

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ.Тұрысов атындағы Геология, мұнай және тау-кен ісі институты

Мұнай инженериясы кафедрасы

Абсадыкова А.А., Дауренова Т.Д., Қойшыбай А.Е., Мәлік Н.Ғ.

Тақырыбы: «Қабат өткізгіштігіне кернеу мен қабат қысымы өзгеруінің әсері»

Дипломдық жоба

5В070800 – «Мұнай газ ісі»

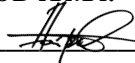
Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



Қ.Тұрысов атындағы Геология, мұнай және тау-кен ісі институты
Мұнай инженериясы кафедрасы

Қорғауға жіберілді
Мұнай инженериясы
кафедрасының меңгерушісі
Дайров Ж.К.



Дипломдық жобаға
Түсініктемелік жазба

Тақырыбы: «Қабат өткізгіштігіне кернеу мен қабат қысымы өзгеруінің әсері»

5B070800 – «Мұнай газ ісі»

Орындаған: Абсадыкова А.А., Дауренова Т.Д., Қойшыбай А.Е., Мәлік Н.Ғ.

Ғылыми жетекші
MSc (Ғылым магистрі)
Байбусинова Ж.Б.



Алматы 2021

Метаданные

Название

Қабат өткізгіштігіне кернеу мен қабат қысымының өзгеруінің әсері

Автор

Айгерим Абсадықова, Тоужан Дауренова, Аружан Қойшыбай, Назерке Мәлік

Научный руководитель

Жанар Байбусинова

Подразделение

ИГНИГД

Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся манипуляций в тексте, с целью изменить результаты проверки. Для того, кто оценивает работу на бумажном носителе или в электронном формате, манипуляции могут быть невидимы (может быть также целенаправленное вписывание ошибок). Следует оценить, являются ли изменения преднамеренными или нет.

Замена букв		3909
Интервалы		0
Микропробелы		3
Белые знаи		0
Парафразы (SmartMarks)		2

Объем найденных подобиий

Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



5396

Количество слов



44179

Количество символов

Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника ("критициаты").


10 самых длинных фраз

Цвет текста


ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	https://en.wikipedia.org/wiki/Tadeusz_Pabek	29	0.54 %
2	Nonlinear Flow Characteristics and Horizontal Well Pressure Transient Analysis for Low-Permeability Offshore Reservoirs Meng Li;	25	0.46 %
3	https://post.lhensipresnouvelles.fr/articles/post/1420040511_v57n5ll_v57n5.html	19	0.35 %
4	Quasistatic Nonlinear Analysis of a Drill Pipe In Subsea Xmas Tree Installation Haozhi Qin, Bingxiang Wang, Jian Liu, Wensheng Xiao;	11	0.20 %

из базы данных RefBooks (0.67 %)


ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
Источник: Paperity			
1	Nonlinear Flow Characteristics and Horizontal Well Pressure Transient Analysis for Low-Permeability Offshore Reservoirs Meng Li;	25 (1)	0.46 %
2	Quasistatic Nonlinear Analysis of a Drill Pipe in Subsea Xmas Tree Installation Haozhi Qin, Bingxiang Wang, Jian Liu, Wensheng Xiao;	11 (1)	0.20 %

из домашней базы данных (0.00 %) 

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из программы обмена базами данных (0.00 %) 

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (0.89 %) 

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	https://en.wikipedia.org/wiki/Tadeusz_Patzek	29 (1)	0.54 %
2	https://ogst.ifpenergiesnouvelles.fr/articles/ogst/ref/2002/05/li_v57n5/li_v57n5.html	19 (1)	0.35 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---



Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ.Тұрысов атындағы Геология, мұнай және тау-кен ісі институты

Мұнай инженериясы кафедрасы

БЕКІТЕМІН

Мұнай инженериясы
кафедрасының
меңгерушісі
Дайров Ж.К.

Дипломдық жұмыс орындауға ТАПСЫРМА

Білім алушы: Абсадыкова А.А., Дауренова Т.Д., Қойшыбай А.Е., Мәлік Н.Ғ..
Тақырыбы: “ Қабат өткізгіштігіне кернеу мен қабат қысымы өзгеруінің әсері ”
Университет Ректорының 20 20 жылғы " 24 " қараша № 2131 -б бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2021 жылғы " 18 " мамыр .

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Кіріспе. Әдістеме
- б) Негізгі бөлім. Мәліметтер базасы
- в) Нәтиже
- г) Қорытынды

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс): әлемдегі газ ресурстарының пирамидасы, көлденең максималды және минималды кернеулер, үш ақаулық күйін суреттейтін диаграмма, полюстерді көрсететін Мора диаграммасы, негізгі бөлімдегі кескіндер.






Сызба материалдарының 33 слайдта көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 13 атаудан тұрады.


**Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Әдістеме	08.03.2021ж. - 14.03.2021ж.	Орындалды
Негізгі бөлім. Мәліметтер базасы	16.03.2021ж. – 28.03.2021ж.	Орындалды
Нәтиже	01.04.2021ж. – 11.04.2021ж.	Орындалды
Қорытынды	12.04.2021ж. – 16.04.2021ж.	Орындалды

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған **қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Кіріспе. Әдістеме	Байбусинова Ж.Б. (MSc)	14.03.2021	
Негізгі бөлім	Байбусинова Ж.Б. (MSc)	28.03.2021	
Нәтиже	Байбусинова Ж.Б. (MSc)	11.04.2021	
Қорытынды	Байбусинова Ж.Б. (MSc)	16.04.2021	
Норма бақылау	Байбусинова Ж.Б. (MSc)	18.04.2021	

Ғылыми жетекші


(қолы)

Байбусинова Ж.Б.
(Аты-жөні)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы






Абсадыкова А.А.
Дауренова Т.Д.
Қойшыбай А.Е.
Мәлік Н.Ғ.

Күні

" 18 " мамыр 2021 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобаның негізі қабат өткізгіштігіне кернеу мен қабат қысымының өзгеруінің әсерімен сипатталады. Қабат өткізгіштігі дегеніміз- бұл қысымның төмендеуі кезінде сұйықтықтар мен газдардың өту қабілетін сипаттайтын жыныстың сүзгілейтін параметрі. Мұнай компаниялары үшін қабаттың өткізгіштігі маңызды фактор. Себебі, өткізгіштік мұнайбергiштікке тікелей әсер ететін шама. Ал өткізгіштіктің өсуіне қалай және қандай жағдайда әсер ететіні дипломдық жоба аясында зерттелген.

Жалпы резервуардың өндірістік циклі кезінде кез-келген жерде өткізгіштік қысымның төмендеуіне байланысты кернеулердің өзгеруіне байланысты ауытқуы мүмкін. Сондықтан кернеу күйінің өзгеруі қабат өткізгіштігіне қалай әсер ететіндігін зерттеу қажет. Жер астында немесе қабатта орын алатын әртүрлі жағдайларға байланысты өткізгіштіктің күрт төмендеуінің немесе жоғарылауының себебі мынада: бір өткізгіштікке арналған ағын жолының көп бөлігі және жалғыз фаза ағынының көп бөлігі көлденең бағытта орналасады.

Бұл дипломдық жобада негізгі зерттеулер Техастың солтүстік-шығысында Форт-Уорт бассейнінде орналасқан табиғи газдың қайнар көзі болып есептелетін Barnett Shale-де жүрді. Кернеу күйінің өзгеруі және Barnett Shale кен орнының мәндерін қолдана отырып, әрбір сыну бөлігіндегі кернеуді және олардың байланысы өткізгіштікке қалай әсер ететіндігі зертханалық жұмыс жасау барысымен түсіндірілген.

Өткізгіш ақаулардың көпшілігінде ығысу тиімді қалыпты кернеуге байланысты болады. Ал өткізгіштікті қалыптастыруға критикалық кернеулер тікелей әсер ете алмайтын геологиялық жағдай кеуекті, нашар цементтелген құмтастар мен диатомиттер.

Кілтті сөздер: кеуектілік қысымы, өткізгіштік, тиімді қалыпты кернеу, ығысу кернеу, Мор шеңбері, Barnett Shale , ақаулар, үйкеліс коэффициенті, жарықшақ, критикалық кернеу.

АННОТАЦИЯ

В основу дипломного проекта заложено влияние изменения напряжения и пластового давления на проницаемость пласта. Проницаемость пласта - это параметр фильтрации породы, который характеризует проницаемость жидкостей и газов при падении давления. Это связано с тем, что проницаемость - это величина, которая напрямую влияет на нефтеотдачу. Как и при каких условиях это влияет на рост проницаемости, изучалось в рамках дипломного проекта.

Во время производственного цикла обычного резервуара проницаемость может колебаться в любом месте из-за колебаний напряжения и из-за снижения давления. Следовательно, необходимо изучить, как изменение состояния напряжения влияет на проницаемость слоя. Причина резкого уменьшения или увеличения проницаемости из-за различных условий, возникающих под землей или в земле, заключается в том, что большая часть потока для одного проводника и большая часть однофазного потока проходит в горизонтальном направлении.

Основные исследования в рамках этого дипломного проекта проводились на месторождения Barnett Shale, источнике природного газа, расположенном в бассейне Форт-Уэрт на северо-востоке Техаса. Изменение состояния напряжения и то, как напряжения в каждой секции трещины и их соединениях влияют на проницаемость, с использованием значений поля Barnett Shale объясняются в ходе лабораторных работ.

В большинстве случаев неисправности проводника смещение происходит из-за действующего нормального напряжения. Геологические условия - пористые, слабоцементированные песчаники и диатомиты, где критические напряжения не влияют напрямую на формирование проницаемости.

Ключевые слова: поровое давление, проницаемость, эффективное нормальное напряжение, напряжение сдвига, круг Мора, Barnett Shale, разлом, коэффициент трения, трещина, критическое напряжение.

ANNOTATION

The basis of the diploma project is characterized by the effect of changes in voltage and formation pressure on the layer conductivity. Layer permeability is a filtering parameter of a rock that characterizes the permeability of liquids and gases when the pressure drops. Layer permeability is an important factor for oil companies. This is because the permeability is a quantity that directly affects the oil permeability. How and under what conditions it affects the growth of permeability was studied in the framework of the diploma project.

During the production cycle of a common tank, the conduction can fluctuate anywhere due to voltage fluctuations due to a decrease in pressure. Therefore, it is necessary to study how changes in the voltage state affect the conductivity of the layer. The reason for the sharp decrease or increase in conductivity due to various conditions occurring underground or in the ground is that most of the flow path for a single conductor and most of the single-phase flow is in the horizontal direction.

The main research in this diploma project took place in the Barnett Shale, a natural gas source located in the Fort Worth Basin in northeastern Texas. The change in voltage state and how the stresses in each fracture section and their connections affect the conductivity using the Barnett Shale field values are explained in the course of laboratory work.

In most conductor faults, the displacement is due to the effective normal voltage. The geological conditions are porous, poorly cemented sandstones and diatomites, where critical stresses do not directly affect the formation of permeability.

Key words: pore pressure, permeability, effective normal stress, shear stress, Mohr circle, Barnett shale, fault, coefficient of friction, fracture, critical stress.

