

УДК 678.744.547.313

## HEKSANIN NİKEL-SEOLİT KATALİZATORU ÜZƏRİNDƏ ÇEVRİLMƏSİ

K.Y.Əcəmov, E.A.Hüseynova, S.Ə.Əsgərli, L.A.Mürsəlova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

E-mail: [elvira\\_huseynova@mail.ru](mailto:elvira_huseynova@mail.ru)

Seolittərkibli krekinq katalizatorlarının iştirakı ilə n-heksanın çevrilməsinin tədqiqat nəticələri göstərilmişdir. Mövcud katalizatorun heksanın şaxələnmiş izomerlərinin əmələ gəlməsində yüksək izomerləşdirici aktivlik nümayiş etdirdiyi müəyyənləşdirilmişdir: temperatur 140-250°C olduqda konversiya 55-57.2%, izo-heksanlara görə selektivlik isə 58-59.3% təşkil edir. Karbon-ion mexanizmi üzrə izo-heksanın əmələ gəlməsi imkanları müzakirə olunur.

**Açar sözlər:** heksan, nikel-seolit tərkibli katalizator, katalitik krekinq.

**Giriş** Müasir neft-kimyada yüngül karbohidrogen xammalının emalı prosesləri əhəmiyyətli rol oynayır. Bu sahədə tərəqqi yeni yüksəkeffektivli katalizatorların işlənilməsi ilə qırılmaz olaraq bağlıdır [1-3].

Seolitlər əsasında katalitik sistemlər ümumilikdə alkanların bir sıra emalı proseslərində özlərini daha yaxşı göstərmişlər. Belə ki, onların iştirakı ilə n-heksanın çevrilməsində yüksəkətkanlı benzin komponentlərinin istehsalı, aromatik karbohidrogenlər, olefinlər və s. alınmasında bazalaşır [4-6]. Mövcud nümunə onu sübut edir ki, seolittərkibli katalizatorların polifunksionallığına və universallığına baxmayaraq, onların təsirinin ətraflı analizi və mexanizminin izahı lazımdır.

Mövcud işin məqsədi n-heksanın çevrilməsi prosesinin xüsusiyyətlərinin tədqiq edilməsi, həmçinin prosesin əsas göstəricilərinin (aktivlik, selektivlik, katalitik xassələrin stabilliyi) sənaye seolittərkibli Omnikat krekinq katalizatorlarının iştirakı ilə onun aparılması şəraitindən asılılığının tədqiq edilməsi hesab edilir.

**TƏCRÜBƏLƏRİN METODİKASI**

n-heksanın qazfazlı çevrilməsi reaksiyalarında katalizatorların aktivliyinin tədqiq edilməsi 140-530°C temperaturda axın tipli laboratoriya qurğusunda aparılmışdır. Təcrübələr atmosfer təzyiqində və xammalın

verilməsinin 1,8 saat<sup>-1</sup> həcmi sürətində aparılmışdır.

Xammal və maye reaksiya məhsullarının analizi içərisinə sorbent üzərinə hopdurulmuş 17%-li polietilenqlikol ilə SELİT C-22 sorbent doldurulmuş kalonkanın istifadə olunması ilə alovlu-ionlaşdırıcı detektoru olan "CHROM 5" cihazında xromatoqrafik üsulla aparılmışdır.

Qazvari reaksiya məhsulları istilik keçiriciliyə görə detektoru olan "CHROM 5" xromatoqrafında analiz edilmişdir. Sorbent kimi inzen kərpici İNZ-600 üzərinə hopdurulmuş dietilenqlikol efiri və n-yağ turşusundan istifadə olunmuşdur.

Alınmış maye katalizatın tərkibinə daxil olan məhsul qarışığının xromatoqrafik piklərinin miqdarı interpretasiyası mütləq kalibrlemə və daxili normallaşdırma üsulu ilə müəyyən edilmişdir.

**NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ**

n-heksanın çevrilməsi reaksiyalarında seolittərkibli Omnikat krekinq katalizatorlarının aktivliyi barədə alınmış təcrübi dəlillər cədvəldə göstərilmişdir. Təqdim edilmiş dəlillər onu göstərir ki, prosesin temperaturunun yüksəlməsi ilkin məhsulun çevrilmə dərəcəsinin tədricən artması fonunda baş verir: o, 140, 250, 350 və 530°C-də, uyğun olaraq, 56.5, 60.8, 65.6 və 70.9 təşkil edir.

**Cədvəl 1****n-heksanın çevrilməsi prosesinin göstəricilərinə temperaturun təsiri**

Prosesin göstəriciləri	Temperatur, °C			
	140	250	350	530
Çevrilmə dərəcəsi	56,5	60,8	65,6	70,9
2- və 3-metilpentan	19,9	20,7	16,6	16
2,2- və 2,3-dimetilbutan	18,3	19,2	15,8	15,1

$\Sigma C_5$	14,8	15,7	18,6	20
$C_{7+}$	3,5	5,2	14,6	19,8

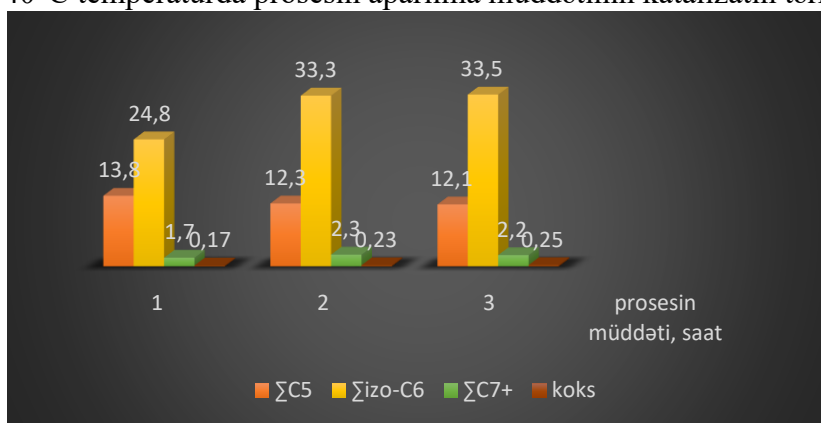
Həmin şəraitdə əmələ gələn məhsulların tərkibi əsasən alifatik karbohidrogenlərdən ibarətdir: 140-250°C-də bu, əsasən, n-heksanın mono- və diəvəzli izomerləridir: 2- və 3-metilpentanlar, həmçinin 2,2- və 2,3-dimetilbutanlar. 140-250°C-də onların ümumi çıxımı 33.3-35.3%, selektivlik isə 58-59.3% təşkil edir. Temperaturun 350°C-yə qədər yüksəlməsi ilə onların miqdarı 27%-ə qədər, ümumi selektivlik isə 41,3%-ə qədər azalır. Prosesin temperaturunun sonrakı yüksəlməsi 20%-lik selektivlik zamanı izo-heksanların əmələ gəlməsinin 14,5%-ə qədər daha azalmasına gətirib çıxarır.

