

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

ӘОЖ 665.622.43.046.6-52 (043)

Қолжазба ретінде

Сатбай Данияр Сарсембиұлы

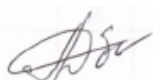
магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

### МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы: Каспий маңы бассейніндегі мұнай кенорындарын игерудің технологиялық процестерін жетілдіру

Мамандығы: 7М07202 – «Мұнай инженериясы»

Ғылыми жетекші  
тех. ғыл, докторы, профессор

 Д.Ж.Абдели

Пікір беруші  
PhD докторы, профессор

 Тикебаев Талгат

Норма бақылаушы  
тех. ғыл, докторы профессор

 Д.Ж.Абдели

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

т.ғ.магистрі

\_\_\_\_\_ Дайров Ж.К.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 ж.

Алматы, 2021

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

7M07202 – «Мұнай инженериясы»

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

т.ғ.магистрі

\_\_\_\_\_ Дайров Ж.К.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 ж.

**Магистрлік диссертацияны дайындауға  
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Сатбай Данияр Сарсембиұлы

Жобаның тақырыбы: Каспий маңы бассейніндегі мұнай кенорындарын игерудің технологиялық процестерін жетілдіру

Университеттің «11» 11 2019 жылғы ғылыми кеңесінің № 330-М шешімімен бекітілген.

Аяқталған жұмыстың тапсыру мерзімі 2021 жылғы «\_\_» \_\_\_\_\_

Магистерлік диссертацияның бастапқы мәліметтері: Теңіз кенорынын игерудің технологиялық процестерін жетілдіру және ұсыныстар. Түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диссертация жұмысының мазмұны:

а) “Теңіз” кен орны мысалында газды айдаумен қабаттық қысымды ұстап тұра отырып, Каспий маңы бассейнінің карбонаттық коллекторларын игерудің қолданыстағы технологиялары.

б) Газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процестерін жетілдіруге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстарын талдау.

в) Жеңіл мұнай жиегімен көмірсутекті газдарды айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процесінің заңдылықтары.

г) Көмірсутекті газдарды айдау арқылы өндіру ұңғымаларының түп маңы аймағына әсер етудің технологиялық процесінің заңдылықтары.

Графикалық материалдардың тізімі (Теңіз кен орнының бейнесі, маңызды схемалар,): кестелер.

Ұсынылған негізгі әдебиеттер

1. Международное энергетическое агентство, ExxonMobil, Shell, BP, Организация стран экспортеров нефти. 2017 г.

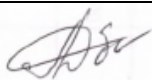
2. «Нефтегазовая вертикаль», май 2017 года, «Методы увеличения нефтеотдачи: опыт и перспективы применения».

Магистрлік диссертацияны дайындау

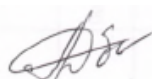
**КЕСТЕСІ**

| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі                                                                               | Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері | Ескерту |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------|
| Газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процестерін жетілдіруге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстарын талдау | Абдели Д.Ж.<br>тех.ғ.докторы,профессор             | —       |
| Жеңіл мұнай жиегімен көмірсутекті газдарды айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процесінің заңдылықтары     | Абдели Д.Ж.<br>тех.ғ.докторы,профессор             | -       |
| Ғылыми ұсыныстарды әзірлеу                                                                                                    | Абдели Д.Ж.<br>тех.ғ.докторы,профессор             | -       |
| Қорытынды                                                                                                                     | Абдели Д.Ж.<br>тех.ғ.докторы,профессор             | -       |
| Экономикалық тиімділікті есептеу                                                                                              | Абдели Д.Ж.<br>тех.ғ.докторы,профессор             | -       |

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған **қолтаңбалары**

| Бөлімдердің Атауы | Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол қойылған күні | Қолы                                                                                  |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Негізгі бөлім     | Абдели Д.Ж.<br>тех.ғ.докторы,профессор                       |                   |  |
| Экономика бөлімі  | Абдели Д.Ж.<br>тех.ғ.докторы,профессор                       |                   |  |
| Норма бақылаушы   | Абдели Д.Ж.<br>тех.ғ.докторы,профессор                       |                   |  |

Ғылыми жетекші



Абдели Д.Ж.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Сатбай Д.С.

Сатбай Данияр Сарсембиұлының

7M07202 – «Мұнай инженериясы» мамандығы бойынша магистр дәрежесін алу үшін ұсынылған «Каспий маңы бассейніндегі мұнай кенорындарын игерудің технологиялық процестерін жетілдіру» тақырыбындағы магистрлік диссертациясына ресми ғылыми жетекшінің

## ШҚІРІ

Қазіргі уақытта Каспий маңы бассейнінің карбонатты коллекторларын әзірлеу негізінен көмірсутек газын айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұру арқылы жүзеге асырылады. Бұл кен орнындарының геологиялық-физикалық жағдайында шикі газ айдау әдісінің артықшылығы аралас ығыстыруды жүзеге асыру мүмкіндігі болып табылады, оның нәтижесінде бірлікке жақын мұнайды ығыстыру коэффициентінің мәніне қол жеткізіледі.

Бұл жұмыста туындаған мәселелерге ұсыныстар айтылды.

Жұмыстың мақсаты "Теңіз" кен орны мысалында газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұру арқылы Каспий маңы бассейнінің карбонатты коллекторларын игерудің қолданыстағы технологиялары туралы мәліметтер келтірілген және газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процестерін жетілдіруге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстарын талдау.

Теңіз кен орнында шикі газды айдауды қолданудың орындылығын ескере отырып, мұнай өндіруді арттырудың бұл әдісі ең перспективалы әдістердің бірі болып табылады деген қорытынды жасауға болады. Есептеу қолданыстағы салық салу жүйесі бойынша ақша ағымдарын бағалаудың әдеттегі схемасы бойынша 2010 жылғы орташа бағамен жүзеге асырылды.

Зерттеу нәтижелері бойынша Сәтбаев Университеті жанындағы "Сәтбаев оқулары – 2021" конференциясында "Асфальтеншайырлы қақтың болуын азайту және мұнай ұңғыларының өнімділігін арттыру" тақырыбында ғылыми мақала жарияланды және баяндалды.

Жалпы жұмыс жеткілікті деңгейде орындалды және аяқталды, осыған байланысты оң бағаға лайық, ал оның авторы Сатбай Д.С. 7M07202 – «Мұнай инженериясы» мамандығы бойынша магистр атағын беруге лайық деп есептейміз.

**Ғылыми жетекші:**

тех. ғыл, докторы  
профессор



Д.Ж. Абдели

## РЕЦЕНЗИЯ

магистрлік диссертацияға

Сатбай Данияр Сарсембиұлы

7M07202 – «Мұнай инженериясы»

Тақырыбы: «Каспий маңы бассейніндегі мұнай кенорындарын игерудің технологиялық процестерін жетілдіру»

Орындалды:

а) түсініктеме 48 бет

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Жұмыс бойынша ескертулер бар:

1. Диссертацияда зерттеу пәні бойынша зерттеушілердің жұмыстарына сілтемелер аз.

### ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жұмыстың мақсаты "Теңіз" кен орны мысалында газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұру арқылы Каспий маңы бассейнінің карбонатты коллекторларын игерудің қолданыстағы технологиялары туралы мәліметтер келтірілген және газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процестерін жетілдіруге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстары талданған.

Ізденуші Д.С.Сатбайдың диссертация тақырыбы бойынша зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында келесі ғылыми нәтиже алынған:

- Қабат қысымын ұстап тұрудың қолданыстағы әдісімен өндірілетін мұнайдың газ құрамы артады. Қабат қысымын ұстап тұру әдісінің бұл кемшілігін шикі газды айдағыш шөгінділер арқылы айдамас бұрын мұнайдың жеңіл фракциясының жиегін айдау арқылы жоюға болатынын қарастырды. Мұнайдың жеңіл фракциясын өнеркәсіптік жағдайда газсыздандырылған мұнайдан қарапайым айдау арқылы алуға болатынын негіздеді.

Зерттеу нәтижелері бойынша Сәтбаев Университеті жанындағы "Сәтбаев оқулары – 2021" конференциясында "Асфальтеншайырлы қақтың болуын азайту және мұнай ұңғыларының өнімділігін арттыру" тақырыбында ғылыми мақала жарияланған.

Көрсетілген ескертулер магистрлік диссертацияның құнын түсірмейді ал авторы Сатбай Д.С. 7M07202 – «Мұнай инженериясы» мамандығы бойынша сәйкес «магистр» академиялық дәрежесін ашық түрде қорғағаннан кейін лайық деп санаймын.

### Рецензент

АҚ «КБТУ», ЭЖМГИФ-ң ассистент профессоры,



Тикебаев Т.А.

2021 г.

## 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:** Сатбай Данияр

**Название:** Каспий маңы бассейніндегі мұнай кенорындарын игерудің технологиялық процестерін жетілдіру

**Координатор:** Дайрабай Абдели

**Коэффициент подобия 1:0**

**Коэффициент подобия 2:0**

**Замена букв:45**

**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

## Протокол анализа Отчета подобию Научным руководителем

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

**Автор:** Сатбай Данияр

**Название:** Каспий маңы бассейніндегі мұнай кенорындарын игерудің технологиялық процестерін жетілдіру

**Координатор:** Дайрабай Абдели

**Коэффициент подобию 1:** 0

**Коэффициент подобию 2:** 0

**Замена букв:** 45

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После анализа Отчета подобию 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:**

..... *Работа выполнена самостоятельно* .....

..... *23.06.21* .....

Дата

..... *Д.Б.* .....

Подпись Научного руководителя

## АНДАТПА

Бұл магистрлік диссертацияда қабат қысымын ұстап тұрудың және көмірсутек газдарын айдау арқылы өндірілетін ұңғымалардың түп аймағына әсер етудің технологиялық процестерін зерттеу нәтижелері ұсынылды. Сонымен қатар, "Теңіз" кен орны мысалында газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұру арқылы «Каспий маңы бассейнінің карбонатты коллекторларын игерудің қолданыстағы технологиялары туралы мәліметтер келтірілген» және газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процестерін жетілдіруге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстары талданды.

Теңіз кен орнында шикі газды айдауды қолданудың орындылығын ескере отырып, мұнай өндіруді арттырудың бұл әдісі ең перспективалы әдістердің бірі болып табылады деген қорытынды жасауға болады. Есептеу қолданыстағы салық салу жүйесі бойынша ақша ағымдарын бағалаудың әдеттегі схемасы бойынша 2010 жылғы орташа бағамен жүзеге асырылады.

## АННОТАЦИЯ

В данной магистерской диссертации представлены результаты исследования технологических процессов поддержания пластового давления и воздействия на днищевую зону скважин, добываемых нагнетанием углеводородных газов. Кроме того, на примере месторождения "Тенгиз" приведены данные о существующих технологиях разработки карбонатных коллекторов «Прикаспийского бассейна путем поддержания пластового давления с закачкой газа» и проанализированы научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование технологических процессов поддержания пластового давления с закачкой газа.

Учитывая целесообразность применения перекачки сырого газа на Тенгизском месторождении, можно сделать вывод, что данный метод увеличения добычи нефти является одним из наиболее перспективных. Расчет осуществляется по обычной схеме оценки денежных потоков по действующей системе налогообложения в средних ценах 2010 года.

## **ABSTRACT**

In this master's thesis, the results of the study of technological processes of maintaining reservoir pressure and influencing the bottom zone of wells produced by pumping hydrocarbon gases are presented. In addition, on the example of the Tengiz field, data on existing technologies for the development of carbonate reservoirs of the "Caspian basin by maintaining reservoir pressure with gas injection are presented" and research works aimed at improving technological processes for maintaining reservoir pressure with gas injection were analyzed.

Given the feasibility of using crude gas injection at the Tengiz field, we can conclude that this method of increasing oil production is one of the most promising. The calculation is carried out according to the usual scheme for estimating cash flows under the current taxation system at the average price for 2010.

## МАЗМҰНЫ

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Кіріспе                                                                                                                                                                    | 13 |
| 1 Мәселенің қазіргі жағдайы                                                                                                                                                | 14 |
| 1.1 "Теңіз" кен орны мысалында газды айдаумен қабаттық қысымды ұстап тұра отырып, Каспий маңы бассейнінің карбонаттық коллекторларын игерудің қолданыстағы технологиялары» | 14 |
| 1.1.1 Екінші даму нысаны                                                                                                                                                   | 20 |
| 1.1.2 Мұнай және газ өндіру көлемі                                                                                                                                         | 22 |
| 1.1.3 Ұңғымалар қорының күйі                                                                                                                                               | 23 |
| 1.1.4 Дамуды бақылау іс-шаралар жоспарын іске асыру                                                                                                                        | 24 |
| 1.1.5 Қазіргі даму жүйесін бағалау                                                                                                                                         | 26 |
| 1.2 Газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процестерін жетілдіруге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстарын талдау                                          | 27 |
| 1.2.1 Көмірсутекті газдарды айдау                                                                                                                                          | 27 |
| 1.2.2 Мұнайды көміртектің қос тотығымен және карбонизацияланған сумен ығыстыру                                                                                             | 29 |
| 1.2.3 Қабатқа жоғары қысымды газдармен әсер ету                                                                                                                            | 32 |
| 1.2.4 Түтін газдарын айдау                                                                                                                                                 | 34 |
| 1.2.5 Мұнай қабатына су-газ әсері                                                                                                                                          | 34 |
| 1.3 Тарау бойынша қорытындылар                                                                                                                                             | 37 |
| 1.4 Таңдау мақсаты және зерттеу міндеттерін белгілеу                                                                                                                       | 39 |
| 2 Әсер етудің технологиялық процестерін зерттеу көмірсутекті газдармен мұнай қабаттарына                                                                                   | 40 |
| 2.1 Жеңіл мұнай жиегімен көмірсутекті газдарды айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процесінің заңдылықтары                                              | 40 |
| 2.2 Көмірсутекті газдарды айдау арқылы өндіру ұңғымаларының түп маңы аймағына әсер етудің технологиялық процесінің заңдылықтары                                            | 43 |
| 2.3 Тарау бойынша қорытынды                                                                                                                                                | 47 |
| 3 Ғылыми ұсыныстарды әзірлеу                                                                                                                                               | 47 |
| 4 Зерттеу нәтижелерінің экономикалық тиімділігі                                                                                                                            | 48 |
| 4.1 Экономикалық тиімділікті есептеу                                                                                                                                       | 48 |
| Қорытынды                                                                                                                                                                  | 58 |
| Пайдаланылған әдебиеттер тізімі                                                                                                                                            | 60 |

## **Кіріспе**

Қазіргі уақытта Каспий маңы бассейнінің карбонатты коллекторларын әзірлеу негізінен көмірсутек газын айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұру арқылы жүзеге асырылады. Бұл кен орнындарының геологиялық-физикалық жағдайында шикі газ айдау әдісінің артықшылығы аралас ығыстыруды жүзеге асыру мүмкіндігі болып табылады, оның нәтижесінде бірлікке жақын мұнайды ығыстыру коэффициентінің мәніне қол жеткізіледі.

Қазіргі уақытта Теңіз кен орнында стратиграфиялық объектінің 1-платформалық бөлігінде ілеспе-өндірілетін газдың бір бөлігін кері айдауды көздейтін игеру нұсқасы іске асырылуда. Кен орнын игеру кезінде ШГА (шикі газды айдау) іске асырылады, сонымен қатар қосымша геологиялық және кен орын жайлы ақпараттар алынды, оларға: ұңғымаларды каротаждау нәтижелері, қабат қысымының динамикасы және мұнай мен газ өндірісінің дамуы туралы мәліметтер, сонымен қатар ағынның жылдамдығы және шикі газды кері айдау көлемі. Алынған ақпарат шикі газды айдауды мұнайды іріктеудің неғұрлым жоғары қарқынын қамтамасыз етуге және қабаттың мұнай беруін арттыруға, әсіресе мұнайды газбен араластыратын ығыстыру жағдайларында, қабатқа әсер етудің тиімді тәсілі ретінде қолдану мүмкіндігі мен орындылығын растайды.

Алайда, тәжірибе көрсеткендей, қабаттағы қысымды ұстап тұрудың қолданыстағы әдісімен өндірілетін мұнайдың газ мөлшері артады.

Бұл магистрлік диссертацияда қабат қысымын ұстап тұрудың және көмірсутек газдарын айдау арқылы өндірілетін ұңғымалардың түп аймағына әсер етудің технологиялық процестерін зерттеу нәтижелері ұсынылды. Сонымен қатар, "Теңіз" кен орны мысалында газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұру арқылы Каспий маңы бассейнінің карбонатты коллекторларын игерудің қолданыстағы технологиялары туралы мәліметтер келтірілген» және газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процестерін жетілдіруге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстары талданды.

Теңіз кен орнында шикі газды айдауды қолданудың орындылығын ескере отырып, мұнай өндіруді арттырудың бұл әдісі ең перспективалы әдістердің бірі болып табылады деген қорытынды жасауға болады. Есептеу қолданыстағы салық салу жүйесі бойынша ақша ағымдарын бағалаудың әдеттегі схемасы бойынша 2010 жылғы орташа бағамен жүзеге асырылады.

## **1 Мәселенің қазіргі жағдайы.**

### **Максаты және зерттеуге қойылған міндеттер**

Бұл тарауда "Теңіз" кен орны мысалында газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұру арқылы Каспий маңы бассейнінің карбонатты коллекторларын игерудің қолданыстағы технологиялары туралы мәліметтер келтірілген» және газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процестерін жетілдіруге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстарын талдау.

### **1.1 "Теңіз" кен орны мысалында газды айдаумен қабаттық қысымды ұстап тұра отырып, Каспий маңы бассейнінің карбонаттық коллекторларын игерудің қолданыстағы технологиялары»**

Жоғарғы девон-орта көміртегі карбонатты шөгінділерімен шектелген Теңіз мұнай кен орны Каспий геологиялық провинциясының (Каспий ойпаты) оңтүстік бөлігінде орналасқан.

Ұңғымалар әсер ететін шөгінді қабат Жоғарғы Девоннан Төртінші кезең шөгінділеріне дейінгі жыныстармен ұсынылған. Жер қыртысының бөлігінде тау жыныстарының үш кешені ажыратылады - супрасальт, тұзды және тұзасты.

Литологиялық тұрғыдан ол континентальды шөгінділермен, түрлі-түсті саздармен, құмдармен, гипс пен ангидриттің қабаттарымен көрінеді.

Тұзды құрамы 460-тан 1660 метрге дейінгі төменгі Пермьдегі Кунгурия сатысының сульфат-галогендік жыныстарымен ұсынылған. Тұз асты кешенінің жоғарғы жағында Артинск-Мәскеу дәуіріндегі сазды-карбонатты жыныстар бар, олар тұзды қабаттармен бірге негізгі мұнай құрамды кешен үшін мөр ретінде қызмет етеді.