МАЗМҰНЫ

1.Кіріспе	14
1.1 Жұмыстың мақсаты	14
1.2 Қойылған міндеттерді шешу жолдары	14
1.3 Кенорынның геологиялық ерекшеліктері	14
2.Әдістеме	17
2.1 Проблемаларды диагностикалау әдістемесі	17
2.2 Кернеуді талдау	18
2.3 Тиімді кернеу	19
2.4 Үйкеліс күшіне байланысты кернеуді шектеу	20
2.5 Кеуектілік қысымын талдау	21
2.6 Өткізгіштікке талдау	24
3. Негізгі бөлім	25
3.1 Ұңғыма сипаттамасы	27
3.2 Мор шеңбері	28
3.3 Barnett Shale кенорны бойынша зерттеулер	28
3.4 RStudio бағдарламалау жасақтамасындағы зерттеулер	30
3.5 Өткізгіштік есептеуі	32
4. Қорытынды	37
5. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	38

СҮРЕТТЕР ТІЗІМІ

Сурет-1. Кәдімгі газдың, тығыз газдың, тақтатас газдың және көмір қабаты метанның бар екендігін көрсететін әлемдегі газ ресурстарының пирамидасы

Сурет-2. Тік (S_v) және көлденең максималды және минималды кернеулер (S_{Hmax} және S_{Hmin})

Сурет-3. Андерсонның ақаулық теориясына негізделген үш ақаулық күйін суреттейтін диаграмма

Сурет-4. Теориялық ақаулар мен жарықтар картасының түрі.

Сурет-5. $0,6 < \mu < 1,0$ үшін сыни кернеулі ақаулар мен жарықтардың полюстерін көрсететін Мора диаграммасы

Сурет-6. Ақаулардың сырғанауы Кулон өлшемімен анықталған ақаулық жазықтығындағы ығысу кернеуінің (τ) тиімді қалыпты кернеуге (σ_n) қатынасы

Сурет-7. Толық кернеу σ мен кеуек қысымы P_p тау жыныстарының физикалық қасиеттерінің қолданылатын кернеулерге тәуелділігі

Сурет-8. Гидростатикалық қысым кезінде өткізгіш жыныстағы кеуек қысымының иллюстрациясы (Geo-Mechanics Intl компаниясы ұсынған. Inc.)

Сурет-9. Кеуектілік қысымының өзгеруі

КЕСТЕЛЕР ТІЗІМІ

Кесте-1. Андерсон бойынша S_1 Және S_3 ақауларының жіктелуін анықтау

Кесте-2. Barnett Shale кенорнының 5200,824 – 6164,197 тереңдік интервалы

Кесте-3. Көлденең минималды, тік кернеумен кеуектілік қысым және үйкеліс коэффициентінің мәні

Кесте-4. Marble Falls, Duffer, Barnett Shale кенорындарының ұңғыма сипаттамасы

Кесте-5. Тереңдік интервалдары

ГРАФИКТЕР ТІЗІМІ

График-1. АҚШ-тағы ірі кен орындарында тақтатас газын өндіру, миллиард текше метр.

График-2. Жыл сайынғы Barnett Shale табиғи газын өндіру графигі (2004-2015жж)

График-3. 2D Мор диаграммасы

График-4. Кеуктілік қысымының қирауға дейінгі графигі

График-5. Мор диаграммасы (RStudio)

График-6. Кеуктілік қысымының қирауға дейінгі графигі (RStudio)

График-7. Кеуктілік қысымының қирауға дейінгі гистраграммасы

График-8. Өткізгіштік пен кеуктілік арасындағы тәуелділік графигі

График-9. Өткізгіштік пен кеуктілік арасындағы тәуелділік графигі. Marble Falls Formation, Duffer Formation және Barnett Shale Formation

График-10. Тығыздық пен тереңдік арасындағы график

График-11. Кеуктілік пен тереңдік арасындағы график

1.1 Жұмыстың мақсаты

Бұл дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты – кернеу мен кеуек қысымының өзгеруінің қабат өткізгіштігіне әсерінін анықтау.

Осы мақсатқа байланысты міндеттер:

- Тақырыпқа сәйкес Barnett Shale кенорнының геологиялық анықтамаларын қолдану;
- Бізге белгілі Barnett Shale мәндері арқылы, ең алдымен, тиімді нормальды кернеу және ығысу кернеуін есептеп алу;
- Алынған мәндер бойынша әрбір тереңдіктегі қирауға дейінгі кеуктілік қысымын графикте тұрғызу;
- Мор-Кулон диаграммасын құру үшін кеуктің қысымын, сыну градиентін және кернеулер профилдерін ескеру.

1.2 Қойылған міндеттерді шешу жолдары

Зерттеу әдістеріне керн үлгілерін эксперименттік зерттеу, ұңғымалардың гидродинамикалық зерттеулерін талдау, Microsoft Excel және RStudio тілдерінде бағдарламалау кірді.

1.3 Кенорынның геологиялық ерекшеліктері

Barnett Shale - Техастың солтүстік-шығысында Форт-Уорт бассейнінде орналасқан геологиялық формация және табиғи газдың қайнар көзі. Тақтатас саз және кварц шөгінділерінен тұрады. Ол Солтүстік Техастың 18 аймағының қарамағындағы 5000 шаршы миль аумақты алып жатыр. Өнімді тау жынысы Джонсон, Таррант және Батыс Даллас аймағының қарамағында, шамамен бір жарым миль жер астында орналасқан. Тақтатаста шамамен 30 триллион текше фут табиғи газ бар. Бұл оны Техастағы, сонымен қатар, АҚШ-тағы құрлықтағы ең ірі табиғи газ кен орны екендігін дәлелдейді. Кен орын 30×10^{12} текше фут (850 км^3) табиғи газға ие болғанымен, оның $2,5 \times 10^{12}$ текше футы (71 км^3) өндіріледі. Сол себепті де, Barnett Shale «тығыз» газ резервуары ретінде белгілі. Бұл ұғым Barnett Shale газдың оңай алынбайтындығын көрсетеді. График-1 де АҚШ-тағы ең ірі кен орындарында тақтатас газын өндіруі туралы бейнеленген. Ең ірісі Barnett Shale болып табылады.

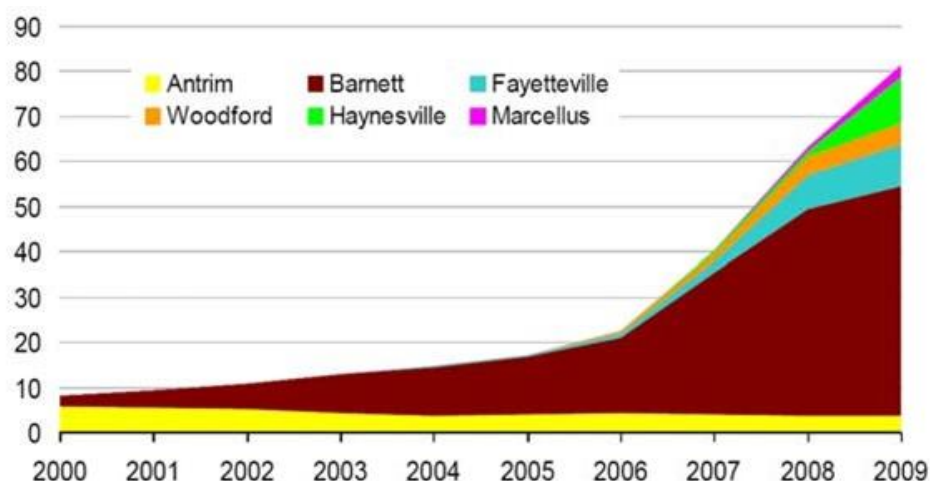


График-1. АҚШ-тағы ірі кен орындарында тақтатас газын өндіру, миллиард текше метр

Бірақ Barnett Shale өндірісі табиғи газдың басым бөлігі болып қала береді. Соңғы мәліметтер бойынша, өнімдірудің құлдырауына жол берген болуы мүмкін. Жыл сайынғы екі таңбалы өсімді жариялағаннан кейін 2003 жылды санамағанда 0,834 млрд. текше метрді өндірді. Ал 2011 жылы тәулігіне 5,68 млрд текше фут болды. Сонда Барнетттің табиғи газ бен сұйықтықтың жалпы өндірісі 2012 жылы тек 1,1% өсті. 2013 жылы Барнетттің табиғи газ өндірісі 6,8% төмендеп, тәулігіне 5,35 миллиард текше метр футқа жетті. 2014 жылы өндіріс көлемі 4,92 млрд. текше метр тәулігіне 8,0% -ға төмендеді. Ал 2015 жылғы шілдеге дейін құлдырау тәулігіне 4,4 млрд. текше метр фут деңгейінде шамамен 10,6% -ды құрады (график-2). Өндірістің құлдырауы, әрине, осы кезеңдегі табиғи газ бен шикі мұнай бағасының төмендеуіне сәйкес келеді. Дегенмен, жақында өндірісті қысқарту Quicksilver Resources компаниясының 2015 жылғы наурыздағы банкроттық туралы арызымен күшеюі мүмкін еді. [1]

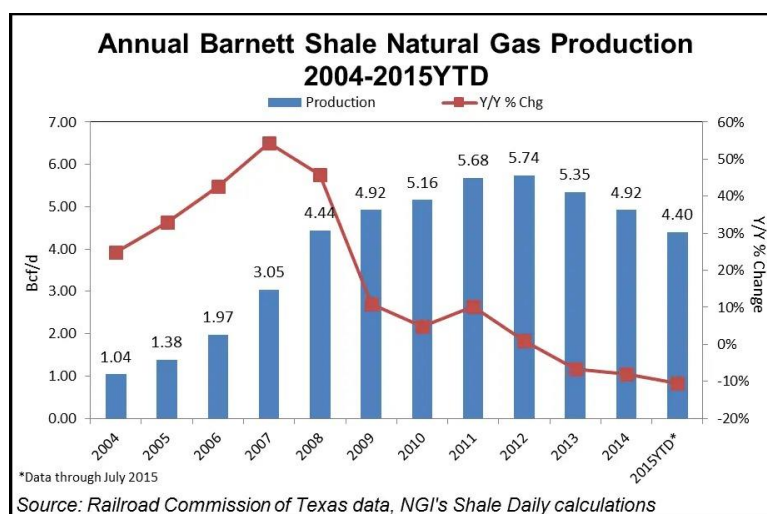
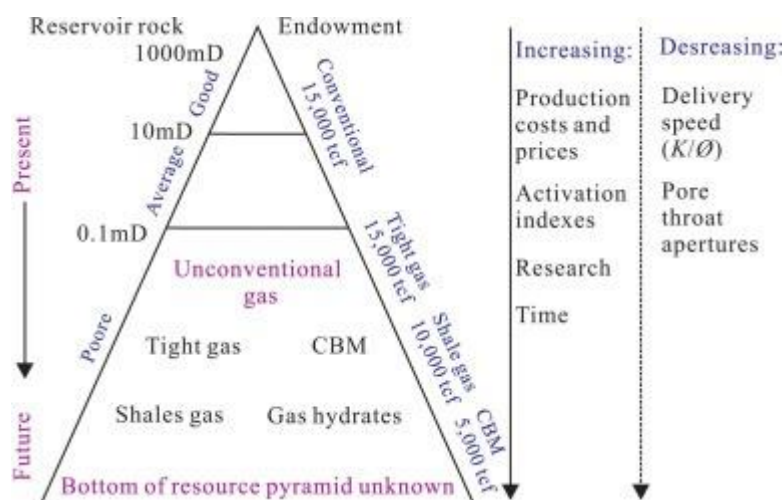


График-2. Жыл сайынғы Barnett Shale табиғи газын өндіру графигі 2004-2015жж

Көлденең бұрғылау табиғи газдың негізгі көзі ретінде Barnett Shale потенциалын арттырды. Өндірушілерге тік бұрғылау кезінде экономикалық тұрғыдан тиімді болмайтындай тым жұқа қабатқа қол жеткізуге мүмкіндік бере отырып, көлденең бұрғылау мұнай мен газды бұрғылау әдісін өзгертті. Barnett Shale-дегі газдың көп бөлігі Форт-Үорт қаласының астында орналасқан. Жаңа технология бірқатар газ компанияларының назарын аударды. Ұзартылған кеңістіктен басқа, көлденең бұрғылау өндіріс көлемін күрт арттырады. Barnett Shale сияқты «тығыз» қабаттарда (өткізгіштігі төмен) газ қабаттардан ұңғыма оқпанына өту үшін сынықтарды пайдаланады. Сынықтар табиғи немесе жасанды болуы мүмкін. Горизонтальды ұңғыма ұңғыма қабатындағы жыныстардың көп мөлшерін (демек, көп сынықтарды) шығарады, өйткені ол әдетте қабаттағы ұңғыманың көлденең қимасымен жобаланған.



