

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА**

© Z.Y.Abbasov, V.M.Fətəliyev, R.C.Qasımova, 2015

**ÇOXKOMPONENTLİ KARBOHİDROGEN SİSTEMLƏRİN
RETROQRAD KONDENSASIYA PROSESİNİN MAYE VƏ QAZ
MÜNASİBƏTLƏRİ ZƏMİNİNDƏ TƏDQIQI**

Z.Y.Abbasov, V.M.Fətəliyev, R.C.Qasımova

*Azərbaycan MEA Geologiya və Geofizika İnstitutu
AZ1143, Bakı, H.Cavid pr., 119*

Məlum termodinamiki nəticələr eksperimental tədqiqatlar əsasında ilk dəfə olaraq çoxkomponentli sistemlərdə doyma, böhran və retroqrad proseslər zonasında baş verən faza çevrilmələrinin mexanizmi qaz-maye komponentlərinin qarşılıqlı fiziki münasibətləri əsasında dəqiqləşdirilmişdir. Çoxkomponentli sistemlərdə baş verən retroqrad proseslər üçün zəruri olan qazın miqdarının sistem böhran nöqtəsində ən kiçik qiymətə malik olduğu sübut edilmişdir. Təcrübi tədqiqatların məlumatlarına və nəzəri müddəalara əsaslanaraq irəli sürülən məntiqi mülahizələr bu sahədə aparılan elmi tədqiqatların yeni istiqamətini müəyyən edə bilər.

Qazın karbohidrogen mayedə həll olması zamanı onun əsas fiziki xüsusiyyətləri sayılan özlülük, sıxılma əmsalı, termik genişlənmə, sıxlıq və s. kimi parametrləri əsaslı şəkildə dəyişir (Мирзаджанзаде и др., 2003). Qazların bu xüsusiyyətini nəzərə alaraq retroqrad kondensasiya və ya buxarlanma hadisəsinin fiziki mahiyyəti ilk dəfə izah edilmiş və çoxkomponentli sistemlərdə retroqrad prosesin klassik termodinamiki qanunlara uyğunluğu göstərilmişdir (Абасов и др., 2009; Abbasov et al., 2005). Bu nəticəyə görə, sabit temperaturda təzyiqin artması zamanı qazın mayedə həll olması onun həcmnin artmasına və molekullararası cazibə qüvvəsinin zəifləməsinə və ya mayenin buxar elastikliyinə artmasına səbəb olur. Belə ki, maye molekullarının verilmiş termobarik şəraitdə malik olduğu kinetik enerji onların buxar fazasına keçməsinə kifayət edir və retroqrad buxarlanma baş verir. Bu hadisənin özünəməxsusluğu, sistemin böhran və krikondenterm temperaturları arasında onun təzahür etməsidir. Məlum olduğu kimi, retroqrad kondensasiya retroqrad buxarlanmaya əks olan prosesdir. Buxar halında olan və qaz fazasında yerləşən (temperatur sistemin böhran və krikondentermi arasındadır və təzyiq retroqrad kondensasiya təzyiqindən böyükdür) komponentləri təşkil edən molekullar təzyiqin azalması zamanı sistemin həcmnin genişlənməsi hesabına bir-birinə yaxınlaşaraq, birləşib kondensasiya etməyə macal tapır.

Bu mülahizədən göründüyü kimi, məsələnin mahiyyəti verilmiş termobarik şəraitdə sistemin tərkibində qaz (böhran temperaturu verilmiş temperaturdan kiçik olan komponentlər) və maye (böhran temperaturu verilmiş temperaturdan böyük olan komponentlər) komponentlərinin nisbətindən və qarşılıqlı həllolma xüsusiyyətlərindən ibarətdir.

Bu münasibətləri təbii qaz-kondensat sistemlərinin tipik – klassik faza diaqramları təmsalında temperaturun sistemin böhran nöqtəsinə doğru artması istiqamətində doyma xətti üzrə izləyək.