Карбон-девондық карбонат шөгінділері - ашық теңізде дамыған биогермалық массив. Оның құрылымында құрылымның өсу сипатына байланысты 3 негізгі бөлік бөлінеді: платформа, бүйір (Рим, жиек) және қанат (көлбеу). Литологиялық өнімді қабаттар карбонаттармен ұсынылған. Кальциттің құрамы бойынша (79-100%) тау жыныстары әктастарға жатады. Карбонатты және девондық карбонатты шөгінділер кен орнында өнімді. Бірыңғай гидродинамикалық жүйе болып табылатын карбонатты массив 3 стратиграфиялық объектіге бөлінеді:

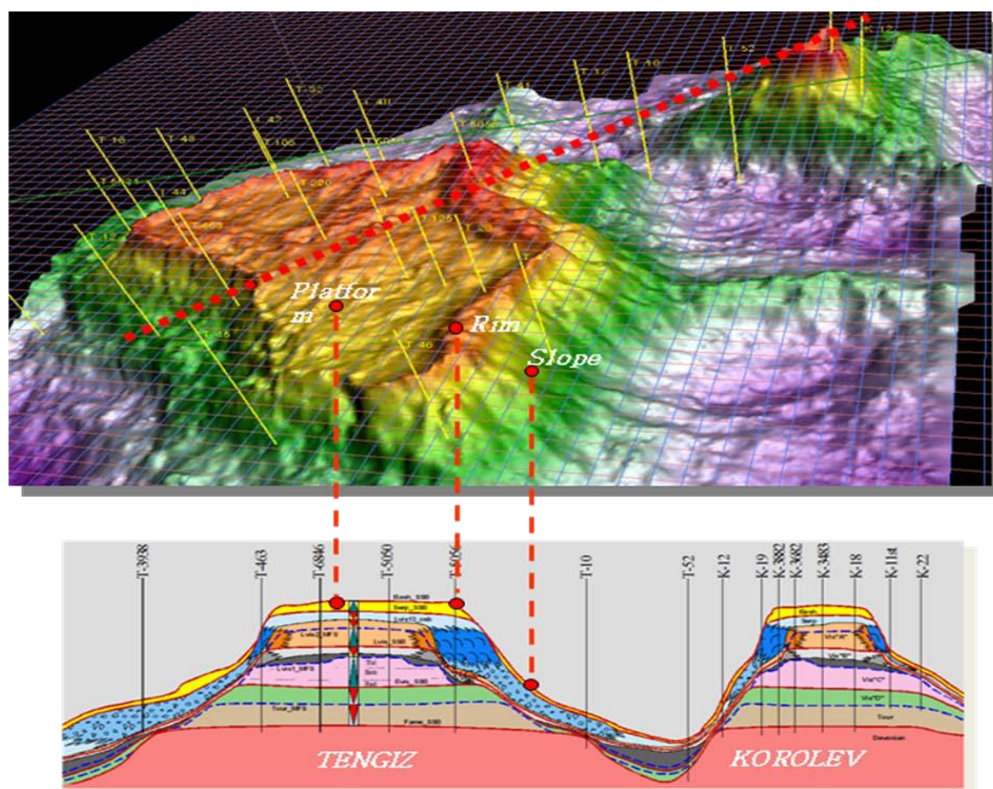
- объект I кен орындарының башқұрт, серпухов және ока кезеңдерін қамтиды;
- II объектіге тау жыныстарының төменгі визалық-турнайзиялық сатысы жатады;
- III алаңға девон кен орындары кіреді.

Бұл бөліну келесі факторларға байланысты: - өте үлкен өнімділік қабаты;

- Төменгі Висей-Турнезиядан платформа шегінде өнімді қабаттардың Башқұрт-Серпухов-Соңғы Висеан (Ока) бөлігін оқшаулайтын, қалыңдығы 40-50 метр болатын ауыспалы туф лай тастары мен карбонатты-аргиллді шөгінділердің («вулкандық») мүшесінің болуы ;

- секцияның көрсетілген бөліктерінің резервуарларының әр түрлі сұзусыйымдылық қасиеттері;

- Девон шөгінділері құрылымының төменгі орта карбон қабаттарынан айырмашылығы.



Сурет 1 - Теңіз кен орнының геологиялық құрылымының сипаттамасы

I нысан ең көп зерттелген: секцияның башқұрт бөлігін 130 ұңғыма, серпуховскийді - 110 және кеш визеанды (ока) - 84 ұңғыма енген. Ұңғымалардың максималды саны платформа бөлігіне түседі. Литологиялық тұрғыдан жыныстар мұнда балдырлы астық тастарымен, биокластикалық қаптамалармен ұсынылған. Жоғарғы көлбеу шөгінділерде шөгінділер қайта кристалданған, доломиттелген биокластикалық пакеттік тастармен, астық тастарымен ұсынылған. Төменгі баурайда таужыныстар карбонатты-аргиллийлі шөгінділермен, қаптамалар аралық қабаттарымен биокластикалық сазды тастармен ұсынылған.

II стратиграфиялық нысанды 31 ұңғыма толығымен еніп кеткен 45 ұңғыма зерттеді. Литологиялық тұрғыдан тау жыныстары литокластикалық пакеттік

тастармен, балдырлы литокластикалық астық тастарымен, биокластикалық пеллоидтық тастармен және балшық тастармен ұсынылған.

Тау жыныстары жартылай қайта кристалданып, доломиттелген, ал кейбір жерлерде олар кремнийленеді. Бұл нысан жаңа ұңғымалармен ашылды: 3948, 6658, 5660 және 6743. Тау жыныстары литофеттердің жиі өзгеруімен және кішігірім қалыңдығымен сипатталады.

Айта кету керек, Теңізге шөгу жағдайының жиі және біркелкі емес өзгеруі тән, алайда бұл құрылымның жоғарғы девоннан бастап күнгүр кезеңінің тұзды шөгінділеріне дейінгі дамуының тұқым қуалаушылық сипатына әсер еткен жоқ. Жоғарғы Пермь.

Мұнай өндіруді ұлғайтудың газ әдістеріне әдетте көмірсутекті газдарды, көмірқышқыл газын, азотты және жану газдарын қолдану жатады. Егер кен орындарында немесе жақын жерде әртүрлі газдардың едәуір ресурстары болса, газ әдістері қолданылады. Көбінесе мұнай кен орындарында еріген газдың көп мөлшері болады. Сонымен қатар, газ кен орындарының ресурстары, соның ішінде көмірқышқыл газы да бар, мысалы, көптеген жобаларда АҚШ-тағы  $\text{CO}_2$  қолданылады.

Тұтастай алғанда, көмірсутекті газдардың көмегімен мұнай шығаруды ұлғайту әдісін қолданудың әсері мынадай тетіктермен қамтамасыз етіледі: онда газ еріген кезде мұнайдың ісінуі; мұнайдың тұтқырлығын төмендету; мұнаймен араластыруға қол жеткізу және қалдық мұнайдың қозғалысқа тартылуы; мұнай мен газды араластыру кезінде ығысу шебіндегі тұтқырлықты теңестіру.

"Теңізшевройл "компаниясы" шикі газды айдау "(закачка сырого газа ЗСГ) және" екінші буын зауыты " (2008 жылы) аяқталған кеңейту жобаларынан кейін тәулігіне 600 мың баррель қуатына жетті. Кеңейту нысандары планетадағы ең ірі және технологиялық тұрғыдан күрделі инженерлік жобалардың бірі болып табылады. ШГА объектілері әлемдегі ең жоғары қабаттық қысым және күкіртсутектің ең жоғары пайыздық құрамы жағдайында қабатқа газ айдайтын компрессорды пайдаланады. Екінші буын зауыты шикі газ бен мұнай дайындау бойынша әлемдегі ең ірі бірыңғай технологиялық желі болып табылады.

Газ айдау және суландыру қабаттарының сынбаған бөліктері үшін мұнай қалпына келтіру факторларына ұқсас. Алайда, су айдау нысандарының құрылыс шығындары газ айдау шығындарынан жоғары. Резервуардың сынған аймақтарына суды немесе газды айдау айтарлықтай техникалық қауіп тудырады, өйткені сыну жүйесінің табиғаты анықталмаған және бұл ығысу түрі бойынша тәжірибелік мәліметтер жоқ. Су айдау құбырлар мен жабдықтардың коррозияға ұшырауына және өндірілген судың күкіртті сутегі әсерінен механикалық қоспалардың шөгуіне қосымша қауіп төндіреді.

Теңіз кен орнында еріген газ режиміндегі мұнай қабатын игеру кезеңі су басуынан кейін қолдануға қарсы емес, керісінше, мұнайды кеуекті сферадан судың ығыстыруының тиімділігі жоғарылайды. Әдістің сәтті қолданылуына кеніш ішіндегі жақсы гидродинамикалық байланыс ықпал етті. Теңізде мұндай байланыс тек борттық бөлік шегінде ғана орнатылған.

Теңіз кен орнында су басу әдісін қолдануға өте үлкен кедергі-өндіруші ұңғымалардан күкірт сутегімен қаныққан су, сондай-ақ минералды шөгінділердің пайда болуы кезінде құбырлар мен жабдықтардың коррозиясы. Жабдықты коррозияға қарсы нұсқада қолдануға болады, коррозия ингибиторларын қолдану және өндірілген суды тазарту және кәдеге жарату жүйелерін құру өте үлкен шығындарды талап етеді. Сонымен қатар, минералды шөгінділердің пайда болу проблемасы қалады.

Теңіз кен орны жағдайында өндірістік ұңғымалардан ілеспе су шығармай суландыру мүмкіндігі қарастырылды. Технологиялық тұрғыдан бұл опция мұнай төменнен жоғарыға ығыстырылған кезде ғана мүмкін болады. Платформада төменнен жоғары айдауымен байланысты тәуекелдерге төмен тік өткізгіштік және қысымның жоғарылауы бар бірінші қабаттың төменгі өткізгіштігі төменгі қабаттарына енгізгенде инъекцияның төмендеуі жатады. Бисерде / көлбеуде төменнен жоғары айдаудың пайда болу қаупі - бұл майдың тек жоғары өткізгіштік сынықтарын жауып, төмен өткізгіштік матрицасын ашпай қалдыру ықтималдығы.

Газды айдауға қатысты, суды айдау салыстырмалы өткізгіштіктің әсерінен төмен қабылдағыштыққа ие. Егер айдау ұңғымаларында адекватты қабылдағыштыққа қол жеткізу үшін гидрожарылу қолданылса, онда айдау аралығын бақылау қиын болады.

Теңіз кен орнын су басу жүйесі үшін техсхемада сумен жабдықтаудың ең ықтимал екі көзі – Каспий теңізінің теңіз сулары және 1 км тереңдікте жатқан және айтарлықтай дебиті бар ауыз су сапасындағы артезиан сулары қабылданды және қаралды. Техникалық-экономикалық талдау көрсеткендей, Жаңасу және Мыңғыр кен орындарының Альбеномания горизонтының жер асты артезиан сулары Теңіз кен орнының су басу жүйесінің сумен жабдықтау көзі ретінде пайдаланылуы керек.

Теңіз кен орны жағдайында қабатқа әсер етудің екі әдісінің әрқайсысының өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Теңіз кен орнының геологиялық-физикалық жағдайында газды айдау әдісінің артықшылығы аралас ығыстыруды жүзеге асыру мүмкіндігі болып табылады, оның нәтижесінде бірлікке жақын ығыстыру коэффициентінің мәніне қол жеткізіледі. Осының арқасында қалпына келтіру факторының жоғары мәніне қол жеткізіледі. Сонымен қатар, айдалған

газ қабаттағы мұнайды ығыстыра отырып, салыстырмалы түрде тығыз айырмашылықтарға енеді.

Газ айдаудың тағы бір маңызды артықшылығы - өндірілген шикі газдың маңызды бөлігін пайдалану мүмкіндігі, бұл газды күкіртті сутектен, күкірттен және сұйытылған көмірсутек газдарынан тазартылатын газ өңдеу зауытының қажетті қуатын едәуір төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл газ өңдеу зауытының қуатын кеңейтуге жұмсалатын шығындарды едәуір қысқартуға мүмкіндік береді.

Газды айдау-бұл көмірсутектерді өндіруді арттыру мақсатында газ резервуарға құйылатын айдау ұңғымасын бұрғылауды қажет ететін қайталама өндіріс әдісі. Газды айдау газлифтіден өзгеше. Газлифт ешқандай жаңа ұңғыманы бұрғылауды қажет етпейді, газ тек жұмыс құбыры мен мақсатты ұңғыманың корпусы арасындағы айналмалы кеңістікке жіберіледі. Екінші жағынан, газды айдау коллектормен байланысатын жаңа ұңғыманы бұрғылауды қажет етеді, ол арқылы көмірсутектерді өндіруді жақсарту үшін газды айдауға болады. Айдау ұңғымасы қысымды ұстап тұру және қабаттардың мұнай беруін арттыру үшін мұнайды ұңғыманың оқпанына немесе газ қақпағына бұру үшін мұнай бағанына бұрғылануы мүмкін. Қалпына келтіруді жақсартумен қатар, газды сақтау мақсатында газды айдауға болады. Газ сатылымы төмен болған кезде газды кейінірек сатылғанға дейін жер асты қабаттарында сақтау қажет болуы мүмкін.

Жалпы алғанда, газды айдау қысымды ұстап тұру, мұнайдың тұтқырлығын төмендету, газ конденсаты резервуарларындағы немесе газ қоймаларындағы жеңіл ұштарды тазарту үшін жүзеге асырылуы мүмкін. Газ айдау кезінде айдау ұңғымаларының инъективтілігі суға қарағанда жоғары болады, сондықтан айдау ұңғымалары азырақ қажет. Газ айдау су басуынан гөрі арзанға түседі, өйткені су басуы үшін суды тазартуға да, газды өңдеуге де арналған қондырғылар мен қондырғылар қажет. Су басуы үшін суды сыртқы көзден тасымалдау үшін инвестиция қажет, ал Теңіз газы газ айдау үшін қолданылады. Сонымен қатар, суды құю кезінде ұңғымалардың тығыз торы болу қажеттілігіне байланысты олардың саны газ айдау кезіндегіден көп.

Газ айдаудың өте маңызды артықшылығы - өндіріс ұңғымаларынан ілеспе су шығарумен су басуы кезінде пайда болатын коррозия проблемаларының болмауы. Модельге сәйкес резервуардың орташа қысымы жоғары болады және 2065 жылға дейін қанықтыру қысымы деңгейінде болады. Резервуардың жарылған бөлігінде қарқынды қысым төмендейді, онда ол 2028-30 жылдары қанықтыру қысымына жетеді. Осылайша, газды айдау кен орны бойынша орташа қабаттық қысымды жоғары және кен орнын игерудің барлық кезеңінде мұнайды газбен қанықтыру қысымы деңгейінде ұстап тұруға мүмкіндік береді.

Төменде келтірілген кен орнының бүйір және көлбеу бөліктерінің су басуына байланысты бірнеше техникалық-экономикалық проблемалар бар.

- Қалдық мұнайға қанығу, Теңіз кен орнындағы коллекторлар жыныстарын ығыстырумен қамту және сулану коэффициенті бойынша үлкен белгісіздіктер.

- Матрицалық сыну өткізгіштігі қажетті қарқынмен және қысым мәндерімен айдау үшін жеткіліксіз болуы мүмкін.

- Қабылдағыштықты арттыру үшін айдау ұңғымаларын тиімді қышқылмен өңдеуге бола ма, жоқ па белгісіз.

- Судың үлкен көлемін өндірумен байланысты мұнай жинау және өндірістік объектілер үшін зардаптардың алдын алу жөніндегі шараларды бағалауды орындау қажет.

- Арзан және сенімді су көзі орнатылмаған.

Резервуардың платформалық бөлігіне су құю нұсқасы келесі себептерге байланысты орынды деп саналмайды:

- су басу мұнайды "шикі" газбен араластырудан гөрі тиімді емес, бұл сарқылу режимінде алғашқы өңдеуден кейін мұнай өндіруді едәуір арттыруға мүмкіндік бермейді;

- коллекторды және өндірістік объектілерді әзірлеу тұрғысынан үлкен тәуекелдер, есептеулер көрсеткендей, платформада суды айдаудың жеткілікті жоғары қарқынына қол жеткізу екіталай.

ТШО түрлі газдарды - азотты, көмірқышқыл газын айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұрудың балама әдістерінің техникалық-экономикалық негіздемесін жасады.

Зерттеу көрсеткендей, газдардың қасиеттері әр түрлі болғандықтан, су қоймасы жағдайында бірдей айдау көлеміне жету үшін азотты немесе көміртегі диоксидін жер үсті жағдайында енгізудің әр түрлі жылдамдығы қажет (көмірқышқыл газы үшін ең жоғары, азот үшін ең аз). Бұл агенттердің тұтқырлығы да әр түрлі.

Осылайша, көміртегі диоксиді жағдайында, жергілікті көздің болмауына байланысты, оны турбиналық түтін газдарынан бөліп алу және қолданыстағы күкірт өндіретін зауыттардың қышқыл газдарымен біріктіру қажет. Азотты сусыздандыру, криогендік өңдеу және тазарту арқылы ауадан шығару керек. Екі газға да бөлу үшін көптеген қосымша технологиялық жабдықтар қажет көмірсутегі өнімдерінен алынған газдарды қайта айдау мақсатында және көмірсутегі газының тауарлық сапа талаптарына сәйкес келуін қамтамасыз ету үшін.

Технологиялық іске асырудағы проблемалардан басқа, инъекцияға азотты немесе көмірқышқыл газын қолданған кезде қажет қосымша шығындардың үлкен көлемі процестің тиімсіздігін экономикалық тұрғыдан алдын-ала

анықтайтындығы анықталды. Қазіргі уақытта көмірсутек газын қабатқа қайта айдауды жүзеге асыруды жалғастыру мақсатқа сай, бұл Теңіз кен орнындағы негізгі қабат қысымын ұстау әдісінің техникалық схемасында бекітілген.

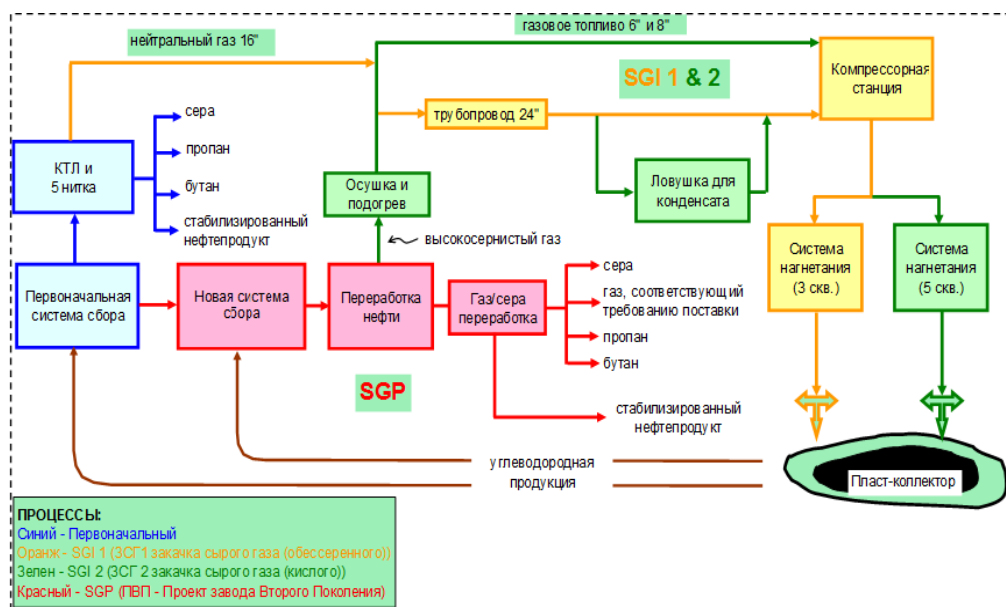
### 1.1.1 Екінші даму нысаны

Құрылымның бүйір бөлігінің жарылған аймағы арқылы мұнайдың 2-ші объектіден 1-ші объектіге ағуы байқалады, онда қабат қысымы төмендеді. Мұнай кен орны жабық серпімді режимде жұмыс істейді. 2-ші объект бойынша қазіргі жағдайды сақтай отырып, сынбаған қабаттардың аудандарынан жоғары мұнай қалпына келтіру коэффициентін алу мүмкін емес. Алайда, 2-ші объектінің жарықтығы жоқ бөліктеріндегі өткізгіштігі соншалықты аз, сондықтан осы объектіге арнайы бұрғыланған ұңғымалар экономикалық негізделген ағындарды қамтамасыз ете алмайды, олар тез төмендейді. Компьютерлік модель көрсеткендей, 2-ші объектіні ұңғымалардың тәуелсіз торымен бұрғылау кезінде де 2-ші объектіден мұнай өндірудің аз ғана өсуіне қол жеткізуге болады.