Сурет-1. Кәдімгі газдың, тығыз газдың, тақтатас газдың және көмір қабаты метанның бар екендігін көрсететін әлемдегі газ ресурстарының пирамидасы

Пирамида (сурет-1) технологиялық процестің (немесе жеткізу жылдамдығының) және кеуек каналдарының қуыстарының төмендеуін көрсетеді.

2. Әдістеме

2.1 Проблемалық диагностика әдістемесі

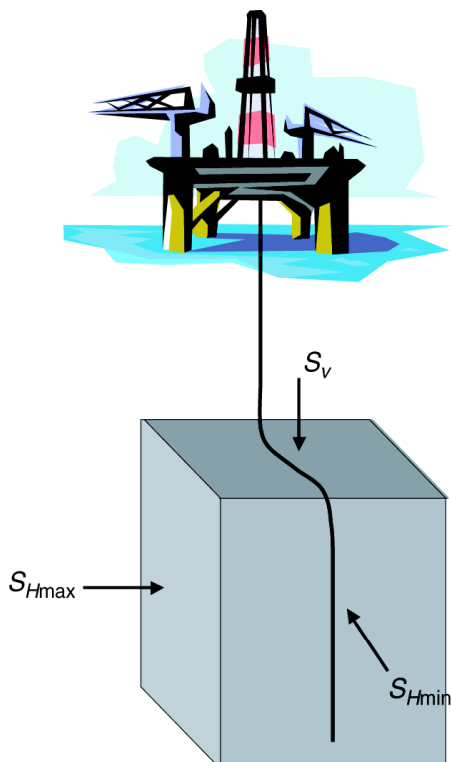
Тау жыныстарының механикалық қасиеттері мен сапаларының орнында болатын кернеулермен байланысына геомеханикалық зерттеулер тікелей байланысты. Тау жынысына әсер ететін кернеулердің шамасы шығу нүктесінен төмен болған сәтте, тау жыныстары икемді әрекет етеді және деформациялар шамалы болады. Алайда, егер бұрғылау кезінде қазу кезінде, кеуектердің құлауында немесе термиялық өзгерістерде кернеулерді түзету сығымдау беріктігінен, шынның беріктігінен немесе тесіктердің құлау күшінен асып кетсе, онда тау жынысы ығысу немесе нығыздау салдарынан жарылып жанама қайтымсыз деформацияны тудырады. Егер қайтадан мазасыздықты басқаруға болатын болса, дамудың бұзылуы мүмкін. Көптеген мұнай кен орындарын жақсартуға жауапты геомеханикалық немесе жер үсті формаларының артикуляциясы коллапс, заряд, үзіліс және диапирзмді камтиды. Осы деформацияларға байланысты кернеулер мен деформациялар режимдері көптеген су қоймаларындағы ағымдағы бастапқы кернеулер мен беттерді басқара алады.

Таяз тереңдікте шөгінді бассейндерде нәзік саздар, бос тұнбалар мен құмдар бар, ал диагенетикалық формалар бұл шөгінділерді едәуір тереңдікте аргиллиттерге, тақтатастарға, алевритке және құмтастарға айналдырды. Шөгінді жыныстар пайда болу тереңдігіне, температура мен уақытқа, сондай-ақ жерлеу, эрозия және көтерілу кезінде өзгертін маңызды Гидромеханикалық параметрлерге байланысты физикалық және химиялық өзгерістерді үнемі сезінеді. Бұл процедураларды түсіну бассейндегі шөгінділер мен кернеулердің мөлшері мен қасиеттерін болжау үшін маңызды. Жердегі кернеу күйі бұрғылау мен мұнай өндіруге байланысты қысым өрісінің өзгеруіне тау жыныстарының реакциясына әсер етеді. Топырақ және тау жыныстары механикасы (геомеханика) негізінен көшкінге, жер үсті және жер асты жұмыстарына байланысты инженерлік мәселелерді шешу үшін жасалды. Көбінесе олар мұнай қабатының тереңдігіне қарағанда таяз тереңдікте орналасқан. [2]

Ұңғыманың механикалық тұрақтылығы резервуардағы тиімді кернеулерге, ашылған қабаттардың механикалық беріктігіне және ұңғыманың геометриясына байланысты. Кеуктің тұрақсыздығының басталуы әдетте механикалық және химиялық әсерлердің нәтижесі болып табылады. Механикалық тұрақсыздық ұңғымадағы кернеулер созылу кезінде (қабаттың бұзылуына әкелетін) немесе қысылу кезінде резервуардың механикалық беріктігінен асып кеткен кезде пайда болады.

2.2 Кернеуді талдау

Әр нүктеде кернеу осьтерінің белгілі бір бағыты бар, ол үшін ығысу кернеуінің барлық компоненттері нөлге тең, олардың бағыттары "кернеудің негізгі бағыттары" деп аталады. Кернеудің негізгі осьтері бойымен жұмыс істейтін кернеулер негізгі кернеулер деп аталады. S_1 , S_2 және S_3 негізгі кернеулерінің шамалары сәйкесінше ең үлкен негізгі кернеуге, аралық негізгі кернеуге және ең кіші негізгі кернеуге сәйкес келеді. Әлемнің көптеген елдерінде бұрғылау қашауының қол жетімді тереңдігінде көлденең жазықтыққа тігінен әсер ететін кернеу (тік кернеу ретінде анықталған, S_v) негізгі кернеу болып табылады. Бұл басқа екі негізгі кернеудің көлденең бағытта әрекет етуін талап етеді. Бұл көлденең кернеулер әрдайым әр түрлі шамаларға ие болғандықтан, оларды ең үлкен көлденең кернеу S_{Hmax} және ең кіші көлденең кернеу S_{Hmin} деп атайды (сурет-2).



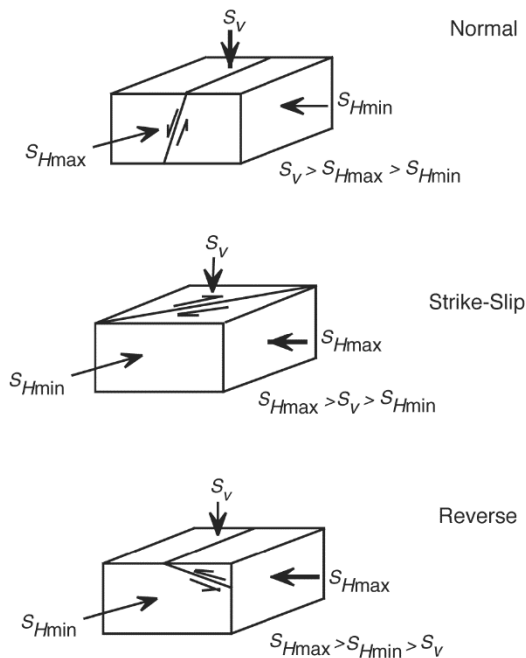
Сурет-2. Тік (S_v) және көлденең максималды және минималды кернеулер (S_{Hmax} және S_{Hmin}), олар әдетте, бірақ міндетті емес, негізгі кернеулер болып табылады

Жердегі негізгі кернеулердің салыстырмалы шамалары. Тік кернеу ең үлкен, аралық немесе ең кіші негізгі болуы мүмкін. 1924 жылы Андерсон әр жағдайда орын алатын ақаулық (жарылу) түріне негізделген осы үш мүмкіндікті сипаттау үшін жіктеу схемасын жасады (кесте-1 және сурет-4). Қалыпты ақаулық режимі-бұл тік кернеу ең жоғары кернеу болатын режим. Тік кернеу аралық кернеу болған кезде соққы-сырғу режимі көрсетіледі. Егер тік кернеу ең аз кернеу болса, онда режим кері деп анықталады. Берілген

тереңдіктегі көлденең кернеулер қалыпты ақаулық режимінде ең аз, соққы сырғанау режимінде Үлкен және кері ақаулық режимінде ең үлкен болады. Тұтастай алғанда, тік ұңғымалар біртіндеп аз тұрақты болады, өйткені режим қалыптыдан соққыға ауысады, керісінше өзгереді, сондықтан бұрғылау үшін бұрғылау ерітіндісінің жоғары салмағы қажет болады. [3]

TABLE 1.2—DEFINITIONS OF S_1 AND S_3 FOR ANDERSONIAN FAULTING CLASSIFICATIONS		
Fault Regime	S_1	S_3
Normal	S_v	S_{Hmin}
Strike-slip	S_{Hmax}	S_{Hmin}
Reverse	S_{Hmax}	S_v

Кесте-1. Андерсон бойынша S_1 Және S_3 ақауларының жіктелуін анықтау



Сурет-3. Андерсонның ақаулық теориясына негізделген үш ақаулық күйін суреттейтін диаграмма

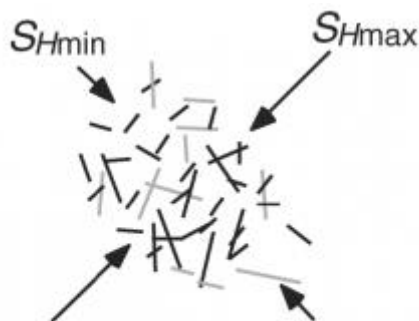
2.3 Тиімді кернеу

Тиімді кернеу ұғымы өте маңызды, өйткені зертханалық тәжірибелерден (және теориядан) жылдамдық, кеуектілік, тығыздық, меншікті кедергі және беріктік сияқты қасиеттер тиімді кернеудің функциялары екендігі белгілі. Бұл қасиеттер тиімді кернеуге байланысты өзгертіндіктен, жылдамдық немесе меншікті кедергі сияқты физикалық қасиеттерді өлшеуден тиімді кернеуді анықтауға болады. Бұл көптеген кеуектілік қысымын болжау алгоритмдерінің негізі. Сонымен қатар, тиімді кернеу, ақаулардың (жарылудың) үйкеліс күші мен жарықтардың өткізгіштігін анықтайды.

