

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Институт Қ.Тұрысов атындағы геология, мұнай және тау кен ісі институты
(институт атауы)

ӘОЖ 665.622.43.046.6-52 (043)

Қолжазба құқығында

Жумахан Дуйсен Нурланұлы

(білім алушының аты жөні)

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы

Суландыру жүйелерін талдау және мұнай кен орындарында олардың тиімділігін арттыру

Дайындау бағыты

7M07202 - Мұнай инженериясы

Мамандық шифрі және атауы

Ғылыми жетекші,

т.ғ.к., профессор

(ғылыми дәрежесі, атауы)



Касенов А.К.

Қолы

Аты жөні

Пікір беруші,

т.ғ.к.

(дәрежесі, атауы)



Исмаилов А.А.

Аты жөні

Норма бақылаушы,

аға оқытушы

т.ғ.к., профессор

(ғылыми дәрежесі, атауы)



Касенов А.К.

Қолы

Аты жөні

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі _____

Мұнай инженериясы

(кафедра атауы)

т.ғ.м.

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Дайров Ж.К.

Қолы

Аты жөні

“ _____ ” _____ 20 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Институт Қ.Тұрысов атындағы геология, мұнай және тау кен ісі институты

(институт атауы)

Кафедра Мұнай инженериясы

(кафедра атауы)

7M07202

- Мұнай инженериясы

Мамандық шифрі және атауы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі _____

Мұнай инженериясы

(кафедра атауы)

Т.ғ.м.

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Дайров Ж.К.

Қолы

Аты жөні

“ _____ ” _____ 20 ____ ж.

Магистрлік диссертация орындауға

ТАПСЫРМА

Магистрант Жұмахан Дүйсен Нұрланұлы

(білім алушының аты жөні)

Тақырыбы : Суландыру жүйелерін талдау және мұнай кен орындарында олардың тиімділігін арттыру

(магистрлік диссертация тақырыбы)

Университет Ректорының 2019 жылғы "11" 11 № 330-М бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 20 21 жылғы "25" 06

Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері: дис. жұмыс жөзуде бароқалық негізгі мәліметтер

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі

а) мұнай кен орындарындағы қолданылатын су айдау жүйелеріне шолу

б) ұсынылып отырған су айдау жүйесін Petrel симуляторында лабораториялық зерттеулерден өткізу

в) экономикалық тиімділікті есептеу

г) қосымшалар

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Ұсынылатын негізгі әдебиет:




1. Уолкотт Д. Разработка и управление месторождениями при заводнении. Москва: Shlumberger, 2001. – 144 с.

2. Қартабай, А.Т., Орынғожин, Е.С., Есімханова, А.К. Мұнай кен орындарын игеру: Оқулық. Алматы: Экономика. 2013. – 378 бет

Магистрлік диссертация дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Мұнай кен орындарындағы қолданылатын су айдау жүйелеріне шолу	4.05.2020 - 20.05.2020	—
Ұсынылып отырған су айдау жүйесін Petrel симуляторында лабораториялық зерттеулерден өткізу	21.12.2020 - 10.01.2021	—
Экономикалық тиімділікті есептеу	24.05.2021 - 25.06.2021	—

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Мұнай кен орындарындағы қолданылатын су айдау жүйелеріне шолу	т.ғ.к., профессор Касенов А.К.	25.06.2021	
Ұсынылып отырған су айдау жүйесін Petrel симуляторында лабораториялық зерттеулерден өткізу	т.ғ.к., профессор Касенов А.К.	25.06.2021	
Экономикалық бөлім	т.ғ.к., профессор Касенов А.К.	25.06.2021	

Ғылыми жетекші


(қолы)

Касенов А.К.
(аты әсімі)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы


(қолы)

Жумахан Д.Н.
(аты әсімі)

Күні

"25" 06 2021 ж.

СЫН – ПІКІР

Диссертациялық жұмыс
(жұмыс түрлерінің атауы)

Жумахан Дуйсен Нурланұлы
(аты-жөні)

7M07202 – Мұнай инженериясы
(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Суландыру жүйелерін талдау және мұнай кен орындарында олардың тиімділігін арттыру

Сын – пікір беріліп отырған жұмыс суландыру жүйелерінің кен орындарда тиімділігін арттыруға негізделген. Жұмыстың өзектілігі қабатты суландыру қабат қысымын ұстаудың әлемдегі ең кең тараған түрі болғандығымен түсіндіріледі. Мұнай өнеркәсібінде қабаттардың мұнай бергіштігін арттырудың басты әдісі қабаттарды суландыру болып табылады.

Жұмыстың бірінші бөлімінде суландыру жүйелерінің түрлеріне түсініктемелер берілген. Суландыру жүйелерінің негізгі үш түрі баяндалған:

- нұсқа сыртымен;
- нұсқа бойымен;
- нұсқа ішімен су айдау жүйелері.

Жұмыстың жаңалығы ретінде – су айдау жүйесінің комбинацияланған түрі ұсынылып отыр. Яғни, тоғыз нүктелік және нұсқа бойымен су айдау жүйелері біріктірілген. Жүйенің тиімділігін анықтау мақсатында Petrel симуляторында модель тұрғызылған. Осы модельдің негізінде, жүйенің экономикалық тиімділігі анықталған.

Диссертациялық жұмыс тақырыбын зерттеу барысында «Сатпаев оқулары – 2020» конференциясында «Суландыру жүйелері және мұнай кен орындарындағы олардың тиімділігі» тақырыбымен мақала жарияланған.

Жұмысқа ескерту ретінде ұсынылып отырған жүйенің тұжырымдамалық дәлділігінің аздығын атап өтуге болады.

Жалпы, жұмыс жеткілікті деңгейде толық орындалды, соған байланысты ол оң бағаны алуға лайық, ал оның авторы Жумахан Д.Н. 7M07202 – Мұнай инженериясы мамандығы бойынша магистр дәрежесін алуға лайықты

Пікір беруші

Т.Ғ.К. ҚНЦ Petroleum Engineering
Consulting ЖШС бас директоры

Исмаилов А.А.

« 20... г.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Диссертациялық жұмыс
(жұмыс түрлерінің атауы)

Жумахан Дуйсен Нурланұлы
(аты-жөні)

7M07202 – Мұнай инженериясы
(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Суландыру жүйелерін талдау және мұнай кен орындарында олардың тиімділігін арттыру

Диссертациялық жұмыста суландыру жүйелері түрлеріне талдау жасалынған. Суландыру жүйелерінің келесі түрлері кеңінен қарастырылған:

- нұсқа сыртымен су айдау;
- нұсқа бойымен су айдау;
- нұсқа ішімен су айдау.

Жоғарыда көрсетілген су айдау жүйелерінің әр қайсысына қысқаша түсініктемелер берілген.

Жұмысты негізгі жаңалығы – нұсқа бойымен су айдау және нұсқа ішімен (тоғыз нүктелі) су айдау жүйелерін комбинациялау арқылы, мұнай өндіруді арттыру. Зерттеулер «Petrel» үш өлшемді математикалық модельдеу симуляторында жасалынған. Ұсынылып отырған жүйе толығымен симуляторда құрастырылып, мұнай өндіру тиімділігі графиктермен дәлелделінген.

Сонымен қатар, осы жүйені құрастыру барысында, тиімсіз жүйелерде құрастырылған. Сол жүйелердің бірі жұмыста мысал негізінде көрсетілген. Ол жүйе тоғыз нүктелі су айдау жүйесін бір қатарлы су айдау жүйесіне ауыстыруды көздеген. Дегенмен, ол жүйе айтырлықтай тиімділік көрсетпеген.

Диссертациялық жұмыс өте жақсы деңгейде жасалынған және қойылған тапсырмалар толығымен орындалынған.

Ғылыми жетекші

Т.ғ.к., профессор

Касенов А.К.

«25»

06

2021 г.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Жумахан Дуйсен Нурланұлы

Название: Суландыру жүйелерін талдау және мінай кен орындарында олардың тиімділігін арттыру

Координатор: Алмабек Касенов

Коэффициент подобия 1: 0.7

Коэффициент подобия 2: 0

Замена букв: 3

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....

25.04.2021

Дата



Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Жумахан Дуйсен Нурланұлы

Название: Суландыру жүйелерін талдау және мұнай кен орындарында олардың тиімділігін арттыру

Координатор: Алмабек Касенов

Коэффициент подобия 1:0.7

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:3

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

АҢДАТПА

Диссертациялық жұмыстың негізгі мақсаты – су айдау жүйелеріне шолу және олардың тиімділігін арттыру жолдарын қарастыру. Диссертация жазу барысында 70-тен аса заманауи әдебиеттер қарастырылды. Лабораториялық эксперимент негізінде Petrel гидродинамикалық моделін құрастыру симуляторы қолданылды. Дұрыс әрі тиімді модельді таңдау үшін ондаған су айдау жүйелерінің модельдері тұрғызылып, арасынан ең тиімдісі таңдап алынды.

Диссертацияның бірінші бөлімінде негізгі су айдау жүйелеріне шолу жасалынды. Бірінші бөлімде нұсқа бойымен, нұсқа сыртымен, нұсқа ішімен, алаңдың, ошақты және таңдамалы су айдау жүйелеріне шолу жасалынды. Ал, екінші бөлімде Petrel симуляторы арқылы құрастырылған модельдерге шолу жасалынды.

Ұсынылып отырған модель негізінде 9 нүктелік және контур бойымен су айдау жүйелері комбинацияланған болатын. Осы жүйенің арқасында мұнай өнімділігі күрт өскені байқалған болатын. Дәлірек айтқанда 5,5 есеге өсті. Бұл өсім экономикалық жағынан тиімді болып табылады.

Экономикалық тиімсіз және сәтсіз шыққан модель мысал ретінде диссертациялық жұмысқа қосылды.

АННОТАЦИЯ

Основная цель диссертационной работы – сделать обзор на систем заводнения и рассмотреть пути повышения их эффективности. При написании диссертации было рассмотрено более 70 современной литературы. На основе лабораторного эксперимента использовался симулятор гидродинамического моделирования Petrel. Были построены десятки моделей систем заводнения, чтобы выбрать правильную и эффективную модель, и была выбрана самая эффективная.

В первой части диссертации делается на основных систем заводнения. В первом разделе представлен обзор на законтурные, приконтурные, внутри контурные, площадные, очаговые и избирательные системы заводнения. Во втором разделе представлен обзор моделей, построенных с помощью симулятора Petrel.

На основе предложенной модели была объединена комбинация 9-точечной и контурной систем закачки воды. Благодаря этой системе резко увеличилась добыча нефти. Точнее, увеличилось в 5,5 раза. Этот рост экономически оправдан.

Экономически неэффективная и неудачная модель включена в диссертацию в качестве примера.

ANNOTATION

The main goal of the dissertation is to provide an overview of waterflooding systems and consider ways to improve their efficiency. When writing the dissertation, more than 70 contemporary literature was considered. Based on a laboratory experiment, a Petrel hydrodynamic simulation simulator was used. Dozens of models of waterflooding systems were built to select the correct and efficient model and the most efficient one was selected.

The first part of the thesis provides an overview of the major waterflooding systems. The second section provides an overview of the models built with the Petrel simulator.

Based on the proposed model, a combination of 9-point and loop water injection systems was combined. Thanks to this system, oil production has increased dramatically. More precisely, it increased 5.5 times. This growth is economically justified.

An economically ineffective and unsuccessful model is included in the dissertation as an example.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ.....	6
1. МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫНДАҒЫ ҚОЛДАНЫЛАТЫН СУ АЙДАУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ШОЛУ.....	8
1.1. Кен орынды игеру сатылары.....	8
1.2. Мұнай қабаттарына су айдау.....	9
1.3. Алғашқы су айдау процесінің тарихы.....	9
1.4. Нұсқа сыртымен су айдау.....	10
1.5. Нұсқа бойымен су айдау.....	11
1.6. Нұсқа ішінен су айдау.....	12
1.6.1. Қатарлы су айдау жүйесі.....	12
1.6.2. Алаңдық су айдау жүйесі.....	13
1.6.3. Таңдамалы және ошақты су айдау жүйелері.....	15
1.6.4. Кедергілі су айдау жүйесі.....	16
Бірінші бөлім бойынша қорытынды.....	17
2. ҰСЫНЫЛЫП ОТЫРҒАН СУ АЙДАУ ЖҮЙЕСІН PETREL СИМУЛЯТОРЫНДА ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРДЕН ӨТКІЗУ.....	18
2.1. Ұсынылып отырған су айдау жүйесі туралы жалпы түсінік.....	18
2.2. Қаражанбас кен орыны флюидтерінің және қабаттарының физикалық қасиеттері.....	19
2.3. Petrel симуляторы туралы жалпы түсінік.....	19
2.4. 9 нүктелік су айдау жүйесін Petrel симуляторында жобалау.....	20
2.5. Petrel симуляторында комбинацияланған жаңа модельді құрастыру.....	23
2.6. Нәтижесі қанағаттанарлықсыз болған жүйе.....	25
3. ЭКОНОМИКАЛЫҚ БӨЛІМ.....	28
Қысқартулар тізімі.....	29
ҚОРЫТЫНДЫ.....	30
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР.....	31

КІРІСПЕ

Мұнай өнеркәсібінде қабаттардың мұнай бергіштігін арттырудың басты әдісі қабаттарды суландыру болып табылады. Бұл әдістің негізгі мақсаттары-қабаттық қысымды ұстап тұру және мұнай бергіштік коэффициентін арттыру. Мұнай кен орындарын суландыру жүйесі өндіру және айдау ұңғымаларының өзара байланысы, олардың кен орын бойынша орналасуы, айдалатын судың көлемі және су айдау арқылы сұйықтықты өндіру сияқты параметрлермен сипатталады. Айдау және өндіру ұңғымалары неғұрлым оңтайлы орналасуымен суландыру жүйесін ұйымдастырудың уақыттылығы қорларды өндіру дәрежесіне тікелей әсер етеді.

Қабатқа су айдау әдісінің артықшылықтары:

- 1) судың жалпы қол жетімділігі;
- 2) ұңғымада сұйықтық бағанасының гидравликалық қысымының болуы салдарынан айдау процесін жүзеге асырудың салыстырмалы қарапайымдылығы;
- 3) судың мұнай қанықпаған қабаттар бойынша таралу қабілеттілігі;
- 4) мұнайды ығыстыру кезінде жоғары мұнай бергіштіктің қасиетімен түсіндіріледі.

Бірінші жасанды суландыру 1865 жылы, Пенсильвания қаласындағы (АҚШ) Питхоул Сити кен орнында кездейсоқ су айдалуының нәтижесі болып табылғанын атап өту қажет.