2-ші игеру объектісінде газды тәжірибелік айдау жүзеге асырылуы мүмкін. Тәжірибелік-өнеркәсіптік пайдалану учаскесі коллектор жақсы кеуектілігі бар және жарықшақтары жоқ жерде орналасуы тиіс. Мұндай учаскені құру 2040 жылдан ерте емес, 2-ші объектінің резервуарындағы қысым айтарлықтай төмендеген кезде ұсынылады.

Шикі газды айдау үшін дайындау екінші буын зауытында жүргізіледі.

Күкірт зауыты жөндеу жұмыстарын жүргізіп жатқан кезде, қондырғы шикі газды айдау режимінде қондырғыға техникалық қызмет көрсету кезінде жұмыс істей алатындай етіп жабдықтың тоқтап қалуының әсерін азайтады.



Сурет 1.1 - Газ айдау процестерінің схемасы

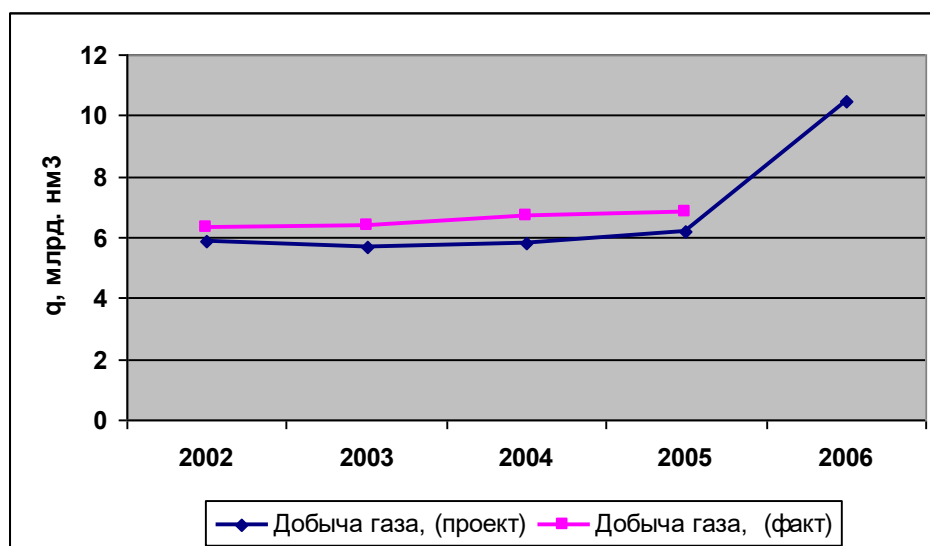
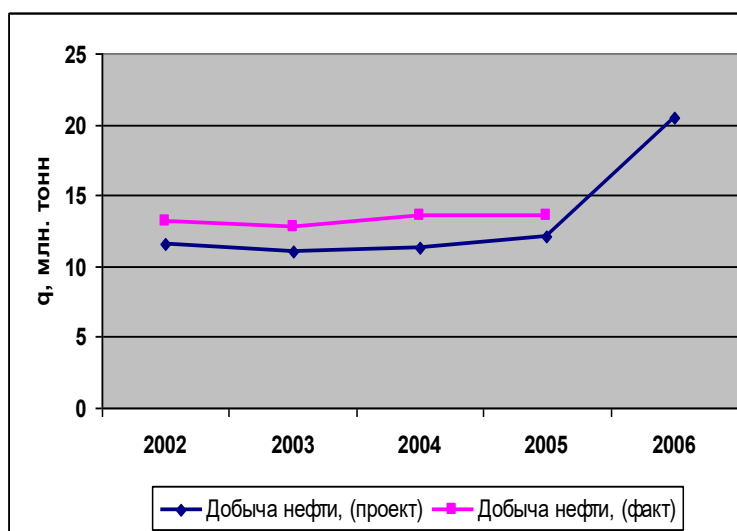


НР сепараторынан шыққан шикі газда шамамен 12%  $H_2S$ , ал шикі газ компрессорындағы газда 30% дейін  $H_2S$  болады. Жұмыс режимінің баламасы 12%  $H_2S$  газын сепаратордан қондырғы кіріс бөлігінен зауыттың қайта өңдеу қондырғыларына бағыттау үшін жасалған. НР кіріс сепараторынан қалған газ шикі газ компрессорындағы 30%  $H_2S$  газымен араласады. Құрамында шамамен 23%  $H_2S$  бар аралас газ ағыны SGI компрессорына беріледі. Бұл өндіріс режимі композициялық басқару режимі деп аталады. Газ айдау процесін қиындатуы мүмкін факторлардың қатарына қышқыл компоненттер (күкіртті сутек және көмірқышқыл газы) және механикалық қоспалар қатысында су буының болуы жатады. Газда су буының болуы құбырлар мен жабдықтардың коррозиясына әкеледі. Қышқыл компоненттердің әсерін азайту үшін айдалатын газға қойылатын негізгі талап - газды ылғалдан терең кептіру арқылы қабатқа айдау үшін газды мұқият дайындау қажет.

### 1.1.2 Мұнай және газ өндіру көлемі

2000 жылдан 2005 жылға дейінгі кезеңде мұнай өндіру көлемінің өсу серпіні 1.2-суретте көрсетілген, ал 1993 жылы мұнай өндіру 1,5 млн.тоннаны құрады. Мұнай өндіру бойынша жобалық деректерді іс жүзіндегі деректермен салыстыру 1.3-суретте көрсетілген. Газ өндіру бойынша жобалық деректерді іс жүзіндегі деректермен салыстыру 1.4-суретте көрсетілген.





Суреттер 1.3, 1.4 және 1.5 - Мұнай және газ өндіру көлемдері

1.3, 1.4 және 1.5-суреттерден көріп отырғанымыздай, соңғы жылдары мұнай мен газды нақты өндіру жобадан асып түсті. Сарқылудың табиғи режимінің нұсқасы бойынша мұнайды барынша өндіру 2010 жылдан бастап 2020 жылға дейін күтіледі, сағалық қысымның 10 МПа-дан 3,5 МПа-ға дейін төмендеуі 2021-2022 жылдар кезеңінде жоспарланып отыр, газ факторының өсуі 2019 жылдан бастап күтіледі.

### 1.1.3 Ұңғымалар қорының күйі

01.01.2011 ж.жағдай бойынша Теңіз кен орнында барлығы 133 ұңғыма бұрғыланды, оның ішінде: 92 – пайдаланушылық, оның ішінде 72 – жұмыс істеп

тұрған өндіруші, 9 – жұмыс істемейтін өндіруші, 4 – уақытша жай өндіруші, 6 – жұмыс істеп тұрған айдау ұңғымасы, 1 – уақытша жай айдау ұңғымасы; бұдан басқа 21 – консервацияда, 18 – жойылған және 2 – арнайы ұңғымалар.

Ұңғымалардың әрекетсіздік себептері: Т-114, Т-317 – шығару желісін ауыстыру, Т-42, Т-115, Т-118, Т-5034 – фонтандық арматураға техникалық қызмет көрсету, Т-123, Т-1101 және Т-6846 ұңғымалары гидродинамикалық зерттеулер жүргізу себебінен тоқтатылды.

2007 жылы консервациядан жұмыс істеп тұрған өндіру қорына 7 ұңғыма (Т-17, Т-41, Т-4556, Т-5059, Т-5442, Т-5454, Т-5850) енгізілді. Мұнайдың орташа тәуліктік дебиттерімен тәулігіне 846 т, тәулігіне 533 т, тәулігіне 996 т, тәулігіне 952.3 т, тәулігіне 680 т, тәулігіне 1091.2 т және тәулігіне 520.7 т.

01.01.2011 ж. барлық өндіруші ұңғымалар субұрқақ әдісімен жұмыс істеп, сусыз мұнай өндірді.

Газ айдау ұңғымаларының қоры 6 бірлікті (Т-5242, Т-5246, Т-5444, Т-5447, Т-5646, Т-5848) құрады, оның ішінде уақытша жай 1 бірлік Т-5044. 2006 жылғы қарашада газды сынамалы айдауды жүзеге асырған Т-220 ұңғымасы 2007 жылғы желтоқсанда консервацияға енгізілді.

Теңіз кен орнын игеретін бұрғыланған ұңғымалардың орналасу схемасы 01.01.2011 ж. жағдай бойынша В графикалық қосымшасында берілген.

Жұмыс істеп тұрған өндіру қорының 72 ұңғымасынан 64 ұңғыма I стратиграфиялық объектіні, 4 ұңғыма (Т-43, Т-4346, Т-5853, Т-5857) - I+II объектіні, 2 ұңғыма (Т-5059, Т-7252) II объектіні және 2 ұңғыма (Т-10 және Т-17) - III стратиграфиялық объектіні пайдаланды.

01.01.2011 ж. жағдай бойынша ағымдағы мұнай іріктеу және газ айдау картасы г. графикалық қосымшасында ұсынылған.

#### **1.1.4 Дамуды бақылау іс-шаралар жоспарын іске асыру**

Талданатын кезең үшін 01.01.08. 01.10.09 дейін. Тапсырыс беруші ұсынған деректер бойынша игеруді бақылау бойынша геофизикалық зерттеулер (PLT) жеті айдамалау ұңғымаларында (Т-5044, Т-5246, Т-5444, Т-5447, Т-5448, Т-5646, Т-5848) және үш өндіру ұңғымаларында (Т-25, Т-116, Т-318) жүргізілді.

Геофизикалық зерттеулер ұңғымадағы Температураны, қысымды, флюидтің тығыздығын, кабельдің жылдамдығын, муфталар шығысымен және локаторымен жинақталған табиғи Радиоактивтілікті бір мезгілде өлшеуге арналған датчиктері бар "Шлюмберже" фирмасының PLT құрама аспабын пайдалана отырып жүргізілді, ұңғыманың диаметрінің шығын өлшегіштің көрсеткіштеріне өзгеруінің әсерін есепке алу үшін ашық оқпанмен пайдаланылатын кейбір ұңғымаларда каверномермен өлшеулер жүргізіледі.

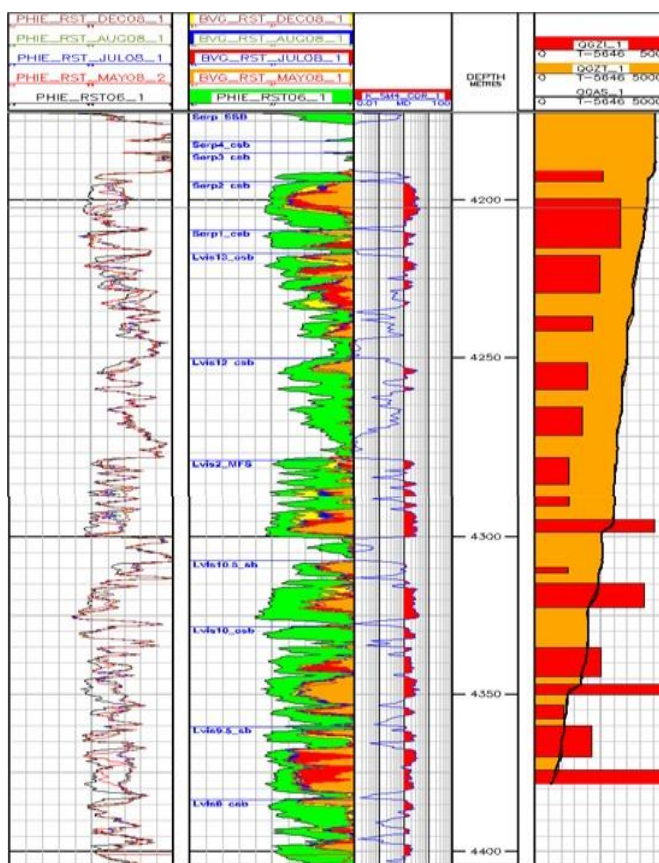
PLT өлшеулерін түсіндіру нәтижелері бойынша ағым/қабылдағыштық аралықтарын бөлу, аймақтық дебиттерді есептеу, ағым/қабылдағыштық профилін, ұңғымаға түсетін сұйықтықтың сипатын анықтау жүргізіледі. Жұмыс істейтін және қабылдайтын аралықтарды бөлу шығыс өлшегіштің көрсеткіштері, температураның екінші туындысы мен басқа әдістердің көрсеткіштері негізінде жүзеге асырылады.

Талданатын ұңғымалар бойынша:

- Т-25, Т-116, Т-318 өндіру ұңғымаларында қазбамен қамту коэффициенті (Кох) тиісінше 1.0, 0.08, 0.47 д. бірлікті құрады;

- айдау ұңғымаларындағы қазбамен қамту коэффициентінің (Кох) өзгеру диапазоны 0.28-0.82 д.е. құрады, орташа мәні 0.48 д. е, ең жоғары Кох т-5246 ұңғымасы, ең төменгісі-т-5447 ұңғымасы. Төменде жүргізілген зерттеулердің қысқаша сипаттамасы келтірілген.

Кен орнында Т-5646 айдау ұңғымасынан газ қоспасының Серпухов және Поздневизей қабаттары бойынша Т-220 ұңғымасында (қазіргі уақытта бақылау ретінде пайдаланылатын) таралуын қадағалау мақсатында RST (көміртегі тотығын каротаж) аспабымен жүйелі түрде өлшеулер жүргізілді. Төмендегі каротаждық диаграммада газ қоспасының Т-220 ұңғымасы арқылы өтуіне қарай зерттеу радиусында жыныстардың қанықтылығын аспаппен өзгерту процесі көрсетілген.



Сурет 1.6 - Т-220 және Т-5646 ұңғымаларындағы RST өлшеу нәтижелері

### 1.1.5 Қазіргі даму жүйесін бағалау

01.08.09 жағдай бойынша Теңіз мұнай кен орны 2003 жылдан бастап 2002 жылы ҚР ОАК бекіткен кен орнын игерудің 2005-09 жылдарға арналған жұмыста нақтыланған және бекітілген технологиялық көрсеткіштері бойынша игерудің технологиялық схемасына сәйкес игерілуде. Нақтыланған технологиялық көрсеткіштерге сәйкес 2005 жылы кен орны сарқылу режимінде игерілген, 2006 жылы-шоғырдың платформалық бөлігіндегі қабатқа күкіртсіздендірілген газды жоспарлы (ШГА -1) тәжірибелік айдау жүргізілген, 2007 жылы "шикі" газды (ШГА -2) айдау кезеңі басталған.

ШГА -1 (күкіртсіздендірілген газды тәжірибелік айдау) және ШГА -2 (өндірілетін "шикі" мұнай газының бір бөлігін айдау) жобаларын іске асыру кезінде газды айдау көлемдері бойынша артта қалушылық байқалды. Бұл әзірлеу талдауына сәйкес 15.02.2006 жылға жоспарланған күкіртсіздендірілген газды тәжірибелік айдау іс жүзінде 06.11.06 басталған. Тиісінше, 01.01.07 жоспарланған "шикі" газды айдау., кейінірек басталды – 21.10.07.

Игеру тұрғысынан кен орны бөлінісінде екі негізгі сипатты аймақ ерекшеленеді: платформалық және қалған бөліктері (борттық және көлбеу), оларды әзірлеу тәсілі айтарлықтай ерекшеленеді, бұл туралы технологиялық схемада баяндалған.

Табиғи сарқылу режимі жағдайында іс жүзінде жүзеге асырылатын бүгінгі күні қолданыстағы игеру жүйесі мұны растайды және резервуарлық энергияны пайдалану тиімділігі бойынша көрсетілген кен орындарының аймақтары (немесе бөліктері) айтарлықтай айырмашылыққа ие. Бүгінгі таңда кен шоғырының осы аймақтарының әрқайсысының қаттардың өнімділігі, ағымдағы және жинақталған мұнай өндіру динамикасы, сондай-ақ қабаттық энергияның сарқылу (пайдалану) дәрежесі бойынша өзіндік ерекшеліктері бар.

Бұл кен орнының геологиялық құрылымының ерекшеліктеріне, көрсетілген аймақтардағы коллекторлық жыныстардың литологиялық және физикалық қасиеттеріне және кен орнының орталық платформалық бөлігіндегі бірінші және екінші стратиграфиялық нысандарды бөлетін "вулканика" өткізбейтін қабатының болуына байланысты. "Платформа" - бұл кеуек түріндегі төмен өткізгіш коллектор. Резервуардың осы бөлігіндегі резервуардағы қысым динамикасын бақылау платформадағы резервуардың гидродинамикалық байланысқан жүйе екенін көрсетеді, бірақ қабаттасу арқылы бұл байланыс "вулканның" болуымен қиындайды.

Мұнай кен орнының борттық және қанатты бөліктері жарықшақ-кеуек түріндегі жақсы өткізгіш коллекторлар болып табылады. Олардың жоғары өткізгіштігі коллектордың жарықтығымен толығымен анықталады, мұндағы

матрица платформаның коллекторларына қарағанда төмен кеуектілікке ие. Қазіргі уақытта мұнай шоғырының жарықшақты борт және көлбеу бөліктері бойынша мұнайдың төменгі шөгінділерден жоғарғы шөгінділерге ауысуы орын алуда.

Қазіргі уақытта мұнай өндірудің көп бөлігі кен шоғырының борттық бөлігінен жүзеге асырылады-жылдық 55% (жинақталған 52%), платформалық бөлігінен жылдық 26% (жинақталған 33%) өндірілді. Өндірістің аз бөлігі кен орнының көлбеу аймақтарына түседі. 01.08.09 жағдай бойынша мұнай шоғыры ауданы бойынша орташа өлшенген қабаттық қысым, бұл 67,9 МПа құрайды, бұл бастапқы деңгейден 14.4 МПа аз. Бұл ретте қабаттық қысымның ең көп төмендеуі шоғырдың платформалық бөлігінде (25 МПа және одан астам) байқалады.

## **1.2 Газды айдаумен қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процестерін жетілдіруге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстарын талдау**

21 ғасырда әлемнің көптеген елдерінде атмосфераның жоғарғы қабаттарында жиналып, жер бетінен жылу шығаруға кедергі келтіретін "парниктік" газдардың шығарылуын шектеу туралы Киото хаттамасының талаптарын қабылдауға байланысты газ әдістерін қолдану айтарлықтай жанданды. Осы процестің нәтижесінде, көптеген сарапшылардың пікірінше, климаттың жылынуы орын алады.

Тұтастай алғанда, көмірсутекті газдардың көмегімен мұнай шығаруды ұлғайту әдісін қолданудың әсері мынадай тетіктермен қамтамасыз етіледі: онда газ еріген кезде мұнайдың ісінуі; мұнайдың тұтқырлығын төмендету; мұнаймен араластыруға қол жеткізу және қалдық мұнайдың қозғалысқа тартылуы; мұнай мен газды араластыру кезінде ығысу шебіндегі тұтқырлықты теңестіру.

### **1.2.1 Көмірсутекті газдарды айдау**

Бұл әдіс мұнаймен шекарада жеңіл көмірсутектердің шекарасын құру болып табылады. Көмірсутекті газдарды қолданудың артықшылықтары бар, өйткені мұнайда газдың жақсы ерігіштігі қабаттағы мұнайдың тұтқырлығының төмендеуіне және ығысу коэффициентінің жоғарылауына мүмкіндік береді (сурет 1.7). Сумен әрекеттескен кезде ісінетін сазды тау жыныстары бар өнімді қабаттарда қысымды ұстап тұру үшін суды айдау әдетте тиімсіз.