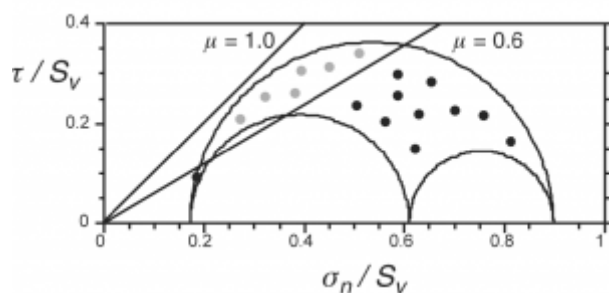
Егер тау жыныстары шексіз берік болса және ешқандай ақаулар болмаса, онда жер қыртысындағы кернеулер теориялық тұрғыдан кез-келген мәнге жетуі мүмкін. Алайда, ақаулар мен жарықтар барлық масштабта болады және егер кернеу айырмашылығы тым үлкен болса, олар тайып кетеді. Тіпті бүлінбеген таужынысы кернеудің өзгеруіне төтеп беру қабілетімен шектелген. Бұл шектеулерді басқа деректер болмаған кезде кен орнының геомеханикалық моделін анықтауда қолдануға болады. [4]

2.4 Үйкеліс күшіне байланысты кернеуді шектеу

Тереңдіктегі кернеулердің шамаларын қарастыруда өте пайдалы ұғымдардың бірі-жер қыртысының үйкеліс күші және корреляциялық бақылау, әлемнің көптеген аймақтарында жер қыртысындағы кернеу күйі оның үйкеліс күшімен тепе-теңдікте болады. Жер қыртысында әр түрлі масштабтар мен бағдарларда кең таралған ақаулар мен жарықтар болғандықтан, тереңдіктегі кернеу мөлшері (атап айтқанда, максималды және минималды негізгі тиімді кернеулер арасындағы айырмашылық) осы жазық жарылудың үйкеліс күшімен шектеледі. Бұл тұжырымдама суретте схемалық түрде суреттелген. 3 және 4 суреттің жоғарғы жағында кездейсоқ бағытталған жарықтар мен жарықтар сериясы көрсетілген. Бұл екі өлшемді (2D) иллюстрация болғандықтан (қарапайым болу үшін), бұл эскизді тік ығысу (сдвиг) ақауларының картасы ретінде қарастыру оңай. Бұл жағдайда бұрынғы ақаулардың үйкеліс күшімен шектелген σ_{Hmax} ($S_{Hmax} - P_p$) және σ_{Hmin} ($S_{Hmin} - P_p$) арасындағы айырмашылық (сурет-4). Басқаша айтқанда, σ_{Hmax} σ_{Hmin} - ге қатысты жоғарылаған кезде, бұрын пайда болған ақаулардың жиынтығы (ашық сұр түспен көрсетілген) оның үйкеліс күші жоғарылаған сайын сырғана бастайды. Бұл орын алғаннан кейін кернеудің одан әрі жоғарылауы мүмкін болмайды және ақаулардың бұл жиынтығы сыни кернеуге айналады (яғни, суреттің төменгі бөлігі 3D жағдайға тең үш өлшемді (3D) Мор диаграммасын қолдануды суреттейді. [5]

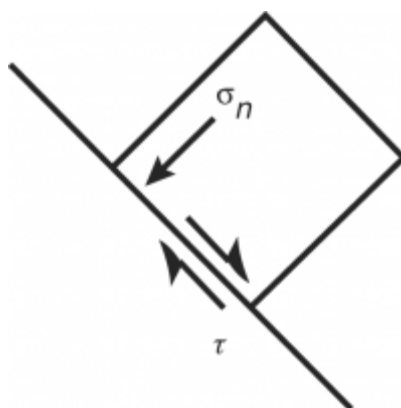


Сурет-4. Теориялық ақаулар мен жарықтар картасының түрі. Сұр түспен көрсетілген жарықтар ағымдағы кернеу өрісінде сырғанауға оңтайлы бағытталған



Сурет-5. $0,6 < \mu < 1,0$ үшін сыни кернеулі ақаулар мен жарықтардың полюстерін көрсететін Мора диаграммасы

Ақаулардың үйкеліс күшін Кулон критерийі тұрғысынан сипаттауға болады, егер тиімді қалыпты кернеуге ығысу қатынасы жылжымалы үйкеліс коэффициентінен асып кетсе, ақаулар тайып кетеді деп мәлімдейді (Барлық дерлік жыныстар үшін (кейбір тақтатастарды қоспағанда) $0,6 < \mu < 1,0$ болғандықтан, тиімді кернеулердің шекті мәндерін үйкеліс күші критерийімен есептеу оңай (сурет-6).

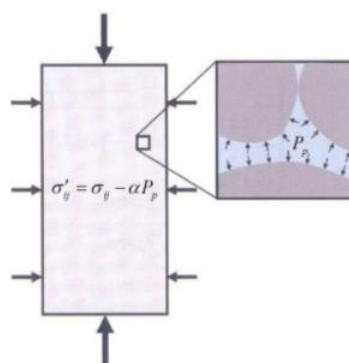


Сурет-6. Ақаулардың сырғанауы Кулон өлшемімен анықталған ақаулық жазықтығындағы ығысу кернеуінің (τ) тиімді қалыпты кернеуге (σ_n) қатынасымен шектеледі: $\tau_n = \mu$, мұндағы μ -жылжымалы үйкеліс коэффициенті

2.5 Кеуктілік қысымын талдау

Тау жынысының кеукті кеңістігіндегі сұйықтық тереңдікте сақталатын қысым **кеуктілік қысымы** деп аталады. Егер басқа процестер болмаған жағдайда, кеуктілік қысымы сұйықтықтың салмағына тең болады. Себебі, жалпы тік кернеу сұйықтық пен жыныстың салмағына тең болады. Бұл қысым тағы да басқаша «гидростатикалық қысым» деп аталады. Кеуктілік қысымын анықтау көмірсутектермен қаныққан кеукті жынысты геомеханикалық зерттеудің маңызды бөлігі болып табылады. Шын мәнінде, мұнай-газ гидромеханикасы кернеулермен емес, тиімді кернеулермен жұмыс

істейді, өйткені кеуек сұйықтықтары тау жынысының қаңқасынан жүктің бір бөлігін алып тастайды.



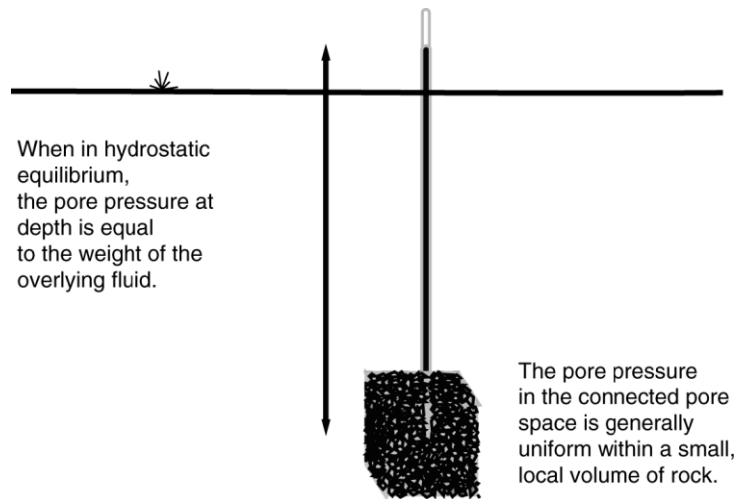
Сурет-7. Толық кернеу σ мен кеуек қысымы P_p тау жыныстарының физикалық қасиеттерінің қолданылатын кернеулерге тәуелділігін анықтау үшін қолданылатын тиімді кернеуді σ' құрайды. Био коэффициентінің $\alpha \leq 1$ мәні қосымшаларға байланысты өзгеруі мүмкін

Кеуектілік қысымын арттыратын процестерге мыналар жатады:

- Өткізгіштігі төмен шөгінділердің тез көмілуінен туындаған тығыздаудың жеткіліксіздігі;
- Бүйірлік қысу;
- Қыздыру мен қысудан туындаған саз минералдарынан судың шығуы;
- Қыздыруға байланысты сұйықтықтың кеңеюі;
- Контрасты сұйықтықтың тығыздығы (центроида және жүзгіштік әсері);
- Сұйықтықты бүрку (мысалы, су басу немесе су тоғыту).

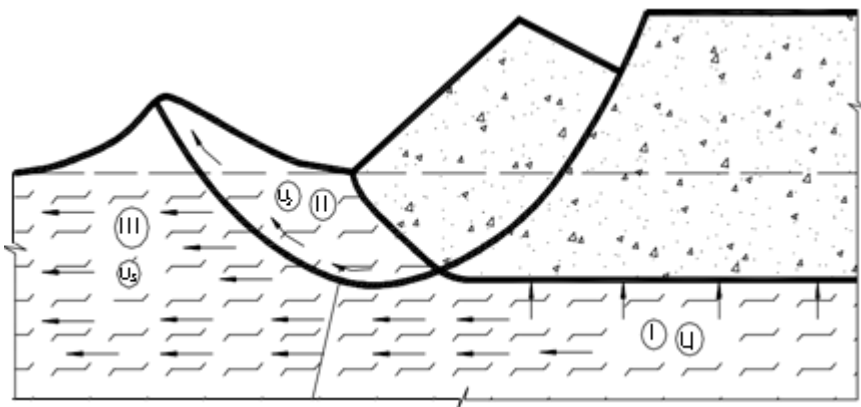
Кеуектілік қысымын төмендететін процестерге мыналар жатады:

- Сұйықтың шөгуі;
- Тоқтам (босату);
- Тау жыныстарын кеңейту;
- Коллектордың сарқылуы. [6]



Сурет-8. Гидростатикалық қысым кезінде өткізгіш жыныстағы кеуек қысымының иллюстрациясы (Geo-Mechanics Intl компаниясы ұсынған. Inc.)

Кеуек қысымы мен көлденең кернеулер бір-бірімен байланысты болғандықтан, кеуек қысымының өзгеруі де кернеудің ұқсас өзгеруіне әкеледі. Нақты тәуелділік резервуардың қасиеттеріне байланысты болса да, көлденең кернеудің өзгеруі кеуек қысымының өзгеруінің үштен екісін құрайды деп болжауға болады. Төмендегі теңдеу мен 9-суреттен байқауға болады. Бұл таусылған резервуардағы ағып кету қысымының едәуір төмендеуіне және кеуек қысымының жоғарылауымен көлденең кернеулердің жоғарылауына әкеледі.



Сурет-9. Кеуктілік қысымының өзгеруі

Кеуктілік қысымының таралуы шайылатын жыныстардың тығыздалуына, консистенцияның өзгеруіне, ылғалдылықтың төмендеуіне, кеуктілікке және қосу тығыздығы мен беріктік қасиеттерінің жоғарылауына әкеледі(сурет-9). Екінші және үшінші аймақтарда кері процесс байқалады, бұл топырақтардағы тиімді кернеуді төмендететін кеуктілік қысымының жоғарылауымен байланысты, бұл олардың ылғалдылығының, кеуктілігінің жоғарылауына және тығыздық пен беріктіктің төмендеуіне әкеледі. Кейде

кеуек қысымы толық кернеулерге сәйкес келетін мәндерге жетеді, яғни тиімді кернеулер нөлге айналады. Екінші және үшінші аймақтарда артық кеуектілік қысымының пайда болу механизмінде айырмашылық бар. Осылайша, тығыздалу аймағында (III) артық кеуек қысымы үйіндінің астынан суды сүзгілеу нәтижесі болып табылады, ал ығысу аймағында (II)-құрғақ үйіндімен тиеу туралы "есте сақтау" болып табылады: үйіндінің астынан сығылған шайылатын масса үйінді массаларының төгілуінен туындайтын кеуек қысымын сақтайды. [7]

2.6 Өткізгіштікке талдау

Қабат жыныстарының өткізгіштігі деп қабат жыныстарының сұйықтық пен газдың қысымның төмендеуінде өту қабілетін айтамыз. Мұнай қабаттарындағы қысымның салыстырмалы түрде аз түсуімен көптеген жыныстар ұсақ кеуектердің нәтижесінде сұйықтықтар мен газдар (саздар, тақтатастар және т.б.) өткізбейтін болып шығады. Дегенмен, қатты қысымда да барлық тау жыныстары өткізгіш болып келетіні белгілі. Жақсы өткізгіш жыныстар қатарына мыналар жатады: құм, құмтастар, доломиттер, доломиттелген әктастар, орамасы орамасы бар саздар, алевролиттер.

Өткізгіштігі нашар жыныстар қатарына мыналар жатады: балшықтар, тапсырыс берілген орамасы бар, тақтатастар, аргилл цементтеуі бар құмтастар, мергельдер.

Өткізгіштік мәні бойынша өнімді түзілімдер:

- Өте аз өткізгіш (0-ден 100 мД-ге дейін);
- Өткізгіштігі орташа (100 мД-ден 500 мД-ға дейін);
- Өте өткізгіш (500 мД-ден жоғары).

Сонымен қатар абсолютті, фазалық және салыстырмалы өткізгіштіктер деп қарастыруға болады. [8]

Абсолютті өткізгіштік - кеуекті ортаға инертті бір фазамен ғана толтырылған кеуекті ортаның өткізгіштігі. Бұл кеуекті арналарының мөлшері мен құрылымына байланысты, бірақ қаныққан сұйықтыққа тәуелді емес, яғни тау жыныстың физикалық қасиеттерін сипаттайды. Әдетте, абсолютті өткізгіштік азотты жыныс арқылы сүзу арқылы анықталады.