Həmçinin o diqqəti cəlb edir ki, temperaturun 350°C və daha yuxarıya yüksəlməsi ilə ilkin heksana nisbətən yüksək molekulyar kütləsinə malik pentanlar və karbohidrogenlər üstünlük təşkil etməyə

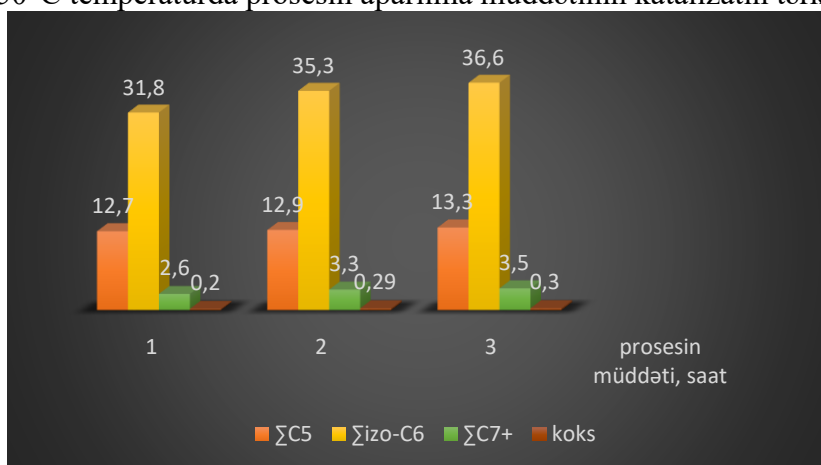
başlayır. Bu temperatur intervalında qazvari karbohidrogenlərin əsas komponentləri etan (3.25%), propan (1.69%) və metan (2.48%) hesab edilir.  $C_2-C_4$  olefinlər həmçinin qaz fazasının tərkibinə daxildir, lakin onların miqdarı 4%-dən yüksək olmur.

Təcrübələrin gedişində tədqiq edilən katalizatorun nümayiş etdirdiyi yüksək izomerləşdirici aktivliyinin alınmış dəlillərə əsaslanaraq sistemlərin katalitik xassələrinin stabilliyinin prosesin müddətindən asılılığı öyrənilmişdir (ŞƏKİL1-2). Dəlillərin müqayisəsi göstərir ki, katalizatorun nümayiş etdirdiyi yüksək izomerləşmə aktivliyi təcrübələrin aparılmasının bütün dövrü ərzində saxlanılır. Maksimal göstəricilər 250°C-də müşahidə olunur: konversiya 55-57.2%, izo-heksanlara görə selektivlik 58-59.3% təşkil edir.

Şəkil 1. 140°C temperaturda prosesin aparılma müddətinin katalizatın tərkibinə təsiri



Şəkil 2. 250°C temperaturda prosesin aparılma müddətinin katalizatın tərkibinə təsiri



Beləliklə, alınmış təcrübə nəticələri fərz etməyə imkan verir ki, tədqiq edilən seolit-tərkibli katalizatorların izomerləşmə aktivliyinin izah

edilməsi üçün klassik bifunksional mexanizmi [6,7] metallik tərkib hissəsinin olmaması nəticəsində istisna etmək lazımdır (metallik

sahələrdə olefinlərin əmələ gəlməsinə gətirib çıxarır), prosesin aşağı temperaturları termiki krekinq reaksiyaları hesabına kifayət qədər miqdarda olefinlərin əmələ gəlmək imkanlarını verir.

Bunu nəzərə alaraq, istisna edilmir ki, tədqiq edilən seolittərkibli krekinq katalizatorlarının iştirakı ilə izo-hekstanın əmələ gəlməsinin nisbətən ehtimallı mexanizmi karbon-ion hesab edilir. Bu halda n-hekstanın

dehidrogenləşməsi seolitə sətə OH-qruplarında deprotonlaşmış oksigen  $[-O^-]$  hesabına baş verə bilər [8,9]. İlkin n-parafin molekullarının aktivləşməsi gedişində meydana gələn karbonium ionu isə (ya hidrid-ionun Lyuis turşu mərkəzləri ilə tutulması nəticəsində, ya da seolitə Brensted turşu mərkəzinin hidrogeninin təsiri altında) qruplaşmaya məruz qalaraq izo-parafinlər əmələ gətirir.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Брагинский О.Б. Мировая нефтепереработка. – Москва: «Нефть и газ», 2006, 640 с.
2. Магеррамов А.М., Ахмедова Р.А., Ахмедова Н.Ф. Нефтехимия и нефтепереработка. Учебник для высших учебных заведений. Баку: «Бакы Университети», 2009, 660 с.
3. Пармон В.Н. Отечественная нефтеперерабатывающая промышленность сквозь призму катализа. Состояние и проблемы. / В.Н.Пармон, В.К.Дуплякин // Катализ в промышленности. 2003, №2, с. 3-10.
4. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. Часть 2. Деструктивные процессы. М.: КолосС, 2007, 334 с.
5. Суханов В.П. Каталитические процессы в нефтепереработке. М.: Химия, 1979, 344 с.
6. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Уфа: Гилем, 2002, 672 с.
7. Бурсиан Н.Р. Технология изомеризации парафиновых углеводородов. Ленинград, Химия, 1985, 192 с.
8. Якобс П. Карбонийонная активность цеолитов. М., Химия, 1983, 142 с.
9. Кожемякин И.В., Кузьмина Р.И., Иванова Ю.В. Химия нефти // Саратов: Изд-во Саратов. Университета, 2006, 56 с.

#### ПРЕВРАЩЕНИЯ ГЕКСАНА НА КАТАЛИЗАТОРЕ НИКЕЛЬ-ЦЕОЛИТ

<sup>1</sup>К.Ю.Аджамов, <sup>1</sup>Э.А.Гусейнова, <sup>2</sup>С.А.Аскерли <sup>2</sup>Л.А.Мурсалова

Приведены результаты исследований превращений n-гексана в присутствии цеолитсодержащего катализатора крекинга. Установлено, что данный катализатор проявляет высокую изомеризирующую активность в образовании разветвленных изомеров гексана: при 140-250°C конверсия составляла 55-57.2%, а селективность по изо-гексанам 58-59.3%. Обсуждается возможность образования изо-гексана по карбоний-ионному механизму.

**Ключевые слова:** гексана, катализаторе никель-цеолит, каталитический крекинг.

#### CONVERSION OF HEXANE ON NICKEL-ZEOLITE CATALYST

<sup>1</sup>K.Y.Adzhamov, <sup>1</sup>E.A.Guseinova, <sup>2</sup>S.A.Askerli, <sup>2</sup>L.A.Mursalova

The results of the conversion of n-hexane with the presence of zeolite containing cracking catalysts are shown. The present catalyst was found to exhibit high isomeric activity in the formation of the branched hexane isomers: at temperatures of 140-250°C, conversion is 55-57.2% , selectivity of iso-hexane is 58-59.3%. The possibility of formation of iso-hexane by carbon-ion mechanism is discussed.

**Key words:** hexane, nickel-zeolite catalyst, catalytic cracking

УДК 665.644.2

**АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЦЕСС КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА**

**Магистрант Ф.Н. Набиев, А.А.Юсифзаде**

**Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,**

*В данной работе нами определялось влияние температур начала кипения и конца кипения сырья на процесс каталитического крекинга на БНЗ им. Гейдара Алиева. Также нами проведены эксперименты по влиянию использованию гидроочищенного сырья на выход бензина, газа, кокса, и легкого газойля. Изучены качества получаемых продуктов при проведении процесса на заводском сырье и на гидроочищенном. Показано что при гидроочистке сырья увеличивается выход газа, бензина, уменьшается выход кокса. В газе увеличивается содержание фракции C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>, в бензине повышается октановое число и уменьшается содержание ароматических углеводородов.*

**Ключевые слова:** каталитический крекинг, газ, бензин, легкий газойль, гидроочистка, вакуумный газойль, кокс, катализатор.

Развитие процесса каталитического крекинга обусловлено тем, что тяжелые углеводороды в этом процессе переходят в ценные продукты [1,2,3]. Газ с установки служит сырьем для получения алкилата, полимербензина, метилтретбутилового эфира, диизопропилового эфира и др [4,5]. Каталитический крекинг на БНЗ им. Гейдара Алиева включает установку гидроочистки сырья, сам процесс крекинга и газофракционирования. На установки

гидроочистки используется Al-Co-Mo катализатор. На установке каталитического крекинга используется Omniscat 210 [6].