Газ СКҚ арқылы айдау сважиналарына айдалады, сақиналы кеңістік пакермен жабылады. Технология жиектің көлемі кеуектердің мұнайға қаныққан көлемінің 0,02–0,05 құрауы тиіс, концентрациясы 50-100 %. ҚҚҰ энергетикалық

тұрғысынан газды айдау-бұл суды айдауға қарағанда энергияны көп қажет ететін процесс. Газ бағанының гидростатикалық локализациясы аз-суға қарағанда шамамен 7-15 есе аз. Газдың үлкен сығылуына байланысты газдың қажетті көлемін төменгі қысымға дейін қысу керек. Нәтижесінде резервуарға газ айдау энергиясының шығыны артады.

Қабат қысымын ұстап тұратын газ конденсатты кен орындарын игеру. Газ конденсаты кен орындарын игеру кезінде конденсат беру коэффициентінің және көбінесе газ беру коэффициентінің жоғарылауына резервуарға құрғақ газ, су және көмірқышқыл газын айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұру арқылы қол жеткізуге болады.



Сурет 1.7 - Мұнайды сұйық пропанмен ығыстыру кезінде көмірсутектердің таралуы

1 - Мұнай; 2 - қабат мұнайы бар пропан қоспасының аймағы; 3 - таза пропан аймағы; 4 - құрғақ газы бар пропан қоспасы; 5 - газ

Резервуардағы көмірсутекті конденсаттың жоғалуын болдырмау үшін резервуардағы қысымды максималды конденсация қысымынан жоғары деңгейде ұстап тұру үшін құрғақ газды резервуарға қайтару сайклинг процесі деп аталады. Ол алғаш рет өткен ғасырдың 30-жылдарының соңында, екінші дүниежүзілік соғыс кезінде, мотор отындарын өндіруге шикізат ретінде сұйық көмірсутектерге деген қажеттілік күрт өскен кезде қолданыла бастады.

Сайклинг процесінің түрлері бар. Барлық бензинделген құрғақ газ (толық сайклинг-процесс) немесе іріктелген газдың барлық көлемінің 40-60%-ы (ішінара сайклинг-процесс) қабатқа қайтарылады, бұл ретте шоғырдағы қысым конденсация басталған қысым деңгейінде немесе одан жоғары ұсталады, конденсат кеуек кеңістікте түспейді, керісінше бетіне шығарылады; қабатқа түскен құрғақ газ ауыр компоненттерді ерітеді.

Уақыт өте келе конденсат-газ факторы азаяды, газды айдау конденсаттың төмен шығымдылығына байланысты газдың қайтарылуы тиімсіз болғанға дейін жалғасады, содан кейін кен орнын игерудің екінші кезеңі оның толық сарқылуына дейін қабаттық қысымды ұстап тұрмай газ ретінде басталады.

### 1.2.2 Мұнайды көміртектің қос тотығымен және карбонизацияланған сумен ығыстыру.

Қабатқа  $\text{CO}_2$  айдау-мұнай беруді арттырудың ең тиімді тәсілдерінің бірі. Көмірқышқыл газы, көмірсутекті еріткіштер сияқты, экстракцияның өте жоғары пайызын қамтамасыз етеді және олардың негізгі жетіспеушілігінен – қымбаттылығынан айырылады. Көмірқышқыл газының ( $\text{CO}_2$ ) молекулалық салмағы 44, яғни ауадан 1,5 есе ауыр, стандартты жағдайда оның тығыздығы  $1,95 \text{ кг/м}^3$  құрайды;

Бастапқы  $\text{CO}_2$  мұнаймен араласпайды. Алайда, коллектордағы шикі мұнаймен байланыс жасай отырып, ол одан көмірсутекті компоненттерді алады және осылайша мұнайда ериді. Мұнай мен  $\text{CO}_2$  араластырған кезде біз газ лифтіндегідей құбылысқа тап боламыз: май сұйық болып, оңай қозғалады. (сурет 1.8).



Сурет 1.8 -  $\text{CO}_2$  айдау схемасы

1 – қалдық мұнай аймағы; 2 – мұнай білігі/ығысу аймағы;  
3 –  $\text{CO}_2$  аймағы және су; 4 – су ағынын ығыстыру.

Осылайша,  $\text{CO}_2$  қолдану принципі резервуардағы сұйықтықтардың тұтқырлығының олардағы ерітілген көмірқышқыл газының мөлшеріне тәуелділігіне негізделген. Мысалы,  $\text{CO}_2$ -нің мұнайда еруі оның тұтқырлығын 10-500% және қысым мен температура сияқты параметрлерді төмендетеді. Бұл ретте ерітілген газы бар мұнайдың көлемдік коэффициенті 50% - ға дейін артады.

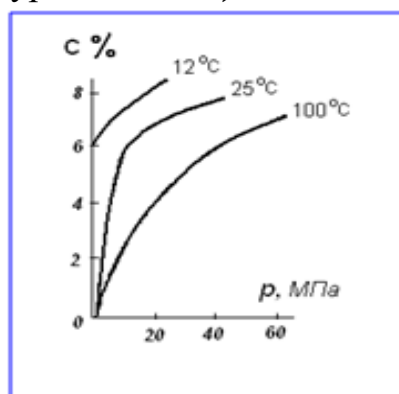
Мұнай көлемінің ұлғаюы мұнаймен айналысатын тері тесігі көлемінің өсуіне ықпал етеді, оның қозғалысына қолайлы жағдай жасайды. Тұтқырлықтың төмендеуі оның қозғалғыштығының артуына әкеледі. Осыған байланысты берілген мұнай беру коэффициентіне қол жеткізу үшін ығыстыру фазасының аз мөлшері жұмсалады. Жүйеде көмірқышқыл газы мұнай-су шекарасындағы беттік керілудің төмендеуіне әкеледі.

Осы факторлардың жиынтық әсері әдістің жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, көмірқышқыл газын айдау әдісінің бір кемшілігі бар.

Тұрақсыз қышқыл болып табылатын судағы газ ерітіндісі резервуардағы мұнайдың қозғалғыштығына қарағанда әлдеқайда көп қозғалғыштыққа ие, бұл ең алдымен, ығысу майданындағы тұтқыр тұрақсыздықтың нәтижесінде ығыстырушы агенттің мерзімінен бұрын бұзылуына әкеледі.

Мұнайды көмірқышқыл газымен ығыстырудың тиімділігі әсер ету коэффициентінің жоғарылауымен де, ығыстырумен де анықталады. Ауданы мен көлемі бойынша қамту коэффициентінің жоғарылауы капиллярлық сіңіруді жақсарту және су мен мұнайдың қозғалғыштығын теңестіру арқылы жүзеге асырылады. Көмірқышқыл газының мұнай мен суда жақсы еруі мұнай пленкасының тау жынысының бетінен бөлінуіне және жуылуына ықпал етеді, кеуекті ортаның сумен сулануын арттырады және осылайша мұнаймен қаныққан кеуекті ортаға судың капиллярлық сіңуіне ықпал етеді, нәтижесінде ығыстырылған мұнай мөлшері артады.

Көмірқышқыл газы суда өте жақсы ериді. Алайда, бұл процесс шектеулі. Оған қысым, температура және минералдану дәрежесі әсер етеді. Сонымен, тұрақты минералдану мен температурада қысымның жоғарылауымен судағы  $\text{CO}_2$  ерігіштігі артады. судың тұрақты минералдануы және температураның жоғарылауымен қысым кезінде процесс әртүрлі болады. Тұрақты қысым мен температурада минералданудың жоғарылауымен судағы  $\text{CO}_2$  ерігіштігі төмендейді. Нақты жағдайларға байланысты судағы көмірқышқыл газының ерігіштігі 20% жетуі мүмкін (сурет 1.9, 1.10).



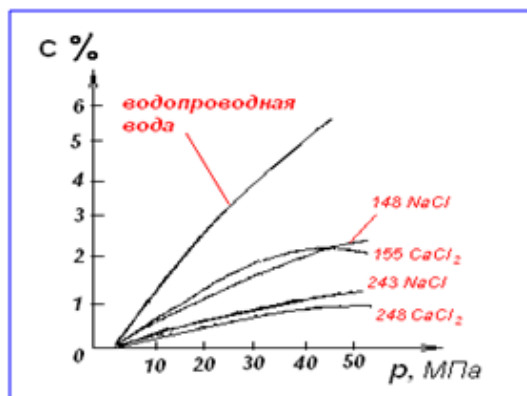
Сурет 1.9 - Суда ерігіштігі  $\text{CO}_2$  изотермалары

Көмірқышқыл газының сулы ерітіндісі тау жыныстарының карбонаттарымен әрекеттеседі, оларды ерітеді, ал коллектордың өткізгіштігі мен айдау ұңғымаларының сіңіру қабілеті артады.

Сонымен, мұнайдың құрамына, қысымға, қысымның жоғарылау дәрежесіне және температураға байланысты еріген  $\text{CO}_2$  мөлшерінің жоғарылауымен тұтқырлық 2-150 есе төмендейді, нөлдік  $\text{CO}_2$  құрамындағы

бастапқы деңгеймен салыстырғанда, ал тұтқыр майлар үшін аз тұтқырлыққа карағанда әлдеқайда көп.

Көмірқышқыл газы суда еріген кезде көмірқышқыл газы пайда болады, ол карбонатты жыныстармен (доломиттермен, карбонатты цементпен құмтастармен) әрекеттесіп, өткізгіштіктің кеуектілігінің өсуіне, осы жыныстардың гетерогенділік дәрежесіне әкеледі.



Сурет 1.10 - 20°C кезінде NaCl және CaCl<sub>2</sub> сулы ерітінділеріндегі CO<sub>2</sub> ерігіштігі

Жоғарыда қарастырылған тұтқырлықты төмендету және көмірқышқыл газын еріту кезінде мұнай көлемін ұлғайту механизмдері мұнай фазасының қозғалғыштығының артуына әкеледі, бұл мұнайдың ығысуын жеңілдетеді. Сонымен қатар, олар CO<sub>2</sub>-мен байланысқан кезде мұнай мен судың фазалық өткізгіштігінің жоғарылауы байқалады. Мұнай тұтқырлығының төмендеуі және осы сұйықтықтар көміртегі қос тотығымен байланысқан кезде судың тұтқырлығының артуы мұнайды ығыстыру кезінде осы параметрлер арақатынасының қолайлы өзгеруіне әкеледі. Осылайша, көмірқышқыл газы мұнаймен, сумен және кеуекті фазамен әрекеттескен кезде соңғысының физика-химиялық қасиеттерінің өзгеруіне әкеледі.

Аталған шектеулер резервуарда CO<sub>2</sub> жиегін газ тәрізді күйде құруды көздейтін технологияны қолданған жөн деп қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Газ тәріздес CO<sub>2</sub> айдау кезіндегі ең күрделі техникалық және технологиялық мәселелер-қойнауқатта көміртегінің қостотығы мұнайда еритін қысым жасау.

Сұйық және газ тәрізді қышқылды айдаумен салыстырғанда, карбонизацияланған Суды қабатқа айдау техникалық және технологиялық тұрғыдан CO<sub>2</sub> суда жақсы ерігіштігіне байланысты ерекше қиындықтар туғызбайды. Іс жүзінде карбонизацияланған судың құрамында 3-5% көмірқышқыл газы болуы керек.

Көмір қышқылын айдаудың технологиялық схемасы кен орнын кәсіпшілік жайластырудың қолданыстағы жалпы схемасына, атап айтқанда, су басудың қолданыстағы жүйесінің объектілерін пайдалануға негізделеді. Бұл жағдайда қолданыстағы су басу жүйесінің айдау құбырларын қолдана отырып, ұңғымаларға  $\text{CO}_2$  жіберуге немесе жаңа құбырлар салуға болады.

Көмірқышқыл газын айдаудың қандай да бір схемасын таңдау техникалық-экономикалық салыстыру нәтижелері негізінде әрбір кен орнына қатысты шешіледі.  $\text{CO}_2$  -ні айдау үнемі емес, мерзімді сорылатындығын ескере отырып, бірінші технологиялық схеманы қолдану экономикалық тұрғыдан тиімді болуы мүмкін. Екінші технологиялық схема металды көп қажет етеді және қымбат, бірақ бұл әдісті жүзеге асыруда үлкен қауіпсіздікті қамтамасыз етеді.

Қабатқа  $\text{CO}_2$  айдау режимі мөлшері мен түрі кен орнын игерудің технологиялық схемасының жобасымен анықталатын жиекті құру жағдайларына байланысты.  $\text{CO}_2$  қабатқа СКҚ бағанасы бойынша айдалады. Пайдалану колоннасын тоттанудан және қабатқа  $\text{CO}_2$  айдау кезінде пайда болатын жоғары айдау қысымынан сақтау үшін айдау ұңғымаларына пакеттеуші құрылғылар орнатылады.

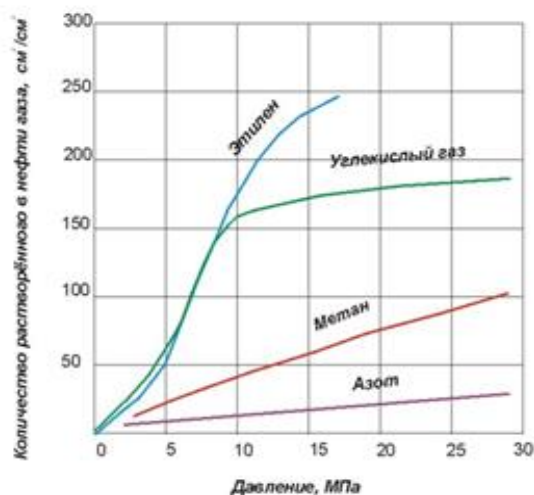
Ұңғыманың аузы  $\text{CO}_2$ -ні қабатқа айдау процесін бақылау үшін қажетті аспаптары бар типтік арматурамен жабдықталады. Көмірқышқыл газын айдау үшін қашықтан басқарылатын және автоматты қорғанысы бар арнайы қышқылға төзімді сорғылар қолданылады. Сорғы станциясының барлық технологиялық құбырлары 1:4 қор коэффициентімен қысымға есептелуі тиіс.

### **1.2.3 Қабатқа жоғары қысымды газдармен әсер ету**

Жоғары қысымы мен температурасы бар терең жатқан мұнай кен орындарын игеру кезінде аралас ығысуды жүзеге асыру үшін азотты пайдалануға болады. Соңғы уақытта көмірсутекті газдың тапшылығының артуына байланысты оны айдау үшін пайдалануда қиындықтар туындап отыр. Бұл жағдайда негізгі құрамдас бөлігі азот болып табылатын азот немесе отын (түтін) газдары әлеуетті агент бола алады.

Мұнайды азотпен ығыстыру процесінің тиімділігі терең кен орындарында жоғары қысымды қысымның пайда болуына, сондай-ақ аралас ығыстыру процесін жүзеге асыруға қолайлы жеңіл көмірсутек компоненттерінің-метан мен оның гомологтарының қабат майларының құрамына ықпал етуі мүмкін. Азотты мұнаймен араластыру қысымы 36-50 МПа құрайды (сурет 12), яғни көмірсутекті агентке қарағанда 24-42 МПа жоғары.

Қабатқа азотты жоғары қысыммен айдау кезінде ол қабаттан мұнайдың шығуына көмектесетін араластыру аймағын құра алады (1.11-сурет).



Сурет 1.11 - Газдардың мұнайдағы ерігіштігі 500 С температурадағы қысымға байланысты

Барлық тәжірибелерде байқалатын қабат моделінен шығатын өнімнің көмірсутекті компоненттері арасындағы арақатынастардың өзгеруі бірнеше процестің іске асырылғанын айғақтайды. Бірнеше процесс азотқа мұнайдың жеңіл компоненттерін, ең алдымен метан мен н-бутанды буландырудан тұрады, нәтижесінде мұнайдың ығысуы іс жүзінде көмірсутек компоненттері мен азот қоспасынан тұратын газ білігімен жүреді. Мұндай біліктің пайда болуымен ығыстыру процесінің жоғары тиімділігін түсіндіру қажет.

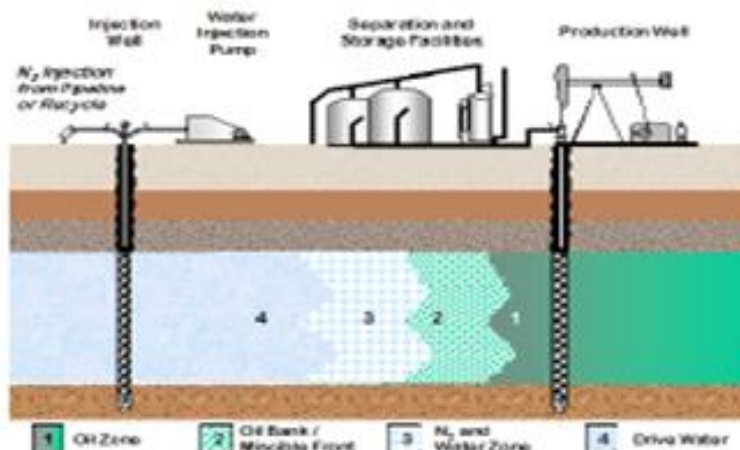
Шетелде азот мұнай мен конденсатты өндіруді арттыру жобаларында тапшы көмірсутек газын алмастырғыш ретінде кеңінен қолданылады. Қазіргі уақытта азот айдау әдісі бірқатар көрсеткіштер бойынша (қосымша өндірілген мұнай көлемі және т.б.) көмірсутек газы мен көміртегі қос тотығын айдаудан басып озды.

Осылайша, терең жатқан кен орындары бойынша нақты материалды талдауға сүйене отырып, жоғары қысымда азот айдайтын объектілер терең жатқан мұнай кен орындары, сондай-ақ өте жоғары қабат қысымдары бар кен орындары болуы мүмкін. Олардың резервуарлық майлары жеңіл болуы керек, құрамында көп мөлшерде жеңіл көмірсутекті компоненттер – метан және оның гомологтары болуы керек. Бірінші кезектегі объектілер табиғи режимдерде игерілуі мұнай берудің соңғы коэффициенттерінің төмендігіне алып келетін және арзан су басуды жүзеге асыру мүмкін болмайтын шоғырлар болады.

### 1.2.4 Түтін газдарын айдау.

Белгілі бір параметрлер бойынша мұнай өндіруді арттыру үшін түтін газдарын қолдану аясы өте кең, ал кейбіреулеріне (өткізгіштігі, кеуектілігі, резервуар сұйықтықтарымен қанықтылығы, қабат температурасы) шектелмейді.

Мұнай өндіруді арттыру үшін түтін газдары, әдетте, табиғи газды жағу нәтижесінде  $1 \text{ м}^3$ -ден алынады, ол  $9,4 \text{ м}^3$  газ тәрізді өнімдерден алынады. Түтін газдарында шамамен 85% азот және 15% көміртегі диоксиді бар. Шетелде мақсатты түтін газын алу құны табиғи газға қарағанда 2-3 есе арзан.



Сурет РВ. 1.12 - Азотпен араласқан орын ауыстыру

Азот пен түтін газдарын мұнаймен араластыру қысымы 36-50 МПа, яғни көмірсутекті агентке қарағанда 24-42 МПа жоғары. Сондықтан іс жүзінде араласпайтын репрессия режимі жиі жүзеге асырылады.

Көмірсутекті агенттер мен көміртегі диоксидінен айырмашылығы, түтін газының көзін айдау объектісіне жақын жерде қалыптастыруға болады, сондықтан ықтимал технологиялық схема ретінде негізгі тасымалдау элементінсіз өнеркәсіптік айдау схемасын қарастыруға болады.