Суландыру әдісін дамытудың ең ерте сатысында су алдымен бір ұңғымаға айдалып, содан кейін сулану шамасына қарай көрші ұңғымалар суланған аймақты кеңейту үшін айдалатын ұңғымаларға ауыстырылды. Бұл жүйе "айналмалы айналдыру" ретінде белгілі. Оның модификациясы Форест Ойл Корпорэйшн бір уақытта бір қатар ұңғыманы суды айдауға аударғанда желілік су басу әдісі болып табылады.

Бес нүктелі жүйе бойынша бірінші алаңдық суландыру Брэдфорд кен орнының оңтүстік бөлігінде 1924 жылы қолданылған. Үлкен өнімді алаң, ерітілген газдың төмен мөлшері және осы кен орнында белсенді өлкелік судың болмауы жасанды су басу әдісінің тез дамуына ықпал етті. Алайда әзірлеушілер Пенсильваниядан тыс осы тәжірибені қолдануға асықпады.

1931 жылы суландыру әдісін Бартлсвилдің аз қуатты құмшақтарында Каупти Иоватында (Оклахома) қолдана бастады, бірнеше жылдан кейін осы ауданның көптеген кен орындары осындай тәсілмен өңделе бастады. Техастағы алғашқы жасанды су басу 1936 жылы Браун Каун Каун атындағы Фрай алаңында басталды. Одан әрі 10 жыл бойы ол осы ауданның көптеген мұнай алаңдарына тарады. Алайда, 50-ші жылдардың басында ғана жасанды сулаудың әмбебап қолданылуы мойындалды.

Қазақстан аумағында мұнай кен орындарының 90%-ға жуығы су айдау әдісімен игеріліп жатқандығы белгілі. Сол себепті су айдау әдістерін жетілдіру және дамыту мұнай өндіру саласындағы ең өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Технологиялық прогрестің арқасында, су айдау процестерін зерттеу қарқынды жүргізілуде. Атап айтқанда Крейг Ф.Ф., Уолкотт Д., Такаши С., Ямадзаки Н., Аль-Язиди З., Аль-Зааби И., Аль-Тоби., Бехиет А., Лука Г., Баюми А., Қартабай А.Т., Орынғожин Е.С., Есімханова А.К. еңбектерінде су айдау процестері және жүйелері кеңінен зерттелінген.

Жұмыстың мақсаты

Мұнай кен орындарындағы суландыру жүйелерін талдау және олардың тиімділігін арттыру мәселерін зерттеу.

Зерттеу шеңберінде шешілетін мәселелер

- 1) Мұнай кен орындарын суландыру жүйелерін талдау және зерттеу;
- 2) Су айдау ұңғымаларын топтастыру әдістерін зерттеу;
- 3) Су айдау жүйелерін зерттеу барысында Petrel симуляторында оптимальді модельді анықтау мақсатында қабаттың әр түрлі модельдерін құрастыру;
- 4) Petrel симуляторында тұрғызылған модельдердің ішінен мұнай өндіру процесінде тиімді болатын су айдау жүйесін таңдап алу.

Зерттеу нысаны мен элементі

Зерттеу нысаны мұнай қабаттарын суландыру жүйесі болып табылады, ал элементі – су айдау ұңғыларының өндіруші ұңғы жұмысының технологиялық көрсеткіштеріне әсері.

Орындалған жұмыстың ғылыми жаңашылығы

1) Қаражанбас кен орынының параметрлері негізінде ауыр мұнайды өндіруге арналған су айдау жүйесі құрастырылды. Бұл модельдің негізгі жаңашылығы нұсқа бойымен және 9 нүктелік су айдау жүйелерін бірге қолдану арқылы мұнай бергіштікті арттыру болып табылады. Осы жүйенің моделін симуляторда тұрғызу арқылы мұнай өндірудің тиімділігі 2 есеге артты.

2) Осы тұрғызылған модельді белгілі бір кезең өткеннен кейін бір қатарлы су айдау жүйесіне өзгерту арқылы мұнайды өндіруді арттыру мәселелері зерттелінді. Себебі, симуляторда алынған 5 жылдық кезеңнен кейін тұрақталған мұнай өндірісін арттыру мақсатында келесі 4 жылдық мерзімге бір қатарлы жүйені қолдануды жөн көрдім. Дегенмен, бұл модель тиімді өндіру процесін қамтамасыз ете алмады.

Жұмыстың тәжірибелік мәні және іске асырылуы

Зерттеу барысында Қаражанбас кен орында 9 нүктелік су айдау жүйесі қолданылатыны белгілі болды. Сол себепті осы жүйені оптимизацияландыруға шешім қабылданды. Лабораториялық зерттеулер Eclipse және Petrel симуляторларында іске асырылды. 9 нүктелік су айдау жүйесі нұсқа бойымен су айдау жүйесімен комбинацияланды. Бұл комбинация өз кезегінде өте жақсы өнімділікті қамтамасыз етті.

1. МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫНДАҒЫ ҚОЛДАНЫЛАТЫН СУ АЙДАУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ШОЛУ

1.1. Кен орынды игеру сатылары

Мұнай кен орнын игеру бірнеше кезеңдерден тұрады:

- 1) «Нөлдік кезең» - көмірсутегі қорларын іздеу және барлау;
- 2) Кен орынды игерудің негізгі кезеңі (өндіруге болатын өнімнің 80-90 % алынады):
 - өндіру көлемінің ұлғаюы (1-саты);
 - өсу қарқынының тұрақтануы және өндірістің максималды деңгейіне жету кезеңі (2-саты);
 - өндіріс көлемінің тұрақты төмендеуі (3-саты);
- 3) Қорытынды кезең:
 - кен орнын игерудің соңғы (кеш) кезеңі - кірістің жоғалуына әкелетін өндірістің айтарлықтай төмендеуі (4-саты).

«Нөлдік кезең» кен орынды іздеу және барлау жұмыстары. Сонымен қатар, табылған қорларды және өндірістік перспективаны бағалау. Мұнай кен орнын игеру тек қоймада шикізат қоры жеткілікті болған жағдайда және осы қорлар дәлелделінген жағдайда ғана басталады. Мұнай кен орындарын іздеу мен барлауды шартты түрде «нөлдік» кезеңге бөлуге болады. Бұл кезеңде мұнай өндірілмейді, алайда әртүрлі қабатты зерттеу, негізгі, параметрлік, барлау және барлау ұңғымаларын бұрғылау бойынша бірқатар жұмыстар жүргізілуде.

1-саты. Кен орнының қарқынды игерілуімен, оның ішінде өндіріс көлемінің тұрақты ұлғаюымен қатар жүретін негізгі жобалық қордың іске қосылуымен сипатталады. Әдетте, осы кезеңде өндірілетін мұнайдың көп бөлігі іс жүзінде сусыз болып табылады.

2-саты. Бұл кезеңде өндіріс біртіндеп максимумға жетеді. Қалған жоспарланған ұңғымалар және резервтік ұңғымалардың едәуір бөлігі пайдалануға беріледі. Мұнай қабатын ынталандыру жүйесін әзірлеу және енгізу бар. Өндіріс деңгейін ұстап тұру үшін кен орындарын игеру процесін оңтайландыру бойынша геологиялық және технологиялық шаралар кешені жүргізілуде. Әдетте, бұл кезеңнің ұзақтығы 4 - 5 жыл.

3-саты. Жер қойнауынан мұнай қорының негізгі бөлігін алу нәтижесінде пайда болатын мұнай өндірісінің төмендеу кезеңі. Өндірістің құлдырау қарқынын бәсеңдету үшін бірқатар шаралар қабылдануда: қосымша ұңғымалар жүйесін дамыту мұнай қабатына әсер етуді жалғастыруда, резервтік ұңғымаларды бұрғылау жалғасуда; қолданыстағы ұңғымаларда окшаулау жұмыстарын орындау; кен орнын игеру.

4-саты. Игерудің соңғы сатысында ұңғылардың шығымы күрт төмендейді, кен орынды игеру деңгейі төмендейді.

Ұңғымадан бас тарту (консервация). Ликвидация кезеңі – кен орнының өмірлік циклындағы соңғы кезең. Мұнай өндірудің минималды деңгейге дейін төмендеуі және / немесе алынатын мұнайдағы судың максималды мөлшеріне

жету нәтижесінде кен орнын игеру тиімді болмай қалғаннан кейін пайда болады. Мұнай өндірісі тоқтатылады, ұңғымалардан бас тартады (немесе консервілейді), игеруге лицензия тиісті мемлекеттік органдарға қайтарылады. Әр кезеңнің ұзақтығы және мұнай өндіру көлемі белгілі бір кен орнын игеру жобасына сәйкес белгіленеді.

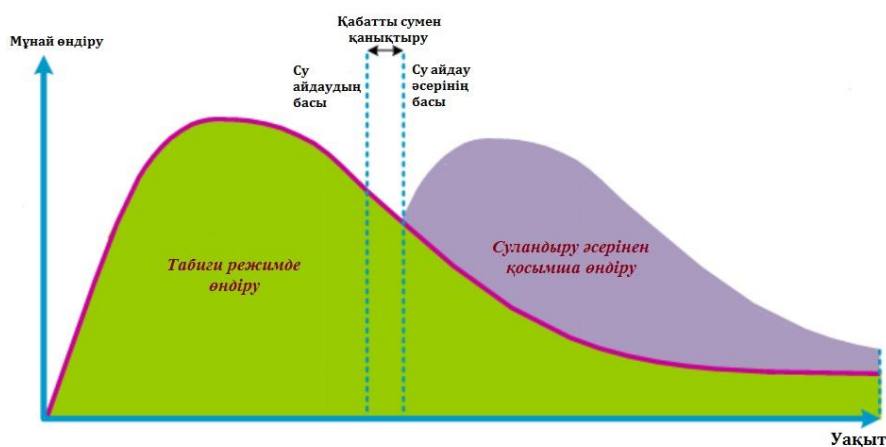
1.2. Мұнай қабаттарына су айдау

Мұнай қабаттарына су айдау (ҚСА) – мұнай кен орынын игерудің және қабат қысымын ұстаудың (ҚҚҰ) ең кең тараған түрі болып табылады. Бұл әдіс фонтанды әдістен кейін мұнай бергіштік коэффициентін (МБК) ұстап қалуға немесе арттыруға мүмкіндік береді.

ҚСА-дың мақсаты – МБК ұлғайту үшін мұнайды өндіруші ұңғыларға тиімді ығыстыру және экономикалық тиімділігін арттыру.

Су айдау әдісі шикізаттың жоғары өнімділігін негізгі екі критерий бойынша қамтамасыз етеді. Біріншіден – қабаттың жоғары қысымын жоғалтпай ұстап тұру, екіншіден – мұнайдың өнімді қабатқа енуі. Қазіргі таңда кен орындарды суландыру технологиялық жоғарғы деңгейге жеткізу және осы әдісті жетілдіру осы саланың негізгі мақсаты болып табылады.

Қабатты суландыру әдісінің экономикалық тиімділігі МБК өсуіне тікелей байланысты. Яғни, айдалатын суға кететін шығын, суды дайындау құрылғыларының шығыны сатылатын мұнайдан келетін пайдадан көп болуы керек.



1-сурет. Суландыру әсерінен болатын қосымша өндіру

1.3. Алғашқы су айдау процесінің тарихы

Алғашқы су айдау процесі кездейсоқ оқиғаның әсері болып табылады. 1985 жылы Пенсильвания штатында, шегенделген бағаналарда, цементтік тұтастығы бұзылған консервацияланған ұңғылар арқылы қабатқа жер үсті суларының жеткендігі белгілі болды. Бірнеше ай өткен соң, көршілес игерімдегі өндіру ұңғыларының шығымы өскені белгілі болды. Сонымен қатар судың шығымы да көбейгені байқалды. Яғни, қабатқа жеткен су қабат қысымын қалпына келтіріп, мұнайдың көршілес ұңғыға ығысуына себепкер болды. Форест Дорн және оның әкесі Клейтон Дорн осы әсерді бірнеше жыл

зерттеу келіп, егер қабатқа суды әдейі айдаса, осындай нәтиже алуға болатына көз жеткізген болатын.

1915 жылы Ф. Дорн ең бірінші су айдауды жобалап, іске асырған болатын. Ол іске асырған су айдау жүйесі кейін шахмат тәрізді 3 қатарлы жүйе ретінде белгілі болды. Дегенмен, ол кезде АҚШ-та, яғни Пенсильвания штатында қабатқа су айдауға тыйым салынғандықтан, бұл процесс жасырын түрде жүргізілген болатын. Бірақ, 1921 жылы су айдау заңды түрде рұқсат етілді. Содан кейін қабатқа су айдау қарқынды түрде қолданыла бастады. Қазіргі таңда АҚШ-та өндірілетін мұнайдың жартысынан көбісі су айдау арқылы өндіріледі.

Су айдау жүйелерінің түрлері:

- 1) Нұсқа сыртымен су айдау;
- 2) Нұсқа бойымен су айдау;
- 3) Нұсқа ішімен су айдау:
 - қатарлы су айдау;
 - аландық су айдау;
 - таңдамалы су айдау;
 - ошақты су айдау;
 - кедергілі су айдау.

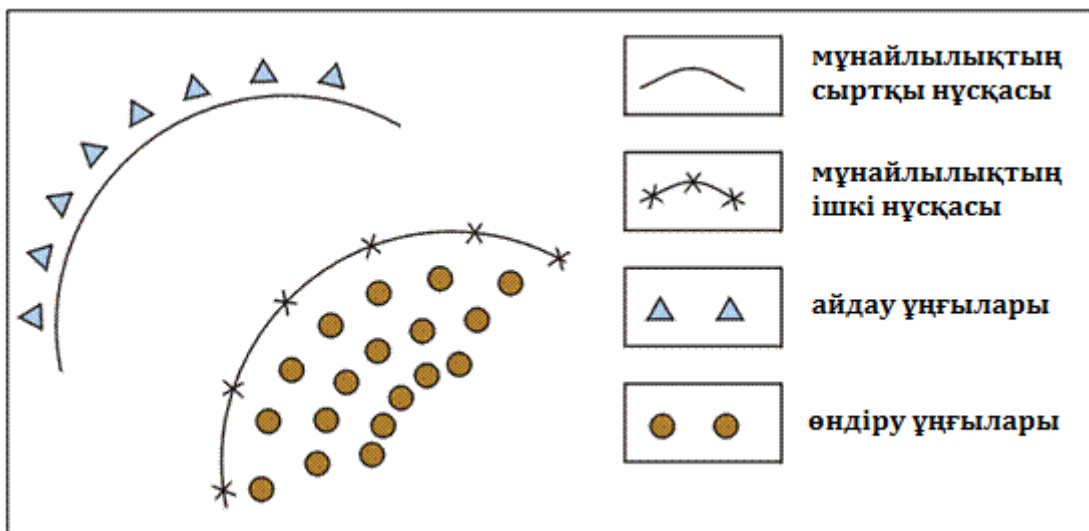
1.4. Нұсқа сыртымен су айдау

Нұсқа сыртымен су айдау нұсқа сырты қабат суларының төмен белсенділігі мұнай шығымын компенсацияламаған жағдайда қолданылады. Қабат қысымы төмендеген кезде, оны қалпына келтіру үшін нұсқа сыртымен су айдау қолданылады. Бұл жүйеде айдау ұңғылары мұнайлылықтың сыртқы нұсқасынан кейін орналастырылады. Айдау ұңғыларының орналасуы мұнайлылықтың ішкі және сыртқы контурының арақашықтығына және қабаттың геологиялық орналасуына байланысты. Нұсқа сыртынан су айдау тұтқырлығы аз біртекті өнімді қабаттарда және ауданы аз кен орындарда қолданылады. Ұңғылар арасындағы қашықтық 500-600 м, кен орынның ені 2,5-3 км, ұңғылар торының тығыздығы $Sc=25\div 30$ га/ұңғ.