В качестве сырья используется широкий вакуумный газойль выкипающий в пределах 350-520 С. Нами было решено рассмотреть влияние температур начала и конца кипения сырья на выход и качества бензина, газа и кокса [7]. Показатели качества сырья представлены в таблице 1

**Таблица 1**

**Показатели качества сырья**

Показатели	1	2	3	4
Пределы выкипания (С)	350-520	350-480	325-480	320-450
Плотность при 20 С (Кг/М <sup>3</sup> )	907	888	879	860
Количество акцизных смол % масс.	10	8.5	8.0	7.8
Содержание серы % масс.	0,9	0,8	0.78	0.76
Групповой углеводородный состав %				
А) парафино нафтеновые углеводороды	46.5	48.3	50.1	65.1
Б) ароматические углеводороды	50.2	49.1	47,5	32.6
В) смолы	3.3	2.6	2.4	2.3

Все 4 образца сырья подвергались каталитическому крекингу при одинаковых условиях: температура 530 С, соотношение катализатор : сырье = 7:1. Материальные балансы процесса на четырех образцах сырья представлены в таблице 2.

**Таблица 2**

**Материальный баланс процесса каталитического крекинга**

Показатели	1 (350-520)	2 (350-480)	3 (325-480)	4 (320-450)
Взято % масс. сырье	100	100	100	100
Итого	100	100	100	100
Полученно				
Газ	19.87	19.9	20.4	21.8
Бензин (н.к. 195 С)	42.82	42.9	43.1	43.5

Легкий газойль	15.8	18.1	18.2	18.4
Тяжелый газойль до 450 С	13.0	13.5	13.3	11.8
Выше 450 С	2.9	1.4	1.6	1.5
Кокс	5.5	4.2	3.0	2.6
Потери	0.21	0.2	0.4	0.4
Итого	100	100	100	100

Как видно из данных таблицы 2 с повышением температур конца кипения сырья уменьшается выход бензина и газа, увеличивается выход кокса.

Полученные газы были исследованы в хроматографе. Хроматографические результаты анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Анализ газов полученных в процессе каталитического крекинга**

Показатели	1	2	3	4
Сухой газ	3.45	3.6	3.02	2.85
Пропан-пропиленовая фракция	5.12	5.65	5.95	6.1
Бутан-бутиленовая фракция	11.3	10.65	11.43	12.85
Итого	19.87	19.9	20.4	21.8

В дальнейшем нами были изучены качества бензиновых фракций. Полученные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Качества бензиновых фракций**

Показатели	1	2	3	4
Плотность при 20 С	755	750.9	753.7	752.1
Фракционный состав С				
А) Температура начала кипения	35	36	38	36
Б) Температура 10% отгона	75	74	65	66
В) Температура 50% отгона	120	118	118	117
Г) Температура 90% отгона	190	181	179	180
Д) Температура конца кипения	200	196	195	193
Содержание серы % масс.	0.04	0.03	0.03	0.024
Октановое число				
По моторному методу	80	80	81.5	82.5
По исследовательскому методу	90	91	92	92
Групповой углеводородный состав, % мас.				
А) Непредельные	14	14	15	16
Б) Парафино-нафтеновые	54	55.5	58	59
В) Ароматические	32	30.5	27	25

Как видно из данных таблицы 4 октановые числа бензинов полученных из сырья с низкими температурами конца кипения выше и содержание ароматических углеводов ниже, чем у бензинов из сырья с высокими температурами конца кипения. Так же нами были исследованы качества легких и тяжелых газойлей полученных в процессе . В таблице 5 даны качества легкого и тяжелого газойлей.

Таблица 5

**Свойства легкого и тяжелого газойлей**

Показатели	1		2		3		4	
	Легкий	Тяжелый	Легкий	Тяжелый	Легкий	Тяжелый	Легкий	Тяжелый
Плотность при 20 С (Кг/М <sup>3</sup> )	920	950	913	942	888	935	883	932

Температура Начало кипения	195	361	196	360	195	358	195	354
Конец кипения	360	445	359	447	356	449	352	448
Вспышка	68	-	64	-	63	-	62	-
Содержание серы % масс.	0.5	0.8	0.45	0.79	0.45	0.8	0.46	0.78
Цетановое число	20	-	24	-	23	-	25	-
Коксуемост ь % мас	0.02	0.06	0.02	0.058	0.018	0.06	0.015	0.055
Температура застывания	-25	+25	-20	+23	-25	+24	-26	+25
Углеводоро дный состав %								
А) Парафмо нафтоновые	70.2	62.8	71.4	63.5	74.5	65.8	75.5	66.2
Б) Легкая ароматика	12.9	10.0	12.1	11.2	13.8	11.8	14.0	12.0
В) Средняя ароматика	10.5	13.6	10.25	13.2	5.9	11.5	5.1	10.8
Г) тяжелая ароматика	4.9	8.5	4.8	7.1	4.4	6.6	4.2	6.8
Д) СМОЛЫ	1.5	5.1	1.45	5.0	1.4	4.3	1.2	4.2

Далее определялось влияние температуры конца кипения сырья на выход кокса, газа и бензина. Изменение выхода кокса, газа и бензина в зависимости от изменения температуры конца кипения сырья показано на рис. 1.

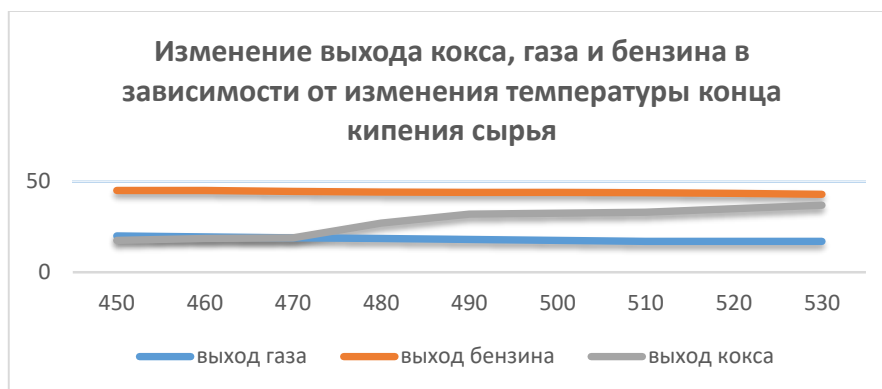


Рис. 1

Как видно из рис. 1 с увеличением температуры конца кипения сырья увеличивается выход кокса и уменьшается выход газа и бензина. Дальнейшие исследования проводились с вакуумными газойлями, подвергнутыми гидроочистке. Так как вакуумные газойли выкипающие в пределах 350-520 С и 350-490 С дают примерно одинаковые выходы продуктов и получаемые продукты имеют одинаковые свойства и для фракции 325-480 С и 320-450

С то же самое, то поэтому гидроочистке подвергались 2 фракции. 350-520 С (применяемая в производстве) и 325-480 С. Гидроочистка проводилась на Al-Co-Mo катализаторе при температуре 380 С и под давлением 6 МПа. Исходя из этого определены материальные балансы каталитического крекинга на гидроочищенном сырье. Данные представлены в таблице 6.