### 1.2.5 Мұнай қабатына су-газ әсері

Газ бен суды кезең-кезеңмен айдауды қолдану техникалық суды айдаумен салыстырғанда ығыстыру коэффициентін 10-20% - ға арттыруға мүмкіндік береді. Бұл әдісті өнеркәсіптік енгізу кезінде өндірілетін өнімнің сапасы нашарламайды, керісінше, газ мұнайдың жеңіл фракцияларымен байытылады, мұнай дайындау процесінде қосымша қиындықтар туындамайды.

Жоғары қысыммен айдалған газ қабаттағы мұнаймен ериді, бұл оның тұтқырлығын төмендетеді. Қойнауқаттық мұнайдың тұтқырлығы 25 МПа қысыммен иод газын айдау кезінде шамамен 1,5 есе азаяды, сондықтан суды одан әрі айдау кезінде мұнайдың ығысуы жақсарады. Ромашкин кен орны жағдайында бұл газ-су шекарасына қарағанда мұнай-су шекарасында аз фазалық кернеуге байланысты болады. Газдың бір бөлігін одан әрі айдау кезінде соңғысы салыстырмалы майды суға қарағанда жақсы ығыстырады. Айдалатын газ бен қабаттағы мұнайдың өзара әрекеттесу аймағының кеңеюіне байланысты қабат қысымы біртіндеп төмендейді, нәтижесінде газ көпіршіктерінің кеңеюі және мұнайдың жақсы ығысуы орын алады. Демек, газ бен суды мезгіл-мезгіл айдау кезінде мұнайдың фазалық өткізгіштігі артады. Гравитациялық күштердің өзара әрекеттесуі нәтижесінде қабат төбесінің өткізгіштігі төмен болған кезде газ жоғарғы жағынан, ал су қабаттың төменгі жағынан өтеді. Мұнай өндірудің ұлғаюы мұнай қабатының қаңқасының сулану сипатымен де түсіндіріледі: әлсіз өткізгіштікке қарағанда оның жоғары өткізгіш бөлігінің салыстырмалы гидрофобтылығы.

Осылайша, газды және суды мезгіл-мезгіл айдау арқылы мұнайды ығыстыру дамудың басында да, суланғаннан кейін де мұнай өндіруді арттырудың тиімді әдісі бола алады.

Еріген газ бен мұнайды ескере отырып, әр цикл үшін қысым мен қысымның жоғарылауымен мезгіл-мезгіл газ бен су айдау кезінде қабаттың жағдайында әсер етілетін қабаттың кеуек көлемінің орташа 1-3% айдау керек, цикл ұзақтығы 1 -2 ай, айдалған газдың жалпы көлемі қабаттың кеуекті көлемінің 15-25% құрайды.

Концерн "Шелл" көптеген жылдар бойы еріген газды су басу әдістерін әзірлеу және енгізу бойынша жұмыс істейді. [ПВ12]. Бұл технология мұнай өндіруді арттыру тұрғысынан тікелей үлкен мүмкіндіктер ашады. Сонымен қатар, оны қолдану коллекторда қышқыл және ластанған газ болған кезде кен орындарын игеру тиімділігін арттырады. Бұл айдың маңызды артықшылығы оның экологиялық таза болуы болып табылады, өйткені еріген  $\text{CO}_2$  айдау кезінде атмосфераға осы газдың шығарындылары азаяды.

Ерітілген газды айдаумен су басу әсіресе резервуардағы қысымды ұстап тұру және мұнай өндіру деңгейін арттыру үшін тиімді. Мұнайға қатысты газ тек еріткіш ретінде әрекет етеді: нәтижесінде алынған ерітінді оның тұтқырлығын төмендетеді және сұйықтықты арттырады. Әдетте метан (кейде жеңіл көмірсутектермен байытылған), сұйытылған газ, азот және ең бастысы көмірқышқыл газы сияқты газдар қолданылады. Бұл әдіс белгілі, бірақ көбінесе таңдалған кен орнына жеткізу үшін ыңғайлы орналасқан арзан газ көзін табу өте қиын.

Көмірқышқыл газының аралас су тасқыны кезінде еріген газ ретінде қолданылуының екі негізгі себебі бар. Біріншіден, көмірқышқыл газы мұнай өндіруді ынталандыратын өте тиімді реагент болып табылады және өндіріс деңгейін жоғарылату саласында жақсы көрсеткіштерге ие. Екіншіден,  $\text{CO}_2$  қолдану атмосфераға көмірқышқыл газының шығарындылары әсер ететін климатқа теріс әсерді азайтуға мүмкіндік береді. Мұнда «Шелл» компаниясының көмірсутек газын еріген газ ретінде мұнай өндіруді жақсарту және көміртегі диоксидін ұстап қалу мен жерасты қоймасында сақтау технологияларын дамытуға арналған ғылыми-зерттеу бағдарламаларының көптеген ұқсастықтары бар екенін атап өткен жөн.

Геологиялық қабаттарда көмірқышқыл газын сақтауды зерттеу кезінде алынған көптеген нәтижелерді 1960 жылдардан бері жүргізіліп келе жатқан ерітілген көмірқышқыл газын айдау арқылы су басу негізінде МУН-да қолдануға болады. Осы екі бағыттағы жетістіктер едәуір дәрежеде бірқатар сабақтас салалардағы жетістіктерге негізделеді, атап айтқанда: газды бөлу, жер қойнауын пайдалану технологиялары, ұңғымаларды жобалау және салу, коллектор параметрлерін зерттеу және бақылау. Игеріліп жатқан кен орнынан тыс көздерден көміртегі қос тотығының мұнай беруін арттыру мақсатында пайдалану үшін зор әлеует бар. Ең алдымен, біз электр энергиясын өндіру кезінде пайда болатын  $\text{CO}_2$  көлемдері туралы айтып отырмыз. «Шелл» компаниясының мамандары өмірлік маңызды екі бағыттағы жетістіктерді біріктіріп, оларды энергетика мен қоғам мүдделерінің қызметіне орналастыруға тырысады.

Соңғы 50 жыл ішінде «Шелл» мамандары еріген газ - көмірқышқыл газын енгізу арқылы су басудың жаңа технологияларын құру және енгізу бойынша көп жұмыс істеді. 1972 жылы олар АҚШ-тың Солтүстік Кросс кен орнындағы Пермь бассейніндегі коллекторды суландырудың әлемдегі алғашқы өнеркәсіптік схемаларының бірін жүзеге асырды.

Осы жобаның нәтижесінде қабаттан мұнайдың кем дегенде 50% -ы алынды. Кейіннен Пермь бассейнінде, Денвер блогы, Уассон кен орнында көміртегі қос тотығын айдау арқылы әлемдегі ең ірі кешенді су басу жобасы жүзеге асырылды. Бұл жоба үшін табиғи көмірқышқыл газы Колорадо штатында 800 км қашықтықта орналасқан әлемдегі ең танымал таза көмірқышқыл газының ең үлкен қоры МакЭлмо-ден жеткізілді. Осы маңызды жобадағы мұнай өндіру коэффициенті 20% - ға өсті.

1985-2000 жылдар аралығында Денвер блогына күн сайын шамамен 400 миллион ас қасық көмірқышқыл газы айдалды, бұл бізге қосымша 120 миллион баррель мұнай алуға мүмкіндік берді. Бірақ бұл бүкіл тарих емес, тек тарих, ал егер қаласаңыз бұл бастамасы. Неге десеңіз, 2000 жылы Shell мамандары Пермь

су қоймасының табиғи энергиясын белсендіре алды, олардың артында 30 жыл ішінде мұнайдың шығуын арттыру үшін еріген көмірқышқыл газын айдау арқылы су тасқынын сәтті қолданды. Бүгінде компания жинақтаған тәжірибені және жасаған технологияларды мұнай беруді ұлғайту жөніндегі жаңа жобаларды іске асыру үшін ғана емес, сондай-ақ көмірқышқыл газын ұстап алу және сенімді жерасты сақтауды қамтамасыз ету жөніндегі техникалық міндеттерді шешу үшін де пайдаланады.

Ерітілген қышқыл газды айдаумен аралас су басуды қолданудың көп жылдық тәжірибесі PDO компаниясы жоғары күкіртті көмірсутектерді өндірудегі ынтымақтастық бағдарламасы шеңберінде табысты қолданылады. Мысал ретінде Омандағы Харвилл кен орындарының тобын келтіруге болады, онда 60-тан астам ұңғымалар бұрғыланды, олар шамамен 100 м-ге дейін карбонатты ядролардың болуымен сипатталады. 2,5–5 км тереңдікте орналасқан карбонатты жыныстардың бұл қабаттары тұз қабығына салынып, құрамында жеңіл күкірт майы бар. Жобаның бірінші кезеңінде, өндіру деңгейі тәулігіне шамамен 18 000 баррельге жеткен кезде, Залзал кен орнында ерітілген қышқыл газды айдаудың тиімділігін тексеру үшін құрамында 3-4% күкіртсутегі және 10-15% көміртегі қос тотығы бар ерітілген газды айдау жүргізілді.

Статикалық және динамикалық мәліметтердің үлкен массиві жиналды және талданды, бұл коллектордың негізгі параметрлерін бағалауға мүмкіндік берді, мысалы, оның бөлінуі, тік гетерогенділігі, көлденең үздіксіздігі, аумақты суландыру және жұмыс агентімен қанықтыру.

«Шелл» компаниясының мамандары еріген газдарды қолдану арқылы МУН тиімділігін арттыру бойынша күш-жігерін жалғастыруда, өйткені бұл әдістер мұнай өндіруді күшейту және көмірқышқыл газын бөліп алу тұрғысынан үлкен әлеуетке ие. Зерттеулер аумақты су басумен қамтуды арттыруға және көміртегі қостотығы мен басқа да ерітілген газдар ағындарын, атап айтқанда, газ көбігін қолдану есебінен толық бақылауды қамтамасыз етуге бағытталған олар таза газдармен ғана емес, сонымен қатар құрамында күкірт сутегі мен көмірқышқыл газы бар қоспалармен де жұмыс істейді. Бұл зерттеулер бүкіл әлемде ластанған газдардың үлкен қорларын игеруге жол ашады.

### **1.3 Тарау бойынша қорытындылар**

1. Көмірсутекті газдарды қолданудың артықшылықтары бар, өйткені мұнайда газдың жақсы ерігіштігі қабаттағы мұнайдың тұтқырлығының төмендеуіне және ығысу коэффициентінің жоғарылауына мүмкіндік береді. Сумен әрекеттескен кезде ісінетін сазды тау жыныстары бар өнімді қабаттарда қысымды ұстап тұру үшін суды айдау әдетте тиімсіз.

2. "Теңізшевройл "компаниясы" ылғалды газды айдау "(закачка сырого газа ЗСГ) және" екінші буын зауыты " (2008 жылы) аяқталған кеңейту жобаларынан кейін тәулігіне 600 мың баррель қуатына жетті. Кеңейту нысандары планетадағы ең ірі және технологиялық тұрғыдан күрделі инженерлік жобалардың бірі болып табылады. ШГА объектілері әлемдегі ең жоғары қойнауқаттық қысым және күкіртсутектің ең жоғары пайыздық құрамы жағдайында қойнауқатқа газ айдайтын компрессорды пайдаланады. Екінші буын зауыты шикі газ бен мұнай дайындау бойынша әлемдегі ең ірі бірыңғай технологиялық желі болып табылады.

3. Теңіз кен орнының геологиялық-физикалық жағдайында газды айдау әдісінің артықшылығы аралас ығыстыруды жүзеге асыру мүмкіндігі болып табылады, оның нәтижесінде бірлікке жақын ығыстыру коэффициентінің мәніне қол жеткізіледі. Осының арқасында қалпына келтіру факторының жоғары мәніне қол жеткізіледі. Сонымен қатар, айдалған газ қабаттағы мұнайды ығыстыра отырып, салыстырмалы түрде тығыз айырмашылықтарға енеді. Газ айдаудың тағы бір маңызды артықшылығы - өндірілген шикі газдың маңызды бөлігін пайдалану мүмкіндігі, бұл газды күкіртті сутектен, күкірттен және сұйытылған көмірсутек газдарынан тазартылатын газ өңдеу зауытының қажетті қуатын едәуір төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл газ өңдеу зауытының қуатын кеңейтуге жұмсалатын шығындарды едәуір қысқартуға мүмкіндік береді.

4. Қазіргі уақытта мұнай өндірудің көп бөлігі кен шоғырының борттық бөлігінен жүзеге асырылады-жылдық 55% (жинақталған 52%), платформалық бөлігінен жылдық 26% (жинақталған 33%) өндірілді. Өндірістің аз бөлігі кен орнының көлбеу аймақтарына түседі. 01.08.09 жағдай бойынша мұнай шоғыры ауданы бойынша орташа өлшенген қаттық қысым. бұл 67,9 МПа құрайды, бұл бастапқы деңгейден 14.4 МПа аз. Бұл ретте қаттық қысымның ең көп төмендеуі шоғырдың платформалық бөлігінде (25 МПа және одан астам) байқалады.

5. Қабатқа CO<sub>2</sub> айдау-мұнай беруді арттырудың ең тиімді тәсілдерінің бірі. Көмірқышқыл газы, көмірсутекті еріткіштер сияқты, алудың өте жоғары пайызын қамтамасыз етеді және олардың негізгі жетіспеушілігінен – қымбаттығынан айырылады. Көмірқышқыл газының (CO<sub>2</sub>) молекулалық салмағы 44, яғни ауадан 1,5 есе ауыр, стандартты жағдайда оның тығыздығы 1,95 кг/м<sup>3</sup>; бастапқы CO<sub>2</sub> мұнаймен араласпайды. Алайда, коллектордағы шикі мұнаймен байланыс жасай отырып, ол одан көмірсутекті компоненттерді шығарады және осылайша мұнайда ериді. Мұнай мен CO<sub>2</sub> араластырған кезде біз газ лифтіндегідей құбылысқа тап боламыз: май сұйық болып, оңай қозғалады.

6. Белгілі бір параметрлер бойынша мұнай өндіруді арттыру үшін түтін газдарын қолдану аясы өте кең, ал кейбіреулеріне (өткізгіштігі, кеуектілігі, резервуар сұйықтықтарымен қанықтылығы, қабат температурасы) шектелмейді.

Мұнай өндіруді арттыру үшін түтін газдары, әдетте, табиғи газды жағу нәтижесінде  $1 \text{ м}^3$ -ден алынады, ол  $9,4 \text{ м}^3$  газ тәрізді өнімдерден алынады. Түтін газдарында шамамен 85% азот және 15% көміртегі диоксиді бар. Шетелде мақсатты түтін газын алу құны табиғи газға қарағанда 2-3 есе арзан.

7. Жоғары қысымы мен температурасы бар терең жатқан мұнай кен орындарын игеру кезінде аралас ығысуды жүзеге асыру үшін азотты пайдалануға болады. Соңғы уақытта көмірсутекті газдың тапшылығының артуына байланысты оны айдау үшін пайдалануда қиындықтар туындап отыр. Бұл жағдайда негізгі құрамдас бөлігі азот болып табылатын азот немесе отын (түтін) газдары әлеуетті агент бола алады.

#### **1.4. Таңдау мақсаты және зерттеу міндеттерін белгілеу**

Жұмыстың мақсаты құрғақ көмірсутекті газдардың жиегін айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұру және өндіру ұңғымаларының түп аймағына құрғақ көмірсутекті газдарды айдау арқылы әсер ету арқылы қабаттардың мұнай беруін арттыру болып табылады.

Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешілді:

- көмірсутекті газдардың жиегін айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процесінің заңдылықтарын белгілеу;
- көмірсутекті газдарды айдау арқылы өндіру ұңғымаларының түп аймағына әсер етудің технологиялық процесінің заңдылығын белгілеу;
- қабат қысымын ұстап тұру және мұнай қабаттарына көмірсутекті газдарды айдау арқылы өндіру ұңғымаларының түп аймағына әсер ету технологияларын жетілдіру жөнінде ұсынымдар әзірлеу.

## **2. Әсер етудің технологиялық процестерін зерттеу көмірсутекті газдармен мұнай қабаттарына**

Тарауда қабат қысымын ұстап тұрудың және көмірсутек газдарын айдау арқылы өндірілетін ұңғымалардың түп аймағына әсер етудің технологиялық процестерін зерттеу нәтижелері ұсынылған.

### **2.1. Жеңіл мұнай жиегімен көмірсутекті газдарды айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұрудың технологиялық процесінің заңдылықтары**

Қазіргі уақытта Каспий маңы бассейнінің карбонатты коллекторларын әзірлеу негізінен көмірсутек газын айдау арқылы қабат қысымын ұстап тұру арқылы жүзеге асырылады. Бұл кен орындарының геологиялық-физикалық жағдайында шикі газ айдау әдісінің артықшылығы аралас ығыстыруды жүзеге асыру мүмкіндігі болып табылады, оның нәтижесінде бірлікке жақын мұнайды ығыстыру коэффициентінің мәніне қол жеткізіледі.

Қазіргі уақытта Теңіз кен орнында стратиграфиялық объектінің 1-платформалық бөлігінде ілеспе-өндірілетін газдың бір бөлігін кері айдауды көздейтін игеру нұсқасы іске асырылуда. Кен орнын игеру кезінде ШГА (шикі газды айдау) іске асырылды, сонымен қатар қосымша геологиялық және кен орындары туралы ақпарат алынды: ұңғымаларды каротаждау нәтижелері, қабат қысымының динамикасы және мұнай мен газ өндірісінің дамуы туралы мәліметтер, сонымен қатар ағынының жылдамдығы және шикі газды кері айдау көлемі. Алынған ақпарат шикі газды айдауды мұнайды іріктеудің неғұрлым жоғары қарқынын қамтамасыз етуге және қабаттың мұнай беруін арттыруға, әсіресе мұнайды газбен араластыратын ығыстыру жағдайларында, қабатқа әсер етудің тиімді тәсілі ретінде қолдану мүмкіндігі мен орындылығын растайды.

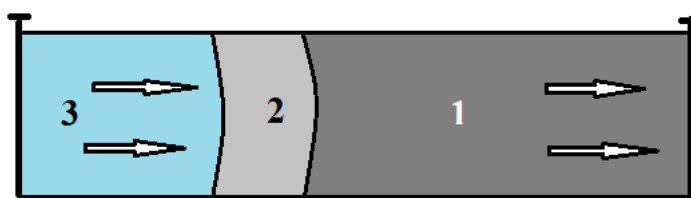
Кен орнында шикі газды айдау жобасын іске асырудың бастапқы кезеңінде алынған нәтижелер мынаны көрсетті. Біріншіден, шикі газды айдау жұмысының нәтижелері бүгінгі күні платформаның солтүстік бөлігіндегі қабат-коллекторлардың өнімділік сипаттамалары газды жоспарланған көлемде айдау үшін жеткілікті екенін көрсетті.

Екіншіден, мұнайды газбен тік ауыстыру коэффициенті болжамдарға сәйкес келетіндігінің алғашқы оң белгілері пайда болды. Газдың алғашқы жарылыстары болған жоқ. Шикі газды айдау басталғаннан бері шамамен алты ай өткен соң, 318 ұңғымасында мұнайдың газ құрамының жоғарылауы байқалды, бұл гидродинамикалық модельдеу нәтижелеріне сәйкес келеді. 5646 газ айдау ұңғымасынан 100 метр қашықтықта орналасқан 220 бақылау ұңғымасында газға қанықтылықты анықтау үшін бұрғыланған ұңғымада каротаж жүргізілді.

Каротаждық диаграммадан айдалатын газ салыстырмалы түрде жоғары газ өткізгіштігі бар шағын аралықтарда шоғырланудың орнына зерттелген аралықтың көп бөлігінде бар екенін көруге болады. Бұл бақылау гидродинамикалық модельдеу нәтижелері негізінде жасалған ығыстыру тиімділігінің болжамына сәйкес келеді.