Sistemin temperaturu artdıqca onun qaz komponentlərinin miqdarı və molekulların kinetik enerjisi artır. Qazın mayedə həll olması pisləşir və nəticədə doyma təzyiqi də artır (Памазанова и Белиев, 1986). Gətdikcə qaz komponentlərinin miqdarı və həmçinin maye fazasının buxar elastikliyi artmaqda davam edir və elə bir həddə çatır ki, verilmiş termobarik şəraitdə mayedə həll olan qaz onu buxarlandırmaya kifayət edir. Bu hal sistemin böhran vəziyyətinə uyğundur. Deməli, çoxkomponentli sistemin böhran nöqtəsində qaz komponentlərinin miqdarı retroqrad buxarlanma üçün ən kiçik qiymətə malikdir. Bundan sonra temperaturun krikondentermə qədər artması mayenin buxar elastikliyinə və sistemin qaz komponentlərinin artmasına səbəb olduğundan retroqrad proseslərlə müşahidə edilir.

Deyilənlərdən belə bir nəticə çıxarmaq olar ki, verilmiş çoxkomponentli sistemin böhran nöqtə-

sində qaz komponentlərinin miqdarı retroqrad buxarlanma üçün ən kiçik qiymətə malikdir. Bu qanunauyğunluğun ikikomponentli sistemlər üçün mövcud olduğunu öyrənmək məqsədilə eksperiment məlumatlarına (Намиот, 1976) müraciət edilmişdir. Burada metan-dekan sistemi metanın tərkibdəki mol hissə miqdarından asılı olaraq temperaturun 71°C qiymətində tədqiq edilmişdir. Temperaturu sabit saxlamaqla sistemin tərkibində metanın miqdarı artdıqda doyma təzyiqi artır və bu o vaxta qədər davam edir ki, sistemdə metanın miqdarı 0,9-0,95 hissə təşkil edir. Bu nöqtədən başlayaraq doyma təzyiqi böhran təzyiqinə keçir ($\approx 36\text{MPa}$) və bundan sonra metanın artması retroqrad proseslərlə müşahidə edilir. Təcrübə eyni ilə 150°C -də təkrar edilmişdir və metanın tərkibdəki mol hissə miqdarı 0,8 olduqda sistemin böhran halı (30MPa) müşahidə edilmişdir. Deməli, sistemin temperaturunun artması retroqrad buxarlanma təzyiqinin və həmçinin retroqrad buxarlanma üçün lazım olan qazın miqdarının da azalmasına səbəb olur. Bu, həmin ədəbiyyatda verilmiş metan-heksadekan sistemi üzərində aparılmış təcrübədə daha aydın görünür. Burada temperaturun ayrı-ayrı qiymətlərində ($150, 200, 250, 300$ və 350°C) aparılmış sınaqlarda böhran nöqtəsinə çatmaq üçün lazım olan metanın miqdarının $0,95$ -dən $0,8$ -ə qədər, böhran təzyiqinin isə 52MPa -dan 21MPa -ya qədər azalması müşahidə edilmişdir.

Biz Bulla-dəiniz qaz-kondensat yatağından götürülmüş nümunələr əsasında müxtəlif tərkibli qaz-kondensat sistemlərini rekombinə etmişik və hər sistem PVT bombasında ayrı-ayrılıqda tədqiq edilmişdir. Bu sistemlər bir-birindən qaz komponentlərinin həllolma qabiliyyətinin müxtəlifliyi ilə fərqlənirdi. Bu isə tərkibdə azot və karbon qazının