Таблица 6

Материальный баланс процесса каталитического крекинга на гидроочищенном сырье

Показатели	Тип сырья	
Взято%мас гидроочищенного сырья	100	100
Итого	100	100
Полученно		
Газ	21,4	23,5
Бензин ( н.к. 195 С)	46,9	54,5
Легкий газойль (195-350 С)	14,2	10,4
Тяжелый газойль (350-450 С)	10,8	8
Выше 450 С	1,9	1,2
Кокс	4	2,08
Потери	0,8	0,32
Итого	100	100

Как видно при сравнении данных таблиц 2 и 6 в результате гидроочистки сырья удалось повысить выход газа и бензина и снизить выход кокса. Анализ газа проводился хроматографически и данные представлены в таблице 7.

Таблица 7

**Хроматографический анализ газа**

Показатели	1	2
Сухой газ	2,9	2,3
Пропан-пропиленовая фракция	6,1	7,6
Бутан-бутиленовая фракция	12,4	13,6
Итого	21,4	23,5

Как видно из таблицы 7, в газе увеличилось количество фракции С<sub>3</sub>-С<sub>4</sub>. Качества бензиновых фракций представлены в таблице 8.

Таблица 8

**Качества бензиновых фракций**

Показатели	1	2
Плотность при 20 С	753	751,6
Фракционный состав С		
А) Температура начала кипения	36	36
Б) Температура 10% отгона	74	74
В) Температура 50% отгона	118	118
Г) Температура 90% отгона	184	181
Д) Температура конца кипения	193	196
Содержание серы % масс.	0,003	0,0018
Октановое число		
По моторному методу	81,5	83,5
По исследовательскому методу	92	93,5
Групповой углеводородный состав, % мас.		
А) Непредельные	12	12,5
Б) Парафино-нафтеновые	59	63
В) Ароматические	29	24,5

Определены свойства легких газойлей (195-350 С) полученных на гидроочищенном сырье. Полученные данные представлены в таблице 9.

## Качества легких газойлей

Показатели	1	2
Плотность при 20 С (Кг/М <sup>3</sup> )	905	876
Температура		
Начало кипения	195	195
Конец кипения	352	350
Вспышка	66	62
Содержание серы % масс.	0,04	0,03
Цетановое число	25	28
Коксуемость % мас	0,01	0,009
Температура застывания	-23	-23
Углеводородный состав %		
А) Парафмно нафтеновые	71,8	75,7
Б) Легкая ароматика	13,2	13,5
В) Средняя ароматика	9,4	5,2
Г) тяжелая ароматика	4,2	4,0
Д) Смолы + потери	1,4	1,6

Таким образом проведенное исследование показало что с уменьшением конца кипения вакуумного газойля, полученного из смеси Бакинских нефтей в процессе каталитического крекинга уменьшается выход кокса и увеличивается выход газа и бензина.

Это же сырье подвергнутое гидроочистке и затем использованное в

каталитическом крекинге дало низкий выход кокса и значительный выход бензина. При этом октановое число бензина увеличилось на 1,5 -2 пункта, уменьшилось количество выхода ароматических углеводородов. В газе, увеличилось содержание фракций C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>,

## ЛИТЕРАТУРА.

- 1) Nakamura D.N. Global ethylene capacity increase slightly – Oil and Gas Journal – 2001, V105, N27-P.92-103
- 2) Stratiev D., Shishkova I, et al. Study on the origin of sulfur in the fluid catalytic cracking gasoline –Ind-Eng, Chem. Res – 2009 – N48(23) – P. 10253 – 10261
- 3) R. Pujro et al. Reactivity of the saturated aromatic and resin fractions of the ATR residues under FCC conditions – Fuel – 2014 – vol 119 – p. 219-225
- 4) Gang Wang et al. laboratory – Seal experiments and industrial practice of low-temperature contact and high ratio of catalyst to oil in the FCC process – Energy Fuels – 2013- Vol 276 P. 1555-1563
- 5) Parthasarathy R.S., Alabduljabbar Sarah S. HS-FCC high severity fluid catalytic cracking: a newcomer to FCC family Applied Petrochemical Research – 2014 – V-14 p.441
- 6) Hussain A.I. et al Catalitic cracking of Arabian light VGO over zeolites os FCC catalyst additives – Fuel Processing technology – 2017 vol:161 P.23-32
- 7) А.Юсифзаде и др. Изучение влияние некоторых технологических параметров на процесс каталитического крекинга – Нефтепереработка и нефтехимия -2015 С.18-21.

## THE ANALYSIS OF PARAMETERS INFLUENCING CATALYTIC CRACKING.

Nabiyev F.N. A.A. Yusifzade

In current study we were defining the influence of change in initial boiling point and final boiling point of feedstock on FCC process at Heydar Aliyev Oil Refinery. We also studied the influence of hydrotreated feed on the gasoline, gas, cocker and light gasoil yields. Product properties for both cases (hydrotreated feedstock and non-hydrotreated) were analised. It was identified that



while using hydrotreated feedstock the amount of gasoline and gas increases, and the amount of cocker decreases. The amount of C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> increases in total gas compound. In gasoline RON increased and the amount of aromatics decreased.

**Key words:** catalytic cracking, gas, gasoline, light gasoil, hydrotreating, vacuum gasoil, cocker, catalyst.

#### **KATALITİK KREKİNG PROSESİNƏ TƏSİR EDƏN BƏZİ PARAMETRLƏRİN TƏHLİLİ.**

**Magistrant F.N. Nəbiyev A.A. Yusifzadə**

Cari işdə biz tərəfinfən xammalın qaynama başlanğıcı temperaturunun və qaynama sonu temperaturunun Heydər Əliyev adına NEZ-in Katalitik kreking prosesinə təsiri araşdırılmışdır. Əlavə olaraq qurğuda hidrotəmizlənmiş və zavod (hidrotəmizlənməmiş) xammalının istifadəsinin benzin, koks, yüngül qazoyl məhsullarının çıxımlarına təsiri müəyyənləşdirilmişdir. Nəticələrə əsasən hidrotəmizlənmiş xammaldan istifadə edərkən qazın və benzini çıxımları artır, koksun çıxımı azalır. Qazın tərkibində C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> fraksiyasının miqdarı artır, benzinin oktan ədədi artır və aromatik karbohidrogenlərin miqdarı azalır

**Açar sözlər:** katalitik kreking, qaz, benzin, yüngül qazoyl, hidrotəmizləmə, vakuum qazoylu, koks, katalizator.

УДК 541.183

**KARBOHİDROGEN XAMMALININ BORULU SOBADA PİROLİZİ****Magistrant N.M. Əliyev, dos. F. H. Bayramov**  
**Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti**E-mail: [namiqadna@gmail.com](mailto:namiqadna@gmail.com)**Açar sözlər:** reaksiya, piroliz, temperatur, proses, katalizator, xammal, parçalanma, koksluq, karbohidrogen, məhsul, tarazlıq, daşıyıcı, borulu soba, mühit, katalitik, dəyişmə.

Son illərdə kimya sənayesinin inkişafı üzvi sintez məhsulları istehsalının yüksəlməsinə ilə xarakterizə olunur. Müasir dövrdə dörd karbohidrogen: etilen, propilen, butadien və benzol neft-kimya sənayesində əsas texniki tərəqqini təyin edir. Etilen, propilen əsasən piroliz nəticəsində alınır. Piroliz – üzvi və bir çox qeyri-üzvi birləşmələrin termiki parçalanmasıdır. Dar mənada təbii üzvi maddələrin ağacın, neft məhsullarının və s. oksigen çatışmazlığı mühitində parçalanması, daha geniş mənada – yüksək temperatur təsirindən istənilən birləşmənin onu təşkil edən daha yüngül molekullara və ya kimyəvi elementlərə parçalanmasıdır. Piroliz prosesi əsasən borulu sobalarda aparılır.