Алайда, тәжірибе көрсеткендей, резервуардағы қысымды ұстап тұрудың қолданыстағы әдісімен өндірілетін мұнайдың газ мөлшері артады. Бұл байланысты, мұнайды тікелей газбен ығыстыру процесінде оның ең аз қарсыласу жолында сынуы және кен орнының ауданы мен биіктігі бойынша жоғары өткізгіштігі бар. Қабат қысымын ұстап тұру әдісінің бұл кемшілігін шикі газды айдағыш шөгінділер арқылы айдамас бұрын мұнайдың жеңіл фракциясының жиегін айдау арқылы жоюға болады. Мұнайдың жеңіл фракциясын өнеркәсіптік жағдайда газсыздандырылған мұнайдан қарапайым айдау арқылы алуға болады.

Ұсынылған технологияның мәні мен жаңалығы-мұнай қабатындағы айдау ұңғымалары арқылы 1 (сурет...) мұнайдың 2 жеңіл фракциясын, содан кейін - шикі газды 3 рет айдайды. Мұнайды резервуардан шығару басында тығыздығы бір-біріне жақын болатын мұнайдың жеңіл фракциясы арқылы жүзеге асырылады және мұнай қабаттары арқылы жеңіл фракцияның жарылуы болмайды. Мұнайдың жеңіл фракциясы мұнайдың жеңіл фракциясының жиегін ығыстырады. Олардың тығыздығының шамалы айырмашылығына байланысты, газ серпінділігі жоғары өткізгіштігі бар қабаттар арқылы және өндіруші ұңғымаларға жылжуға ең аз төзімділік жолында болмайды.



Сурет 2.1 - Мұнайды көмірсутегі газдарымен және жеңіл мұнай бөлігімен ығыстыру сызбасы

1 - мұнай; 2 – жеңіл мұнай бөлігі; 3 – көмірсутекті газдар аймағы.

Сонымен қатар, газды айдау нұсқасы ең арзан болып табылады, суды айдау нұсқасымен салыстырғанда күрделі шығындарды 6,1 млрд АҚШ долларына азайтады.

Алайда, суды айдау нұсқасы қазіргі уақытта экономикалық тұрғыдан мақсатқа сай емес болғанына қарамастан, бұл болашақта қосымша қарастыруға және зерттеуге тұрарлық, өйткені бұл қалдық өндірісті 3-4% арттыруға мүмкіндік береді.

Стандартты жағдайларда айдалатын газдың қажетті көлемі ( $\text{м}^3 / \text{тәу}$ ):

$$V_{\text{гсм}} = 1,3 \frac{V_{\text{пп}} P_{\text{п}} T_{\text{о}}}{z P_{\text{о}} T_{\text{п}}} \quad (2.1)$$

$$V_{\text{гсм}} = 1,3 V_{\text{пл}} \frac{P_{\text{пл}}^{-T_{\text{гсм}}}}{z P_{\text{о}} T_{\text{пл}}} \quad (2.2)$$

Мұнда  $V_{\text{пл}}$  - көлем, қабаттан мұнай, газ және су алу есебінен босатылған және оған газ айдау қажет,  $\text{м}^3 / \text{тәу}$ .

Ұңғыманың блоктау қабілетін ( $\text{м}^3 / \text{тәу}$ )  $q_{\text{гсм}}$  оған газ айдау кезінде (стандартты жағдайда) формула бойынша есептеуге болады:

$$q_{\text{гсм}} = c * (P_{\text{пл}}^2 - P_{\text{заб}}^2) \quad (2.3)$$

Мұнда  $c$  - пропорционалдылық коэффициенті, ( $\text{м}^3 / \text{тәу} * \text{МПа}^2$ ) Айдау ұңғымаларының саны:

$$n = \frac{V_{\text{гсм}}}{q_{\text{гсм}}} \quad (2.4)$$

Осылайша, бұл жағдайда мұнайды тауарлық сапаға дайындау сатыларының параметрлері мен санын анықтайтын негізгі факторлар болады:

- жинау жүйесіндегі қалыптан тыс жоғары қысым және айтарлықтай газ құрамы (3-4% - дан астам мөлшерде су пайда болған кезде үш технологиялық сатыда газ бөлуді қажет етеді) үш фазалы бөлу әдісімен I сатыға "бос суды" шығару мүмкіндігі бар);

- күкіртсутегі өнімінің 17% - ға дейінгі жоғары құрамы және төменгі меркаптандар (тауарлық мұнайды қаныққан булардың қалдық қысымына 500 мм сынап бағанасынан төмен жеткізе отырып, булау бағанасында 20 ppm - ден аспайтын күкіртсутектің қалдық құрамына дейін тұрақтандыру жүргізуді және метил-және этилмеркаптандарды бөлуді талап етеді);

- өнімде әр түрлі көздер бойынша минералдануы 110-нан 180 г/л-ге дейінгі каттық судың болуы (технологиялық схемаға шикізатты тұщы жуу суымен жуу арқылы электрмен тұзсыздандырудың технологиялық схемасына қосуды талап етеді);

- кен орнының тауарлық мұнайын сату негізінен экспорттық құбырлар жүйесі (КТК) арқылы жүзеге асырылады, сондықтан ол теңіз танкерлеріне құюға қойылатын талаптарға дейін дайындалуы керек (ГОСТ 9965-76 сапасының 1-ші тобынан төмен емес).

Мұнай дайындаудың технологиялық схемаларының нұсқалары қазақстандық, сондай-ақ шетелдік жабдықтардың технологиялық жабдығын қолдану арқылы іске асырылуы мүмкін.

Бұл ретте кен орнын толық дамытуға тауарлық мұнайды дайындау бойынша жылына шамамен 17-18 млн. т қуаты болуы қажет, оларды салуды жылына 5-7 млн. т үш кешенмен жүзеге асыру орынды.

Осы технологиялық объектілерді іске асыру кезінде келесі шарттар орындалуы керек:

- өнімді кіріс арқылы бөлу тауарлық мұнайдағы тұздың құрамын бақылау үшін мұнайды сумен жуу мүмкіндігімен үш сатыда жүзеге асырылады

- қыздыру құрылғыларының қажеттілігі мен қуаты нақты жағдайларға арналған есептеумен анықталады;

- тұщы сумен шаю: жуу суының мөлшері мен араластыру түрі мұнайды дайындау үшін нақты жағдайлар мен өндіріс қуатына байланысты анықталады;

- тұзсыздандыру қажетті қуат және қажетті болу уақыты бойынша іріктелетін, мұнайдағы хлорлы тұздардың қалдық құрамын тауарлық мұнайдың 100 мг/л-ден аспайтын және қалдық судың 0,5% - дан кем болуын қамтамасыз ететін қарапайым немесе электростатикалық үлгідегі электродегидраторларда жүргізіледі. Дренажды су сатылары өнімді кәсіпшіліктен тұщыландыру үшін пайдаланылады немесе су тазарту секциясына түседі.

## **2.2 Көмірсутекті газдарды айдау арқылы өндіру ұңғымаларының түп маңы аймағына әсер етудің технологиялық процесінің заңдылықтары**

Өндіру ұңғымаларынан мұнай алу процесінде мұнай ағыны терригенді жыныстардың қуыстары арқылы ұңғыма түбіне келетіндігі анық. Алайда, осы қуыстардағы капиллярлық қысым мен беттік кернеудің әсерінен, әдеттегі жағдайда мұнайдың белгілі көлемі осы қуыстарда қалып қояды.

Математикалық моделдің көмегімен жыныстардағы қуыстар мен капиллярлық матрицадан мұнайды көмірсутекті газдарымен ығыстыру процесін сипаттауға болады. Бұл кезде кішкентай қуыстардағы және капиллярлық матрицадағы қалдық мұнайға әсер ететін күштер баланысын ескеру керек. Олар: көмірсутекті газдардың қысым күші, қалдық мұнайдың тартылу күші, архимед күші, қалдық мұнайдың жыныстың бетіне үйкеліс күші қатарлылар болуы мүмкін.

Ұңғы маңы мұнай қабатына көмірсутекті газдармен әсер етудің жаңа тәсілін ұсыну. Қабаттың түпкі аймағына жоғары қысымда көмірсутекті газдарымен айдау арқылы жыныстардың ішкі қуыстарындағы қалдық мұнайды өндіру ұңғымаларының түбіне қарай итеру арқылы өндіріп алуға мүмкіндік береді. Көмірсутекті газдардың мұнайлы қабатқа әсер етуі қабаттың қысымы мен мұнайдың құрамына байланысты мұнай бергіштігін арттыратын әдіс болып саналады .

Мұнайлы қабатқа көмірсутекті газдарымен әсер ету арқылы мұнайды итеруді жүзеге асыратын себептер:

– қабаттағы мұнайдың жеңіл фракциясының газға айналуы және егер қысым жоғары болса олардың араласуын тудыру;

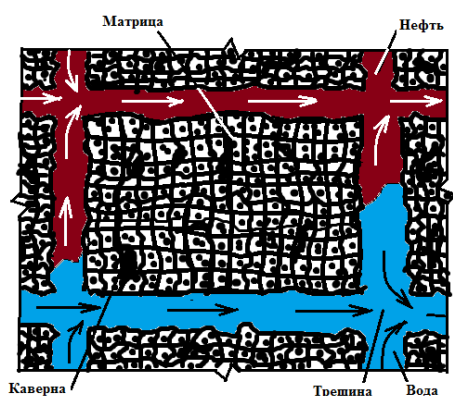
– коллектордың бос бөлігін арзан газдармен толтыру арқылы газ-қысымды режимді қамтамасыз ету.

Осыған байланысты, азот мұнайға қарағанда тығыздығы төмен және газ болғандықтан, жоғары қысымда қуыстар мен капиллярлық матрицаға интенсивті түрде еніп, олардан қалдық мұнайды қуыстардың бойымен өндіру ұңғымаларына қарай ығыстырады деуге болады. Сол себепті, жоғары қысымда қуыстарда қалдық мұнайды көмірсутекті газдарымен итеру барысы мұнай мен газдың тығыздығының әртүрлі болуы себебінен жүзеге асады.

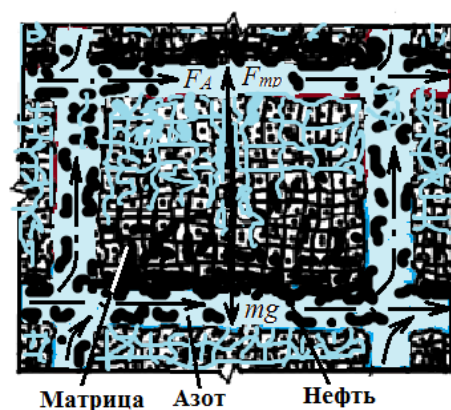
Мұнайлы шоғырларға көмірсутекті газдарын айдауды жүзеге асыру әрдайым айдауды басқару және өндіру қорындағы жұмыстарға мониторинг жасау бойынша кешенді іс-шаралармен жүргізілетінін айта кеткен жөн. айдалатын агенттің дер кезінде табылуы және айдаған кезде сыртқа кетуін алдын алу, айдау үрдісін, газ қосылыстарын айдаған кезде қатынастарының өзгеруін реттеу үшін көмірсутекті газдарды концентрациялаудағы өнімнің құрамын зерттеу қажет болады. Қабат қысымын ұстап тұру үшін көмірсутекті газдарды қолданудың ерекшелігі кенорны ұңғымаларының жобалық қорын орналастыруда өзгерістер енгізілуі мүмкін.

Ұңғыма жұмыс істеп тұрған кезде, ең алдымен, тау жыныстарының матрицалары арасындағы жарықтар мен қуыстардан мұнай ағыны пайда болады.(сурет) Әр матрицаның ішіндегі ұсақ тесіктерде орналасқан мұнай капиллярлық күшпен және беттік керілумен ұсталады және қалыпты жағдайда мұнайдың едәуір бөлігі кен орнынан алынбайды. Мұнай өндірілген кезде матрицалар арасындағы жарықтар мен қуыстар плантациялық сумен толтырылады. Бұл ретте өндірілетін мұнайдың сулануы күрт артады. Мұндай көрініс көптеген кен орындарындағы ұңғымаларда пайда болады.

Көмірсутекті газдарды қабаттың төменгі шұңқыр аймағына айдау тау жыныстарының ішкі қуыстарынан мұнайдың едәуір бөлігін алуға және оны өндіруші ұңғыманың түбіне жіберуге мүмкіндік береді (сурет- а). Бұл мұнайға қарағанда төмен тығыздығы бар көмірсутекті газдар матрицаның ұсақ тесіктері мен капиллярларына еніп, олардан майды жарықтар мен қуыстарға ығыстыра бастайды. Мұнайды кеуектер мен капиллярлардан азотпен шығару мұнай мен газ тығыздығының айырмашылығына байланысты жүреді.



а)



б)

Сурет 2.1 - Тау жынысы (а) матрицасының кеуектері мен капиллярларындағы қалдық мұнайдың орналасу схемалары және мұнайды кеуектер мен капиллярлардан көмірсутекті газдармен ығыстыру процесі.

Бұл процесс матрицаның ұсақ кеуектері мен капиллярларындағы мұнай бөлшектеріне әсер ететін күштердің тепе-теңдігіне негізделген:  $mg$  мұнай бөлшектерінің ауырлық күші,  $F_A$  Архимед күші және мұнай бөлшектерінің  $F_{mp}$  үйкеліс күші тау жынысы бетіне. Сонда біз мынаны аламыз:

$$F_{mp} + F_A - mg = 0 \quad (2.5)$$

Ньютон заңына сәйкес тау жынысы бетіндегі мұнай бөлшегінің үйкеліс күшінің модулі тең болады.

$$F_{mp} = -\mu S dv / dr, \quad (2.6)$$

Мұнда  $S = 2 \pi r_o l$  - кеуектер мен капиллярлар қабырғасының ауданы,  $r_o$  және  $l$  - тиісінше, тері тесігі мен капиллярлардың радиусы мен ұзындығы;  $v = v_o (1 - r / r_o)$  -  $r$  кеуектер мен жарықтар радиусы бойымен жылдамдықтың өзгеруіне тәуелділік.

Матрицалардың тесіктері мен жарықтары арқылы мұнайдың сүзу жылдамдығының градиент мәндерін анықтаймыз  $r = r_o$  :

$$dv / dr = d / dr [v_o(1 - r / r_o)] = v_o(1 - 2r / r_o) \big|_{r=r_o} = -2 v_o / r_o. \quad (2.7)$$

Алынған  $S$  ауданы мен  $dv / dr$  градиентінің өрнектерін бастапқы формулаға ауыстыру арқылы біз аламыз.

$$F_{mp} = -\mu 2 \pi r_o l (-2 v_o / r_o) = 4 \pi \mu l v_o. \quad (2.8)$$

Архимед күшінің модулі өрнекке ие

$$F_A = \rho_a V g = \pi r_o^2 l \rho_a g \quad (2.9)$$

Ауырлық модулі

$$mg = \rho_n Vg = \pi r_o^2 l \rho_n g \quad (2.10)$$

Балансы күштер

$$4 \pi \mu l v_o + \pi r_o^2 l \rho_a g - \pi r_o^2 l \rho_n g = 0 \quad (2.11)$$

Қажетті шамаларды қысқартқаннан кейін біз жазамыз:

$$4 \mu v_o + r_o^2 \rho_a g - r_o^2 \rho_n g = 0 \quad (2.12)$$

Осы жерден Сұйықтық пен газдың тығыздығының айырмашылығына байланысты матрицалар ішіндегі мұнайдың қозғалу жылдамдығын анықтауға болады:

$$v_o = r_o^2 g (\rho_n - \rho_a) / (4 \mu) \quad (2.13)$$

Матрицаның l қалыңдығын анықтау арқылы мұнай матрицаның кеуектері мен капиллярларынан көмірсутекті газдармен толығымен шығарылатын уақытты анықтауға болады:

$$t = l / v_o = 4 \mu l / [r_o^2 g (\rho_n - \rho_a)] \quad (2.14)$$

$\rho_a$  көмірсутекті газдарының тығыздығы рн мұнайының тығыздығының шамамен 0,1% құрайтындықтан, олардың айырмашылығында  $(\rho_n - \rho_a)$   $\rho_a$  азотының тығыздығын толығымен елемеуге болады. Содан кейін Архимед күшінің әрекетін елемей, біз жазамыз

$$v_o = r_o^2 g \rho_n / (4 \mu) \quad (2.15)$$

$$t = l / v_o = 4 \mu l / (r_o^2 g \rho_n) \quad (2.16)$$

Қабатқа көмірсутек газдарын ұңғымаларға айдауға дейін игеруді бақылауға кәсіпшілік-геофизикалық зерттеулер кешенін жүргізу қажет.

Осылайша, мұнай қабатының түп маңы аймағына көмірсутек газдарымен әсер ету мұнайды капиллярлардан коллектордың матрицаларына (жарықшақтарына) қайта бөлу есебінен, сондай-ақ түп маңы аймағының өткізгіштігінің жақсаруы нәтижесінде ұңғымалар түбіне мұнай ағынын едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

## **2.3 Тарау бойынша қорытынды.**

1. Қабат қысымын ұстап тұрудың қолданыстағы әдісімен өндірілетін мұнайдың газ құрамы артады. Мұнайды тікелей газбен ығыстыру процесінде оның ең аз қарсыласу жолында сынуы және кен орнының ауданы мен биіктігі бойынша жоғары өткізгіштігі бар. Қабат қысымын ұстап тұру әдісінің бұл кемшілігін шикі газды айдағыш шөгінділер арқылы айдамас бұрын мұнайдың жеңіл фракциясының жиегін айдау арқылы жоюға болады. Мұнайдың жеңіл фракциясын өнеркәсіптік жағдайда газсыздандырылған мұнайдан қарапайым айдау арқылы алуға болады.

2. Айдау процесінде мұнайдың біртіндеп жеңіл фракциясы, содан кейін шикі газ қабаттағы мұнай ағынының едәуір біркелкі қозғалысы болады. Мұнайды қабаттан шығару басында тығыздығы бір-біріне жақын болатын мұнайдың жеңіл фракциясы арқылы жүзеге асырылады және мұнай қабаттары арқылы жеңіл фракцияның жарылуы болмайды. Мұнайдың жеңіл фракциясы мұнайдың жеңіл фракциясының жиегін ығыстырады. Олардың тығыздығының шамалы айырмашылығына байланысты, газ серпінділігі жоғары өткізгіштігі бар қабаттар арқылы және өндіруші ұңғымаларға жылжуға ең аз төзімділік жолында болмайды.

3. Өндіру ұңғымаларынан мұнай алу процесінде мұнай ағыны терригенді жыныстардың қуыстары арқылы ұңғыма түбіне келетіндігі анық. Алайда, осы қуыстардағы капиллярлық қысым мен беттік кернеудің әсерінен, әдеттегі жағдайда мұнайдың белгілі көлемі осы қуыстарда қалып қояды.

4. Мұнай қабатының түп маңы аймағына көмірсутекті газдармен әсер етуі мұнайды капиллярлардан коллектордың матрицаларына (жарықтарына) қайта бөлу есебінен, сондай-ақ түп маңы аймағының өткізгіштігінің жақсаруы нәтижесінде ұңғымалар кенжарына мұнай ағынын едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

## **3 Ғылыми ұсыныстарды әзірлеу**

Осы технологиялық объектілерді іске асыру кезінде келесі шарттар орындалуы керек:

- өнімді кіріс арқылы бөлу тауарлық мұнайдағы тұздың құрамын бақылау үшін мұнайды сумен жуу мүмкіндігімен үш сатыда жүзеге асырылады;

- қыздыру құрылғыларының қажеттілігі мен қуаты нақты жағдайларға арналған есептеумен анықталады;

- тұщы сумен шаю: жуу суының мөлшері мен араластыру түрі мұнайды дайындау үшін нақты жағдайлар мен өндіріс қуатына байланысты анықталады;

- тұзсыздандыру қажетті қуат және қажетті болу уақыты бойынша іріктелетін, мұнайдағы хлорлы тұздардың қалдық құрамын тауарлық мұнайдың 100 мг/л-ден аспайтын және қалдық судың 0,5% - дан кем болуын қамтамасыз ететін қарапайым немесе электростатикалық үлгідегі электродегидраторларда жүргізіледі. Дренажды су сатылары өнімді кәсіпшіліктен тұщыландыру үшін пайдаланылады немесе су тазарту секциясына түседі.