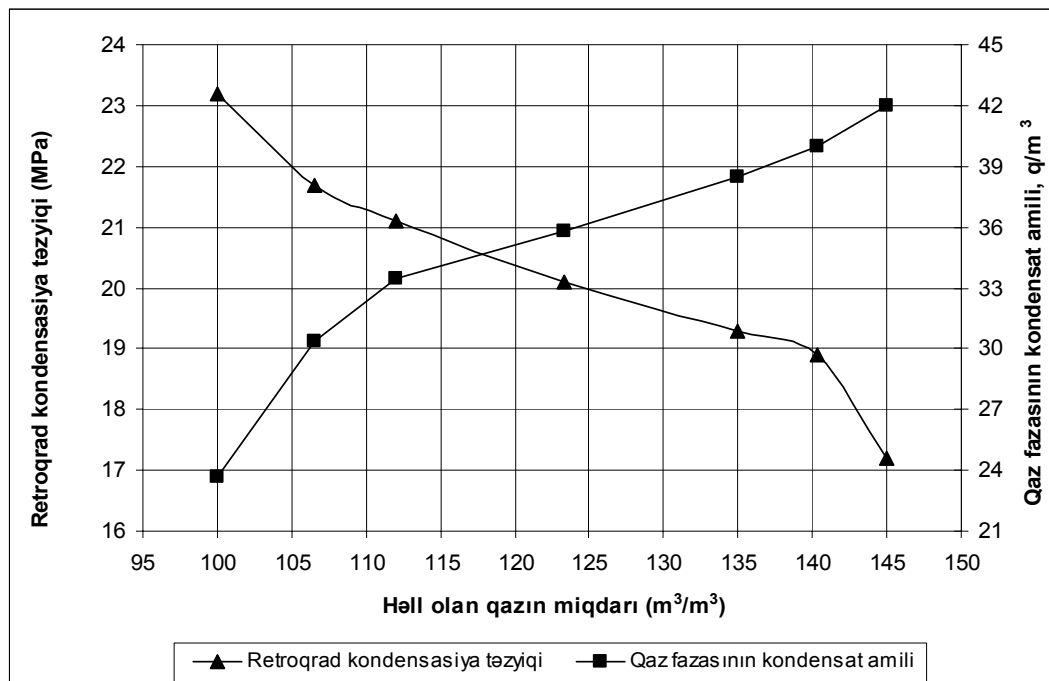
miqdarının müxtəlif olması hesabına əldə edilmişdir (Абасов и др., 2006). Bu qazların tərkibi onların həllolma qabiliyyətlərinin 1-dən 7-yə doğru artması ardıcılığı ilə cədvəldə verilmişdir.

Götürülmüş qaz-kondensat sistemi PVT bombasına yüklənir və 100°C temperaturda, 12MPa təzyiqdə termodinamiki tarazlıq halı bərpa edilir. Təzyiq ümumi metodika üzrə artırılaraq sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqi təyin edilir. Bundan sonra yenidən ilkin vəziyyətinə (temperatur – 100°C , təzyiq – 12MPa) qaytarılır. Yenidən termodinamiki tarazlıq halı bərpa olunur və bu hal sabit saxlanılmaqla maye və qaz fazalarından nümunələr götürülür. Bu nümunələr əsasında qaz fazasının kondensat amili və maye fazasının vahid həcmində həll olan qazın miqdarı təyin edilir.

Alınmış məlumatlar əsasında ayrı-ayrı sistemlərin retroqrad kondensasiya təzyiqinin və eyni termodinamiki şəraitdə (temperatur – 100°C , təzyiq – 12MPa) qaz fazasının kondensat amilinin sistemin maye fazasının vahid həcmində həll olan qazın miqdarından asılılığı müəyyən edilmişdir. Bu asılılıqlar 1-ci şəkildə verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, qaz-kondensat sistemini təşkil edən qaz komponentlərinin kondensatda həllolma qabiliyyəti nə qədər yaxşı olarsa və ya verilmiş termobarik şəraitdə maye fazasının vahid həcmində həll olmuş qazın miqdarı nə qədər çox olarsa, sistemin retroqrad kondensasiya təzyiqinin qiyməti uyğun olaraq azalmış olur. Göstərilən halda kondensatın vahid həcmində həll olan (temperatur – 100°C , təzyiq – 12MPa) qazın miqdarı $100\text{ m}^3/\text{m}^3$ -dən $145\text{ m}^3/\text{m}^3$ -ə qədər artdıqda retroqrad kondensasiya təzyiqi $23,2\text{MPa}$ -dan $17,2\text{MPa}$ -ya qədər azalmış olur.