Нұсқа сыртынан су айдау процесінің негізгі кемшіліктері:

- мұнай өндіруге кететін энергиялық шығын, яғни ұңғылар контурдың сыртында орналасқандықтан, жоғары қысыммен айдау қажеттілігі;
- айдау ұңғылары контурдан алшақ орналасқандықтан, айдалған судың қабатқа баяу әсер етуі.

Бұл әдіс дұрыс жағдайда қолданылатын болса, МБК 60%-ға дейін жетуі әбден мүмкін. Нұсқа сыртылық айдау кезінде бір айдау ұңғысына төрт-бес өндіру ұңғысы келеді. Дегенмен, бұл әдістің қолданылуы кең тарамаған, себебі, оған керекті параметрлері бар кен орындар сирек кездеседі.

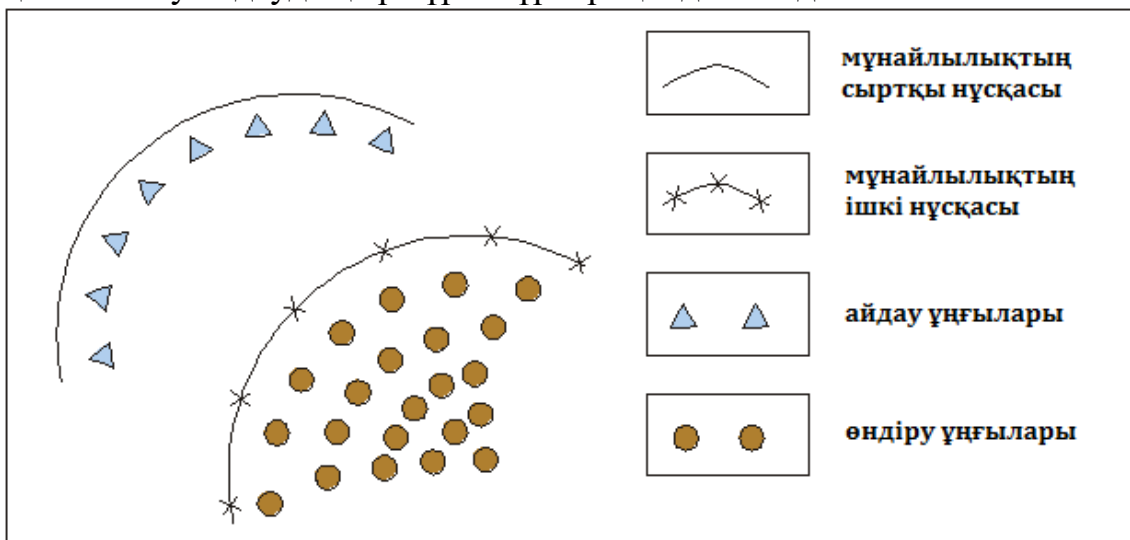


2-сурет. Нұсқа сыртынан су айдау кезінде ұңғылардың орналасуы

1.5. Нұсқа бойымен су айдау

ҚҚҰ-дың бұл әдісі суды нұсқа бойымен мұнайлы қабатқа айдау арқылы жүзеге асады. Айдау ұңғылары нұсқаның сыртқы және ішкі шекараларының арасында орналасады. Бұл әдіс нұсқа сырты қабатының өткізгіштігі төмендеген кезде немесе сулы және мұнайлы қабаттың нашар гидродинамикалық байланысы кезінде қолданылады. Осы әдістің басқаларынан ерекшелігі – аз уақыт ішінде максималды жоғарғы дебитке жете алмауында. Бірақ, ол ұзақ мерзімді жоспарда мұнай шығымын жоғарғы деңгейде ұстап тұра алады.

Бұл әдісте мұнайдың жоғарғы шығымын қамтамасыз ету үшін – айдау ұңғылары өндіру ұңғыларына жақын орналастырылады. Бірақ, бұл үлкен кен орындар үшін тиімсіз болуы мүмкін. Сондықтан, ауданы үлкен кен орындарда нұсқа ішілік су айдаудың әр түрлі түрлері қолданылады.



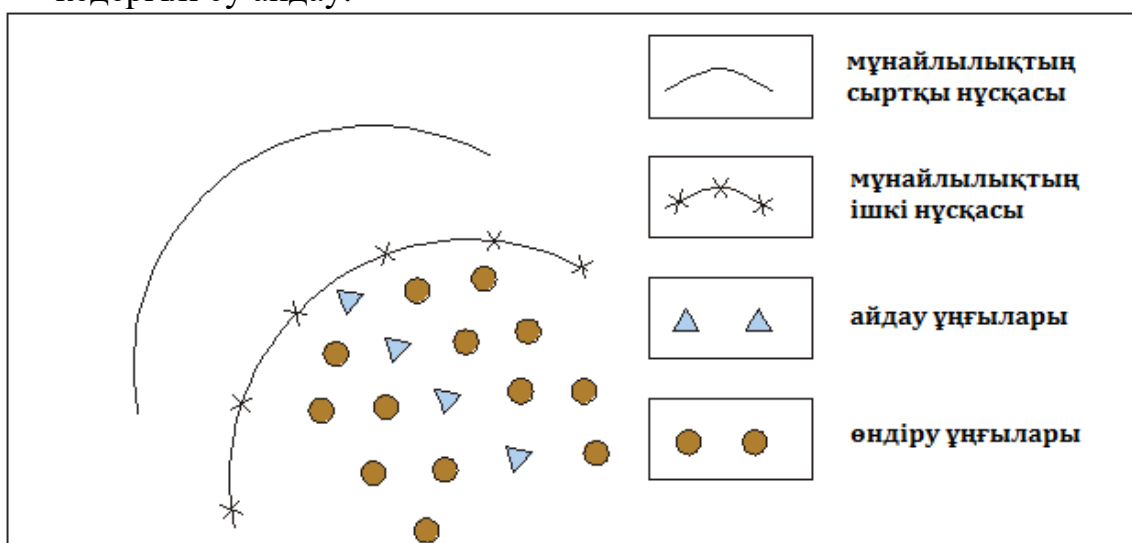
3-сурет. Нұсқа бойымен су айдау кезінде ұңғылардың орналасуы

1.6. Нұсқа ішінен су айдау

Нұсқа ішінен су айдау – қабат қысымын ұстау және қалпына келтіру суды мұнай қаныққан қабатқа айдау арқылы жүзеге асырылады. Қазіргі таңда бұл әдіс ең жылдам және экономикалық тиімді әдіс болып табылады. Нұсқа ішілік су айдау ауданы үлкен кен орындарда кеңінен қолданылады.

Нұсқа ішілік су айдаудың түрлері:

- қатарлы су айдау;
- алаңдық су айдау;
- таңдамалы су айдау;
- ошақты су айдау;
- кедергілі су айдау.

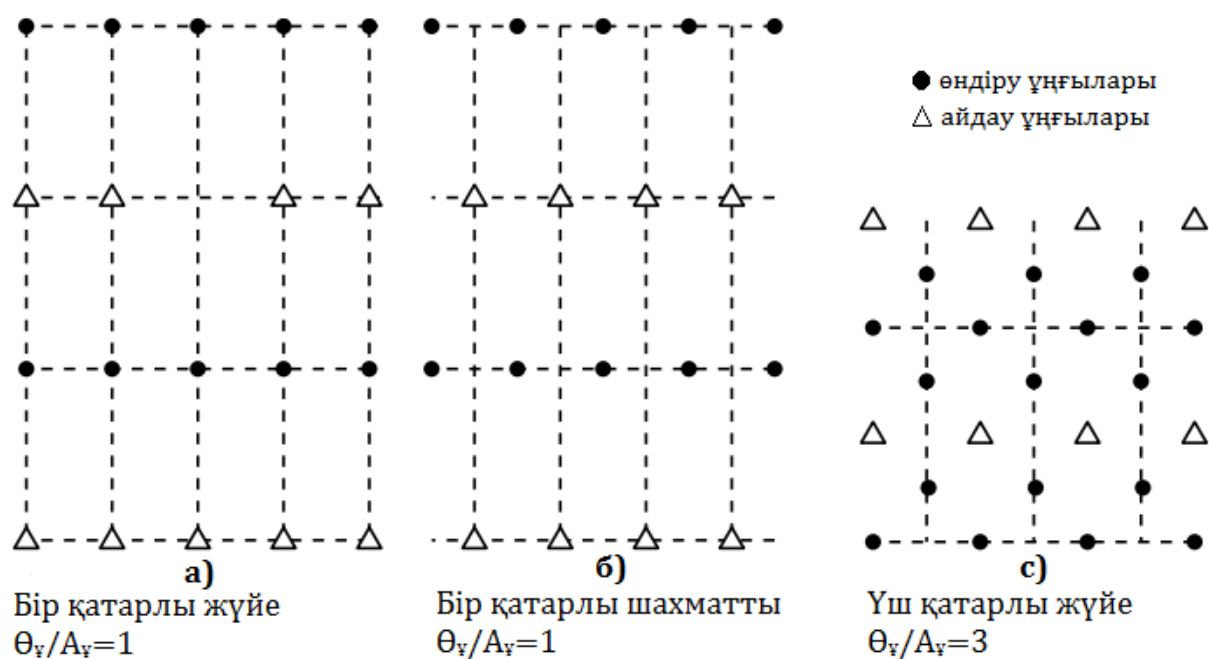


4-сурет. Нұсқа ішімен су айдау кезінде ұңғылардың орналасуы

1.6.1. Қатарлы су айдау жүйесі

Қатарлы су айдауды басқаша – блокты жүйе деп те атайды. Себебі, бұл жүйені іске асыру мақсатында, кен орын айдау ұңғылары арқылы бірнеше блоктарға бөлінеді. Әдетте, қатарлы су айдау жүйесі ауданы бойынша үлкен және орташа кен орындарда қолданылады.

Осы жүйені қолдану барысында айдау және өндіру ұңғыларының қатарларын кен орында көлденең бағытта орналастырылады. Кен орында негізінде бір, үш немесе бес қатарлы жүйелер қолданылады. Бұл жүйеде өндіру ұңғыларының қатары тақ болуы керек. Үш немесе бес қатарлы жүйеде ортаңғысы тартқыш қатар деп аталады. Егерде осы өзіне тартқыш қатар болмаса, онда осы алаңдағы мұнай игерілмей қалады. Осы жүйе үшін ұңғы торының тығыздығы нұсқа сыртымен су айдау жүйесімен шамалас болып келеді, яғни, $Sc=25\div 30$ га/ұңғ.

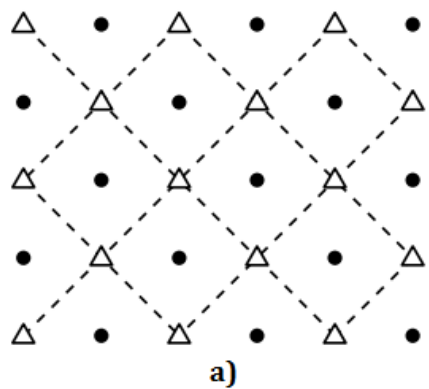


5-сурет. Қатарлы су айдау кезінде ұңғылардың орналасуы: а) бір қатарлы; б) бір қатарлы шахматты; с) үш қатарлы су айдау жүйелері.

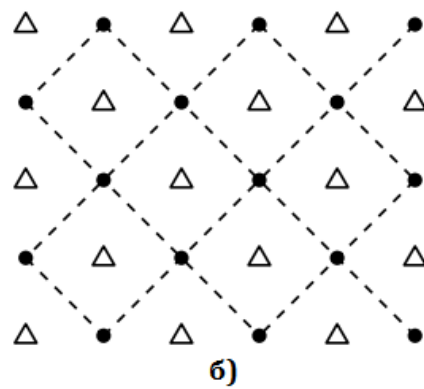
1.6.2. Алаңдық су айдау жүйесі

Алаңдық су айдау жүйесінің ерекшелігі – су айдау ұңғылары мұнайлы аумақтың барлық ауданы бойынша орналасады. Алаңдық жүйенің түрі айдау және өндіру ұңғыларының санына байланысты болады. Бұл жүйеде квадраттың ортасында бір айдау немесе бір өндіру ұңғысы орналастырылады. Егер, ортада өндіру ұңғысы тұрса, ол тура айдау жүйесі деп аталады. Ал, керісінше, ортада айдау ұңғысы болса, онда ол кері айдау деп аталады. Кен орындарда, өндірісте негізінен кері айдау жүйесі қолданылады. Ұңғылар саны бойынша алаңдық су айдау келесідей болып бөлінеді: үш, төрт, бес, жеті немесе тоғыз нүктелі болып бөлінеді.

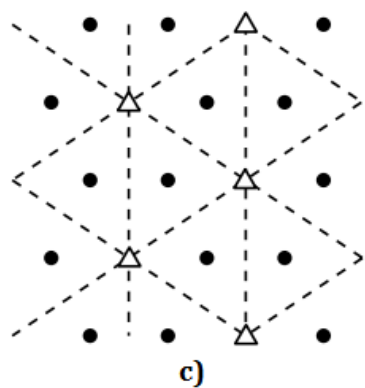
Бес нүктелі жүйе квадрат пішіндес, өндіру ұңғылары бұрыштарында, айдау ұңғысы ортасында орналасқан болып келеді. Жеті нүктелік жүйе алтыбұрыш пішіндес, өндіру ұңғылары бұрыштарында, ал айдау ұңғысы ортасында орналасады. Тоғыз нүктелі жүйе бес нүктелік жүйе секілді квадрат пішіндес, өндіру ұңғылары қабырғаларының ортасы және бұрышында, айдау ұңғысы ортасында орналасады. Бес нүктелік жүйенің ұңғылары сулана бастағанда, қосымша ұңғылар бұрғыланып, тоғыз нүктелік жүйеге ауыстырып жіберуге болады. Алаңдық жүйе біртекті емес қабатты игерге қолданылады.



