми
Харченко М.О.
«___» _____ 2023 року

Завідувач кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.
«___» _____ 2023 року

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему Використання удосконалених технологій каротажу при
бурінні та промисловій експлуатації свердловин

Пояснювальна записка

Керівник
к.т.н., доцент Харченко М.О.
посада, наук. ступінь, ПІБ

підпис, дата,

Виконавець роботи
Прищеп Віталій Сергійович
студент, ПІБ
група _____

підпис, дата

Консультант за 1 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 4 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту _____

Полтава, 2024

**Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

Навчально-науковий інститут: Нафти і газу
Кафедра: Буріння та геології
Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр
Спеціальність: 184 Гірництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
Харченко М.О.
« ____ » _____ 2023 року

Завідувач кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.
« ____ » _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Прищепя Віталій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Використання удосконалених технологій каротажу при бурінні та промисловій експлуатації свердловин

Керівник проекту (роботи) старший викладач кафедри буріння та геології Нос С.М.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навч. закладу від “ ____ ” _____ 2023 року № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

1. Науково-технічна література, періодичні видання, патенти на винаходи тощо.

2. Проекти на влаштування свердловин (за необхідності).

3. Геологічні звіти за профілем роботи _____

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

Вступ.

1. Аналіз сучасних технологій каротажу при бурінні та промисловій експлуатації свердловин на нафту і газ.

2. Обґрунтування технології каротажних робіт при бурінні свердловин.

3. Впровадити дослідження в практику буріння свердловин на нафту і газ.

4. Загальні висновки по роботі

5. Перелік графічного матеріалу

Презентація із основними результатами кваліфікаційної роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Харченко М.О., доцент		
2	Харченко М.О., доцент		
3	Харченко М.О., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Інформаційно-оглядова частина	11.10-24.10
2	Експериментальна частина	25.10-14.11
3	Теоретична частина	15.11-5.12
4	Впровадження результатів досліджень	6.11-12.12
5	Оформлення та узгодження роботи	13.12-17.12
6	Попередні захисти робіт	13.12-17.12
7	Захист магістерської роботи	20.12-24.12

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Необхідність прискорення промислового зростання, зміцнення стратегічних позицій України на світових енергетичних ринках та підвищення рівня життя населення країни зумовлює неминучість інтенсивного освоєння нафтогазових ресурсів країни. У цих умовах найважливішим завданням нафтогазовидобувної галузі нашої країни є підтримання на належному рівні темпів видобутку вуглеводнів. Виконання цих вимог може бути досягнуто при наявності значних підготовлених запасів вуглеводневої сировини, для підтримки обсягів яких на належному рівні необхідна форсована підготовка, збільшення нових запасів.

У роботі розглянуто підвищення ефективності проведення методу газового каротажу в складних геологічних умовах. На основі оптимізованої методики хроматографічного аналізу вуглеводневих газів, що характеризуються високою роздільною здатністю і широким діапазоном вимірювань в польових умовах, удосконалено засоби проведення газового каротажу в складних геолого-технічних умовах за допомогою газокаротажного хроматографу типу «Рубін».

ABSTRACT

The need to accelerate industrial growth, strengthen Ukraine's strategic positions on world energy markets, and raise the standard of living of the country's population necessitates the inevitability of intensive development of the country's oil and gas resources. In these conditions, the most important task of the oil and gas production industry of our country is to maintain the rate of hydrocarbon production at the appropriate level. Fulfillment of these requirements can be achieved in the presence of significant prepared reserves of hydrocarbon raw materials, in order to maintain the volumes of which at the proper level, forced preparation and the increase of new reserves are necessary.

The paper considers the improvement of the efficiency of the gas logging method in difficult geological conditions. Based on the optimized method of chromatographic analysis of hydrocarbon gases, which is characterized by high resolution and a wide range of measurements in field conditions, the means of conducting gas logging in difficult geological and technical conditions using a gas logging chromatograph of the "Rubin" type have been improved.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В СКЛАДНИХ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

- 1.1. Аналіз розвитку методу газового каротажу
- 1.2. Аналіз ефективності методу газового каротажу
- 1.3. Причини зниження інформативності геохімічних досліджень
- 1.4. Особливості процесів газонасичення промивної рідини

Висновки до розділу 1 Мета і задачі досліджень

РОЗДІЛ 2 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ГАЗОКАРОТАЖНОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ

2.1 Параметри газонасичення бурового розчину при різних геолого-технологічних умовах