Neft emalı zavodlarında istismar edilən borulu sobaların əksəriyyəti radiant-konversiya tipli sobalardır. Bu sobalarda xammalın istiliyinin əsas hissəsi (80%) soba borularının radiyasiya bölməsinə verilir, konveksiya hissəsi isə köməkçi rol oynayır.

Etilen və propilenin əsas istehsal mənbəyi hidrogenlərin termiki piroliz prosesi sayılır. Məhz piroliz qurğularında plastik kütlə, sintetik qətran, kauçuk və lif istehsalının xammalla təmini üçün ilkin məhsullar alınır.

Neft –kimya sənayesində etilen və propilenə tələbatın artması ilə bağlı olaraq, həmçinin piroliz xammalının çatışmazlığı ilə əlaqədar piroliz prosesinin selektivliyinin artırılması vacibdir. Bununla bağlı xammalın daha ucuz başa gələn və əlçatan növlərindən istifadə edilməsi imkanları üçün, həm də pirolizin yeni metodlarının işlənilməsi intensiv işlər aparılır. Bunlarla eyni zamanda piroliz sobalarının təkmilləşdirilməsi və yeni konstruksiyalarının işlənilməsi, xammalın emalı zamanı onların iş rejiminin dəyişdirilməsi, xammal sərfinin azaldılmasına və iqtisadi effektivliyin yüksəldilməsi istiqamətində tədqiqatlar aparılır. [1-3]

Müasir katalizin məsələlərindən biri katalizatorların seçilməsinin elmi əsaslarının işlənilməsidir. Baxmayaraq ki, bu sahədə geniş miqyaslı işlər aparılmışdır, bu problem hələ də öz həllini tapmamışdır. Daha bir məsələ də müəyyən təyinatlı effektiv katalizatorların sintezinin elmi əsaslarının işlənməsidir. Son dövrlərdə piroliz katalizatoru üçün daha əlçatan daşıyıcıların yaradılmasına böyük diqqət yetirilir. Katalizatorun daşıyıcısı möhkəmlik, geniş məsaməlilik və aşağı koksluğa malik olmalıdır. Katalizatorla daşıyıcının koksluğu, aktivliyi arasında müəyyən asılılıq mövcuddur. Koksluluq özü katalitik aktivliyə malikdir, katalizatorun koksluğu daşıyıcının koksluğundan dəqiq asılıdır. Katalizatorla koksun çıxışı, təmiz daşıyıcılara nisbətən iki dəfə azdır, bu verilənlər piroliz katalizatorunun koksun əmələ gəlməsini azaldan modifikatorların seçilməsi barədə nəticələr əldə etməyə imkan verir.

Ədəbiyyat məlumatlarına görə son illərdə müxtəlif katalitik sistemlərin istifadəsi ilə katalitik karbohidrogen xammalı sahəsində intensiv tədqiqatlar aparılır. Piroliz katalizatoru üçün mühüm xarakteristikalar aşağıdakılardır: yüksək aktivlik (etilen və propilenin çıxışına görə), möhkəmlik, aşağı koksluq.

Amma ədəbiyyatlarda katalizator daşıyıcılarının effektivliyi, katalizatorla koksun əmələ gəlməsi, koksun yığılması və onun azaldılması barədə məlumat yoxdur. İşdə daha effektiv daşıyıcı və katalizatorların istifadəsi ilə katalitik piroliz prosesi, həm də piroliz katalizatorunda koksmələgəlməni azaldan modifikatorun seçilməsinə baxılmış, laboratoriyada, təcrübələrdə, təcrübə-sənaye və sənaye-nümayiş quğularında modifikatorların iştirakı ilə koksmələgəlmə qanunauyğunluğu öyrənilmişdir. Karbohidrogen xammalının prinsipə yeni katalitik-piroliz prosesi işlənilmişdir. [4-5]

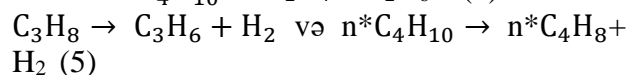
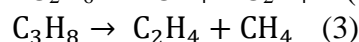
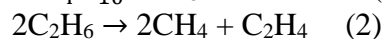
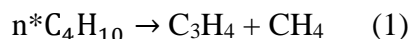
Karbohidrogenlərin termiki parçalanmasını çox mürəkkəb proses olaraq, sonda böyük sayda məhsullar əmələ gətirən ardıcıl və paralel gedən kimyəvi reaksiyalar sırası kimi başa düşmək olar. Termodinamik asılılıqlarla ifadə olunan reaksiyaların energetik

$$\ln K_p = -\frac{dG}{R_x T} \quad (I)$$

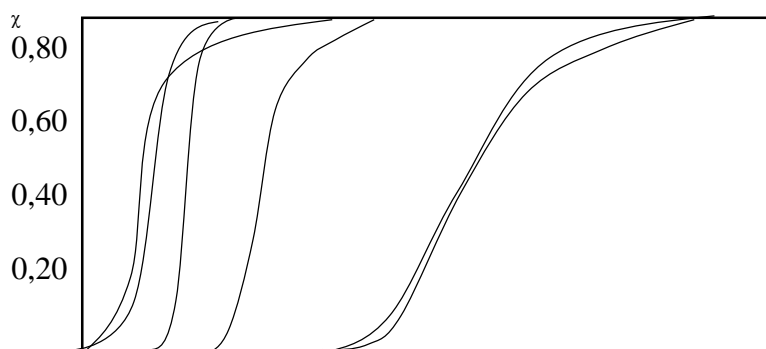
Reaksiya üzrə qalıq maddələrin çevrilmə dərəcəsi birhədli funksiyanın konstantı  $K_p$  -nin analitik ifadəsi steximometrik reaksiya ilə təyin edilir.

Karbohidrogenlərin termiki parçalanması nəticəsində müxtəlif məhsullar, o cümlədən aşağı olefinlər, metan, eyni zamanda çıxan maddələrə nisbətən daha kiçik molekül kütləsinə malik alkanlar alınır. Belə ki, etanın pirolizinin molekulyar reaksiyalarla yazılışında əsasən etilenin alınmasının dehidrasiya reaksiyası götürülür. Propanın pirolizi zamanı hidrogensizləşmə ilə birlikdə propilənə qədər etilen və metanın parçalanması baş verir.[6] Anoloji olaraq iki istiqamətdə dehidrasiya və parçalanma reaksiyalarına normal butanın ayrılmasını göstərmək olar.  $C_2 - C_4$

xarakteristikası reaksiyaların istiqamətini və alınan qalıq maddələrin maksimal tarazlıq dərəcəsi təyin edilir. Çevrilmənin tarazlıq dərəcəsini kimyəvi reaksiya üzrə Gibbsin standart enerji tarazlıq tənliyindən aılılıq konstantını ( $K_p$ ) aşağıdakı kimi hesablanır: alkanları [6] molekulyar reaksiyalarına əsasən ayrılırlar:



[6]-ya görə  $C_2 - C_4$  alkanlarının dehidrogenləşməsi 800-850 °C-də sona qədər gedə bilər, etanın isə ancaq 900-950°C -yə qədər davam edə bilər. Alkanların parçalanma reaksiyaları 250-450 °C-də başa çata bilər, (Şəkil 1) belə ki, çıxan karbohidrogenlərdə C atomlarının sayı nə qədər çox olarsa, o qədər də onun aşağı temperaturda parçalanması baş verir [6]



Şəkil 1.  $C_2-C_4$   $\chi$  alkanlarının dehidrasiya və parçalanma reaksiyalarının tarazlıq dərəcəsinə çevrilməsinin temperaturdan asılılığı (1, 2, 3, 4, 5, 6 ayrılırlarının nömrələri 1, 2, 3, 4, 5, 6, reaksiyalarının nümunələri ilə üst-üstə düşür).