Фазалық (тиімді) өткізгіштік - құрамында көп фазалы жүйелер болған кезде бір сұйықтық үшін тау жыныстарының өткізгіштігі. Фазаның өткізгіштігі қабаттағы белгілі бір сұйықтықтың сандық құрамына, сондай-ақ оның физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты. Практикалық тұрғыдан салыстырмалы фазалық өткізгіштік маңызды өткізгіштік болып табылады.

Салыстырмалы өткізгіштік - бұл тиімді өткізгіштіктің таңдалған бастапқы өткізгіштікке қатынасы (әдетте абсолютті).

3. НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Матрицаның өткізгіштігі төмен коллекторларда өткізгіш жарықтар мен ақаулардың болмауына байланысты сұйықтықтың айтарлықтай ағуы мүмкін емес. Сонымен қатар, жарықтар мен ақаулардың салыстырмалы түрде аз мөлшері ағынның негізгі арналары болып табылады. Сұрақ, әрине, коллекторда болуы мүмкін жарықтар мен ақаулардың қайсысы гидравликалық өткізгіш болуы мүмкін екенін және неге екенін білу. Тиісінше, осы тараудың алғашқы бөлімдерінде матрицаның салыстырмалы түрде төмен кеуектілігі бар тау жыныстарындағы өткізгіштікке критикалық кернеулі жарықтар қалай әсер ететінін талқылаймыз.

Тау жынысында оның геологиялық тарихында әр түрлі уақытта пайда болған жарықтар мен ақаулардың бірнеше жиынтығы болуы мүмкін (әр тереңдіктегі кернеу өрістерінде), сондықтан қазіргі кезде қандай ақаулардың гидрологиялық тұрғыдан өтетінін анықтауға мүмкіндік беретін критерий болуы керек.

Гидрологиялық өткізгіштік ақаулар қазіргі кернеу өрісінде критикалық кернеуге ұшырайды. Әдетте, үйкеліс коэффициенттері жер қыртысының әртүрлі жыныстары үшін өлшенген 0,6–1,0 деп санаймыз.

Нәтижелер депрессия мен айдау кезінде коллектордың өткізгіштігінің өзгеруі кернеудің өзгеруіне байланысты екенін көрсетеді. Өткізгіштіктің өзгеруінің негізгі факторы микрожарықшақтар болып табылады. Бұл эксперименттік әдіс қабаттың кернеулі күйін және ағынның әрекетін дәл модельдеді. Нәтижелер мұнай ұңғымаларын өндіруді талдау және өте төмен өткізгіштігі бар коллекторлар үшін резервуарларды игеру үшін қажет. [9]

Айта кету керек, ақаулық әсер ететін тиімді қалыпты кернеуге қарамастан, ақаулық тенденциясы гидравликалық өткізгіш болу үшін ығысу коэффициенті тиімді қалыпты кернеуге байланысты болады, ал өткізгіш ақаулардың көпшілігінде ығысу тиімді қалыпты кернеуге байланысты болады, үйкеліс коэффициенттері $\sim 0,6$ -дан $\sim 0,9$ -ға дейін. Мұның себебі, біздің ойымызша, силикокластикалық жыныстарда шөгінді, цементтеу және дала шпаттарының сазға айналуы сияқты көптеген геологиялық процестер уақыт өте келе ақаулардың пайда болуына әкеледі (сонымен қатар оларға іргелес жатқан зақымдану аймақтарындағы екінші реттік жарықтар мен ақаулар). Брекчия сияқты белсенді ақаулармен байланысты механикалық процестер осы тенденцияларға қарсы тұрады және ақаулардың ішіндегі және оларға жақын

орналасқан зақымдану аймақтарындағы өткізгіштікті сақтауға көмектеседі. Тауненд пен Зобак (2000 ж.) бұл қабықтың көлемді өткізгіштігін тиісті шектеулі қысымға ұшыраған тау жыныстарының үлгілеріне қарағанда шамамен төрт ретті ұстап тұратын сынғыш қабықтың ішіндегі өте ауыр жарылыстардың болуы деп санайды. Зертханалық зерттеулер ақаулар мен жарықтардың өткізгіштігі көбінесе тиімді қалыпты кернеуге байланысты екенін көрсетеді.

Мұнай қабатынан өндіріс кезінде қабат қысымының төмендеуі кернеудің едәуір өзгеруін тудырады, бұл қабат қысымының артуына әкеледі. Кернеудің жоғарылауынан туындаған, тығыздау, коллектордың өткізгіштігіне және резервуардың дамуына әсер етуі мүмкін. Табиғи жарықтары бар тығыз коллекторларда айдау кезінде жарықтар кеңейіп, депрессия кезінде жабылады. Жіңішке кесімді бағалауға сәйкес, компьютерлік томография (КТ) және сынапты айдау әдісімен сканерлеу, көптеген көрінбейтін микрожарықшақтар кернеуге енеді. Біз табиғи жарықтар сияқты депрессия кезінде микрожарықшақтардың көбеюі мен жабылуын және осы өзгерістің өткізгіштікке және коллектордың дамуына әсерін анықтауға тырыстық. Бұл мақалада кернеудің өзгеруіне байланысты өткізгіштіктің өзгеруі де, табиғи кернелерді қолдана отырып, өндіру және айдау кезіндегі өткізгіштіктің өзгеру ережелері арасындағы айырмашылық зерттелді. Эксперименттердің нәтижелері резервуардың өткізгіштігіне өте төмен өткізгіштігі бар резервуардағы ауыспалы кернеу қатты әсер ететіндігін көрсетті.

Критикалық кернеулі ақаулар туралы гипотеза тұрғысын критикалық кернеулі ақауларға байланысты өткізгіштіктің жоғарылауы ығысу(сдвиг) кезіндегі брекчияның нәтижесі болып табылады және ақауларға іргелес зақымдану аймағының пайда болуы.

Карбонаттарда еру де, шөгу де өткізгіштікке әсер етеді, бірақ ақаулар өткізгіштікті арттыруда маңызды рөл атқаруы мүмкін. Мысалы, ақаулар мен брекчиялар бастапқыда еру процестерінен пайда болған жазықтықтар бойында пайда болуы мүмкін және карбонатты жыныстар үшін критикалық кернеулер туралы гипотезаны бірден жоққа шығаруға негіз жоқ.

Өткізгіштікті қалыптастыруға критикалық кернеулер тікелей әсер ете алмайтын тағы бір геологиялық жағдай кеуекті, нашар цементтелген. құмтастар мен диатомиттер. [10]

3.1 Ұңғыма сипаттамасы

Barnett Shale кенорынының мәліметтері бойынша есептеулер жүргіздік.
5200,824 – 6164,197 тереңдік бойынша.

depth_feet	strike_degrees	dip_degrees	dip_direction_degrees	aperture_millimeters
5200,824	228,25	76,41	318,25	4,31
5200,965	207,8	86,11	297,8	5,87
5205,068	233,97	84,07	323,97	7,22
5208,82	206,68	82,67	296,68	5,52
5221,97	214,65	77,2	304,65	5,44
5232,421	211,99	79,37	301,99	9,95
5248,538	214,61	79,88	304,61	12,24
5252,678	226,41	84,78	316,41	10,21
5269,203	245,5	80,63	335,5	8,22
5280,625	238,08	81,7	328,08	2,67
5290,003	226,76	83,85	316,76	5,28
5298,556	212,76	82,34	302,76	2,28
5422,927	220,49	75,45	310,49	2,21
5480,591	235,58	78,23	325,58	2,79
5486,787	203,03	80,78	293,03	1,92
5541,466	228,51	78,7	318,51	0,25
5629,328	190	82,13	280	0,79
5654,138	162,75	18,04	252,75	9,69
5691,056	7,48	15,89	97,48	9,44
5715,484	162,8	7,92	252,8	2,69
5857,44	224,46	85,04	314,46	1,15
5878,717	219,11	86,63	309,11	3,08
6000,143	5,74	11,19	95,74	11,29
6020,27	0,37	40,44	90,37	11,04
6114,419	201,54	56,87	291,54	5,53
6142,558	208,4	59,07	298,4	4,22
6154,562	200,38	56,88	290,38	0,25
6164,197	351,6	5,34	81,6	16,72

Кесте-2. Barnett Shale кенорының 5200,824 – 6164,197 тереңдік интервалы

Sv = S1, psi/ft	1,1
Sh_min = S3, psi/ft	0,701
Pp, psi/ft	0,53
mu	0,67

Кесте-3. Көлденең минималды, тік кернеумен кеуектілік қысым және үйкеліс коэффициентінің мәні

3.2 Мор шеңбері

Осы мәліметтер бойынша Мор шеңберін, яғни Barnett Fm сынықтарына арналған 2D Mohr диаграммасын құрдық.

$$\text{Ең алдымен,} \quad \sigma_1 = S_v - P_p \quad (\text{максималды тиімді кернеу})$$

$$\sigma_3 = S_{\text{Hmin}} - P_p \quad (\text{минималды тиімді кернеу})$$

$\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ болғандықтан бізге бір минималды тиімді кернеу жеткілікті.

Негізінен, Мор шеңбері – берілген нүкте арқылы өтетін әр түрлі бөлімдердегі кернеулерді визуалды түрде көрнекі түсінік беретін дөңгелек диаграмма. Бұл диаграмма Отто Кристиан Мордың есімімен аталған. Бұл кернеудің ереже бойынша бір координата жүйесінен екіншіге өткен кезде түрленуінің екі өлшемді графикалық түсініктемесі. Мордың қосқан үлесі былай сипатталады: ығысу кернеуі мен тиімді кернеулер күйі үшін қолдану. Осы қолданыс нәтижесінде алынған шеңберлік кернеу диаграммасы негізінде беріктік критерийін анықтау болып табылады.

Мор шеңберінің теңдеуі:

Шексіз аз дененің тепе-теңдік шарттарына сүйене отырып, тиімді кернеулер δ_n мен ығысу кернеулерінің τ мәндері тең болады:

$$\tau = 0.5 (\sigma_1 - \sigma_3) \sin 2\beta$$

$$\sigma_n = 0.5 (\sigma_1 + \sigma_3) + 0.5 (\sigma_1 - \sigma_3) \cos 2\beta$$

Бұл екі теңдеу Мор шеңберінің параметрлік көріністері болып табылады. [11]

3.3 Barnett Shale кенорны бойынша зерттеулер

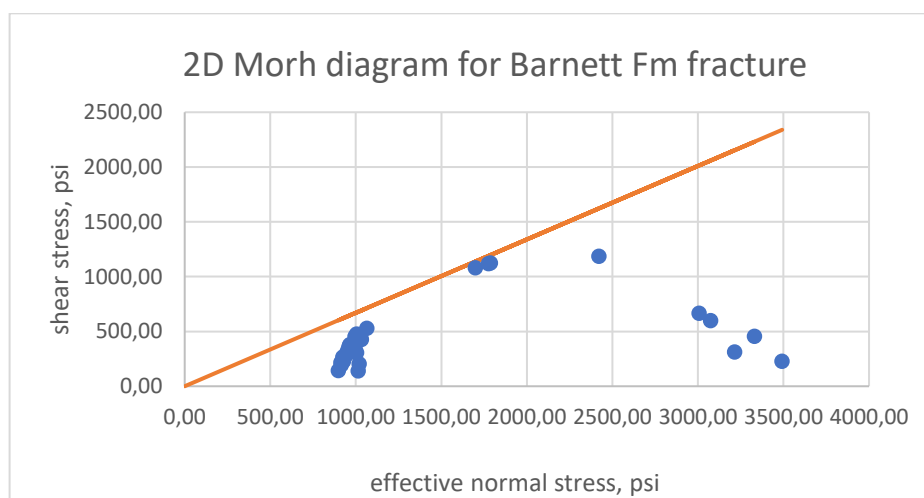


График-3. 2D Мор диаграммасы

Есептеу бөлімінде тау жыныстардың өткізгіштікке критикалық кернеулі жарылулар қалай әсер ететіндігін бақылап, талқылаймыз. Кеуектілік қысымды төмендеткенде, нормалды кернеу критикалық кернеу күйіне ауысады. Яғни, қалыпты тиімді кернеуге Жарылудың шекті сызығының жанында орналасқан нүктелер олар өте маңызды рөл атқарады. Нүктелер неғұрлым сыну сызығына жақын орналасқан сайын, соғұрлым таужыныстың өткізгіштігі жоғарылайды. Ал өткізгіштің жоғарылауы қабаттың мұнайбергіштігін арттыратыны белгілі. Зертханалық зерттеулер ақаулар мен жарықтардың өткізгіштігі көбінесе қалыпты тиімді кернеуге тікелей байланысты екенін көрсетеді. Ал қалыпты кернеудің критикалық кернеуге ауысуына кеуекті қысым тікелей әсер етеді,