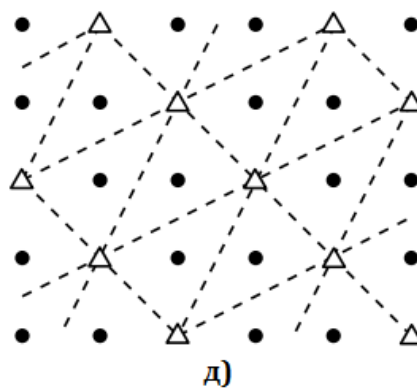
Бес нүктелі тура жүйе
 $\theta_v/A_v=1$



Бес нүктелі кері жүйе
 $\theta_v/A_v=1$



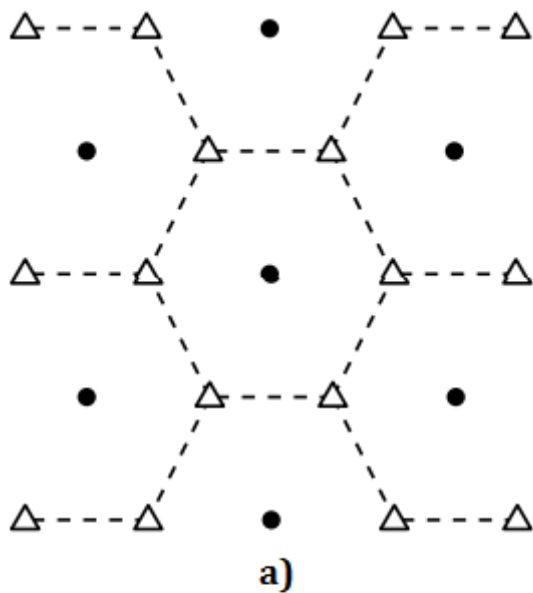
Тұрақты төрт нүктелі жүйе
 $\theta_v/A_v=2$



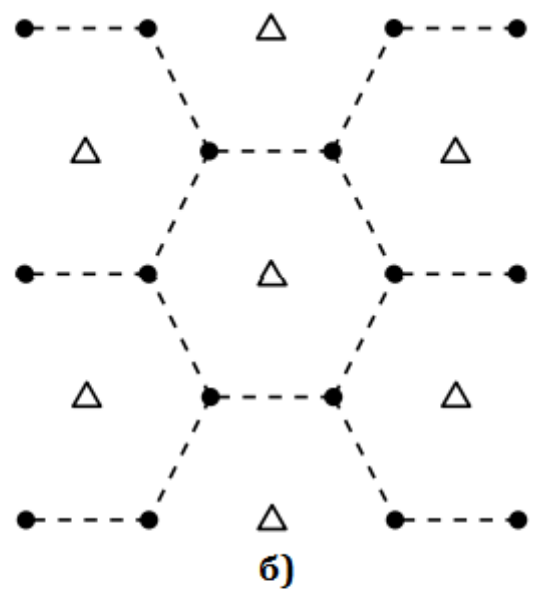
Қиғаш төрт нүктелі жүйе
 $\theta_v/A_v=2$

● өндіру ұңғылары
 △ айдау ұңғылары

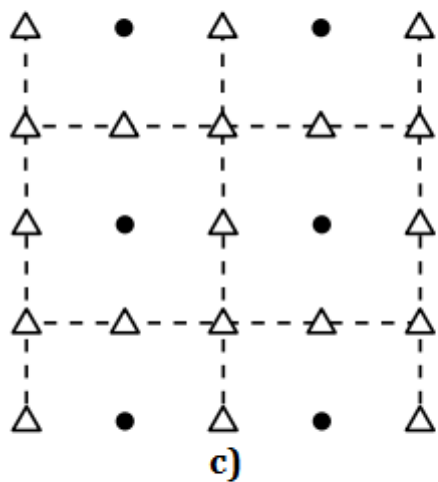
6-сурет. Төрт және бес нүктелі су айдау жүйелері кезінде ұңғылардың орналасуы: а) бес нүктелі тура; б) бес нүктелі кері; с) тұрақты төрт нүктелі; д) қиғаш төрт нүктелі су айдау жүйелері.



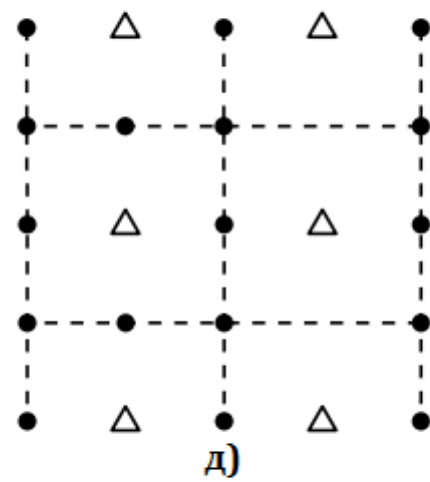
Жеті нүктелі тура жүйе
 $\theta_{\text{в}}/A_{\text{в}}=1/2$



Жеті нүктелі кері жүйе
 $\theta_{\text{в}}/A_{\text{в}}=2$



Тоғыз нүктелі тура жүйе
 $\theta_{\text{в}}/A_{\text{в}}=1/3$



Тоғыз нүктелі кері жүйе
 $\theta_{\text{в}}/A_{\text{в}}=3$

● өндіру ұңғылары
 △ айдау ұңғылары

7-сурет. Жеті және тоғыз нүктелі су айдау жүйелері кезінде ұңғылардың орналасуы: а) жеті нүктелі тура; б) жеті нүктелі кері; в) тоғыз нүктелі тура; д) тоғыз нүктелі кері су айдау жүйелері.

1.6.3. Таңдамалы және ошақты су айдау жүйелері

Кен орынның игеруін реттеу үшін таңдамалы және ошақты игеру жүйелері қолданылады. Бұл жүйелерді қолдану кезінде, ұңғылар белгілі бір реттілікпен емес, кен орынның жекелеген аумақтарында орналасады.

Таңдамалы су айдау айқын біртекті емес мұнайлы қабаттарда қолданылады. Бұл жүйенің ерекшелігі – ұңғылар біркелкі квадрат пішінде, айдау немесе өндіру ұңғыларына бөлінбей бұрғыланады. Зерттеулерден және

игерудің біраз кезеңінен кейін, ұңғылар қатарынан ең тиімді дегендері таңдалынып, айдау ұңғыларына ауыстырылады. Соның арқасында, аз ұңғы санымен максималды тиімді айдау жүйесі құрастырылады және қабатты қамту толығымен жүреді.

Қазіргі кезде *ошақты су айдау* негізгі су айдау жүйесіне қосымша іс-шара ретінде қолданылады. Бұл жүйе қабаттың біртектілігі салдарынан мұнайлы аумақтарды кеңінен қамту болмаған жағдайда жүзеге асады. Айдау және өндіру ұңғылары қабатты толық қамту мақсатында, әдейі таңдалып орналастырылады. Су айдау ошақтары кен орынның көлеміне байланысты болады және нұсқа сырты немесе нұсқа ішілік су айдау жүйесімен комбинацияланған түрде қолдануға болады. Игерудің соңғы сатыларында қолданған өте тиімді болады.

1.6.4. Кедергілі су айдау жүйесі

Кен орынның мұнайлы қабатын игеру жоспардан жылдам жүрген кезде суландырудың ерекше түрі – кедергілі су айдау жүйесі қолданылады. Бұл әдісте кедергі су айдау жүйесінің айдау ұңғылары кен орынның газды қабатын мұнайлы қабаттан бөліп тастайды. Яғни, газдың мұнайлы ұңғының түбіне енуінің алдын алады. Кедергілі су айдауды қолдану газ факторын 1,2-1,5 пайызға азайтады. Ал, газ өндіру ұңғыларын газ қақпағындағы қысымды азайту үшін қолданады. Кедергілі су айдау жүйесінің ұңғылары газды аумақтың ішкі нұсқасында орналасады.

Бірінші бөлім бойынша қорытынды

1-бөлімде су айдау жүйелеріне шолу жасалынды. Әр су айдау жүйесі әр түрлі кен орында тиімді екенділігі баяндалды. Кеңінен таралған жүйе ретінде нұсқа ішінен су айдау жүйесі белгілі. Себебі, бұл жүйе арқылы кен орынды игеру процесі жылдам жүреді. Дегенмен, бұл жүйе қолданылған соң, басқа жүйелерді қосымша енгізу қиын болады.

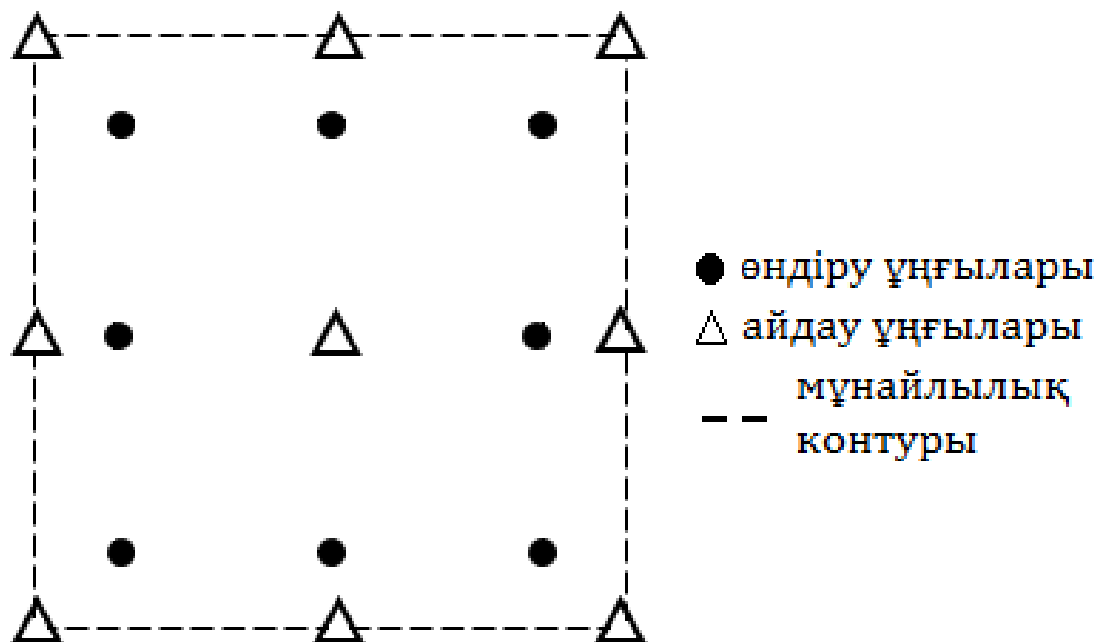
Нұсқа сырты және нұсқа бойымен су айдау жүйелері, нұсқа сырты суларының мұнайлылық ауданына тигізетін әсері төмен болған жағдайда қолданылады. Себебі, бұл жүйелер нұсқа сырты суларының белсенділігін жоғарылатады.

Жоғарыда көрсетілген жүйелерге шолу жасау арқылы тиімді модельдер таңдалынып алынып, симуляторда жасалған модельдерде қолданылды.

2. ҰСЫНЫЛЫП ОТЫРҒАН СУ АЙДАУ ЖҮЙЕСІН RETREL СИМУЛЯТОРЫНДА ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРДЕН ӨТКІЗУ

2.1. Ұсынылып отырған су айдау жүйесі туралы жалпы түсінік

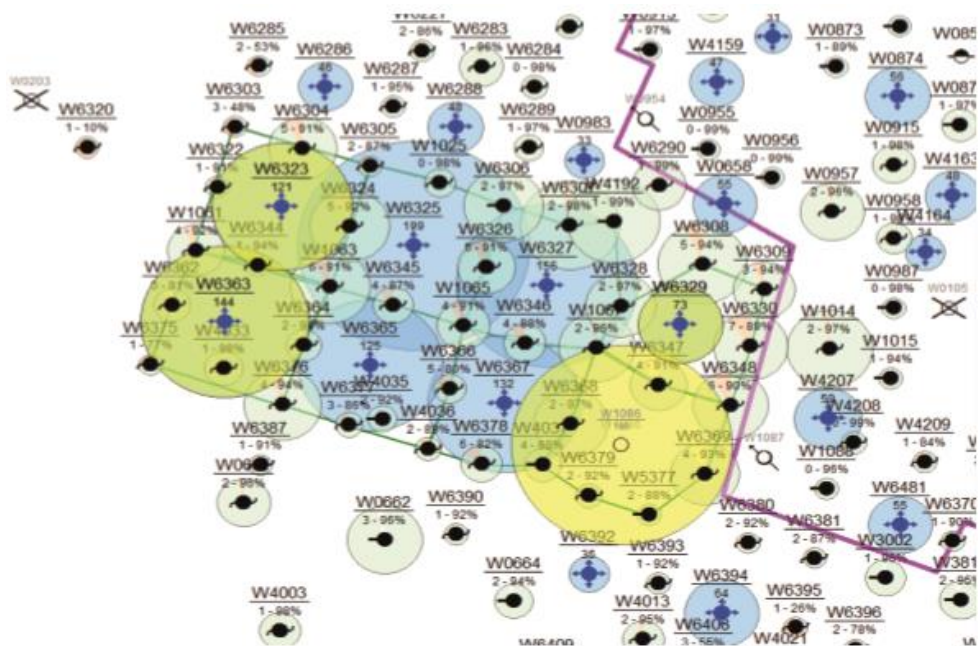
Retrel симуляторында жасалған көптеген лабораториялық зерттеулер кейін, 9 нүктелік кері және нұсқа бойымен су айдау жүйелерін комбинациялау жақсы нәтиже берді.



8-сурет. Ұсынылып отырған су айдау жүйесі кезінде ұңғылардың орналасуы

Бұл су айдау жүйесінде 9 нүктелік жүйеге қосымша 8 су айдау ұңғысы, мұнайлылық контуры бойымен бұрғыланады. Яғни, 9 нүктелік жүйеде мұнай шығымы қанағаттанарлықсыз болса немесе контур ішіндегі су айдау тиімсіз жағдайда қолдануға ыңғайлы жүйе.

Симуляторда тұрғызылған модельдер негізіне Қаражанбас кен орыны флюидтерінің және өнімді қабаттарының параметрлері алынды. Себебі, диссертацияға дайындық барысында Қаражанбас кен орынында 9 нүктелік жүйе қолданылатыны белгілі болды.