Alkanların piroliz reaksiyalarının biri onların C və H-ə ayrılma reaksiyasıdır. Temperaturun yüksəlməsi ilə alkanların və olefinlərin ayrılmasının tarazlıq dərəcəsi bu reaksiya üzrə artır, asetilenin tarazlıq dərəcəsi isə düşür. Buna görə də 1400 °C-də asetilen etilenə nisbətən daha termodinamiki dayanıqlığa malik olur. Bu istiqamətdə karbohidrogenlərin ayrılma stabilliyi molekulda 1400 °C-də karbon atomlarının artması ilə kiçilir. Təcrübə olaraq piroliz şəraitində, xammalın reaksiya zonasında az qaldığı vaxtda, alkanların və olefinlərin C və H-ə tənəzzülü, onların eyni çəkili ehtimallarına baxmayaraq,

az dərəcədə kinetik məhdudiyyətlə baş verir [6].

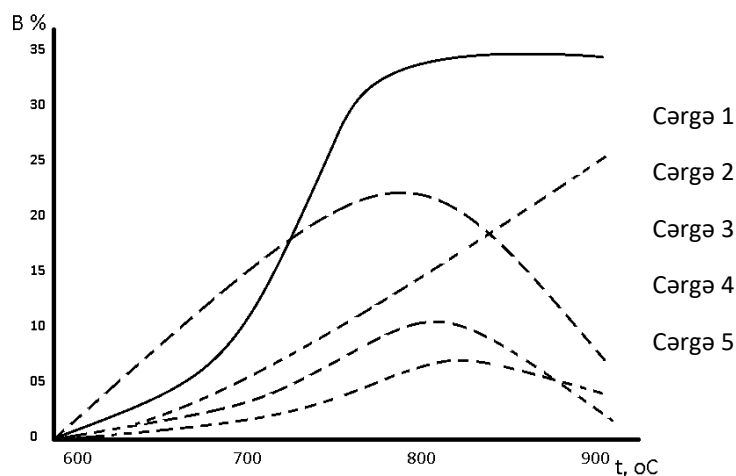
Prosesin vacib parametri – temperatur – başlanğıc maddələrin piroliz zamanı reaksiyalarda dönmə dərəcəsinin həm də piroliz məhsullarının paylanması təyin edir. Temperaturun artması nəticəsində ilkin reaksiyada aşağı olefinlərin, metan və hidrogen çıxması artır, alkanların çıxışı azalır.

Adi piroliz şəraitində, nə zaman ki, alınan məhsulların parçalanma dərinliyi kifayət qədər yüksəkdir, müəyyən dərinlikdə ikinci reaksiyalar da baş verir, məs. birinci mərhələdə əmələ gələn olefin və diolefinlərin

parçalanması, birləşmə tipli reaksiyalar və başqaları. Baxmayaraq ki, ikinci dönmə reaksiyalarının sürəti birinci reaksiyalara nisbətən temperaturdan az asılıdır, belə asılılıq mövcuddur və uyğun reaksiyaların enerji naktivasiyasının hədləri ilə xarakterizə olunur. Buna görə də, piroliz reaksiyası karbohidrogenlərin müxtəlif temperaturlarda çıxışı təkcə çıxan maddələrin dönmə dərinliyinin temperaturdan asılılığı ilə təyin olunmur. Çıxan məhsulun temperaturdan asılılığı adətən çox mürəkkəbdir və bir qayda

olaraq, xammalın müxtəlif növləri üçün eksperimental olaraq müəyyən edilir [7-8]

Pirolizin digər mühüm parametri piroliz olunan maddələrin reaksiya zonasında qalma müddətidir, bəzən bu vaxtda kontakt müddəti də deyilir. Qalma vaxtı kimi reaksiyaya girən məhsul axınının ilanvarı boruda elə qalma temperaturu başa düşülür ki, piroliz reaksiyası əhəmiyyətli sürətdə gedir. Karbohidrogenlərin şərti başlanğıc reaksiyası  $C_5-C_{10}$  (birbaşa qovulan benzin)  $650^{\circ}S$ -dir. (Şəkil 2).



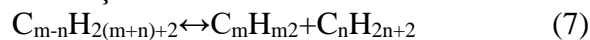
Şəkil 2. Ekzotermik reaktorda birbaşa qovulan benzinin pirolizinin B məhsullarının temperaturdan t asılılığı 1- $C_2H_4$ ; 2- $CH_4$ ; 3- $C_3H_6$ ; 4- $C_4H_8$ ; 5- $C_4H_6$

Olefinlərin yarandığı ilkin reaksiyanın sürəti ikinciye nisbətən temperaturun artması ilə çox böyüyür, hər bir anlıq məhsul üçün – aşağı olefinlər – ayrıca temperaturdan asılı olan reagentin optimal qalma müddəti mövcuddur, həm də temperaturun yüksəlməsi ilə qalmanın optimal həddi keçilir.

Beləliklə, pirolizin temperaturunun yüksəldilərək eyni anda uyğun qalma müddətinin seçilməsi daha yüksək xam məhsulun, o cümlədən etilenin əldə olunmasına imkan verir.  $C_6$  karbohidrogenləri üçün aşağı temperaturda termodinamiki sabillik müxtəlif siniflərin karbohidrogenlərinin molekulunda termodinamiki sabillik müxtəlif siniflərin karbohidrogenlərinin molekulunda eyni sayda atomları üçün aşağı düşür:

Parafinlər > Naftenlər > Olafenlər > Aromatlilər

Beləliklə, nəzərə almaq lazımdır ki, neft məhsullarına termiki təsir etdikdə karbohidrogenlərin qrup tərkibi dəyişir. Parafinin parçalanması prosesində olefinin molekullarının və parafinin tərkibi dəyişir. Parafinin parçalanması prosesində olefinin molekullarının və parafinin daha qısa karbon atomlarının sırasının əmələ gəlməsi müşahidə olunur, həm də əks proses parafinolefinlərinin alkinləşməsi ilə özünü biruzə verir:



Gibbs enerjisinin təxminən ( $dG^0$ ) 0-dan böyük olan 600K dəyişməsində, parafinlərin termodinamiki parçalanması mümkün deyil, yalnız alkilləmə gedə bilər. Daha yüksək temperaturda vəziyyət əksinə dəyişir, həm də 800 K dərəcədə və daha yuxarı temperaturda parçalanma artıq dönməyən prosesə çevrilir [9]

## ӘДӘБИҮҮАТ

1. Кирпичников П.А, Ликумович А.Г, Победимский Д.Г “Химия и технология мономеров для синтетических каучуков” Химия-2015.- 264 с.
2. Магарил Р.Е , Ноанадис Н.В, Гельперин Н.И пиролиз в присутствии водорода ж физ химии-1975.С-299-301
3. Жоров Ю.М, Васильева И.И, Панченков Г.М. «Влияние природы разбавителя на пиролиз углеводородов».- Нефтепереработка и нефтехимия- 1976.С.-29-30
4. Жоров.М.Ө, Василева.И.И, Панчеников Г.М.АС №573497(СССР) способ получения этилена онублик в БИ-1977.С.-85-86
5. Мухина Т. Н, Барабанов Н. Л, Бабаш С.Е. .... Высокотемпературный пиролиз углеводородов М. ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ-1991.-71 с.
6. Жагфаров Ф.Г., Григорьева Н.А., Лapidус А.Л. Разработка процесса пиролиза углеводородного сырья (док. дис.) М-2017.-258 с.
7. Гельперин Н.И. Лебедев Н.Н Запольский, А.А Основные процессы и аппараты химической технологии. Том 1.-М.:Химия-1981.- 812 с.
8. Мухина Т.Н., Баранов Н.Л., Бабаш С.Е. пиролиз углеводородного сырья М.- 2016.-240 с.
- 9.Адельсон С.В., Соколовская В.Г., Лебедев Н.Н кинетика и катализ-1981.С-390-395