Дипломдық жобаның негізінде Barnett Shale кенорнының белгілі болған мәндері бойынша тік кернеудің мәні S_v минималды көлденең кернеудің мәні S_{hmin} үлкен екенін байқаймыз. $S_v = S_1$, ал $S_{hmin} = S_3$ екендігі белгілі болса, онда Андерсонның ақаулық теориясына сәйкес $S_v > S_{hmax} > S_{hmin}$ Normal (сброс) түріне сәйкес келеді. Сонымен қатар, кеуек қысымы $P_p = 0.53 \text{ psi/ft}$ -ға төмендеттік. Ал үйкеліс коэффициенті стандарт бойынша үйкеліс коэффициенттері 0,6-дан 0,9-ға дейін болғандықтан, $\mu = 0.67$ деп алдық. Barnett Shale бойынша Normal жарылу түрі ең тиімдісі деп есептейміз. Себебі, -графикте көрініп тұрғандай, ығысу кернеуі мен тиімді кернеудің байланыс нүктелері жарылудың шекті сызығына максималды жақын. Демек, өткізгіштік өседі деген сөз. Ал өткізгіштік артса, атап өткеніміздей, мұнайбергіштік те артады. Бұл Barnett Shale үшін тиімді жарылу түрі деген қорытындыға келуге әбден болады.

Мұнай көмірсутектері пайда болған кезде қысымның жоғарылауы тау жыныстарының таяз тереңдігінде жақсы өткізгіштікпен сипатталатындығына байланысты тез босаңсытады. Сондықтан мұнай компоненттерінің пайда болуымен байланысты қысымның жоғарылауы осы кезеңде ескерілмейді. Яғни, кеуек қысымы гидростатикалық қысымға тең болады. Кеуектілік қысымының жоғарылауы газдардың қайталама жойылу сәтінен басталады деп болжанады. 4 км-ден астам тереңдікте тау жыныстары төмен өткізгіштігімен сипатталады. Сұйықтықтар олар пайда болған кеуек кеңістігінен тез шыға алмайды. Пайда болған сұйықтықтар жарықшақтар пайда болғанға дейін мұнай жыныстарында қалады. [12]

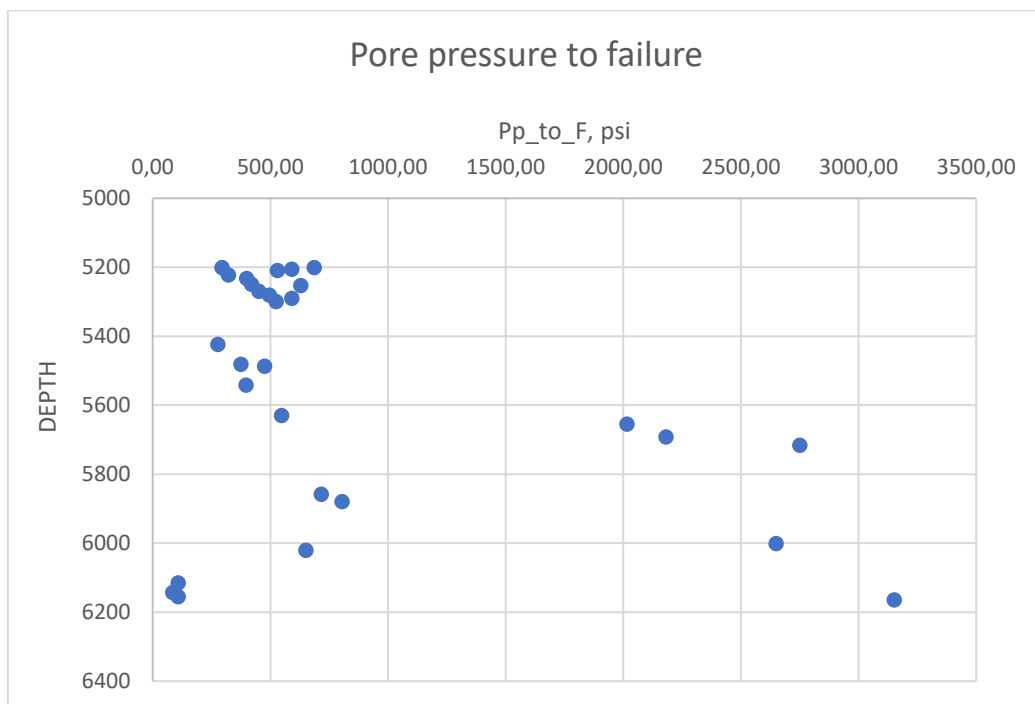


График-4. Кеуктілік қысымының қирауға дейінгі графигі

Бұл графиге критикалық кернеудің жарықтары сыну сызығынан шығып, өткізгіш болу үшін кеуктілік қысымының қаншалықты төмендеуі керек екендігі көрсетілген.

Ең аз қажет ететін жарықтар, нөлге жақын жарықшақтар. Barnett Shale бойынша олар “Pore Pressure to failure” графигін тұрғызғанда, 6114,419; 6142,558; 6154,562ft тереңдіктеріндегі мәні нөлге жақын орналасты. Біздің есептеу бойынша кеуктілік қысымы 3152,33 psi ең үлкен графигтегі соңғы нүкте. Сондықтан осы нүкте критикалық кернеу күйіне соңғы болып ауысады.

3.4 RStudio бағдарламалау жасақтамасындағы зерттеулер

Ендігі кезекте, Мор диаграммасын RStudio графикаға арналған бағдарламалау жасақтамасында сыздық.

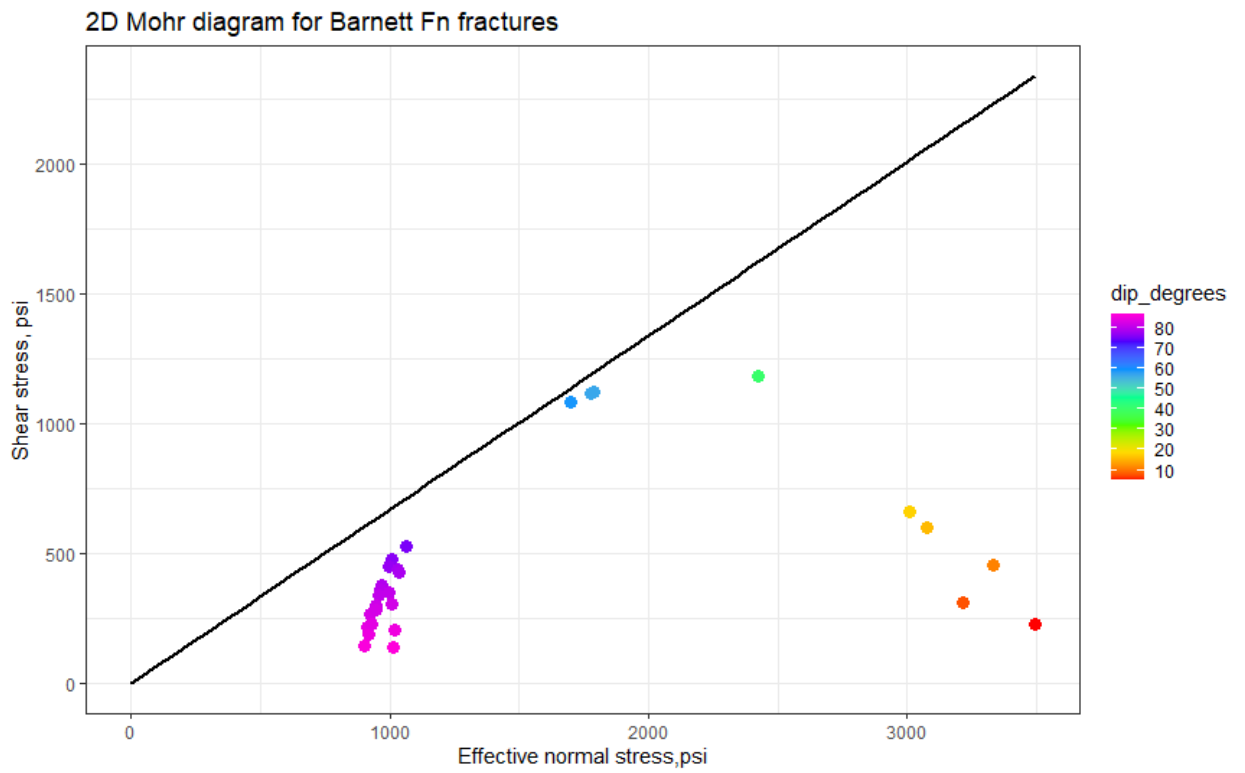


График-5. Мор диаграммасы (RStudio)

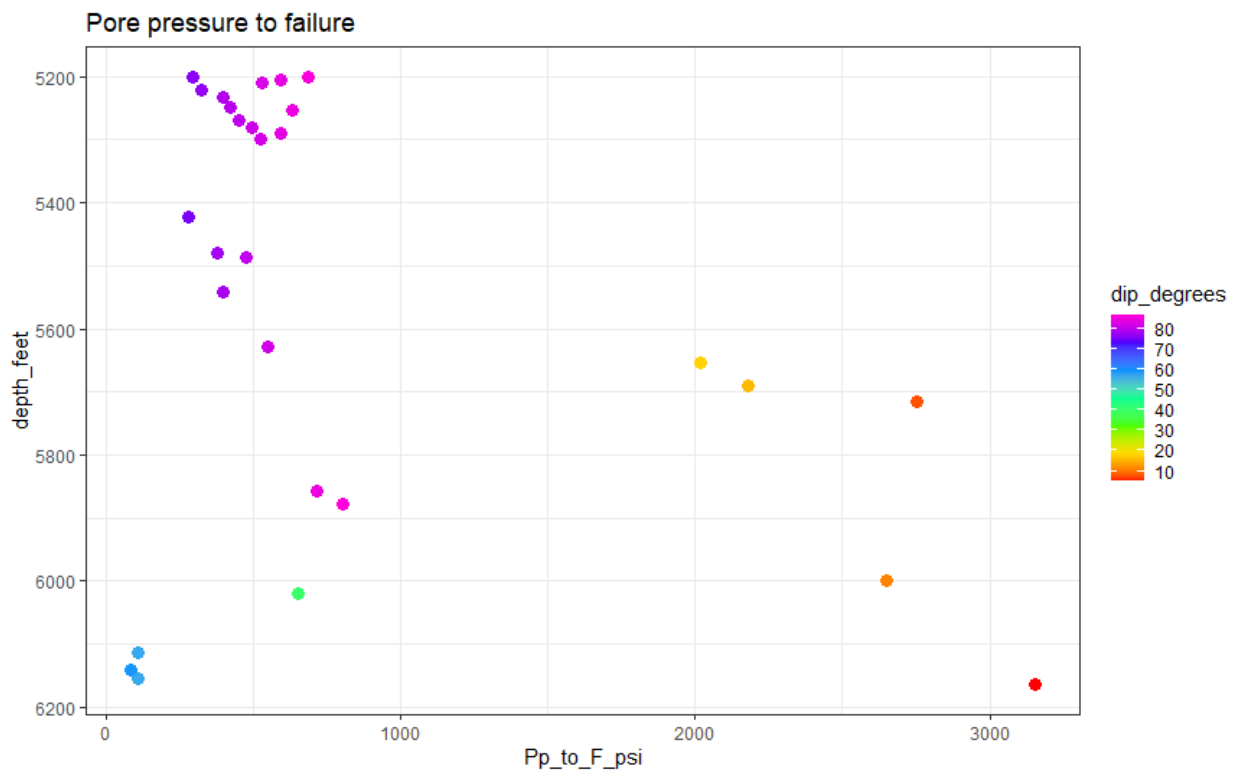


График-6. Кеуектілік қысымының қирауға дейінгі графигі (RStudio)