2.2 Обґрунтування необхідних параметрів проведення газового аналізу

2.3 Аналіз технічних засобів, що використовуються при газовому каротажі під час буріння та експлуатації свердловин

Висновки до розділу 2

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ВИСОКОЧУТЛИВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МАЛОПОТУЖНИХ НАФТОНАСИЧЕНИХ ПЛАСТІВ ПРИ БУРІННІ СВЕРДЛОВИН

3.1 Методи проведення хроматографічного аналізу

3.2 Аналіз методики хроматографічного аналізу

3.3 Аналіз технічних рішень для проведення газового каротажу згідно сучасних вимог

Висновки до розділу 3

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І МЕТОДИЧНИХ ЗАСОБІВ ГАЗОВОГО КАРОТАЖУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ СУЧАСНИХ ЗАВДАНЬ В ПРОЦЕСІ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

4.1 Приклад виділення нафтонасиченого пласта

4.2 Приклад виділення нафтонасичених і водонасичених пластів малої потужності

Висновки до розділу 4

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Актуальність роботи

Необхідність прискорення промислового зростання, зміцнення стратегічних позицій України на світових енергетичних ринках та підвищення рівня життя населення країни зумовлює неминучість інтенсивного освоєння нафтогазових ресурсів країни. У цих умовах найважливішим завданням нафтогазовидобувної галузі нашої країни є підтримання на належному рівні темпів видобутку вуглеводнів. Виконання цих вимог може бути досягнуто при наявності значних підготовлених запасів вуглеводневої сировини, для підтримки обсягів яких на належному рівні необхідна форсована підготовка, збільшення нових запасів. Протягом останнього часу зазначалося помітне відставання обсягів підготовки промислових запасів від темпів зростання видобутку вуглеводнів. На сучасному етапі для збільшення нових запасів вуглеводневої сировини особливо важливого значення набувають завдання інтенсивного проведення та підвищення ефективності геологорозвідувальних робіт.

У зв'язку зі значним ступенем вироблення запасів нафти великих родовищ, великого значення набуває підвищення ефективності розробки дрібних, малопродуктивних родовищ з відносно невеликими запасами. В умовах, що змінилися перспективними для розбурювання стають дрібні структури. Становить великий інтерес локалізація невеликих покладів в уже освоєних нафтовидобувних провінціях, дорозвідка виявлених і експлуатованих нафтових родовищ, пошук і розвідка покладів нафти у верхніх горизонтах, раніше недовивчених в процесі проведених досліджень або пропущених за геологічних і технологічних причин.

Підвищення ефективності геологорозвідувальних робіт в значній мірі забезпечується розвитком комплексів геофізичних досліджень свердловин (ГДС), в тому числі і комплексу досліджень свердловин в бурінні, одним з яких є метод газового каротажу. Метод газового каротажу (ГЗК), на відміну від інших методів ГДС, проводиться безпосередньо в процесі буріння свердловини і в ряді випадків дозволяє виділяти продуктивні горизонти не по непрямим параметрах (питомому опору, густині та ін.), а прямими методами - по газо - і нафтопроявах. Прямі методи на відміну від геофізичних виконуються при невстановлених процесах свердловина-пласт, що дозволяє спостерігати при дослідженні більш достовірні результати.

Результативність ГЗК по виявленню продуктивних пластів в розрізах, що розкриваються з застосуванням бурових розчинів на нафтовій основі або з неконтрольованими добавками нафти, різко знижується. При таких умовах проведення геохімічних досліджень виділення нафтогазонасиченості колекторів утруднено, або повністю неможливо.

Наявні випадки пропуску продуктивних пластів не завжди пов'язані з низькою газонасиченості бурового розчину. Значною мірою недостатня ефективність методу визначається застосовуваним обмеженим комплексом досліджень при ГЗК, існуючим відставанням технічних і методичних засобів ГЗК, які не відповідають технології буріння. Наявні обмеження практичного застосування методу можуть бути значно скорочені або повністю усунені шляхом створення більш досконалих методичних і технічних засобів газового каротажу, високочутливої газоаналітичної апаратури.

Мета роботи: підвищення ефективності проведення методу газового каротажу в складних геологічних умовах.

Основні задачі дослідження:

1. Проаналізувати фактори, що впливають на ефективність практичного застосування газового каротажу в складних геологічних умовах.
2. Розглянути геохімічну модель газозбагачення і дегазації промивної рідини в процесі буріння при несприятливих геолого-технологічних умовах.
3. На основі аналізу технічних і методичних результатів досліджень підібрати обладнання, що відповідає сучасним вимогам до проведення газового каротажу.