Qaz-kondensat sistemlərinin rekombinə edilməsi üçün istifadə edilmiş qaz qarışıqlarının komponent tərkibi

Qaz qarışıqları	Qaz komponentləri və onların mol miqdarı (%-lə)							
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	N_2	CO_2
1	58,13	1,11	0,28	0,27	0,03	0,01	40,00	0,17
2	73,31	4,88	1,11	0,38	0,14	0,01	20,00	0,17
3	82,13	5,74	1,25	0,50	0,17	0,01	10,00	0,20
4	91,13	6,78	1,10	0,58	0,21	0,04	0,02	0,14
5	82,19	6,03	1,05	0,58	0,14	0,01	0	10,00
6	72,54	5,93	0,96	0,43	0,13	0,01	0	20,00
7	64,80	4,07	0,72	0,32	0,08	0,01	0	30,00



1-ci şəkil. Müxtəlif qaz-kondensat sistemlərinin kondensasiya təzyiqinin və eyni termodinamiki şəraitdə (temperatur – 100°C , təzyiq – 12MPa) qaz fazasının kondensat amilinin sistemin maye fazasının vahid həcmində həll olan qazın miqdarından asılılığı

Eyni zamanda, müəyyən olunmuşdur ki, eyni termodinamiki şəraitdə maye fazasında həll olan qazın miqdarı $100\text{ m}^3/\text{m}^3$ -dən $145\text{ m}^3/\text{m}^3$ -ə qədər artıqda, qaz fazasının kondensat amili uyğun olaraq, $23,7\text{ q}/\text{m}^3$ -dən $42\text{ q}/\text{m}^3$ -ə qədər artır, yəni daha çox kondensatın buxarlanması müşahidə edilir.

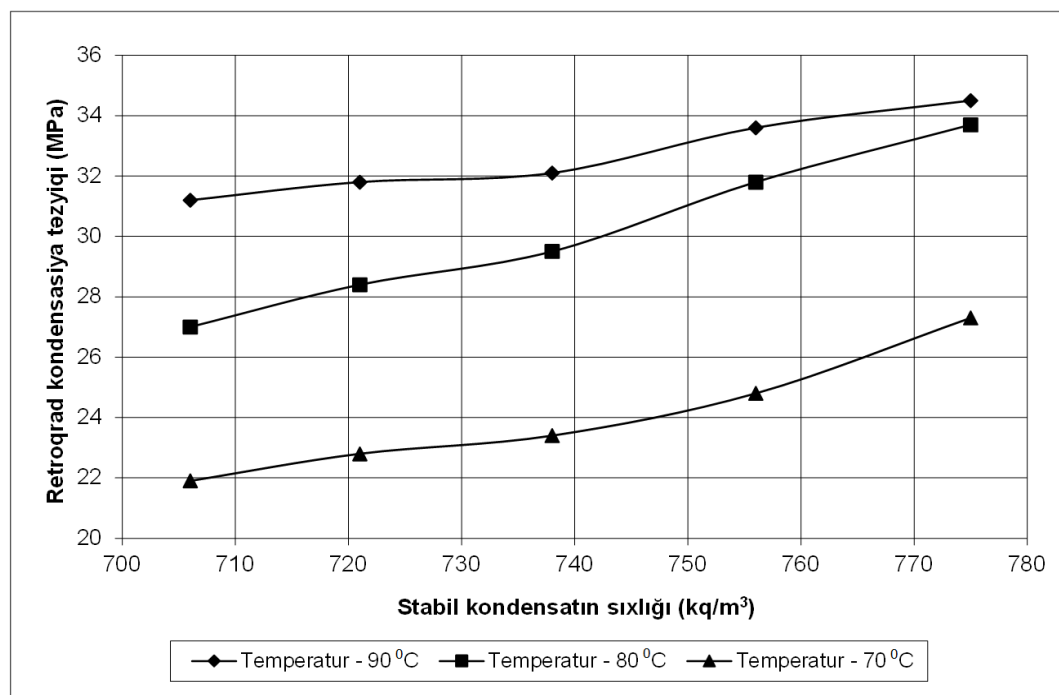
Bu bir daha sübut edir ki, retroqrad prosesləri tədqiq edərkən qazın mayədə həllolma prosesini aparıcı amil kimi qəbul etmək ləbəddür. Lakin qazın mayədə həll olması çox mürəkkəb proses olub, təzyiq və temperaturdan, əlavə sistemin ayrı-ayrı komponentlərinin təbiətindən və ya qarışığın qrup tərkibindən asılı olan bir fiziki prosesdir və bu səbəbdən də retroqrad proseslərin təzahür qanunauyğunluqlarının müəyyən edilməsində bəzi çətinliklər yaranır. Buna nümunə olaraq ədəbiyyatda (Степанова, 1974) təqdim edilmiş təcrübi tədqiqatları göstərmək olar. Burada tədqiqatlar 40°C temperaturda metan-heksan, metan-tsikloheksan və metan-benzol qarışıqları üzərində aparılmış və faza diaqramı təzyiqin tərkibdən asılılıqları şəkilində verilmişdir. Asılılıqlardan məlum olur ki, eyni miqdarda karbon atomundan ibarət olmasına baxmayaraq, sistemin böhran təzyiqi parafindən naftenə və benzola keçdikcə uyğun olaraq 21MPa -dan 27MPa -ya və 38MPa -ya qədər artır, lakin yuxarıdakı nümunələrdən fərqli olaraq burada retroqrad buxarlanma üçün lazım olan metanın minimal miqdarı göstərilən