9-сурет. Қаражанбас кен орынында ұңғылардың орналасу картасы

2.2. Қаражанбас кен орыны флюидтерінің және қабаттарының физикалық қасиеттері

Қаражанбас – Маңғыстау облысында орналасқан, Солтүстік-Бозашы мұнай-газ аумағында орналасқан кен орын. Кен орынның тарихы 1974 жылдан басталады және осы аймақтағы ең ірі кен орындардың бірі болып табылады.

Мұнайлы қабаттар – 228-466 м тереңдікте, юра және бор шөгінділерінде орналасқан. Өнімді қабат қалыңдықтары – 3,9-75,4 м. Коллекторлары құмтастар мен алевролиттер, ал кеуектілігі – 0,27-0,29 құрайды. Қабат қысымы – 3-5,75 МПа, температурасы – 25-37°C, өткізгіштігі – 0,0136-0,351 мкм². Кен орында жеті мұнай және бір мұнай-газ қоймасы бар.

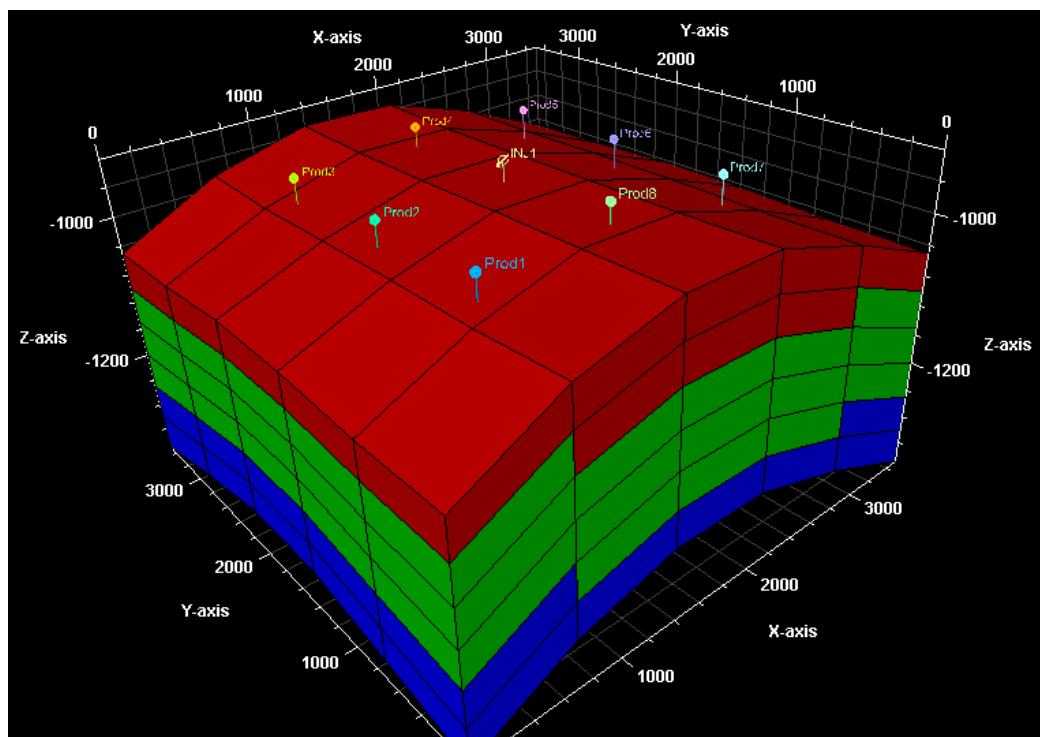
Мұнай тығыздығы – 939-944 кг/м³, күкірттілігі – 1,59-2,2%, парафин – 0,7-1,4%. Мұнайы ауыр және парафинді болып табылады. Мұнайдың қоры бастапқы қоры 70 млн тонна көлемінде болды. Баланстағы қоры – 238,5 млн тонна, мұнай шығару коэффициенті – 0,36.

2.3. Petrel симуляторы туралы жалпы түсінік

Petrel – гидродинамикалық модельді құру бойынша барлық жұмыс процестерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді, яғни, динамикалық деректерді 3D статикалық геологиялық модельге қосады. Жұмыс процестеріне сұйықтықтардың капиллярлық қысымдарын және PVT қасиеттерін сипаттау; қабаттағы сұйықтықтардың бастапқы таралуын модельдеу; ұңғыма жиынтықтарын құру; тренажерге жүктеу үшін ұңғымаларда жүргізілетін өндіріс және жұмыстар туралы нақты деректерді дайындау; болжамды есептеу нұсқаларын құру кіреді.

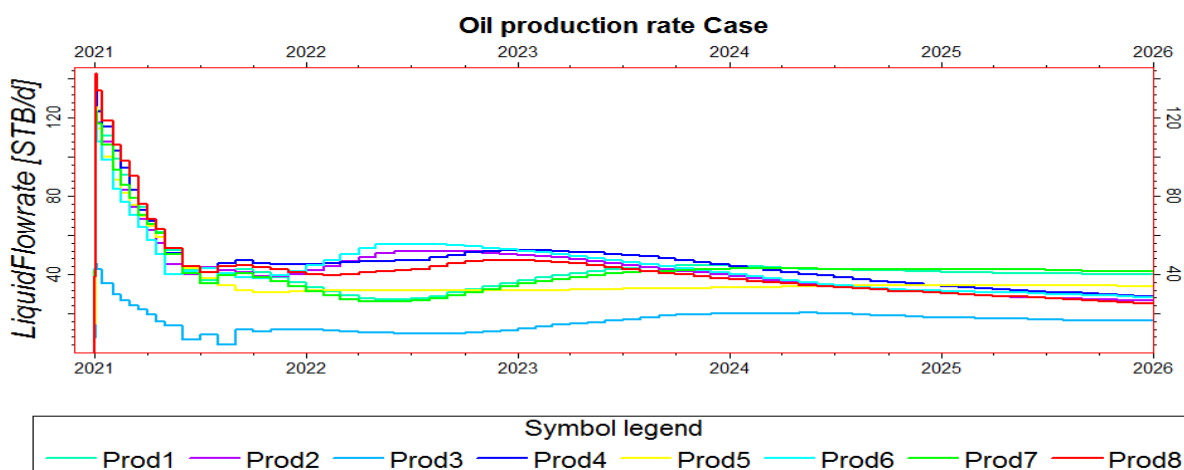
2.4. 9 нүктелік су айдау жүйесін Petrel симуляторында жобалау

Модельде 8 өндіру ұңғысы және 1 су айдау ұңғысы бар. Яғни, Prod1, Prod2, Prod3, Prod4, Prod5, Prod6, Prod7, Prod8 – өндіру ұңғылары, ал, INJ1 – су айдау ұңғысы.



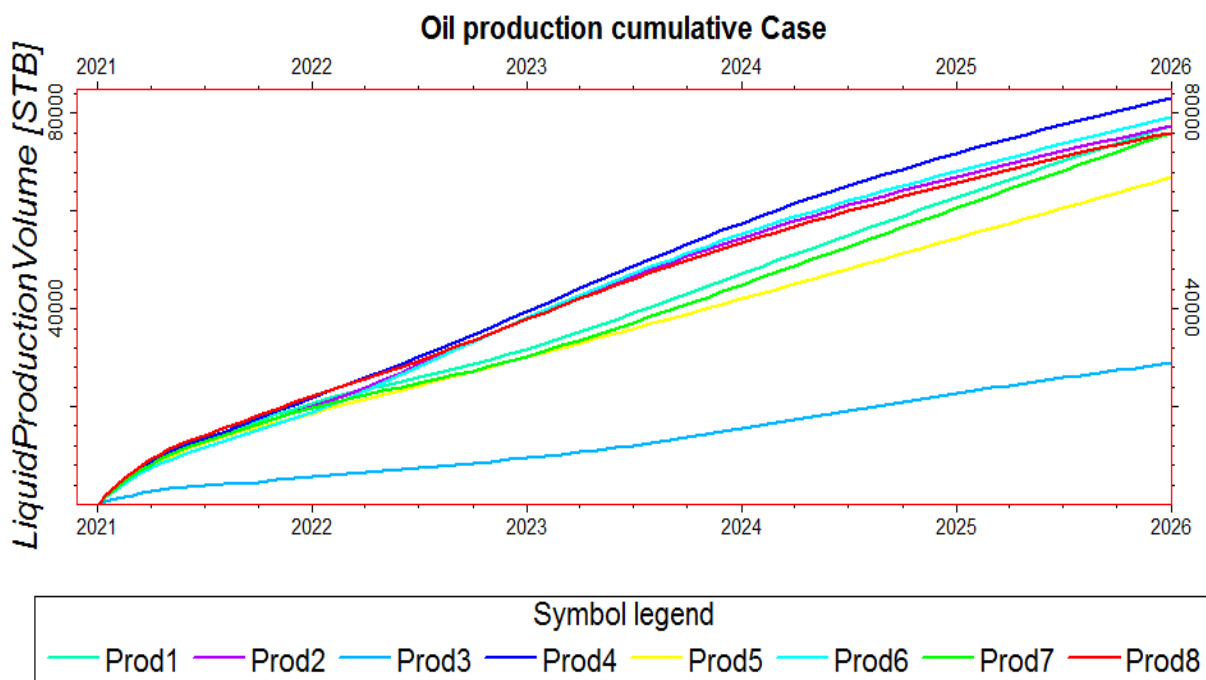
10-сурет. Симуляторда тұрғызылған модельде 9 нүктелік жүйенің орналасуы

Құрастырылған модельді есептеу барысында төменде көрсетілген графиктер алынды. 11-суретте – өндіру ұңғыларының күндік мұнай шығымын көруге болады. Графиктен алғашқы жарты жылда 8 өндіру ұңғысының әр қайсысында мұнай шығымы 17.9 т/тәу-тен 6,7 т/тәу-ке дейін (120 STB/d – 45 STB/d), ал қалған мерзімде орташа есеппен алғанда – шамамен 5,7 т/тәу (38 STB/d) деңгейінде болғанын көруге болады.



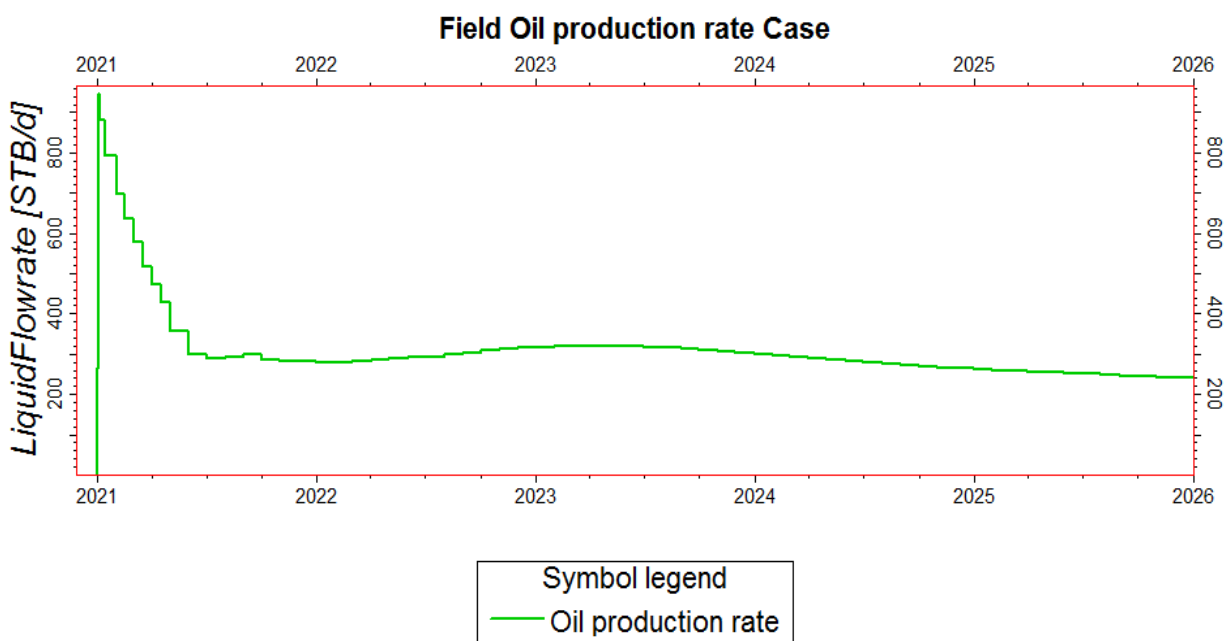
11-сурет. Өндіру ұңғыларының күндік мұнай шығымы

12-суретте – өндіру ұңғыларының жалпы мұнай шығымы бейнеленген. Яғни, өндіру деңгейі барлық уақыт мерзімінде бір қалыпты өсіп отырғаны белгілі болды. Prod3 ұңғысының шығымы басқа ұңғыларға қарағанда 2 есе аз.



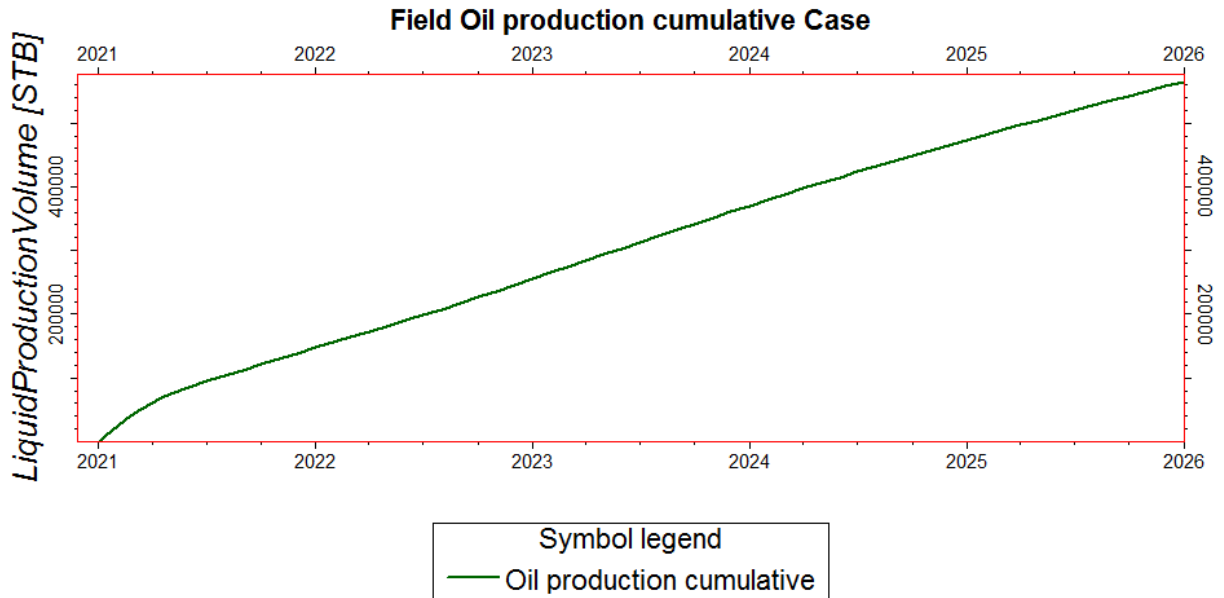
12-сурет. Өндіру ұңғыларының жалпы мұнай шығымы

13-суретте көрсетілген мұнайды күндік шығымы өндіру процесінің біраз бөлігінде – 37,37-44,8 т/тәу (250-300 STB/d) деңгейінде. Бұл көрсеткіш 8 өндіру ұңғысы үшін төмен болып табылады.