Об'єкт дослідження

Геохімічні дослідження при несприятливих для газового каротажу геолого-технологічних умовах буріння свердловин.

Предмет дослідження

Вибір оптимальних шляхів практичної реалізації хроматографічного аналізу вуглеводневих газів в польових умовах.

Методи дослідження

Поставлені завдання вирішувалися шляхом аналізу і узагальнення наявних уявлень про процеси формування газової складової бурового розчину в складних геологічних умовах.

Наукова новизна

На основі оптимізованої методики хроматографічного аналізу вуглеводневих газів, що характеризуються високою роздільною здатністю і широким діапазоном вимірювань в польових умовах, удосконалено засоби проведення газового каротажу в складних геолого-технічних умовах за допомогою газокаротажного хроматограф типу «Рубін».

Практичне значення роботи

Реалізація результатів роботи в промисловості полягають в затребуваності результатів проведених досліджень на практиці, оскільки удосконалені засоби є основними інструментами проведення газового каротажу при бурінні свердловин.

Апробація результатів досліджень. Основні положення магістерської роботи доповідалися і схвалені на 75 науково-практичній конференції викладачів, аспірантів і студентів НУІІ імені Юрія Кондратюка;

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаної літератури. Робота містить ___ основного тексту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В магістерській роботі проведений аналіз удосконалених технологій каротажу при бурінні та промисловій експлуатації свердловин.

Основні результати роботи:

1. Шляхом аналізу та узагальнення результатів проведених на практиці геохімічних досліджень показано, що обмеження практичного застосування методу газового каротажу в складних геолого-технологічних умовах не є його характерними особливостями, а пов'язані з недостатнім науково-технічним рівнем комплексу досліджень і недосконалістю методів інтерпретації отриманих результатів.

2. Проаналізована апаратура газового каротажу нафтогазових свердловин, що має чутливість до $10^{-5}\%$ абс. за метаном, що дозволяє виділяти не виокремлювані раніше тонкошарові нафтові пропластки, що часто чергуються і підвищити поріг реєстрації продуктивних пластів, насичених нафтою з низьким газовим фактором (від $3 \text{ м}^3/\text{м}^3$). Проаналізовані технічні та програмно-методичні комплекси, що мають розширений діапазон виміру (до 100% абс. за метаном).

3. Аналіз технічних і методичних результатів досліджень дозволив підібрати газокаротажний хроматограф типу «Рубін», який за технічними характеристиками відповідає повному комплексу сучасних вимог з проведення компонентного аналізу в складних геолого-технічних умовах України.

4. Роздільна здатність газокаротажних хроматографів типу «Рубін» не тільки відповідає пред'явленим до компонентного аналізу вимогам до буріння свердловин в ускладнених геолого-промислових умовах, але і фактично перевищує їх. Склад газу у всіх випадках (як в інтервалах аномальних, так і фонових значень величини сумарного газовмісту) і навіть при несприятливих геолого-технологічних умовах забезпечує отримання достовірної компонентної характеристики пласта.

5. Технічні характеристики обладнання дозволяють застосовувати комплекс для досліджень експлуатаційних свердловин (при контролі за розробкою, зміні інтервалів перфорації, тощо), шляхом аналізу змін у складі газу.