ardıcılıqla nisbətən azalmış olur.

Qaz-kondensat yataqları termobarik şəraitlə yanaşı, mürəkkəb tərkibə malikdir və bu amil qazın maye kondensatda həllolma proseslərində əhəmiyyətli dərəcədə rol oynaya bilər. Bu mənada kondensatın sıxlığı nəzərəcarpacaq əhəmiyyətə malikdir (Мирзаджанзаде и др., 2003; Абасов и др., 2011). 2-ci şəkildə temperaturun 70 , 80 və 90°C qiymətlərində qaz-kondensat sisteminin retroqrad kondensasiya təzyiqinin stabil kondensatın sıxlığından asılılıqları qrafiki göstərilmişdir.

Burada sıxlığı müxtəlif olan (706 , 721 , 738 , 756 , $775\text{ kq}/\text{m}^3$) kondensat və tərkibi: $C_1 -90,2$; $C_2 -7,05$; $C_3 -1,45$; $C_4 -0,87$; $C_5 -0,39$; $C_6 -0,04\%$, sıxlığı – $0,7804\text{ kq}/\text{m}^3$ olan qazdan istifadə edilmişdir. Rekombinə edilmiş beş müxtəlif sistem tədqiq edilmiş və bütün hallarda kondensat amili $200\text{ q}/\text{m}^3$ olmaqla sabit saxlanılmışdır.

2-ci şəkildən göründüyü kimi, qaz-kondensat sisteminin tərkibində stabil kondensatın sıxlığının artması kondensasiya təzyiqinin qiymətini, demək olar ki, xətti qanunauyğunluqla artırır. Bu, sıxlığın artması ilə verilmiş termobarik şəraitdə kondensatın vahid həcmində həll olan qazın miqdarının azalması ilə izah edilə bilər. Şəkildə temperaturun artması da, istənilən halda, retroqrad kondensasiya təzyiqini artırır, lakin aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, bu, temperaturun bütün qiymətlərində belə olmur.



2-ci şəkil. Müxtəlif sıxlığa malik kondensatla rekombinə edilmiş qaz-kondensat sistemlərinin retrograd kondensasiya təzyiqinin müxtəlif temperaturalarda kondensatın sıxlığından asılılığı

Ümumi termodinamiki müddəalara əsasən, söyləmək olar ki, temperaturun artması molekulların istilik hərəkətini, mayenin buxar elastikliyi – buxar təzyiqini artırır və belə olan halda onun buxarlanma qabiliyyətini artırır, lakin çoxkomponentli sistemlərdə sistemin böhran temperaturu ilə krikondenbara uyğun gələn temperatur arasında (təzyiqin böhran və krikondenbar qiymətləri arasında) təzyiqin sabit qiymətində temperaturun artması sistemin retrograd kondensasiyası ilə müşahidə edilir və bu, həmin intervalda temperaturun artması ilə əlaqədar olaraq, qazın kondensatda həll olmasının pisləşməsi hesabına baş verir. Temperaturun sistemin krikondenbarına uyğun gələn qiymətindən sonra artması maye fazasının buxarlanma qabiliyyətini elə yaxşılaşdırır ki, retrograd kondensasiya təzyiqinin də azalmasına səbəb olur (Abasov et.al., 2005).