**PYROLYSIS OF HYDROCARBON RAW MATERIALS IN A TUBULAR FURNACE****N.M. Aliyev., F.H. Bayramov**

In recent years, the chemical industry has been characterized by an increase in the production of organic synthesis products. In modern times, four hydrocarbons: ethylene, propylene, butadiene and benzene determine major technical progress in the petrochemical industry. Ethylene, propylene is mainly produced as a result of pyrolysis. Pyrolysis is a thermal decomposition of organic and many inorganic compounds. In the narrowest sense, natural organic matter can be found in wood, oil products and so on. decomposition in an oxygen deficiency environment is, in a broader sense, any combination of high temperature effects to the more lighter molecules or chemicals that make up it. The pyrolysis process is mainly carried out in tubular furnaces

**ПИРОЛИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ТРУБЧАТОЙ ПЕЧИ****Н.М. Алиев., Ф. Г. Байрамов**

В последние годы химическая промышленность характеризуется увеличением производства продуктов органического синтеза. В наше время четыре углеводорода: этилен, пропилен, бутадиен и бензол определяют основной технический прогресс в нефтехимической промышленности. Этилен, пропилен в основном получают в результате пиролиза. Пиролиз - это термическое разложение органических и многих неорганических соединений. В самом узком смысле, природные органические вещества можно найти в древесине, нефтепродуктах и так далее. в более широком смысле разложение в среде с дефицитом кислорода представляет собой любую комбинацию воздействия высоких температур на более легкие молекулы или химические вещества, которые его составляют. Процесс пиролиза в основном проводится в трубчатых печах

UDK 621.891: 622.67

QAZMA QURĞUSUNUN BUCURQAD SİSTEMİ ÜÇÜN HAZIRLANMIŞ ƏYLƏC KÜNDƏSİ  
MATERİALLARININ TRIBOTEXNİKİ TƏDQIQI

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitet

Yusubov Fikrət Fəxrəddin oğlu

Email: [fikratyusub@gmail.com](mailto:fikratyusub@gmail.com)

**Açar sözlər:** ovuntu metallurjiyası, kompozitlər, sürtünmə əmsalı, sürtünmə və yeyilmə, mikroçatlar, dağılma, istilik rekimləri

Qazma qurğusunun bucurqad sistemində daxil olan avadanlıqların uzunömürlük və etibarlılığının təmin edilməsi dərin neft və qaz quyularının qazılmasında çox mühüm əhəmiyyət daşıyır. Əlbəttə ki, friksion qurğusunun normal iş rejiminin təmin edilməsində aparıcı rol sürtünmə cütələrinin üzərinə düşür. Son dövrlər sənayenin müxtəlif sahələrində friksion materiallara olan maraq daha da artmağı başlamışdır ki, bu da təsadüfi deyil. İstismar vaxtı ağır iş rejimi şərtlərində işləyən avadanlıq hissələri sürtünmə nəticəsində istilik, yüklənmə və digər təsirlərdən yeyilmə və dağılma kimi problemlərlə xarakterizə olunması sürtünmə cütü materiallarına və ümumilikdə konstruksiyaya qoyulan tələbləri artırır [1]. Bu səbəbdən yeni stabil sürtünmə əmsalına malik davamlı friksion materialların tətbiqi iqtisadi baxımdan çox səmərəli ola bilər.

Əyləclərin, eləcə də digər sürtünmə düyünlərinin işləmə qabiliyyəti təmas materiallarının friksion uzlaşması ilə müəyyən olunur [2]. Səthin fiziki-mexaniki parametrlərinin yeyilməyədavamlığa təsiri kifayət qədər öyrənilmişdir. Lakin makrogərginliklərin və nazik səth strukturu xarakteristikasının yeyilməyədavamlığa təsiri kifayət qədər öyrənilmədiyi üçün hissələrin hazırlanmasında bu amil nəzərə alınmır. Hazırda tribomaterialşünaslıq əsasən iki istiqamət üzrə inkişaf edir:

1. Yeni materialların hazırlanması və ya artıq istifadə olan materialların təkmilləşdirilməsi
2. Yüksək triboloji göstəricilərə malik davamlı səth örtüklərinin hazırlanma texnologiyasının işlənilməsi

Lakin hər iki halda sürtünmə səthinin xüsusiyyətləri friksion xarakteristikaya təsir

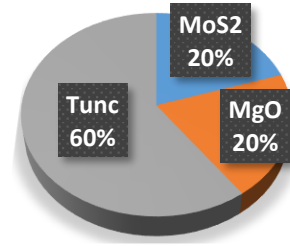
göstərən həlledici faktorlardan biri olaraq qalır [3]. Emal edilmiş səthlərdə nahamarlıqların yerləşməsi, forması və istiqaməti emal rejimindən, materialın kimyəvi tərkibindən və mikrostrukturundan, alətin konstruksiyasından, hündürlüyündən, kəsmə qabiliyyətindən və digər xüsusiyyətlərdən asılı olur [4]. Sürtünmə prosesi haqqında düzgün təsəvvür yaratmaq üçün bərk cismin fiziki və mexaniki xassələrilə yanaşı səthin hündürlüyünü də nəzərə almaq lazımdır.

Bu məqalədə tədqiqat obyektini olaraq ovuntu metallurjiya metodları əsasında bişirilmiş friksion kompozisiya materialları götürülmüşdür. Kompozisiyaların hazırlanmasında barit, fenol-formaldehid, vollastonit, alüminium oksid, qalay, qurğuşun, silisium dikoksid və mis-qrafit (80%Cu20%C) elementlərindən istifadə edilmişdir (Cə.d.1a). Modifikator-əlavələr olaraq isə MoS<sub>2</sub>, MgO və tunc qırıntılarından istifadə edilmişdir (Cə.d.1b).

Mexaniki legirləmə prosesində komponentlər xırdalanma və qatışdırma mərhələlərindən keçirilmişdir. Xırdalanma vibrasiyalı laboratoriya dəyirmanında 6 və 12mm-lik polad kürələrlə 12 saat müddətində aparılmışdır. Kürə və ovuntuların kütləsi 10:1 nisbətində götürülmüşdür. Hissəciklərin ölçüsü ~50mkm həddində çətdirildikdən sonra materiallar mexaniki qatışdırılmaya məruz qoyulmuşdur. Mexaniki qatışdırmadan əvvəl oksidləşmə nəticəsində qazanılmış artıq kütlə artımının qarşısını almaq üçün ovuntular sobada 70<sup>0</sup>C temperaturda 30 dəqiqə müddətində qurudulmuşdur. Qatışdırma 8 saat müddətində 60 dövr/dəq. sürətlə fırlanan barabanda yerinə yetirilmişdir.

a) Kompozisiya materiallarının əsas tərkibinin (M) və mis-qrafitin kt. %-ləri, b) modifikator-ələvələrin paylanma nisbətləri