6. Важливого значення набуває інформація з газового каротажу для оперативного виділення перспективних інтервалів для випробування пластовипробувачами, до формування глибоких зон проникнення фільтрату бурового розчину в пласт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Галузевий стандарт України. Геофізичні дослідження та роботи в нафтових свердловинах. – К. : Міністерство екології та природних ресурсів, 2000. – 41 с
2. Вижва, С.А. Ядерна геофізика /С.А. Вижва, І.І. Онищук, А.П. Черняев. – Київ.: ВПЦ «Київський університет», 2012. – 607 с.
3. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. – К.: Відділ поліграфії українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. – 121 с.
4. Основи геофізики (Методи розвідувальної геофізики): підручник / М. І. Толстой, А. П. Гожик, М. В. Рева, В.П.Степанюк – К. : Київ. ун-т, 2006. – 446 с.
5. Толстой М.І. та ін. Основи геофізики. К.: Обрії, 2007. – 446 с.
6. Тяпкін К.Ф., Тяпкін О.К., Якимчук М.А. Основи геофізики: Підручник. – К.: „Карбон Лтд”, 2000. – 248 с.
7. Курганський В. М., Тішаєв І. В. Електричні та електромагнітні методи дослідження свердловин: Навчальний посібник. – К.: Видавничополіграфічний центр "Київський університет", 2011. – 175 с.
8. Методичні вказівки з лабораторних занять з курсу «Геофізичні методи досліджень» для студентів геологічних спеціальностей / Безродна І.М., . Безродний Д.А//КНУ імені Тараса Шевченка, Київ , 2012 – 65 с.
9. Миронцов М.Л. Багатозондова апаратура електрометрії нафтогазових свердловин // Наука та інновації. 2018, 14(3): 57—63.
10. Миронцов М.Л. Електрометрія нафтогазових свердловин – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2019. – 217 с
11. Меркур'єв А.Б., Рудий М.І., Бульбас В.М., Болоховська В.А., Пилипець І.А. Вітчизняні біополімери як загусники кислотних розчинів // Матеріали 8-ої Міжнародної науково- практичної конференції „Нафта і газ України - 2004" (Судак, 29 вересня - 1 жовтня 2004 р.) в 2 томах. - Львів: „Центр Європи", 2004. - Том 2. - С, 64 - 66.
12. Рудий М.І., Болоховська В.А. Загущені кислоти. Загусники на основі біополімерів // Нафтова і газова промисловість. - 2008. - № 3, - С. 38 - 40.
13. Рудий М.І., Михайлюк В.Д., Рибчак О.В. та інші. Застосування біополімерів у процесах інтенсифікації буріння, видобутку нафти та підвищення

віддачі пластів // Тези доповідей і повідомлень наук.-практ. конф. „Стан, проблеми і перспективи розвитку нафтогазового комплексу західного регіону України”. - Львів, 1995. - С.94 - 95.

14. Болоховська В.А., Рудий М.І. Використання вітчизняних біополімерів у процесах видобування нафти і газу // Збірник наукових праць наук.-практ. конф. „Стан і перспективи розробки родовищ нафти і газу України”, 18 - 21 листопада 2003 року. - Івано-Франківськ, 2003. - С.242 - 243.

15. Розенгафт, Р.С. Яремійчук, І.Ю. Харів, С.В. Лубан] // Нафта і газ України: матеріали 6-ої Міжнародної наук.-практ. конф. [«Нафта і газ України – 2000»], (Івано-Франківськ, 31 жовтня – 3 листопада): зб. наук. праць. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 2000. – Т. 2. – С. 91.

16. Карп І.М., Єгер Д.О. Зарубін Ю.О. та інш. Стан і перспективи розвитку нафтогазового комплексу України. - Київ: „Наукова думка”, 2006. - 309с.

17. Єгер Д.О. Упорядковане використання методів дії на привибійну зону пластів у процесах нафтогазовидобутку. - Київ: Техніка, 2003. - 162 с.

18. Меркур'єв А.Б., Рудий М.І., Цьомко В.В., Качмар Ю.Д. Нарощування ресурсної бази вуглеводнів шляхом кислотної дії на продуктивний пласт // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. - 2007. - № 3(24). - С.9 -14.

19. Болоховська В.А., Рудий М.І. Використання вітчизняних біополімерів у процесах видобування нафти і газу // Збірник наукових праць наук.-практ. конф. „Стан і перспективи розробки родовищ нафти і газу України”, 18 - 21 листопада 2003 року. - Івано-Франківськ, 2003. - С.242 - 243.

20. Єгер Д.О. Підвищення ефективності направлених методів інтенсифікації видобутку нафти і газу. - Львів: Ліга-прес, 2003. - 160 с.

21. Єгер Д.О., Рибчич І.Й. Вплив стану фільтраційної характеристики привибійної зони багат шарових пластів на ефективність розробки нафтових і газових родовищ. - Львів: Ліга-прес, 2003.- 1 16 с.

22. СОУ 11.1-00135390-015:2005 Свердловини на нафту і газ. Кислотна обробка / Рудий М.І., Рудий С.М. - Введено 01.04.06. - Івано-Франківськ, 2006. - 254 с.

23. Рудий М.І., Вантух М.П., Костецький В.В., Барабаш В.В. Вивчення можливості застосування НТФК для оброблення продуктивних пластів // Науковий вісник ІФНТУНіГ. - 2007. - № 2 (16).-С. 57 -62.

24. Рудий М.І., Вантух М.П. Вдосконалення технології кислотної дії на пласт високотемпературних свердловин // Збірник наукових праць наук.-практ. конф. „Стан і перспективи розробки родовищ нафти і газу України”, 18 - 21 листопада 2003 року. - Івано-Франківськ, 2003. - С. 239-240.