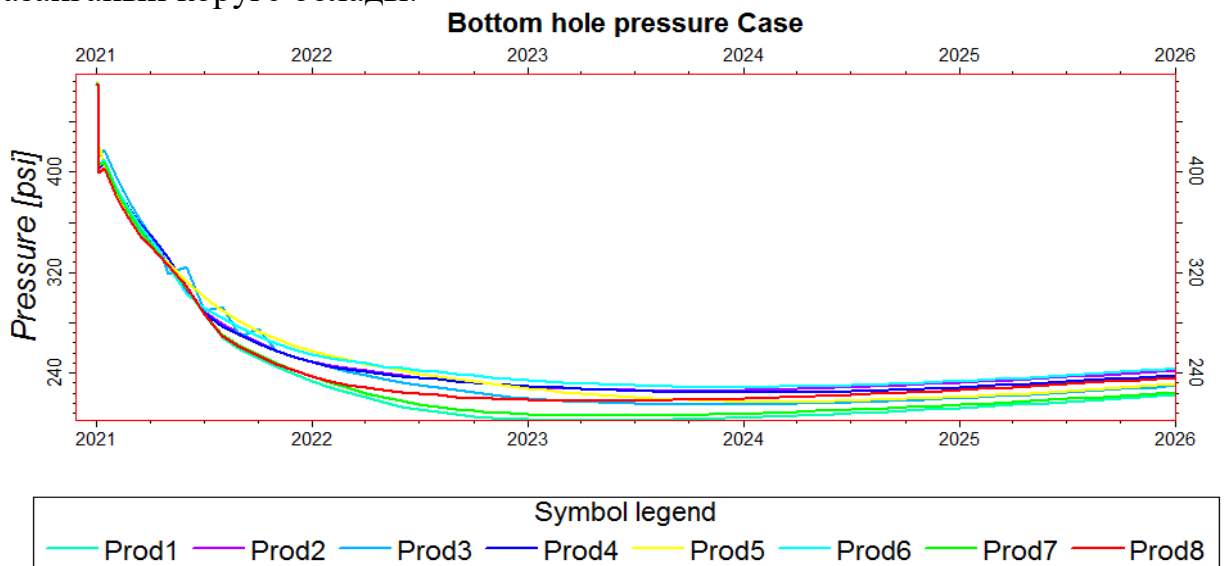
13-сурет. Кен орынның күндік мұнай шығымы

14-суретте осы жасалған жұмыстың ең басты графигі көрсетілген, яғни, кен орынның жалпы мұнай шығымы. Графиктен бейнеленген жалпы мұнай шығымы – 89032 т (560000 STB). Бұл 5 жылда жиналған мұнай көлемі. Яғни, бір жылда 17806,4 т. Бұл өте аз көрсеткіштер болғандықтан, келесі бөлімде жаңа ұсынылған жүйе бойынша модель құрастырылады.



14-сурет. Кен орында өндірілген мұнайдың жалпы көлемі

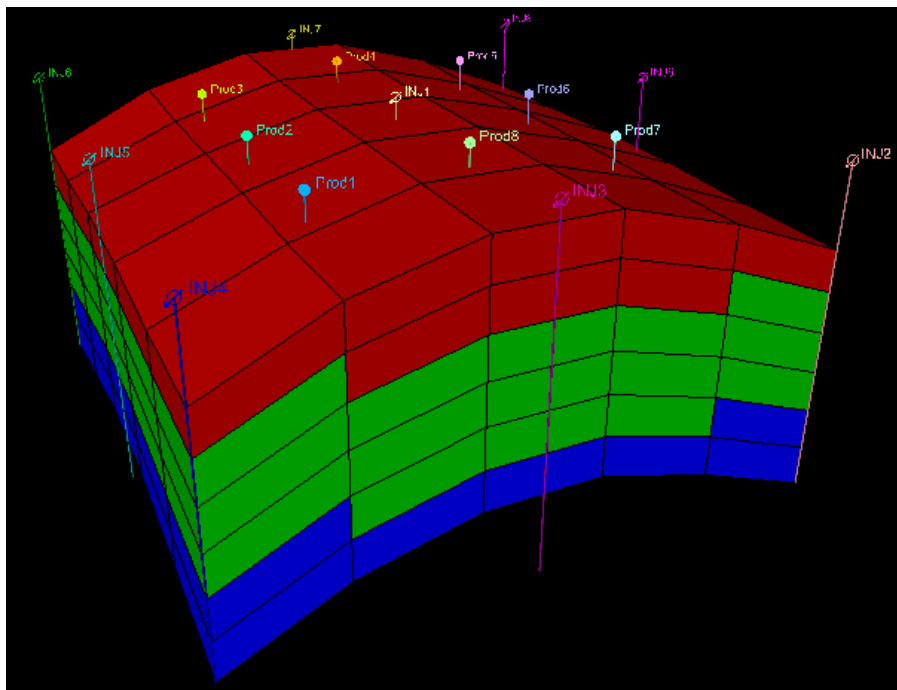
15-суретте – өндіру ұңғыларының түптік қысымының 5 жыл көлемінде азайғанын көруге болады.



15-сурет. Өндіру ұңғыларының түптік қысымы

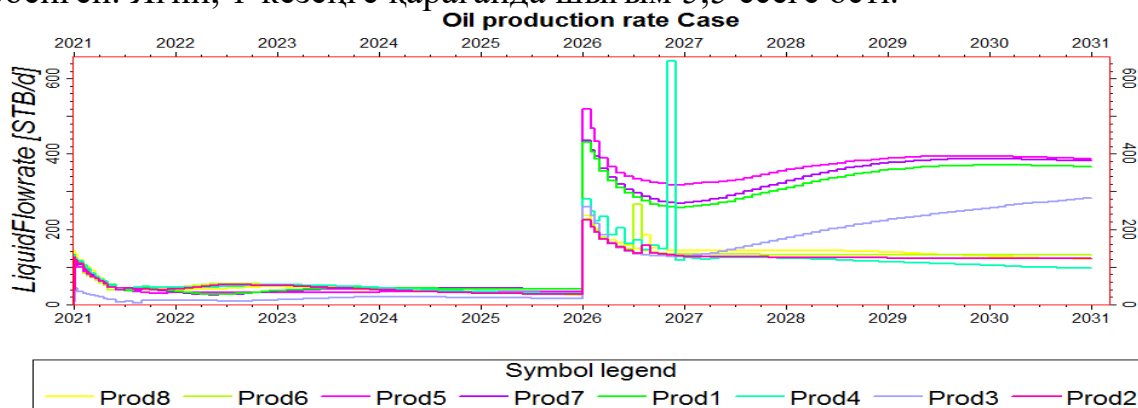
2.5. Petrel симуляторында комбинацияланған жаңа модельді құрастыру

Жаңа ұсынылып отырған модельде 8 өндіру ұңғысы және 9 су айдау ұңғысы бар. Яғни, Prod1, Prod2, Prod3, Prod4, Prod5, Prod6, Prod7, Prod8 – өндіру ұңғылары, ал, INJ1, INJ2, INJ3, INJ4, INJ5, INJ6, INJ7, INJ8, INJ9 – су айдау ұңғылары. Су айдау ұңғылары мұнайлылық нұсқа шекарасында орналасқан. Яғни, нұсқа бойымен су айдау және 9 нүктелік су айдау жүйелері комбинацияланған.



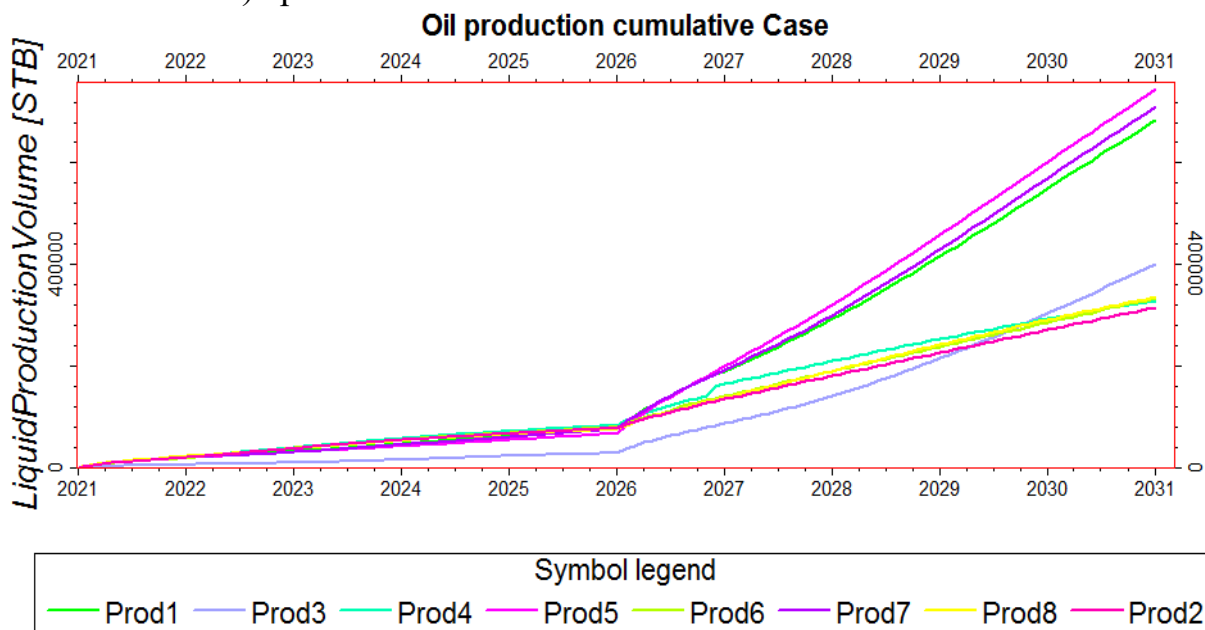
16-сурет. Симуляторда тұрғызылған модельде комбинацияланған жүйенің орналасуы

17-суретте – өндіру ұңғыларының күндік мұнай шығымы бейнеленілген. Мұнай шығымының өскенін бейне түрінде көрсету үшін өндіріс екі кезеңге бөлінді. Бірінші кезең 3.4-бөлімде көрсетілген модель болса, екінші кезең жаңа ұсынылған модель. Графиктен 2026 жылы жаңа жүйенің айдау ұңғылары іске қосылған соң, мұнай шығымы күрт өскенін көруге болады. Мұнай шығымы орташа есеппен алғанда 6,7 т/тәу-тен 37,4 т/тәу-ке (45 STB/d – 250 STB/d) көбейген. Яғни, 1-кезеңге қарағанда шығым 5,5 есеге өсті.



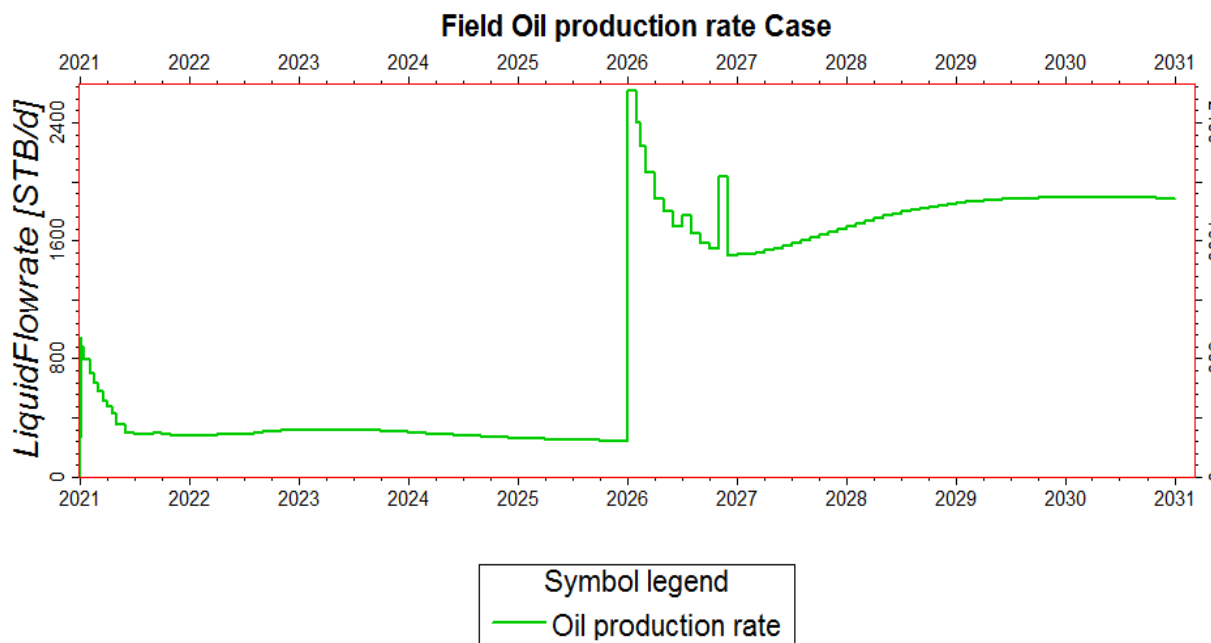
17-сурет. Өндіру ұңғыларының күндік мұнай шығымы

Толық кезең бойынша ұңғылардан өндірілген мұнай көлемі 18-суретте бейнеленілген. Мұнай көлемі екінші кезеңнен бастап 10,46 т-дан 78,49 т-ға (70 STB – 525 STB) артты.