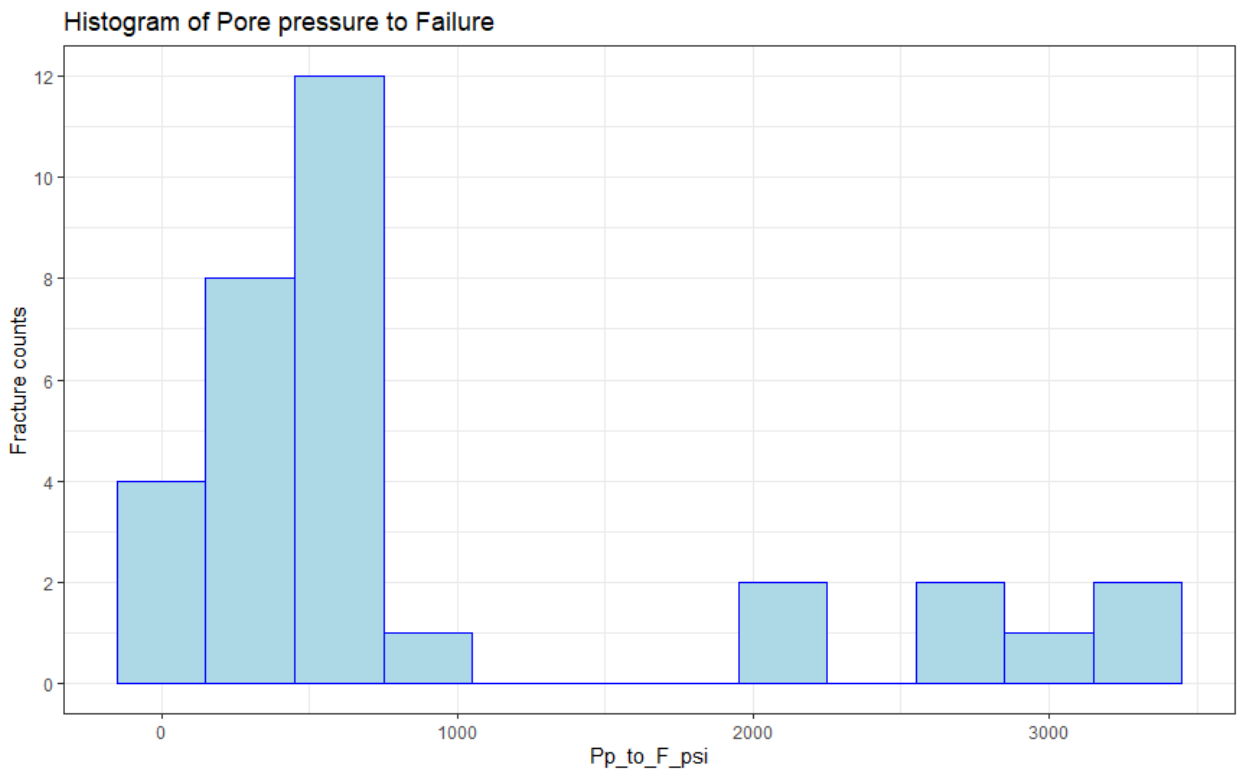


График-7. Кеуектілік қысымының қирауға дейінгі гистраграммасы

3.5 Өткізгіштік есептеуі

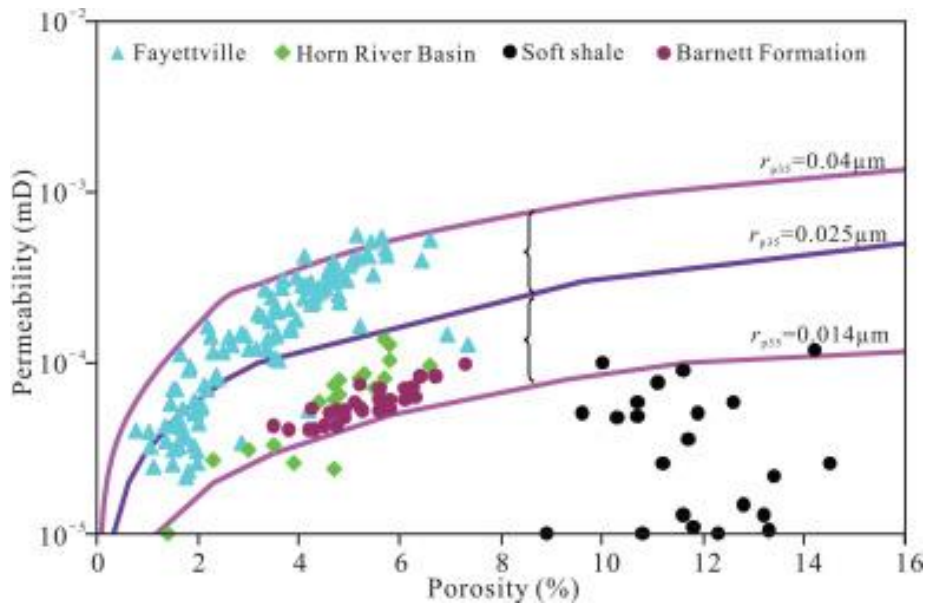


График-8. Өткізгіштік пен кеуектілік арасындағы тәуелділік графигі

Келесі қадам, өткізгіштік анықтау. Әрбір тереңдік үшін берілген тығыздық каротажды (Density) қолдана отырып, ең алдымен кристалдану кезінде пайда болатын кеуектілікті есептеп аламыз. Оның формуласы: $(2,7 - \text{Density}) / 1,7$

$$r_{p35} = 2.665 \left[\frac{K}{(100\phi)} \right]^{0.45}$$

Мұндағы, r_{p35} – кеуектілік арнасының радиусы

Barnett Shale кенорыны үшін кеуектілік арна радиусының мәні $r_{p35} = 0,014$ ке тең. Бұл ең кішкентай көрсеткіш.

Есептелінген кеуектілік мәндерін қолданып, өткізгіштікті мына формуласы арқылы анықтап аламыз:

$$K = \left(\frac{0.014}{2.665} \right)^{\frac{1}{0.45}} * 100 * \phi$$

[13]

Depth (ft)	Density (g/cc)	porosity	permeability, nD
5000	2,4061	0,172882353	0,000148608
5000,5	2,3836	0,186117647	0,000159985
5001	2,2382	0,271647059	0,000233505
...
...
6193,5	2,6056	0,055529412	4,77325E-05
6194	2,6056	0,055529412	4,77325E-05
6194,5	2,6056	0,055529412	4,77325E-05
6195	2,6056	0,055529412	4,77325E-05

Кесте-4. Marble Falls, Duffer, Barnett Shale кенорындарының ұңғыма сипаттамасы

Бұл жерде 5000-6195 ft тереңдікте есептегендіктен, Marble Falls, Duffer және Barnett формацияларында анықтаймыз. Себебі, төменде көрсетілгендей әрбір формацияның өзіндік тереңдікке ие.

Formation name	Depth range (ft)
Marble Falls Formation	5000-5167
Duffer Formation	5167-5514
Barnett Formation	5514-6195

Кесте-5. Тереңдік интервалдары

Есептелінген кеуектілік, өткізгіштік бойынша тәуелділік графигін құрастырдық.

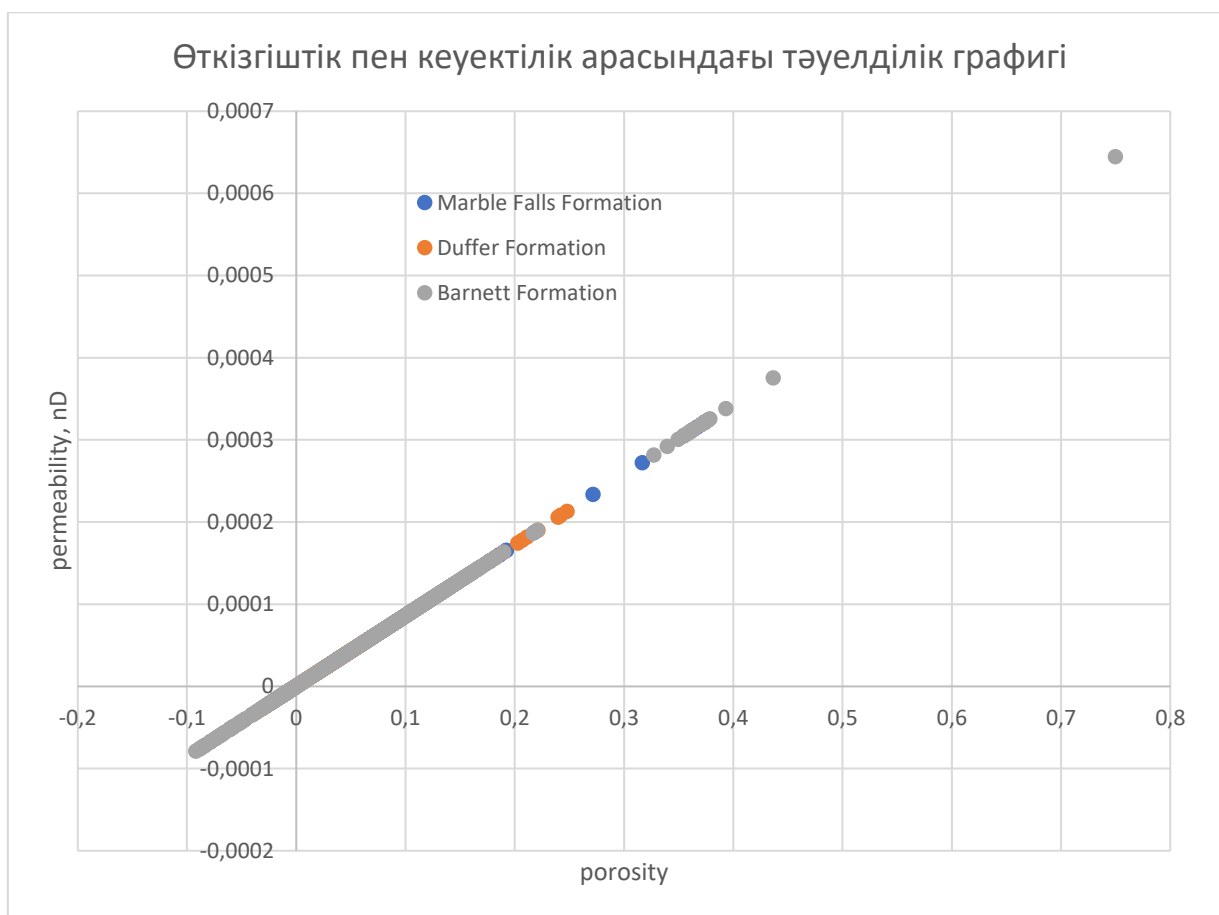


График-9. Өткізгіштік пен кеуектілік арасындағы тәуелділік графигі. Marble Falls Formation, Duffer Formation және Barnett Shale Formation

Barnett Shale бойынша графиктер тұрғыздық.