25. Патент № 72332 Україна, МКВ E21B 43/27. Спосіб кислотної обробки високотемпературних свердловин /ВАТ „Укрнафта”: Веклюк О.І., Рудий М.І., Барабаш В.В. та інші. -№20021210386. - Заявл. 20.12.2002; Опубл. 15.02.2005, Бюл. № 2. Тосунов Э.М. Повышение качества вскрытия продуктивных пластов // Нефтяное хозяйство — 1990.- № 3. - С. 16-18.

26. Кондрата Р.М. Довідник з нафтогазової справи / За загальною редакцією докторів технічних наук Р.М.Кондрата, В.С.Бойка, Р.С.Яремійчука – К.:Львів, 1996 рік.

27. Кочмар Ю.Д. Інтенсифікація припливу нафтогазової продукції до свердловин/ Ю.Д. Кочмар; К.: Львів, 2005р. – ч.2 – 371с.

28. Горський В.Ф. Полегшений тампонажний цемент ПЦТП 22 – 100 / В.Ф. Горський, Ю.Ф. Шевчук, Д.О. Єгер та ін. // Нафтова і газова промисловість. - 1996. № 2.- С. 41 – 43.

29. Прогноз глибини і ступеня пошкодження привибійної зони пласта за даними технології його розкриття : матеріали 6-ої Міжнародної науково-практичної конференції “Нафта і газ України / В.О. Федішин, М.І. Зозуляк, М.В. Рега - 2000”.- Т 2. -м. Івано-Франківськ. -С. 106 – 107.

30. Лубан Ю.В. Про вплив промивних рідин, інгібованих хлоридом магнію, на якість розкриття продуктивних горизонтів / Ю.В. Лубан // Нафтова і газова промисловість. - 1998. -№6. -С.21 –23.

31. Шевченко І.М. Властивості граничного шару низькопористого колектора і його вплив на вибір методу інтенсифікації припливу / І.М. Шевченко // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ. - 1997. - Вип. 34. - С. 203- 206.

32. Пат. 84206 Україна, МПК F04B 47/02 (2006.01). Глибинний штанговий насос [Текст] / Я.Д. Климишин, А.В. Угриновський, Н.С. Дячук, І.І. Штиглян; заявник і патентовласник Климишин Я.Д., Угриновський А.В., Дячук Н.С., Штиглян І.І. – №a2006 12161; заявл. 20.11.2006; опуб. 25.09.2008, Бюл. №18.

33. Пат. 84765 Україна, МПК (2006) В01F 11/00, Е21В 43/00. Диспергуючий пристрій [Текст] / А.В. Угриновський, Я.Д. Климишин, Н.С. Дячук, І.І. Штиглян; заявник і патентовласник Угриновський А.В., Климишин Я.Д., Дячук Н.С., Штиглян І.І. – №а200612931; заявл. 07.12.2006; опуб. 25.11.2008, Бюл. №22.

34. Угриновський А.В. Класифікація плунжерів та особливості їх вибору для установки плунжерного піднімача / А.В. Угриновський, Л.Б. Мороз, І.В. Криськів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – №4(41). – С. 13-20.

35. Пат. 20548А Україна, МКВ Е21В 43/27. Спосіб хімічної обробки пластів / Підприємство „Долина нафтогаз” ВАТ „Укрнафта”: Петриняк В.А., Рудий М.І., Касянчук В.Г. та інші. – № 96114237; заявл. 18.11.96; опубл. 15.07.97, Бюл. № 3.

36. Kalfayan, L. (2008) Production Enhancement with Acid Stimulation. 2nd edn. Tulsa, Oklahoma: PennWell Corporation.

37. McLeod, H. Q. (2007) ‘Matrix Acidizing’, in Lake, L. W. and Clegg, J. D. Petroleum Engineering Handbook: Production Operations Engineering. Richardson, TX, USA: Society of Petroleum Engineers, pp.275-321.

38. Microbial Formation Damage (2012) available at: http://www.corex.co.uk/microbial_formationdamage.php (Accessed: 05 March 2018)

39. Darwin V. Ellis Well Logging for Earth Scientists. 2nd Edition / Darwin V. Ellis, Julian M. Singer. – Dordrecht, The Netherlands : Springer, 2008. – 692 p.

40. Garrels RM, MacKenzie FT (1971) Evolution of sedimentary rocks. W. W. Norton, New York

41. Glover, P Petrophysics MSc course notes. University of Leeds, UK, 2000