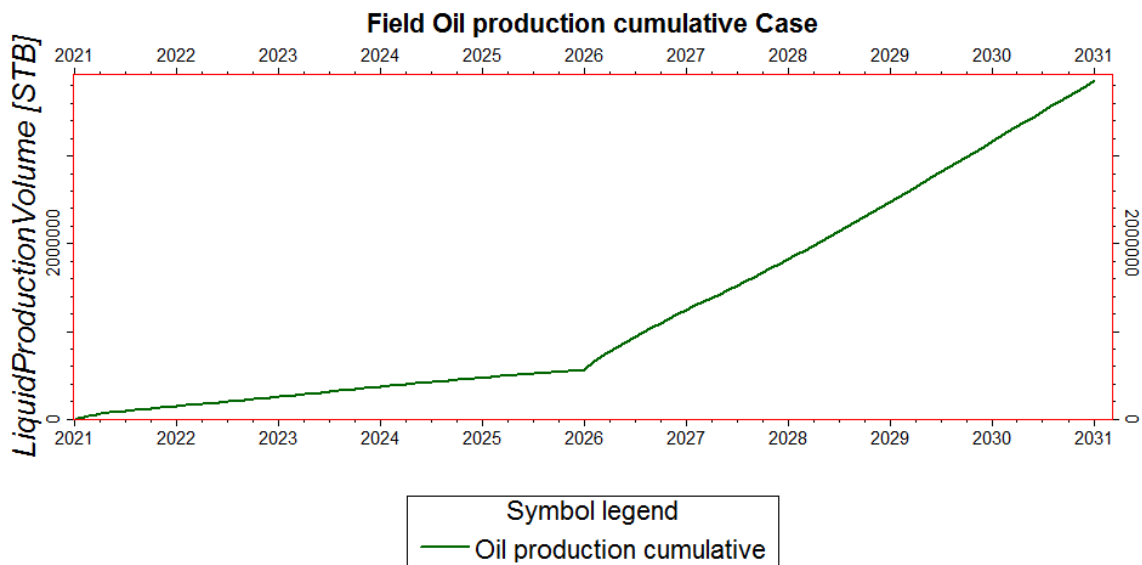
18-сурет. Өндіру ұңғыларының жалпы мұнай шығымы

19-суретте бейнеленген кен орынның күндік мұнай шығымы шамамен 44,8 т/тәу-тен 269 т/тәу-ке (300 STB/d – 1800 STB/d), яғни, 6 есеге өсті.



19-сурет. Кен орынның күндік мұнай шығымы

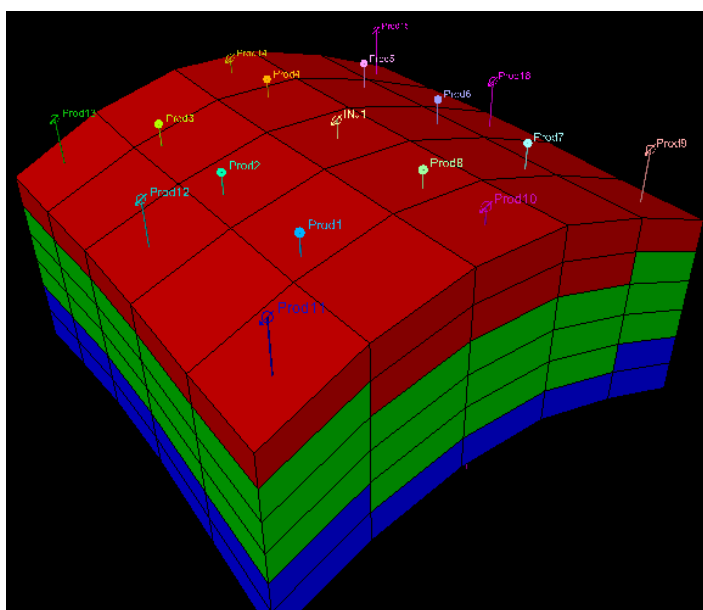
Кен орынның өндірілген мұнайдың жалпы көлемі 20-суретте көрсетілген. Графике 2-кезеңнен бастап мұнай шығымы өскені көрінеді. Егер өндірудің бірінші кезең соңында мұнай көлемі 89032 т (560000 STB) болса, екінші кезең соңында 567902 т (3800000 STB) болды. Яғни, жалпы өндірілген көлемі 6,8 есе өсті. Бұл ұсынылып отырған жүйенің өте тиімді екенін білдіреді.



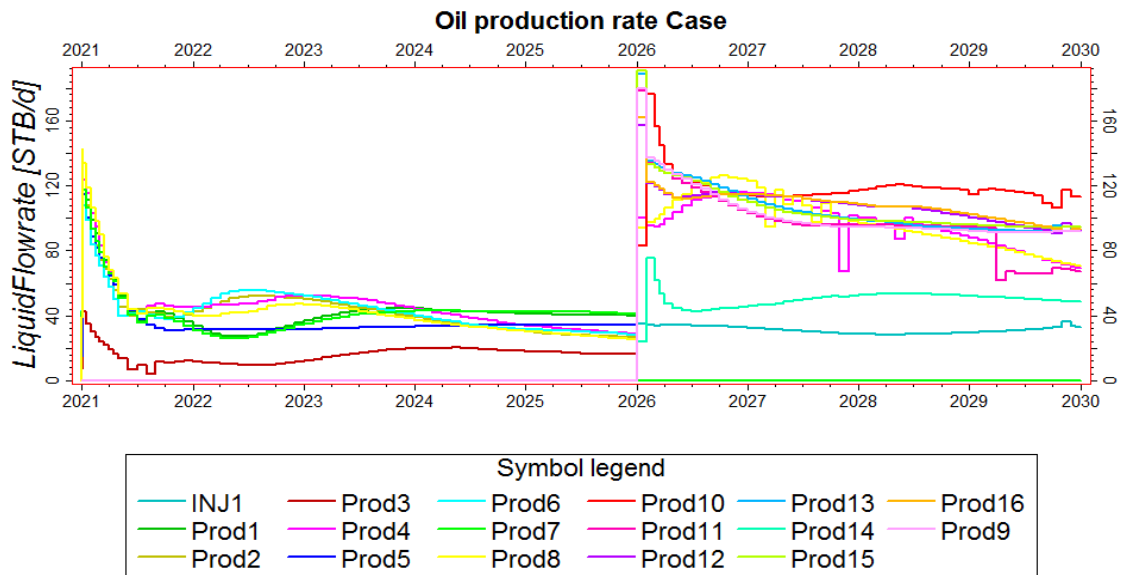
20-сурет. Кен орында өндірілген мұнайдың жалпы көлемі

2.6. Нәтижесі қанағаттанарлықсыз болған жүйе

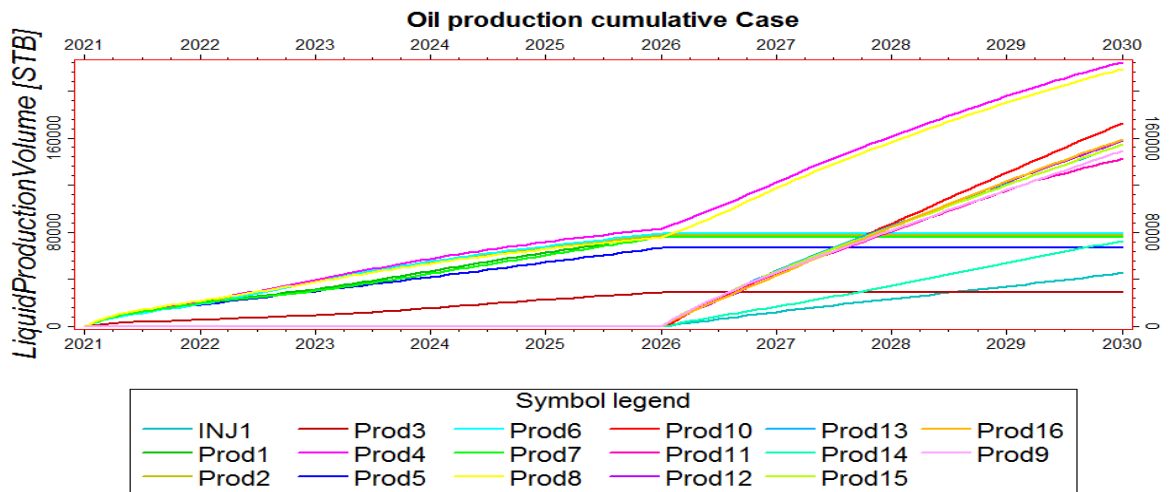
Жоғарыда көрсетілген, 9 нүктелік жүйе бір қатарлы су айдау жүйесіне көшірілген болатын. Соның нәтижесі төменде мысал ретінде көрсетілген. Бірақ, бұл жүйе айтарлықтай нәтиже көрсеткен жоқ. Prod4, Prod8, Prod9, Prod 10, Prod 11, Prod 12, Prod 13, Prod 14, Prod 15, Prod16– өндіру ұңғылары, ал, Prod1, Prod2, Prod3, Prod5, Prod6, Prod7 – су айдау ұңғылары.



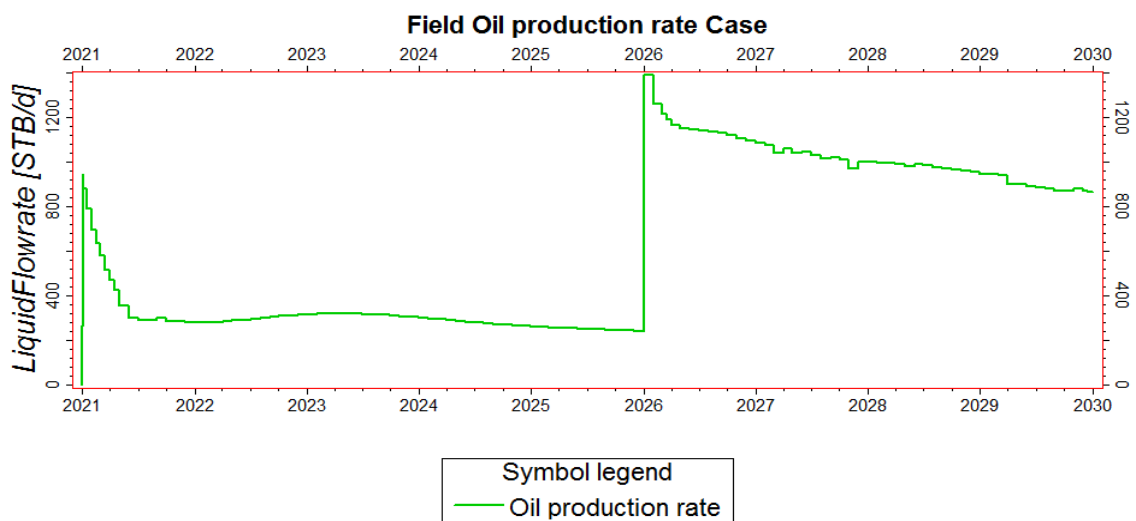
21-сурет. Симуляторда тұрғызылған бір қатарлы су айдау жүйесінде ұңғылардың орналасуы



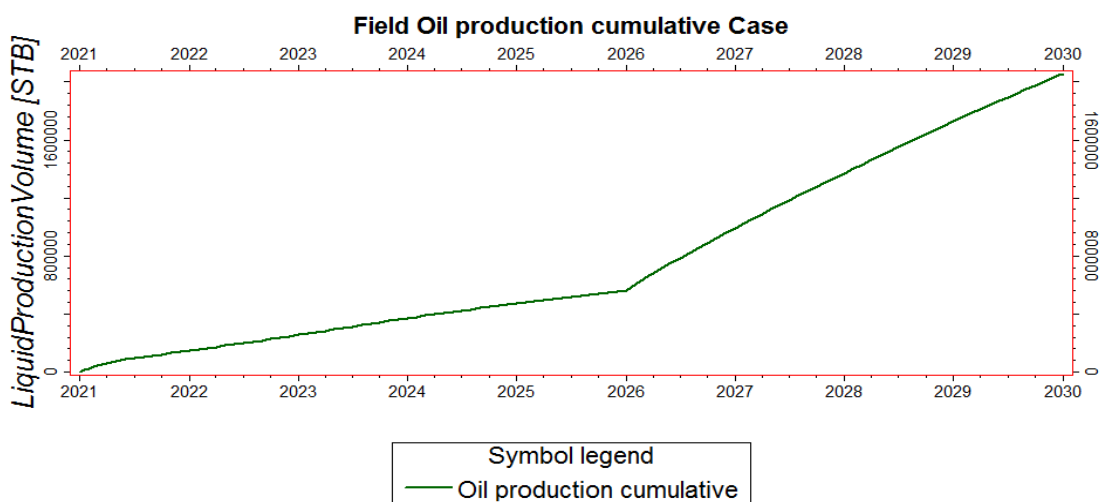
22-сурет. Өндіру ұңғыларының күндік мұнай шығымы



23-сурет. Өндіру ұңғыларының жалпы мұнай шығымы



24-сурет. Кен орынның күндік мұнай шығымы



25-сурет. Кен орында өндірілген мұнайдың жалпы көлемі

22-25 – суреттерде бір қатарлы жүйе кезінде өндірілген мұнай шығымдары көрсетілген. Графиктерден бір қатарлы жүйенің тиімділігі жоғарыда ұсынылған комбинацияланған жүйеден төмен екендігін көруге болады. Яғни, бұл жүйені қолдану комбинацияланған жүйеге қарағанда экономикалық тиімсіз болып табылады. Себебі, екі жүйеде қосымша 8 ұңғы бұрғылауды көздейді. Екі жүйенің экономикалық шығыны бір шамада бола тұра, комбинацияланған жүйе шамамен 2 есеге көп мұнай өндіруді қамтамасыз етеді.

3. Экономикалық бөлім

Ұсынылып отырған жүйенің тиімділігі бұрғылау процесіне кететін шығындармен және мұнай өнімін реализациялау кірістеріне тікелей байланысты болып табылады. Жаңа жүйені реализациялау үшін 8 айда ұңғылары бұрғылану керек. Яғни, өнімді реализациялағаннан кейінгі кіріс көлемі бұрғылауға кеткен шығыннан ондаған есеге көп болуы керек. Себебі, бұрғылау процесінен бөлек, су айдау процесіне де кететін шығын есептелуі керек.

Қазіргі таңда ұңғы бұрғылау бағасы (goszakup.gov.kz сайтының мәліметтеріне сүйене отырып) бір метрге 1000 \$ (425000 тг) шамасында. Қазақстан Республикасының Ұлттық экономика министрлігінің 2021 жылға жасаған болмажы бойынша 1 баррель мұнай бағасы 60 \$ көлемінде, ал 1 \$ бағасы 425 тг болып отыр. Төменде жасалған есетеулердің барлығы осы мәліметтерге сүйеніп, жасалынды.