Бірінші, тығыздық пен тереңдік арасындағы байланыс графигін құрдық. Екінші график-кеуектілік пен тереңдіктің байланыс графигі. Байқағанымыздай, екі график бір-біріне симметриялы. Және бір-біріне теріс мәнде. Тығыздық көбейген сайын, сол тереңдік бойынша кеуектілік мәні төмендейді.

6100-6200 ft тереңдік бойынша қарастыратын болсақ, кеуектіліктің ең үлкен 0,8-ге жақын мәнінде тығыздықтың мәні ең төменгі 1,4 мәніне ие болады.

Осыдан шығатын түйін, кеуектілік төмендеген сайын өткізгіштік те төмендейді. Сонымен қатар, тығыздық жоғарылайды.

Сәйкесінше, кеуектілік өссе, өткізгіштіктің де мәні жоғарылайды. Шамамен 6180 ft тереңдікте кеуектілік мәні ең жоғары мәнде. Демек, сол тереңдікте қабат өткізгіштігі көп.

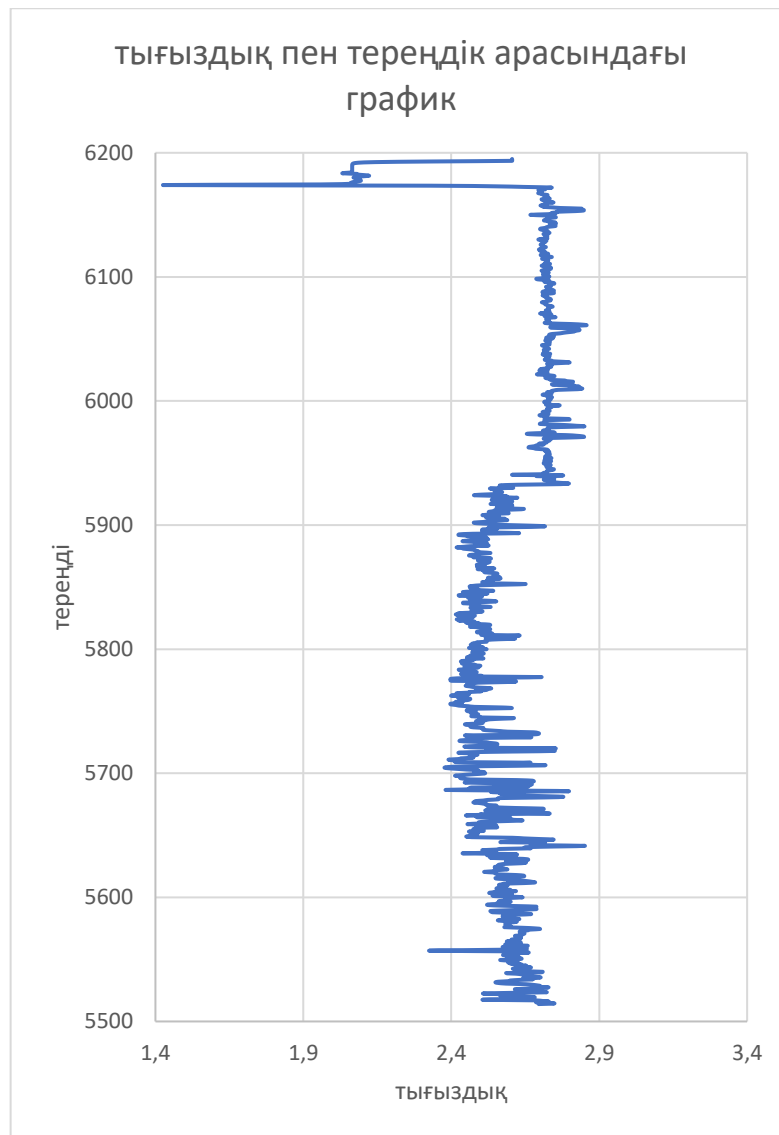


График-10. Тығыздық пен тереңдік арасындағы график

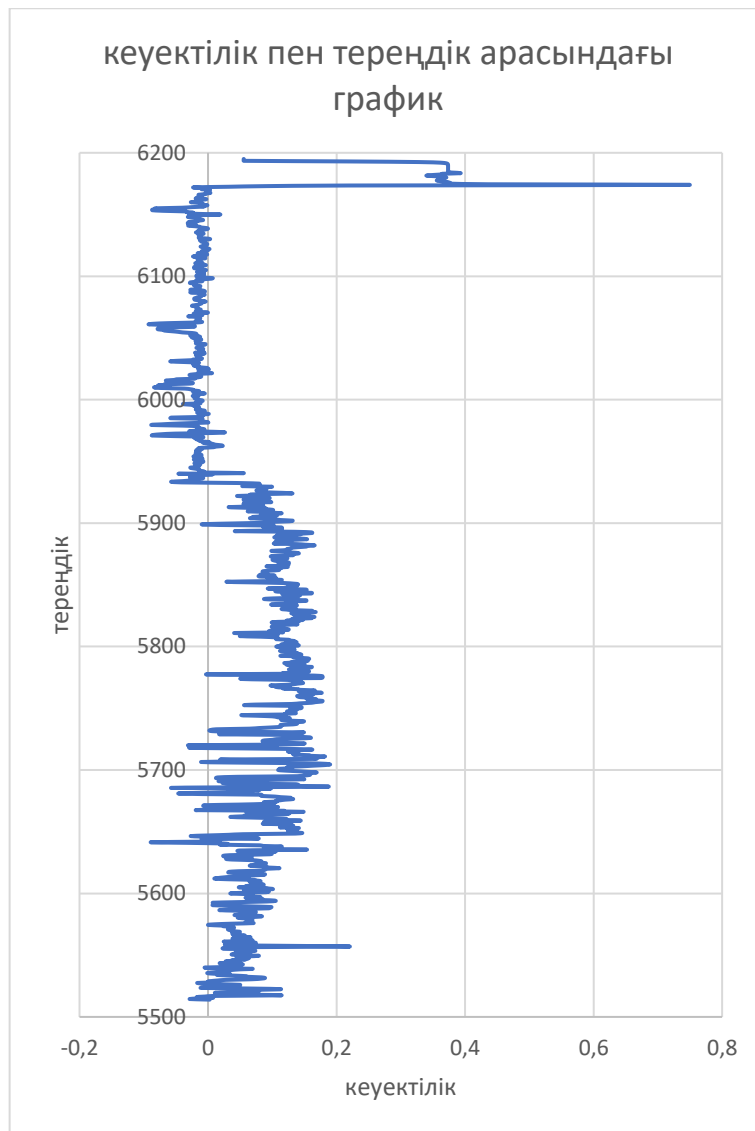


График-11. Кеуектілік пен тереңдік арасындағы график

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі таңда мұнайбергiштіктің азаю процесі көптеген мұнай компанияларының негізгі проблемалары. Сондықтан да, мұнайбергiштіктің жоғары болуы үшін жасалатын әдістемелер мен шешімдерді шығару маңызды. Негізінен, қабаттың мұнайбергiштігін арттыру үшін қабат өткізгіштігінің өсуі әсер ететіндігі белгілі. Ал қабат жыныстарының сұйықтық пен газдың қысымның төмендеуінде өту қабілеті болып саналатын қабат жыныстарының өткізгіштігіне әсер ететін шамалар туралы осы дипломдық жобада талқылады.

Barnett Shale кен орнындағы қабат өткізгіштігіне кернеу мен кеуектілік қысымының әсері туралы зертханалық жұмыс жасадық. Еске сала кетсек, Barnett Shale-ді «тығыз» резервуар ретінде танымыз, яғни газ оңай алынбайды.

Керн үлгілерін эксперименттік зерттеу, ұңғымалардың гидродинамикалық зерттеулерін талдау, Microsoft Excel және RStudio тілдерінде бағдарламалау арқылы жұмыс жасадық. Соның нәтижесінде, максималды тиімді кернеу мен минималды тиімді кернеу қолдана отырып, тиімді кернеу мен ығысу кернеулерінің мәндерін есептедік. Осы анықталған екі кернеу арасындағы Barnett Fm сынықтарына арналған 2D Mohr диаграммасын, яғни кернеулер туралы визуалды түрде көрнекі түсінік беретін Мор шеңберін тұрғыздық. Бұл графиктің нәтижесінде тиімді және ығысу кернеулерін байланыстыра пайда болған жарылудың шекті сызығына жақын орналасқан сайын қабат өткізгіштігінің артатынын байқадық. Кеукті қысымды төмендеткенде нормалды кернеу критикалық күйге ауысады. Критикалық күйге ауысқанда, жарылудың шекті сызығына жақындау мүмкіндігі артады. Сонда, өткізгіштік артып, қабаттың мұнайбергiштігінің артуына да себеп болады.

Сонымен қоса, кеуектілік қысымының қирауға дейінгі графигін тұрғыздық. Бұл графикті өткізгіш жоғарылау үшін кеук қысымының қаншалықты және қалай төмендейтіндігін аңғаруға болады. Ең кіші мәндегі, яғни нөлге жақын орналасқан кеук қысымы критикалық кернеу күйіне бірінші болып өтеді. Сәйкесінше, үлкен мәндегі кеук қысымына ие нүкте кернеу күйіне соңғы болып өтеді.

Қорытындылай келе, кеук қысымының төмендеуі, тиімді кернеудің өсуі өткізгіштіктің өсуіне тікелей әсер етеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Баклашов И.В. (2004). “Геомеханика. Том 1. Основы геомеханики”. М.: Изд. Мос. гос. гор. унив.
2. Баталин О.Ю., Вафина Н.Г. (2019). “Расчет роста порового давления с глубиной из-за генерации углеводородных флюидов”, Актуальные проблемы нефти и газа.
3. Е.Геллер, С.Мельникова.(2009). “Сланцевый газ: зона неопределенности”, Центр изучения мировых энергетических рынков ИНЭИ РАН.
4. Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А.(2007). “Закономерности формирования порового давления при гидроотвалообразовании и отсыпке “сухих” отвалов”, – Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела - ВНИМИ, Санкт-Петербург.
5. Behzad Eftekhari, M.Marder, W.Patzek. (2018). “Field data provide estimates of effective permeability, fracture spacing, well drainage area and incremental production in gas shales”, Journal of Natural Gas Science and Engineering.
6. Bowers G. L. (2001). “Determining an appropriate pore-pressure estimation strategy,” in *Proceedings of the Offshore Technology Conference*, Offshore Technology Conference, Houston, Tex, USA.
7. F. Ma, S. He, H. Zhu, Q. Xie, and C. Jiao. (2012).” The Effect of Stress and Pore Pressure on Formation Permeability of Ultra-Low-Permeability Reservoir”, Laboratory of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Beijing, China
8. Hillis, R. R. (1998). The influence of fracture stiffness and the in situ stress field on the closure of natural fractures. *Petrol. Geosci.* 4:57–65.
9. Holt, R. M. (1990). Permeability reduction induced by a non-hydrostatic stress field. *SPE Formation Evaluation* 5:444–448
10. M. Traugott. (1997). “Pore pressure and fracture gradient determinations in deepwater”, *World Oil*.
11. PetroWiki. (2015). Subsurface stress and pore pressure. Retrieved from PetroWiki: https://petrowiki.org/Subsurface_stress_and_pore_pressure
12. Roberto Aguilera. (2016). “Shale gas reservoirs: Theoretical, practical and research issues”, Schulich School of Engineering, University of Calgary, Calgary, Canada.
13. Zoback M.D. (2007). *Reservoir Geomechanics*. Cambridge University Press, 2007, 505p.