#### **4. Зерттеу нәтижелерінің экономикалық тиімділігі**

Теңіз кен орнында шикі газды айдауды қолданудың орындылығын ескере отырып, мұнай өндіруді арттырудың бұл әдісі ең перспективалы әдістердің бірі болып табылады деген қорытынды жасауға болады. Есептеу қолданыстағы салық салу жүйесі бойынша ақша ағымдарын бағалаудың әдеттегі схемасы бойынша 2010 жылғы орташа бағамен жүзеге асырылады.

##### **4.1 Экономикалық тиімділікті есептеу**

Қабатқа газ айдаудың тиімділігін анықтау үшін белгілі бір уақыт аралығында қабаттағы қысымды ұстап тұру жөніндегі жұмыстарды жүргізгеннен кейін өндіру өсімін анықтаймыз. Бір жылдық уақыт аралығын қарастырайық  $T_e = 1$  жыл. Бір жыл ішінде ұңғыманың орташа дебиті  $q_1 = 629$  т/тәул, ал газды қабатқа айдағаннан кейін  $q_2 = 744$  т/тәул. Бұрқақты ұңғымаларды пайдалану коэффициенті  $K_z = 0,895$  тең.

Бір жылда қабатқа газ айдау жөніндегі іс-шараларды жүргізгенге дейінгі өндіру көлемі тең болады:

$$Q_1 = q_1 \cdot T_e \cdot K_z = 629 \cdot 365 \cdot 0,895 = 205478,5 \text{ т/жыл}; \quad (4.1)$$

Бір жылдағы жұмыстан кейінгі өндіріс көлемі тең болады

$$Q_2 = q_2 \cdot T_e \cdot K_z = 744 \cdot 365 \cdot 0,895 = 243046,2 \text{ т/ жыл}. \quad (4.2)$$

Бір жылда өндіру өсімі:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1; \quad (4.3)$$

$$\Delta Q = 243046,2 - 205478,5 = 37567,7 \text{ т/ жыл}.$$

Іс-шараны өткізгенге дейін пайдалану шығыстарын айқындау.

Жұмыс істеп тұрған кәсіпорындарда жаңа технологияларды немесе техниканы енгізу кезінде барлық күрделі салымдардың есебін жүргізудің қажеті жоқ, тек тиісті техниканы сатып алу, жабдықты монтаждау және оны жетілдіру шығындарын есептеуге болады. Экономикалық тиімділікті есептеу кезінде

бастапқы деректер ретінде ағымдағы және негізгі шығындар туралы деректер пайдаланылады.

Ағымдағы шығындар белгілі бір кезең ішінде өнімді өндіруге және сатуға байланысты шығындарды қамтиды.

Негізгі шығындарға материалдық шығындар, еңбек шығындары, әлеуметтік қажеттіліктер, амортизациялық аударымдар және басқа шығындар жатады.

Материалдық шығындар бұл: өндірістік процесте пайдаланылатын шикізатты, негізгі және қосалқы материалдарды; қосалқы бөлшектерді, жинақтаушы бұйымдарды, ыдыстарды; өндірістік мұқтаждықтар мен жылытуға пайдаланылатын барлық түрдегі отынды, су мен энергияны; сыртқы ұйымдар немесе жеке кәсіпкерлер орындайтын өндірістік сипаттағы жұмыстар мен қызметтерді; табиғат қорғау құрылыстарын күтіп-ұстауға және пайдалануға арналған шығындарды сатып алу.

Еңбекке ақы төлеу шығындары-мыналар жатады: тарифтік кестелер, лауазымдық айлық ақылар, кесімді бағалар бойынша немесе өнімді (жұмыстарды, көрсетілетін қызметтерді) өткізуден түскен түсімнен пайызбен есептелген сомалар; өндірістік нәтижелерге арналған сыйлық ақылар, тарифтік ставкаларға және айлық ақыларға үстеме ақылар; ынталандыру немесе өтеу сипатындағы есептеулер; аудандық коэффициенттер бойынша үстеме ақылар; ұзақ мерзімге (кемінде 55 жыл) міндетті және ерікті сақтандыру және кемінде бір жыл мерзімге жеке медициналық сақтандыру шарттары бойынша жұмыс берушілердің төлемдер (жарналар).

Әлеуметтік мұқтаждар заңнамада белгіленген нормалар бойынша бірыңғай әлеуметтік салық сомасымен айқындалады.

Амортизациялық аударымдар негізгі өндірістік қорлар мен материалдық емес активтердің баланстық құны және олардың белсенді бөлігінің жеделдетілген амортизациясын ескере отырып, белгіленген тәртіппен бекітілген амортизация нормалары негізге алына отырып айқындалады.

Өзге шығындар: салықтар, алымдар, аударымдар; мүлікті міндетті және ерікті сақтандыру бойынша төлемдер; Тұрғын үй және коммуналдық сала объектілеріне қызмет көрсету бойынша шығыстар; маркетинг бойынша шығыстар; байланыс қызметтеріне, банктерге, заңды және аудиторлық фирмаларға, күзет және өрт күзетіне, авиациялық қызметтерге ақы төлеу; үй-жайды және негізгі өндірістік қорларды жалға алу үшін ақы төлеу; банктік кредит үшін проценттер төлеу; кепілдік жөндеуге және қызмет көрсетуге арналған шығындар; іссапар шығыстары; кадрларды даярлау.

Өнімді өндірумен байланысты барлық шығындар шығыстардың түрлері бойынша, яғни шығындардың баптары мен элементтері бойынша топтастырылады. Шығындардың экономикалық элементі дегеніміз-кәсіпорында құрамдас бөліктерге бөлуге болмайтын өндіріс шығындарының бастапқы біртекті түрі. Шығындар бөлімі шығындар баптары бойынша өндірісті аналитикалық есепке алу және шығындарды есептеу үшін қолданылады. Мұндай бөлімше өндіріс процесінде шығындардың рөлі бойынша жүзеге асырылады және оларды екі бөлікке топтастыруды қамтиды: негізгі өндірістік шығындар және өндіріске қызмет көрсету және басқару шығындары. Есептеу баптары бойынша есептеулер жүргізу үшін негізгі көрсеткіштер 4.4-кестеде келтірілген.

Кесте 4.1 - Есептеулер жүргізуге арналған негізгі көрсеткіштер

| Атауы                                                                           | Көлемі   |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Өндірілген шикізаттың 1 тоннасына электр энергиясының қашықтан шығыны, кВтч / т | 56       |
| 1 м газды айдауға арналған электр энергиясының қашықтағы шығысы, кВтч / м       | 2,5      |
| Электр энергиясының құны, тг / кВт * сағат                                      | 4,51     |
| Жұмыс істеп тұрған қордың ұңғыма бірлігіне жұмысшылардың саны, жұм / ЕАВ        | 2        |
| ӨКП бір қызметкерінің жалақысы, тг / жылына жұм                                 | 4558400  |
| Әлеуметтік сақтандыру , зейнетақы қоры және т. б., ЕТҚ%                         | 31       |
| Өндірілген шикізатты жинауға , дайындауға және тасымалдауға 1 т шығын, тг /т    | 11287,96 |
| Негізгі өндірістік қорлар (ҚӨҚ) амортизациясының нормасы, ҚӨҚ-дан %             | 6,7      |
| Ағымдағы жөндеу жұмыстары, МӨЗ%                                                 | 1,2      |
| Жалпы өндірістік шығындар, тікелей және жанама шығындар сомасынан %             | 21       |
| Өндірістік емес шығындар, өзіндік құнынан %                                     | 1        |

Өндіруге жұмсалатын электр энергиясының жылдық шығысы 1 тонна шикізат өндіруге жұмсалатын электр энергиясының қажетті мөлшері есебінен есептелген. Газды айдауға дейінгі электр энергиясының шығындары:

$$Ш_э = Q_1 \cdot P_э \cdot Б_э \quad (4.4)$$

Мұнда  $Q_1$  – айдауға дейінгі жыл ішінде өндірілген шикізаттың көлемі, т;

$P_э$  - 1 т шикізат өндіруге жұмсалатын энергия мөлшері, кВт·сағ / т

$Б_э$  – электр энергиясының бағасы, тг/кВт·сағ;

$$= 205478,5 \cdot 56 \cdot 4,51 = 51895649,96 \text{ тг.}$$

Еңбекке ақы төлеу қорын мынадай формула бойынша анықтаймыз:

$$Ж_{пп} = N_{ч} \cdot S_{ж/п} \cdot \Phi_{ұңғ} \quad (4.5)$$

Мұнда  $N_{ч}$  - жұмыс істеп тұрған қордың ұңғыма бірлігіне жұмысшылардың саны, жұм /скв ;

$S_{ж/п}$  – жұмысшының орташа жылдық жалақысы, тг.

$K_{ұңғ}$  – қолданыстағы қордың ұңғымаларының саны.

$$Ж_{пп} = 2 \cdot 4558400 \cdot 1 = 9116800 \text{ тг}$$

Әлеуметтік қажеттіліктерге аударымдар еңбекақы төлеу қорының 31% құрайды,

$$Ж_{ор} = Ж_{пп} \cdot 0,31 \quad (4.6)$$

$$Ж_{ор} = 9116800 \cdot 0,31 = 2836208 \text{ тг}$$

Амортизациялық аударымдар негізгі өндірістік қорлар мен материалдық емес активтердің баланстық құны және олардың белсенді бөлігінің жеделдетілген амортизациясын ескере отырып, белгіленген тәртіппен бекітілген амортизация нормалары негізге алына отырып айқындалады.

Бұл жағдайда амортизациялық аударымдар бір ұңғыманың бастапқы құнынан анықталады:

$$A_r = (Y_{\kappa} \cdot N_a) / 100 \% \quad (4.7)$$

Мұнда  $Y_{\kappa}$  – ұңғыманың бастапқы құны, тг.

$N_a$  – амортизация нормасы, %

$$A_r = 33089840 \cdot 6,7 / 100 = 2217019,28 \text{ тг.}$$

Шикізатты жинауға, дайындауға және тасымалдауға арналған шығындар мынадай формула бойынша айқындалады:

$$Ш_{жтп} = Ш_{уд} \cdot Q_1 \quad (4.8)$$

Мұнда  $З_{уд}$  - 1 т шикізатты жинауға, дайындауға және тасымалдауға арналған шығындар, тг / т;

$$Ш_{жтп} = 11287,96 \cdot 205478,5 = 2319433088,86 \text{ тг.}$$

Жабдықты ұстауға және пайдалануға арналған шығындар ұңғымалардың жерүсті және жерасты жабдықтарын ағымдағы және күрделі жөндеуді, амортизациялық аударымдарды және т. б. қамтиды.

Ұңғымаларды ағымдағы және күрделі жөндеуге жұмсалатын шығындар қосымша шығыстарды да қамтиды (төлемдер, Көлік құралдарын жалға алу және т.б.). Шығындардың осы бабы бойынша шығындарды ұңғыманың бастапқы құнының 1,2% ретінде есептейміз:

$$\text{Ш}_{\text{т.р}} = 1,2\% \cdot C / 100\% \quad (4.9)$$

$$\text{Ш}_{\text{т.р}} = 1,2 \cdot 33089840 / 100 = 397078,08 \text{ тг}$$

Жалпы өндірістік шығындар өндірісті басқаруға және ұйымдастыруға арналған шығындарды қамтиды және тікелей және жанама шығындар сомасының 21% - ын құрайды:

$$\text{Ш}_{\text{жөшж}} = 21\% \cdot (\text{Б}_э + \text{Ж}_{\text{пп}} + \text{Ж}_{\text{ор}} + \text{А}_г + \text{Ш}_{\text{жтп}} + \text{Ш}_{\text{т.р}}) / 100\% \quad (4.10)$$

$$\text{Ш}_{\text{жөшж}} = 21 \cdot (51895649,96 + 9116800 + 2836208 + 2217019,28 + 2319433088,86 + 397078,08) / 100 = 501038127,2778 \text{ тг.}$$

Өндірістен тыс шығындар өнімді тұтынушыларға сатумен байланысты:  $\text{Ш}_{\text{өп}} = 1 \cdot 2886933971,4578 / 100 = 28869339,714578 \text{ тг.}$

Есептеулердің нәтижелері бойынша біз 4.2 кестесін жасаймыз, онда бір ұңғыманың айдау алдындағы есептеу баптарының барлық шығындары көрсетілген, сонымен қатар газды айдауға дейін 1 тонна шикізаттың құнын есептейміз.

$$\text{Қ}_1 = \text{Ж}_{\text{ж}} / \text{Q}_1 \quad (4.11)$$

Мұнда  $\text{Ж}_{\text{ж}}$  – есептеу баптары бойынша жылдық жиынтық сома, тг.

$$\text{Қ}_1 = 2915803311,172378 / 205478,5 = 14190,3 \text{ тг/т}$$

Нәтижесінде газ айдауға дейін жылдық есептегендегі 1 т шикізаттың өзіндік құны 14190,3 тг/т құрайды

Кесте 4.2 - Айдау алдындағы бір ұңғымаға арналған есептеу элементтері бойынша шығындар

| Есептеу нәтижелері                        | Сомасы, тг    |
|-------------------------------------------|---------------|
| Электр энергиясы                          | 51895649,96   |
| ФОТ                                       | 116800        |
| Әлеуметтік аударымдар (31%)               | 2836208       |
| Есептеу нәтижелері                        | Сомасы, тг    |
| Ұңғыманың амортизациясы                   | 2217019,28    |
| Шикізатты жинау, дайындау және тасымалдау | 2319433088,86 |
| Ағымдағы жөндеу                           | 397078,08     |

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| Жалпы өндірістік шығындар | 501038127,2778    |
| Өндірістік емес шығындар  | 28869339,714578   |
| Қорытынды                 | 2915803311,172378 |

Газ айдағаннан кейін пайдалану шығындарын айқындау.

Айдаудан кейінгі пайдалану шығыстары қабатқа газ айдау жөніндегі жұмыстарға арналған шығындарды, сондай-ақ шикізаттың қосымша көлемдерін өндіруге арналған шығыстарды қамтиды.

Газды айдауға байланысты шығындардың құрамына ұңғыманың дайындық-қорытынды жұмыстары бойынша шығыстар және тиісті жұмыстарды жүргізу бойынша шығыстар кіреді.

Пайдалану шығындары газ айдау қабатқа мынадай формуламен білдіруге болады:

$$\text{Ш}_1 = \text{Ш}_{\text{тбе}} + \text{Ш}_{\text{көлік}} + \text{Ам}, \quad (4.12)$$

Мұнда  $\text{Ш}_{\text{тбе}}$  - іс-шара процесіне тартылған бригадалардың еңбегіне ақы төлеу жөніндегі шығындар;

$\text{Ш}_{\text{көлік}}$  - көлік шығындары;

$\text{А}_{\text{ау}}$  - негізгі өндірістік қорлардың амортизациялық аударымдары.

Еңбекке ақы төлеу жөніндегі шығындарға ұңғымаларды жерасты жөндеу бригадаларының еңбегіне ақы төлеу, құбыр салу жөніндегі бригадалардың еңбегіне ақы төлеу, компрессорларды орнату жөніндегі бригадалардың еңбегіне ақы төлеу кіреді.

Іс-шараны өткізу бойынша бригадалардың еңбекақысын есептеу 4.3-кестеде келтірілген.

Кесте 4.3 - Іс-шараларды өткізу бойынша бригаданың еңбегіне ақы төлеуді есептеу

| Бригада атауы                          | Жұмыс сағатының құны, тг / сағат | Уақыт нормасы, сағат | Жұмыс құны, тг |
|----------------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------|
| Ұңғымаларды жөндеу жерасты бригадалары | 25 341                           | 37                   | 937 617        |
| Құбыр салу бригадасы                   | 8 541                            | 29                   | 247 689        |
| Компрессорды орнату бригадасы          | 4 502                            | 5                    | 22 510         |
| Қорытынды                              |                                  |                      | 1 207 816      |

Көлік шығындары компрессорлар мен құбырларды жеткізу бойынша көлік шығындарын қамтиды.

Есептеулер 4.4 кестеде келтірілген.

#### Кесте 4.4 - Көлік шығындарын есептеу

| Атауы                           | Құны 1 км, тг / км | Базадан ұңғымаға дейінгі қашықтық, | Барлығы, тг |
|---------------------------------|--------------------|------------------------------------|-------------|
| Компрессорларды жеткізу         | 425,2              | 20                                 | 8 502       |
| Құбырларды салу үшін құбырларды | 425,2              | 20                                 | 8 504       |
| Қорытынды                       |                    |                                    | 17 008      |

Амортизациялық аударымдар-іс-шараны жүргізуге тартылған өндірістік қорлардың аударымдары.

Амортизациялық аударымдардың есептеулері 4.8-кестеде келтірілген.

#### Кесте 4.5 - Негізгі өндірістік қор амортизациясының есебі

| Объектінің атауы      | Теңгерімдік құны, тг | Амортизацияның жылдық нормасы, % | Амортизациялық аударымдар, |
|-----------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Компрессорлық станция | 4 150 100            | 8,3                              | 344 458                    |
| Құбырлар              | 2 500 000            | 6,7                              | 167 500                    |
| Қорытынды             |                      |                                  | 511 958                    |

Кестелерде келтірілген есептеулердің нәтижелері бойынша іс-шараны өткізуге арналған шығындарды мына формула бойынша анықтаймыз:

$$\text{Ш}_1 = 1\,207\,816 + 17\,008 + 511\,958 = 1\,736\,782 \text{ тг.}$$

Жұмыс аяқталғаннан кейін біз шикізаттың қосымша көлемін аламыз.

Шикізаттың қосымша көлемін өндіруге жұмсалатын шығындар жинау, дайындау және тасымалдау шығындарынан, сондай-ақ іс-шараны өткізуге жұмсалатын шығындардан тұрады.

Электр энергиясына арналған шығыстар:

$$\text{Ш}_3 = 243046,2 \cdot 56 \cdot 4,51 = 61383748,272 \text{ тг.}$$

Қабатқа жасанды әсер ету бойынша шығыстар газды айдауға арналған шығындарды қамтиды.

$$\text{Ш}_{\text{га}} = N_{\text{гш}} \cdot \text{Э}_n \cdot \text{Б}_3 \cdot Q_1 \quad (4.13)$$

Мұнда  $N_{\text{гш}}$  - өндірілетін шикізаттың 1 тоннасына газ шығысының нормасы,  $\text{м}^3 / \text{т}$

$\Delta_n$  – айдауға жұмсалатын электр энергиясының шығыс нормасы 1 м<sup>3</sup>газ, кВт\*ч/м<sup>3</sup>

$$\Pi_{га} = 2,6 \cdot 2,5 \cdot 4,51 \cdot 243046,2 = 7124899,353 \text{ тг/скв.}$$

Шикізаттың қосымша көлемдерін жинауға, дайындауға және тасымалдауға арналған шығындар:

$$\Pi_{штш} = 243046,2 \cdot 11287,96 = 2543495783,752 \text{ тг.}$$

Амортизациялық және әлеуметтік аударымдар тұрақты шығындарға жатады және осы жұмыстардан кейін олардың мәні өзгермейді.