420 м ұңғыға кететін шығын көлемі:

$$1000 \text{ \$/м} * 420 \text{ м} = 420 \text{ 000 \$}$$
$$420 \text{ 000 \$} * 425 \text{ тг/\$} = 178 \text{ 500 000 тг}$$

8 ұңғыға кететін шығын:

$$420 \text{ 000 \$} * 9 = 3 \text{ 780 000 \$}$$
$$3 \text{ 780 000 \$} * 425 \text{ тг/\$} = 1,6065 \text{ млрд тг}$$

Өндірілген мұнайды реализациялаудан келетін кіріс:

$$2 \text{ 650 000 бbl} * 60 \text{ \$} = 159 \text{ 000 000 \$}$$
$$159 \text{ 000 000 \$} * 425 \text{ тг/\$} = 61.2 \text{ млрд тг}$$

Мұнай өнімінен келетін таза пайда мөлшері:

$$61,2 \text{ млрд тг} - 1,6065 \text{ млрд тг} = 67,575 \text{ млрд тг}$$

Кіріс пен шығын айырмасы:

$$67,575 \text{ млрд тг} / 1,6065 \text{ млрд тг} = 42 \text{ есе}$$

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмыс барысында негізгі су айдау жүйелері қарастырылды. Яғни, нұсқа сыртылық, нұсқа бойымен және нұсқа ішілік су айдау жүйелері зерттелінді. Осы зерттеулер негізінде Petrel симуляторында гидродинамикалық модельдер құрастырылды.

Petrel симуляторында жасалған лабораториялық эксперименттер негізінде, Қаражанбас кен орыны қабаттарының және флюидтерінің физикалық параметрлерін қолдану арқылы, ең тиімді жүйе таңдалынып алынды. Қаражанбас кен орыны Маңғыстау облысындағы ірі кен орындардың бірі болып табылады. Бұл кен орынның жатыс тереңдігі төмен болмағанымен, мұнай өнімділігі жақсы деңгейде. Мұнайы өте ауыр, парафинді және тығыздығы жоғары.

Су айдау жүйелерінің тиімділігін арттыру мақсатында, 9 нүктелік су айдау және нұсқа бойымен су айдау комбинацияланды. Бұл комбинация өзінің тиімділігін лабораториялық зерттеулер кезінде дәлелденді.

Модельдің соңғы көрсеткіштері 567902 т (3800000 STB) болды. Яғни, бұл шамамен 387577 т-ға (2650000 STB) 9 нүктелік жүйе көрсеткіштерінен көп болып табылды. Яғни, бұл жүйенің тиімділігі 9 нүктелік жүйеге қарағанда 3,5 есеге көп. Бұл өте жақсы көрсеткіш болып табылады.

Ұсынылған жүйенің экономикалық тиімділігі үшінші бөлімде есептелінді. Яғни, осы жүйе қарапайым 9 нүктелік жүйеден 42 есе тиімді болып табылады.

Қысқартулар тізімі

ҚСА – қабатқа су айдау

ҚҚҰ – қабат қысымын ұстау

МБК – мұнай бергіштік коэффициенті

АҚШ – Америка Құрама Штаттары

S_c – ұңғы торы тығыздығы

Petrel – қабаттың гидродинамикалық моделін құруға арналған бағдарлама

3D – үш өлшемді кескін

PVT – қысым, көлем, температура

Prod(1-16) – өндіру ұңғылары

INJ(1-9) – айдау ұңғылары

STB/d (stock tank barrel/day) – бір күнде өндірілген мұнай көлемі (баррель)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Addicot, G. Using Computer Simulation to Overcome Unforeseen Challenges during Start-Up and Commissioning of a Water Injection System. SPE. 2019.
2. Al-Yazeedi, Z., Al-Zaabi, Y., Al-Oraimi, M., Al-Kiyumi, W., Al-Rawahi, A., Al-Tobi, K., & Al-Gheithy, A. (2019). Standardize/Simplify Water Flood Pattern Reviews. SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference.
3. Arab, D., Kantzas, A., Bryant, S.L. Water flooding of oil reservoirs: Effect of oil viscosity and injection velocity on the interplay between capillary and viscous forces. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v.186, 2020,
4. Ashenov, N.N., Francia, L. and Haynes FB., North Caspian Operating Company Streamline-Based Miscible Gas Flood Performance Evaluation and Pattern Balancing: A Case Study from the Giant Kashagan Field. SPE, 2020.
5. Bekhiet, A., Luca, G., El Awady, M., Bayoumi, A., El-Batrawy, A. Improving Oil Reserves Through Optimizing Water Flooding Patterns At Faras Field-Qattara Depression, Western Desert, Egypt. Offshore Mediterranean Conference and Exhibition, Ravenna, Italy, 2009.
6. Blahut, R. E. Fast Algorithms for Signal Processing / R. E. Blahut. – Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
7. Collins, M. P., Dusseault, B.M., Dorscher, D., Kueber, E. Implementing CHOPS in the Karazhanbas Heavy Oil Field, Kazakhstan. World heavy oil congress, 2008.
8. Denney D. Albacora Subsea Raw-Water Injection / SPE - Journal of Petroleum Technology, 2013.
9. Dons, T., Jorgensen, O., & Gommesen, L. Seismic Observation and Verification of Line Drive Water Flood Patterns in a Chalk Reservoir, Halfdan Field, Danish North Sea. SPE, 2007.
10. Higgins, R. V., Boley, D. W., & Leighton, A. J. Aids to Forecasting the Performance of Water Floods. *Journal of Petroleum Technology*, 1964.
11. Hu, G., Tian, X., Liu, Q., Yi, L., Liu, D. & Li, P. Quick assessment to ascertain technical rational well spacing density in artificial water flooding oilfield. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2021.
12. Javaheri, P., & Sadeghnejad, S. Effect of Injection Pattern Arrangements on Formation Connectivity During Water Flooding. SPE Europec Featured at 79th EAGE Conference and Exhibition, 2017.
13. Kalantariasl A., Advanced Analytical Models for Well Injectivity Decline, The University of Adelaide, Australia, 2015.
14. Lane, A. B. Determining a Proper Flood Pattern from a Three-Well Pilot in a Channel Sand. *Journal of Petroleum Technology*, 195–201, 1971.
15. Li, S., Liu, Y., Xue, L., Yang, L., Yuan, Z. & Jian, C. An investigation on water flooding performance and pattern of porous carbonate reservoirs with bottom water. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2021.

16. Liang J., Muteer R. F. Harper C. Material Selection for Water Injection System for a Giant Oil Field, Iraq, 2019.
17. Lyons, R. G. Understanding Digital Signal Processing / R. G. Lyons. – New York: Pearson Education, 2011. – 564 p.
18. Martinez V., Ascencio F. A New Practical Water Injection System in Offshore Fields / Offshore Technology Conference, 2018.
19. McElroy, S. L. The Effect of Lateral Anisotropy on Flood Pattern Dimensions and Orientation. SPE California Regional Meeting, 1982.
20. Moshir Farahi, M.M., Ahmadi, M., Dabir, B. Model-based water-flooding optimization using multi-objective approach for efficient reservoir management. Journal of Petroleum Science and Engineering, v.196, 2021.
21. Nomura, M., Al Dahmani, A. R., & Al Jawhari, M. A New Method of Average Pressure Estimation for a Horizontal Well in a Pattern Water Flooding System. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, SPE, 2010.
22. Okon, E. I., Adetuberu, J. A., & Appah, D. Maximising Oil Recovery in Mature Water Floods Using Automated Pattern Flood Management. SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition, 2019.
23. Rakhimov, A. Z., Vazquez, O., Sorbie, K. S., & Mackay, E. J. Impact of Fluid Distribution on Scale Inhibitor Squeeze Treatments. SPE EUROPEC/EAGE Annual Conference and Exhibition, 2010.
24. Takahashi, S., Kuwauchi, Y., & Yamazaki, N. Optimization of Well Completion in Water Flooding Pattern Using Flexible Grid Simulator. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, 1998.
25. Wang, J., Liu, H., Zhang, J., Zhao, W., Huang, Y., Kang, Z. & Zheng, S. Experiments on the influences of well pattern on water flooding characteristics of dissolution. Petroleum Exploration and Development. 2018.
26. Wang, J., Song, H., Wang, Y. Investigation on the micro-flow mechanism of enhanced oil recovery by low-salinity water flooding in carbonate reservoir Fuel, 2020.
27. Zhao, X., Zhou, S., Xu, G., Xiang, Y., Li, Q., Zhao, M., Zhu, K. Optimization and Simplification Technology of Maturing Oilfields Gathering and Transportation System and Water Injection System. International Petroleum Technology Conference, 2020.
28. Ziegler, V. M. A Comparison of Steamflood Strategies: Five-Spot Pattern vs. Inverted Nine-Spot Pattern. SPE Reservoir Engineering, 1987.
29. Анкудинов А.А. Методика анализа эффективности систем заводнения путем оценки распределения закачки // Сборник материалов конференций, XII конференция молодых специалистов, работающих в организациях, осуществляющих деятельность, связанную с использованием участков недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, 2012. С. 87-91.
30. Анкудинов А.А., Ваганов Л.А. Методика распределения объемов закачиваемой воды по площади нефтяного месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождения, Москва, ВНИИОЭНГ, 2013 г. с. 19-24 УДК 622.276.1/4.

31. Анкудинов А.А., Ваганов Л.А. Совершенствование разработки нефтяных месторождений на основе многофакторного анализа эффективности системы заводнения // Сборник материалов форума «НефтьГазТЭК» Тюменский международный инновационный форум. – 2013. – С. 35-38.
32. Антонов М.С. Компенсационное регулирование заводнения с целью повышения эффективности энергетического поля нефтяного пласта. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Уфа: ГУП «ИПТЭР». 2011. 107 с.
33. Антонов М.С. Оптимизация системы заводнения путем построения карт текущей и накопленной компенсации на примере колганской толщи Вахитовского нефтяного месторождения // НТЖ «Нефтепромысловое дело» № 3, 2011. С. 17-20.
34. Базив В.Ф., Иванова М.М., Лисовский Н.Н., Пономарев Н.С., Филиппов С.А. Методические рекомендации по оценке эффективности разработки нефтяных месторождений с заводнением // НТЖ «Вестник ЦКР Роснедра» №4. 2009. С. 4-31.
35. Васильев, Д. М. Обоснование выбора скважин для проведения геолого-технических мероприятий на поздней стадии разработки месторождения / Д. М. Васильев, Ю. А. Котенев // Экспозиция Нефть Газ. – 2017. – № 5. – С. 49-52.
36. Васильев, Д. М. Сравнительный анализ методов контроля режимов работы добывающих и нагнетательных скважин Ново-Покурского месторождения / Д. М. Васильев // Нефтепромысловое дело. – 2014. – № 12. – С. 35 – 37.
37. Выломов, Д.Д., Штин, Н.А., Цепелев, В.П. Оптимизация системы поддержания пластового давления путем закачки пластовой воды вместо пресной. Нефтяное хозяйство. 2020, № 7, С. 97-99.
38. Габдрахманов Р.А., Митрофанов Е.Л., Коннов В.А, Краснов О.М., Нефтяное хозяйство. Применение поршневых насосов непрямого и прямого вытеснения в системе закачки воды: проблемы и возможности, 2020.
39. Газизов, А. Ш. Повышение эффективности разработки нефтяных месторождений на основе ограничения движения вод в пластах / А. Ш. Газизов, А. А. Газизов. – М.: Недра-Бизнесцентр, 1999. – 285 с.
40. Газизов, А. Ш. Повышение эффективности разработки нефтяных месторождений на основе ограничения движения вод в пластах / А. Ш. Газизов, А. А. Газизов. – М.: Недра-Бизнесцентр, 1999. – 285 с.
41. Евдошенко, Ю. В. Неизвестное «Нефтяное хозяйство»: очерки по истории нефтяной промышленности СССР и отраслевого научно-технического журнала / Ю. В. Евдошенко. – М.: Нефтяное хозяйство, 2010. – 344 с.
42. Зейгман, Ю. В. Анализ и регулирование разработки нефтяного месторождения с целью достижения потенциальной нефтеотдачи / Ю. В. Зейгман, Н. М. Токарева // Электронный научный журнал «Нефтегазовое

дело». – 2012. – № 1. – С. 81 – 97

43. Иванова, М. М. Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки месторождений нефти и газа / М. М. Иванова, Л. Ф. Дементьев, И. П. Чоловский. – М.: Недра, 1985. – 422 с.

44. Копытцев, В. А. Третичные методы добычи / В. А. Копытцев // Oil & Gas Journal Russia. – 2014. – № 7. – С. 43 – 44.

45. Крейг Ф.Ф., Разработка нефтяных месторождений при заводнении, Москва: Недра, 1974, 189 с.

46. Қартабай, А.Т., Орынғожин, Е.С., Есімханова, А.К. Мұнай кен орындарын игеру: Оқулық. Алматы: Экономика. 2013. – 378 б.

47. Нурпеисов Н.Н., Мухамеджанов М.А., Потокоотклоняющие технологии заводнения пластов на нефтяных месторождениях Западного Казахстана, // Известия НАН РК: Серия геологическая. 2008, №5, С.58-63.

48. Орехов В.В, Кан А.Г., Сагитов Д.К., Антонов М.С. Оценка момента прорыва закачиваемых вод к добывающим скважинам Вахитовского нефтяного месторождения. // НТЖ «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений» №1. 2010. С. 68-70.

49. Орехов В.В, Пицюра Е.В., Сагитов Д.К., Антонов М.С. Регулирование энергетического состояния залежи на примере колганского объекта Вахитовского нефтяного месторождения // НТЖ «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений» №1. 2010. С. 75-79.

50. РД 153-39.0-110-01 Методические указания по геолого-промысловому анализу разработки нефтяных и газонефтяных месторождений.

51. Саттаров, М. М. Проектирование разработки крупных нефтяных месторождений / М. М. Саттаров, Е. А. Андреев, В. С. Ключарев. – М.: Недра, 1969. – 237 с.

52. Саттаров, М. М. Проектирование разработки нефтяных месторождений и планирование добычи нефти / М. М. Саттаров. – М.: ВНИИОЭНГ, 1985. – 44 с.

53. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. Томск: Томский университет, 2002. 128 с.

54. Сургучев М.Л, Горбунов А.Т., Забродин Д.П. и др. Методы извлечения остаточной нефти. М.: Недра, 1991. 347 с.

55. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – М.: Недра, 1985. – 305 с.

56. Уолкотт Д. Разработка и управление месторождениями при заводнении. Москва: Shlumberger, 2001. 144 с.

57. Юдин В.М., Муслимов Р.Х., Хаммадеев Ф.М. Разработка водонефтяных зон с разной характеристикой в условиях заводнения // Нефтяное хозяйство №5. 1974. С. 32-36.

58. «Экспертнефтегаз», Методические указания по геолого-промысловому анализу разработки нефтяных и газонефтяных месторождений, Москва: Экспертнефтегаз, 2002, РД 153-39.0-110-01.