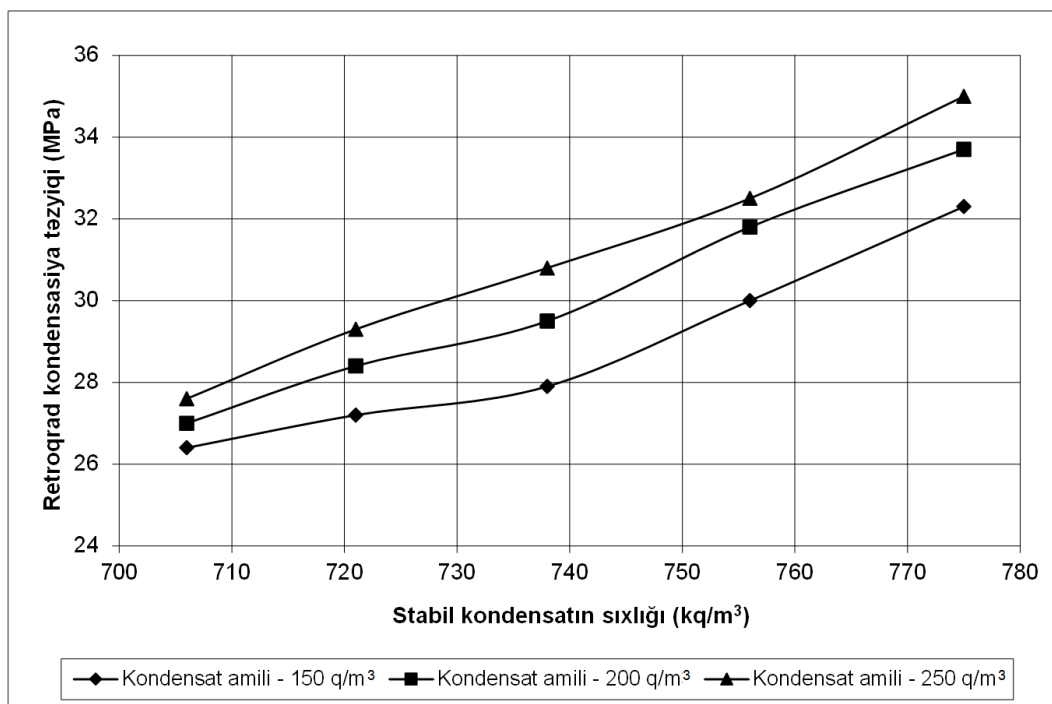
Qaz-kondensat yataqlarının işlənilməsi təcrübəsindən məlumdur ki, kondensat amili yüksək olan yataqlar sona qədər istismar edildikdə daha çox kondensat itkisi ilə nəticələnir. Bu itkinin səbəbi sistemin retrograd kondensasiyasının nisbətən böyük təzyiqlərdə baş verməsi ilə əlaqələndirilir. Bu hal apardığımız tədqiqatda da özünü göstərir.

3-cü şəkildə müxtəlif sıxlıqlara malik kondensatla rekombinə edilmiş müxtəlif qaz-kondensat amilinə malik qaz-kondensat sistemlərinin retrograd kondensasiya təzyiqinin temperaturun sabit qiymətində

(80°C) kondensatın sıxlığından asılılıqları verilmişdir. Burada da yuxarıda təqdim olunmuş qaz qarışıqlarından və kondensatlardan istifadə edilmişdir.

Təqdim olunan asılılıqlara əsasən, retrograd kondensasiya təzyiqinin kondensatın sıxlığına mütənasib dəyişməsinə sistemin qaz komponentlərinin kondensatda həllolma qənaətyünlüğüna müvafiq gəlməsi ilə izah etmək olar, lakin sistemin kondensat amili ilə retrograd kondensasiya təzyiqi arasında asılılıq (kondensat amilinin artması retrograd kondensasiya təzyiqinin artması ilə izlənilir) yuxarıda verilmiş mülahizəyə uyğun görünür. Bunu verilmiş mülahizə əsasında izah etməyə çalışaq.