Жалпы өндірістік шығындар:

$$\Pi_{жөш} = 21 \cdot (61383748,272 + 9116800 + 2836208 + 2217019,28 + 2543495783,752 + 397078,08 + 7124899,353) / 100 = 551580022,71477 \text{ тг.}$$

Өндірістік емес шығындар:

$$\Pi_{өем} = 1 \cdot 3220151559,45177 / 100 = 32201515,5945177 \text{ тг}$$

Есептеулердің нәтижелері бойынша біз 4.6 кестесін жасаймыз, онда оқиғадан кейін бір ұңғыманың есептеу баптарының барлық шығындары көрсетілген, сонымен қатар резервуарға газ құйғаннан кейін 1 тонна шикізаттың құнын есептейміз.

$$K_2 = \Pi_r / Q_2 \quad (4.14)$$

Мұнда  $\Pi_r$  – калькуляция баптары бойынша жылдық қорытынды сома, тг.

$$K_2 = 3254353075,046288 / 243046,2 = 13389,9 \text{ тг/т}$$

Нәтижесінде 1 шикізаттың өзіндік құны жылдық есептеуде 13389,9 тг/т құрады.

Кесте 4.6 - Іс-шараны өткізгеннен кейін бір ұңғыма үшін есептеу нәтижелері бойынша шығындар

| Есептеу нәтижелері                                 | Сомасы, тг      |
|----------------------------------------------------|-----------------|
| Электр энергиясы                                   | 61383748,272    |
| ҚҚҰ бойынша жұмыстарды жүргізуге арналған шығындар | 8861681,353     |
| ФОТ                                                | 9116800         |
| Әлеуметтік есептер (31%)                           | 2836208         |
| Ұңғыманың амортизациясы                            | 2217019,28      |
| Конденсатты жинау, дайындау және тасымалдау        | 2543495783,752  |
| Ағымдағы жөндеу                                    | 397078,08       |
| Жалпы өндірістік шығындар                          | 551580022,71477 |

|                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| Өндірістік емес шығындар | 32201515,5945177  |
| Қорытынды                | 3254353075,046288 |

Жүргізілген жұмыстардың экономикалық әсерін анықтау.

Калькуляция баптары бойынша нәтижелерге сүйене отырып, іс-шараларды өткізгенге дейін және кейін негізгі техникалық-экономикалық көрсеткіштерді салыстыру үшін 4.10 кестесін құрамыз.

Жұмыстарды жүргізгеннен кейін бір ұңғыма үшін экономикалық тиімділік +30061183,08 тг құрады.

Кесте 4.7

| Мақалалар мен шығындар                                 | Жұмыстарды жүргізгенге дейін | Жұмыстарды жүргізгеннен кейін | Шығыстардың өзгеруі |
|--------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Электр энергиясына шығындар, тг                        | 51895649,96                  | 61383748,272                  | +9488098,312        |
| Мақалалар мен шығындар                                 | Жұмыстарды жүргізгенге дейін | Жұмыстарды жүргізгеннен кейін | Шығыстардың өзгеруі |
| ӨДҚ бойынша жұмыстарды жүргізуге арналған шығындар, тг | —                            | 8861681,353                   | +8861681,353        |
| ФОТ,тг                                                 | 9116800                      | 9116800                       | —                   |
| Әлеуметтік аударымдар (21%), тг                        | 2836208                      | 2836208                       | —                   |
| Ұңғыма амортизациясы, тг                               | 2217019,28                   | 2217019,28                    | —                   |
| Шикізатты жинау,дайындау және тасымалдау,тг            | 2319433088,86                | 2319433088,86                 | +424062694,892      |
| Ағымдағы жөндеу, тг                                    | 397078,08                    | 397078,08                     | —                   |
| Жалпы өндірістік шығындар, тг                          | 501038127,2778               | 551580022,71477               | +92541895,43697     |
| Өндірістік емес шығындар, тг                           | 28869339,714578              | 3220151,5945177               | +5332175,8799       |

|                                |                   |                   |               |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Қорытынды ,тг                  | 2915803311,172378 | 3254353075,046288 | +538549763,87 |
| Шикізат өндіру,т               | 205478,5          | 243046,2          | +37557,7      |
| 1т шикізаттың өзіндік құны, тг | 14190,3           | 13389,9           | -800,4        |
| Экономикалық тиімділік ,тг     | +30061183,08      |                   |               |

Негізгі техникалық-экономикалық көрсеткіштерді салыстыру.

Мұнда N – шикізат өндірудің бір жылдағы өсімі, т / жыл

$$\Delta_{\text{жыл}} = (14190,3 - 13389,9) \cdot 37557,7 = +30061183,08 \text{ тг}$$

$$\Delta_{\text{жыл}} = (C1 - C2) \cdot N \quad (4.15)$$

Қорытынды: Шикі газды айдауды қолданудың экономикалық тиімділігі газды айдауды қолдану нәтижесінде қосымша өндірілетін ұңғыма өнімінің көлеміне байланысты. Мұнай өндіруді қарқындату мақсатында өндіруші ұңғымаларда шикі газды айдауды жүргізудің абсолютті рентабельділігі байқалады. Бұл факт, өз кезегінде, Теңіз кен орны жағдайында шикі газды айдауды қолданудың экономикалық тиімділігін дәлелдейді, есептеу нәтижелері негізінде бір ұңғыма үшін + 30061183,08 теңгені құрады.

## Қорытынды

1. Көмірсутекті газдарды қолданудың артықшылықтары бар, өйткені мұнайда газдың жақсы ерігіштігі қабаттағы мұнайдың тұтқырлығының төмендеуіне және ығысу коэффициентінің жоғарылауына мүмкіндік береді. Сумен әрекеттескен кезде ісінетін сазды тау жыныстары бар өнімді қабаттарда қысымды ұстап тұру үшін суды айдау әдетте тиімсіз.

2. "Теңізшевройл "компаниясы" шикі газды айдау "(закачка сырого газа ЗСГ) және" екінші буын зауыты " (2008 жылы) аяқталған кеңейту жобаларынан кейін тәулігіне 600 мың баррель қуатына жетті. Кеңейту нысандары планетадағы ең ірі және технологиялық тұрғыдан күрделі инженерлік жобалардың бірі болып табылады. ШГА объектілері әлемдегі ең жоғары қабаттық қысым және күкіртсутектің ең жоғары пайыздық құрамы жағдайында қабатқа газ айдайтын компрессорды пайдаланады. Екінші буын зауыты шикі газ бен мұнай дайындау бойынша әлемдегі ең ірі бірыңғай технологиялық желі болып табылады.

3. Теңіз кен орнының геологиялық-физикалық жағдайында газды айдау әдісінің артықшылығы аралас ығыстыруды жүзеге асыру мүмкіндігі болып табылады, оның нәтижесінде бірлікке жақын ығыстыру коэффициентінің мәніне қол жеткізіледі. Осының арқасында қалпына келтіру факторының жоғары мәніне қол жеткізіледі. Сонымен қатар, айдалған газ қабаттағы мұнайды ығыстыра отырып, салыстырмалы түрде тығыз айырмашылықтарға енеді. Газ айдаудың тағы бір маңызды артықшылығы - өндірілген шикі газдың маңызды бөлігін пайдалану мүмкіндігі, бұл газды күкіртті сутектен, күкірттен және сұйытылған көмірсутек газдарынан тазартылатын газ өңдеу зауытының қажетті қуатын едәуір төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл газ өңдеу зауытының қуатын кеңейтуге жұмсалатын шығындарды едәуір қысқартуға мүмкіндік береді.

4. Қабат қысымын ұстап тұрудың қолданыстағы әдісімен өндірілетін мұнайдың газ құрамы артады. Мұнайды тікелей газбен ығыстыру процесінде оның ең аз қарсыласу жолында сынуы және кен орнының ауданы мен биіктігі бойынша жоғары өткізгіштігі бар. Қабат қысымын ұстап тұру әдісінің бұл кемшілігін шикі газды айдағыш шөгінділер арқылы айдамас бұрын мұнайдың жеңіл фракциясының жиегін айдау арқылы жоюға болады. Мұнайдың жеңіл фракциясын өнеркәсіптік жағдайда газсыздандырылған мұнайдан қарапайым айдау арқылы алуға болады.

5. Айдау процесінде мұнайдың біртіндеп жеңіл фракциясы, содан кейін шикі газ қабаттағы мұнай ағынының едәуір біркелкі қозғалысы болады. Мұнайды қабаттан шығару басында тығыздығы бір-біріне жақын болатын мұнайдың жеңіл фракциясы арқылы жүзеге асырылады және мұнай қабаттары арқылы жеңіл фракцияның жарылуы болмайды. Мұнайдың жеңіл фракциясы

мұнайдың жеңіл фракциясының жиегін ығыстырады. Олардың тығыздығының шамалы айырмашылығына байланысты, газ серпінділігі жоғары өткізгіштігі бар қабаттар арқылы және өндіруші ұңғымаларға жылжуға ең аз төзімділік жолында болмайды.

6. Өндіру ұңғымаларынан мұнай алу процесінде мұнай ағыны терригенді жыныстардың қуыстары арқылы ұңғыма түбіне келетіндігі анық. Алайда, осы қуыстардағы капиллярлық қысым мен беттік кернеудің әсерінен, әдеттегі жағдайда мұнайдың белгілі көлемі осы қуыстарда қалып қояды.

7. Мұнай қабатының түп маңы аймағына көмірсутекті газдармен әсер етуі мұнайды капиллярлардан коллектордың матрицаларына (жарықтарына) қайта бөлу есебінен, сондай-ақ түп маңы аймағының өткізгіштігінің жақсаруы нәтижесінде ұңғымалар түбіндегі мұнай ағынын едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

### Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

1. Международное энергетическое агентство, ExxonMobil, Shell, BP, Организация стран экспортеров нефти. 2017 г.
2. «Нефтегазовая вертикаль», май 2017 года, «Методы увеличения нефтеотдачи: опыт и перспективы применения».
3. Энергетический обзор World Energy Outlook, Международное энергетическое агентство.
4. «Применение методов увеличения нефтеотдачи пластов в России и за рубежом. Опыт и перспективы», «Бурение и нефть», февраль 2016 года.
5. Ибатуллин Р.Р. Технологические процессы разработки нефтяных месторождений. - М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2011. - 304 с.
6. Ибатуллин Р.Р., Гарипова Л.И. Сборник задач по дисциплине «Теоретические основы процессов разработки нефтяных месторождений»: учеб.-метод. пособ. - Альметьевск: АГНИ, 2008. - 52 с.
7. Zolotukhin Anatoly B., Jann-Rune Ursin. Fundamentals of Petroleum Reservoir Engineering - Kristiansand S., I toyskolcforlaget AS, 2000, 420.
8. Butler, R.M., Stephens, D.I. The Gravity Drainage of Steam-Heated Heavy Oil to Parallel Horizontal Wells // J. of Can. Petrol. Tech. - 1981.-20 (2). - Pp. 90-96.
9. Методы извлечения остаточной нефти / М.Л. Сургучев [и др.]. - М.: Недра, 1991.-347 с.
10. 19. Butler, R.M., Stephens, D.I. The Gravity Drainage of Steam-Heated Heavy Oil to Parallel Horizontal Wells // J. of Can. Petrol. Tech. - 1981.-20 (2). - Pp. 90-96.
11. Butler, R.M. New Interpretation of the Meaning of the Exponent «m» in the Gravity Drainage Theory for Continuously Steamed Wells // AOSTRA J. of Res. - 1985.-2 (1).-P p . 67-71.
12. Информация концерна «Шелл доступна для ознакомления на сайтах: [www.shell.com/investor](http://www.shell.com/investor) и [www.sec.gov](http://www.sec.gov). Каждое заявление относительно будущих событий справедливо только на дату появления настоящей публикации, а именно 29 февраля 2012 г.
13. Гидравлический разрыв и создание кансулированных разрушителей. М. Миллер, К. Дисмюк. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2003, т. XLVII, № 4.
14. Технологии гидравлического разрыва пласта, снижающие риски увеличения обводненности. Л.А. Магадова, д. т. н., профессор; М.А. Силин, д. х. н., профессор; Д.Н. Малкин, В.А. Цыганков, к. т. н., В.Г. Савастеев, Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина. /Технологии добычи и использование углеводородов. № 2(1), 2014. С 32-38.
15. Reservoir Stimulation, 3rd Edit. Eds by M. J. Economides, K. G. Nolte, New York: John Wiley & Sons, LTD, 2000.
16. Unwin A. T., Hammond P. S. Rept. on the Western Regional Meeting, Bakersfiel, March 8—10, 1995, SPE 29649

17. Sherman J. B., Holditch S. A. Rept. on the SPE Gas Technology Symposium, Houston, January 23—25, 1991, SPE 21496.
18. Voneiff, G. W., Robinson B. M., Holditch S. A. 68th Ann. Techn. Conf. and Exhibition of the Society of Petroleum Engineers, Houston, Texas, 3—6 October, 1994, SPE 26664 .
19. Hawkins G. W. Rept. on the 63rd Ann. Techn. Conf.. Houston, October 2-5, 1988, SPE 18261.
20. Brannon H.D., PutsineUi R.J. SPE Production Engineering, 1992, November, p. 338-342.
21. Montgomery K. T., Holditch S. A., Berthelot J. M. Rept. on the 65th Ann. Techn. Conf., New Orleans, September 23—26, 1990, SPE 20643.
22. Holditch S. A. J. of Petroleum Technology, 1979, December, p. 1515-1524.
23. Cinco-Ley H., Samaniego F. Rept. on the 56,h Ann. Techn. Conf., San Antonio, October 5—7, 1981, SPE 10179.
24. Holditch S.A., Morse R.A. J. of Petroleum Technology, 1976, p. 1169-1077.
25. Martins J.P., Milton-Tayler D., Leung H.K. Rept. on the 65th Ann. Techn. Conf., New Orleans, September 23—26, 1990, SPE 20709. SPE 20709.
26. Recent Advances in Hydraulic Fracturing. Eds by J. L.Gidley, S. A. Holditch, , D. E. Nierodeand, R. W. Veatch SPE Monograph, v. 12, 1989.
27. Pearson M. C. J. of Petroleum Technology, 2001, January, p. 59. 14. Penny G. S., Liang, J. Rept. on the SPE Formation Damage Symp., Lafayette, February 22—25, 1996, SPE 31096.
28. Pope D.S., Leung L.K -W ., Gulbis J., Constien KG. Rept. on the SPE 69th Ann. Techn. Conf. and Exhibition, New Orleans, Louisiana, September 25—28, 1994, SPE 2851 1.
29. Pope D., Britt L., Constien V., Anderson A., Leung L. Rept. on the SPE Int. Symp. on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana, February 14—15, 1995, SPE 31094.
30. JVillberg D.M., Card R.J., Britt L.K., Samuel M., England K.W ., Cawiezel K.E., Krus If. Rept. on the 1997 Ann. Techn. Conf., San Antonio, October 5-8, 1997, SPE 38620.
31. Willberg D.M., Steinsberger N., Hoover R., Card R., Queen J. Rept. on the 1998 Rocky Mountain Regional Low Permeability Reservoirs Symp., Denver, April 5—8, 199S, SPE 39920.
32. Cooke C.E. J. of Petroleum Technology. 1975, October, p. 1273-1282.
33. Gulbis J., King M.T., Hawkins G. IV., Brannon H.D. Rept. on the SPE Formation Damage Control Symposium, Lafayette, Lousisiana, February 22—23, 1990, SPE 19433.
34. Elbel J., Gulbis J., King M. T., Maniere J. Rept. on the Production Operations Svmp., Oklahoma City, April 7—9, 1991, SPE 21716.
35. Shah S. N. Rept. on the 55lh Ann. Techn. Conf., Dallas, September 21-24, 19S0, SPE 9330.

36. Anderson R. W., Baker J. R. Rept. on the 49th Ann. SPE meeting, Houston, October 6—9, 1974, SPE 5005.
37. Rosene R. B., Shumaker E. F. Rept. on the SPE Rocky Mountain Regional Meeting, Billings, June 2—4, 197, SPE 3347.
38. Harris Phillip C. J. of Petroleum Technology, 1993, March, p. 264-268
39. Harry D. N., Putzig D., Moorhouse R., DelPesco., Jem a ko ff P. Rept. on the 1999 SPE Int. Symp. on Oilfield Chemistry, Houston, Texas, February 16—19, 1999, SPE 50731.
40. Kramer J., P rud'homme R.K., WHtzjus P., Mirau P., Knoll S. Colloid and Polymer Science, 1988, v. 266, p. 145—155.
41. Ainley B. R., Nimerick K. H., Card R. J. Rept. on the Production Operations Svmp., Oklahoma City, March 21—23, 1993, SPE 25463.
42. Walker M.L., Shuchart C. E., Yaritz J, G., Norman L. R. Rept. on the 1995 Int. Symp. of Oilfield Chemistry, San Antonio, February 14-17, 1995, SPE 28978.
43. Elbel J. L. Rept. On the SPE Rocky Mountain Regional Meeting, Casper, May 14-16, 1980, SPE 9036.
44. Nimerick K. H., Temple H. L. Rept. on the Gas Technology Conf., Calgary, April 28—May 1, 1996, SPE 35638.
45. Pearce K. W., Heiken K., Snuelson M. L., Mueller F., McConnell S. B. Rept. on the SPE Western Regional Meeting, Anchorage, May 20-22, 2002. SPE 76721.
46. Магадова Л.А., Силин М.А., Глущенко В.Н. Нефтепромысловая химия. Технологические аспекты и материалы для гидравлического разрыва пласта. — Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. — 2012.
47. Магадова Л.А., Силин М.А., Глущенко В.Н. Новые технологии. Oil&Gas Eurasia. — № 10. — 2008. —С. 10 –12.
48. Эммануэль д'Юто (YPF), S.A. Неукен (Аргентина), Мэтт Гиллард, Мэтт Миллер, Алехандро Пенья, Шугар-Ленд (штат Техас, США), Джефф Джонсон, Марк Тёрнер, Encana Oil and Gas (USA), Inc. Денвер (штат Колорадо, США), Олег Медведев, Эдмонтон (провинция Альберта, Канада), Том Рейн, Petrohawk Energy Corporation, Корпус-Кристи, штат Техас, США, Дин Уилберг, Солт-Лейк-Сити, штат Юта, США. Гидроразрыв пласта с созданием открытых каналов: быстрый путь к добыче. Нефтегазовое обозрение, осень 2011 г., том 23, № 3. Copyright © 2012 Schlumberger. Данная статья является русским переводом статьи “Open-Channel Fracturing—A Fast Track to Production,” Oilfield Review Autumn 2011: 23, no. 3. Copyright © 2011 Schlumberger.
49. Gillard M, Medvedev O, Peca A, Medvedev A, Pecacorada F, d'Huteau E: “A New Approach to Generating Fracture Conductivity,” paper SPE 135034, presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Florence, Italy, September 20—22, 2010.
50. American Petroleum Institute: API RP 61: Recommended Practices for Evaluating Short Term Proppant Pack Permeability, Washington, DC: American Petroleum Institute, 1989.

51. Zimmerman RW and Bodvarsson GS: “Hydraulic Conductivity of Rock Fractures,” *Transport in Porous Media* 23, no. 1 (1996): 1–30.

52. Халид С. Асири, Мохаммед А. Атви (Saudi Aramco Удайлия, Саудовская Аравия), Оскар Хименес Буэно (Petryleos Mexicanos, PEMEX, Вильяэрмоса, Мексика), Бруно Лесерф, Алехандро Пенья (Шугар-Ленд, штат Техас, США) и др. "Stimulating Naturally Fractured Carbonate Reservoirs," *Oilfield Review* 25, no. 3 (Autumn 2013). Copyright © 2013 Schlumberger.