Qeyd etdiyimiz kimi, qəbul etsək ki, sistemin böhran nöqtəsində qaz komponentlərinin miqdarı sistemi retrograd buxarlandırmaq üçün ən kiçik qiymətə malikdir, onda həmin nöqtədə sistemə hətta eyni tərkibə malik maye komponentləri əlavə edilsə (kondensat amili artırılarsa), o zaman yaranmış yeni sistem həmin təzyiq və temperaturda doyma halına keçər. Sistemi yenidən böhran vəziyyətinə gətirmək üçün temperaturun artırılması lazım gələr. Bu zaman bəzi maye komponentlərinin qaz halına keçməsi və digər maye komponentlərinin buxar elastikliyi artması hesabına böhran halı üçün labüd olan şəraiti bərpa etmək olar. Təbii ki, bu, böhran təzyiqinin də artmasına səbəb olacaqdır. Göstərdiyimiz halda da (3-cü şəkil) həmin vəziyyət müşahidə edilir.



3-cü şəkil. Müxtəlif sıxlığa malik kondensatla rekombinə edilmiş, müxtəlif kondensat amilinə malik qaz-kondensat sistemlərinin retrograd kondensasiya təzyiqinin temperaturun 80°C qiymətində kondensatın sıxlığından asılılığı

Retrograd kondensasiya nöqtəsində kondensatın sıxlığını sabit saxlamaqla onun miqdarını sistem tərkibində artırıdıda sistem yeniləşir və yaranmış bu yeni sistem temperaturun verilmiş qiymətində (80°C) kondensasiya edərək ikifazlı hala keçir. Bu yeni sistemi yenidən birfazlı hala keçirmək üçün təzyiqin artırılması və əlavə qazın mayedə həll olunması lazım gəlir.

Beləliklə, ilk dəfə olaraq çoxkomponentli sistemlərdə doyma, böhran və retrograd proseslər zonasında baş verən faza çevrilmələrinin fiziki mexanizmi qaz-maye komponentlərinin qarşılıqlı münasibətləri əsasında şərh edilmişdir və çoxkomponentli sistemlərdə baş verən retrograd proseslər üçün zəruri olan qazın miqdarının sistemin böhran nöqtəsində ən kiçik qiymətə malik olduğu sübut edilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, göstərilən nəticələr bu sahədə aparılan elmi tədqiqatların yeni istiqamətini müəyyənləşdirə bilər.

ƏDƏBİYYAT

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ, З.Я., ФАТАЛИЕВ, В.М., ГАМИДОВ, Н.Н., МАМЕДОВА, Г.Г. 2009. О фазовых превращениях при разработке газоконденсатных залежей. Доклады РАН, 427, 6, 802-805.

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ, З.Я., ФАТАЛИЕВ, В.М., ГАМИДОВ, Н.Н., МАМЕДОВА, Г.Г. 2006. Экспериментальное исследование влияния растворимости в углеводородных конденсатах газов различного состава на показатели истощения газоконденсатной системы. Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле, 3, 64-69.

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ, З.Я., ФАТАЛИЕВ, В.М., ГАМИДОВ, Н.Н., МАМЕДОВА, Г.Г. 2011. Экспериментальное исследование влияния различных факторов на показатели процесса истощения газоконденсатной залежи. Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. ВНИИОЭНГ, 3, 65-68.

МИРЗАДЖАНЗАДЕ, А.Х., КУЗНЕЦОВ, О.Л., БАСНИЕВ, К.С., АЛИЕВ, З.С. 2003. Основы технологии добычи газа. Москва. Недра. 880 с.

НАМИОТ, А.Ю. 1976. Фазовые равновесия в добыче нефти. Москва. Недра. 184 с.

СТЕПАНОВА, Г.С. 1974. Фазовые превращения углеводородных смесей газоконденсатных месторождений. Москва. Недра. 271 с.

РАМАЗАНОВА, Э.Э., ВЕЛИЕВ, Ф.Г. 1986. Прикладная термодинамика нефтегазоконденсатных месторождений. Москва. Недра. 222 с.

ABASOV, M.T., ABBASOV, Z.Ya., FATALIYEV, V.M., HAMIDOV, N.N. 2005. A new phenomenon in phase transformations of gas-condensate systems and its experimental study. Doklady of Russian Academy of Sciences. Earth Sciences, 403A, 6, 858-860.

Məqaləyə Azərbaycan MEA-nın müxbir üzvü E.M.Ramazanova rəy vermişdir.