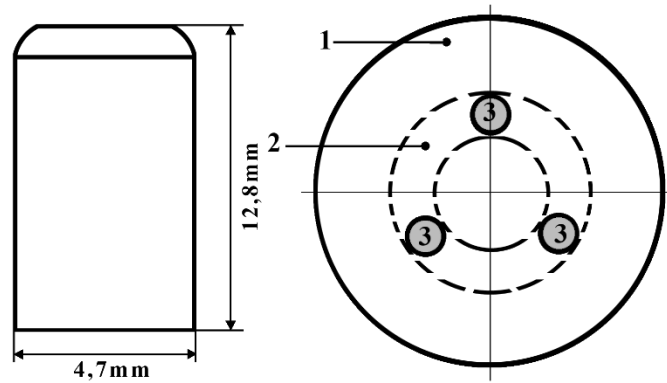
Barit	25			
Fenol-Formaldehid	25			
Qalay	10			
Qurğuşun	10			
Aliminium oksid	7			
Vallostonit	5			
Silisiyum dikoksid	9			
Mis-qrafit	5	10	15	20



a)

Preslənmə rejimində sıxılan nümunələrə təzyiqin birbaşa deyil, tədricən artırılaraq verilmə qaydası gözlənilmişdir. Komponentlərin plastikliyini və axma qabiliyyətini artırmaq, məmulun preslənmə və formalaşma xüsusiyyətini yaxşılaşdırmaq məqsədilə əvvəlcə soyuq halda ilkin preslənməyə (10MPa) məruz qoyulan materiallar daha sonra pres-forma ilə birlikdə sobay yerləşdirilərək 120<sup>0</sup>C-də 40 dəq. müddətində qızdırılmışdır. Qızdırılmadan sonra

nümunələrə 25,5MPa altında yenidən preslənmişdir. Presləmələr ikitərəfli sxem üzrə həyata keçirilmişdir. Preslənmənin mərhələli formada aparılmasında digər bir məqsəd isə fenol-formaldehidin polikondensləşmə reaksiyası nəticəsində yaranan qazların ayrılmasına imkan vermək olmuşdur. Preslənmədən sonra alınmış silindirik formalı nümunələr (h=13mm, d=7mm) sobada bişirilmişdir.



a) b)

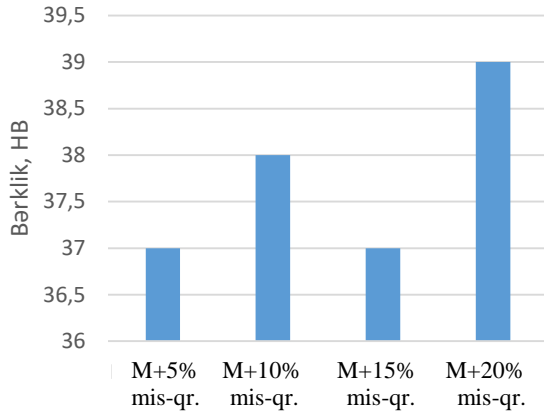
Şəkil 3. Barmaqıq a) və barmaqıqı disk üzərində saxlayan platformanın b) sxemi

1-platforma, 2-disk, 3-nümunələr

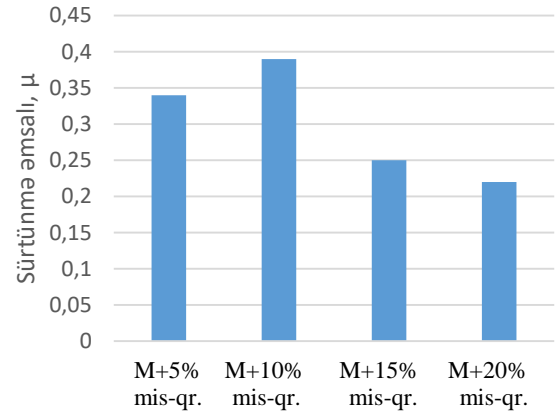
Hazırlanan kompozisiya materiallarının elementləri arasında ən yüksək temperatur 2072<sup>0</sup>C (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) olsa da, 330<sup>0</sup>C-dən aşağı ərimə temperaturuna malik olan (Fenol-formaldehid, qalay, qurğuşun) kimi materialların mövcudluğu səbəbindən orta temperatur səviyyəsi olaraq 200<sup>0</sup>C müəyyənləşdirilmişdir. Bişirmə 200<sup>0</sup>C temperaturda mufel sobasında 5saat müddətində yerinə yetirilmişdir.

Triboloji sınaqlar “barmaqıq-disk” prinsipinə əsasən vertikal quruluşlu MMW-1 qurğusunda aparılmışdır. Bunun üçün alınmış

hər 4 kompozitdən hündürlüyü 12,7mm və diametri 4,8mm 3 ədəd silindirik formalı nümunələr kəsilib hazırlanmışdır. Hamar və eynicinsli səth almaq üçün nümunələrin səthi 100, 500 və 2000 ölçülü SiC kağızı ilə cilalanmışdır. Kontreçisim olaraq isə polad (44-46HRC) materialından hazırlanmış diskdən istifadə edilmişdir. Sabit 400N yük ilə 1069dəq/dövr parametrlərilə hər bir nümunədən eyni vaxtda 3 ədəd sınaq edilərək sürtünmə əmsalının orta qiyməti müəyyənləşdirilmişdir (Şək.3b).



a)

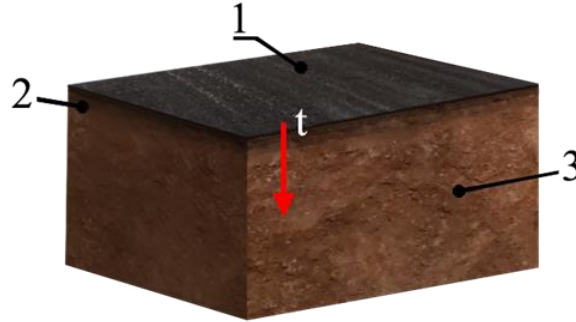


b)

Şəkil 3. Mis-qrafit tərkibindən asılı olaraq kompozisiyalarda a) bərklik və b) sürtünmə əmsali qiymətlərinin dəyişməsi

Bərklik ölçmələri (HB5/500/30) nümunələrdə mis-qrafit miqdarının material strukturuna yaratdığı hər hansı bir ciddi təsiri müəyyən edə bilməmişdir. Faktiki olaraq bərklik qiymətləri əksər nümunələrdə eyni səviyyədə olsa da, yalnız tərkibində 20% mis-qrafit olan nümunələrdə bərklik yüksək qiymət

almışdır. M+10% mis-qrafit nümunəsində artıb daha sonra yenidən azalması mis-qrafit miqdarının bərklik göstərici arasında qanunauyğunluğun olmamasını göstərsə də, bu artım hər hansı bir elementlə qarışıqlıq təsir effekti kimi də qiymətləndirilə bilər.



Şəkil 4. İstiliyin nümunənin daxilində paylanma və təsir modeli

1- yanmış təmas səthi, 2-istiliyin qismən təsir etdiyi səthdən aşağı hissə, 3- friksion istiliyin təsir etdiyi digər qatlar, t- temperatur

M+20% mis-qrafit nümunəsi ən yüksək bərklik göstəricisinə malik olmasına baxmayaraq M+5% mis-qrafit və M+10% mis-qrafit materialları ilə müqayisədə tribomexaniki xassələri çox aşağı olmuşdur (Şək. 3).

Tribotexniki sistem materiallarının uyğunluğu əsasən bu materialların kontakt gərginliyini azalda bilməsi sürəti imkanı ilə müəyyənləşdirilir [5]. Kontakt gərginliklərinin azaldılması kövrək metal və ərintilər üçün daha asan baş versə də, daha sərt materiallar üçün də keçərlidir.

Məlumdur ki, təmas səthində yaranan temperatur xarici səth qatında bircinsli paylanmır [6]. Kontakt səthində yaranan yüksək temperatur xarici səth qatından materialın daxilinə paylanır. Temperaturun

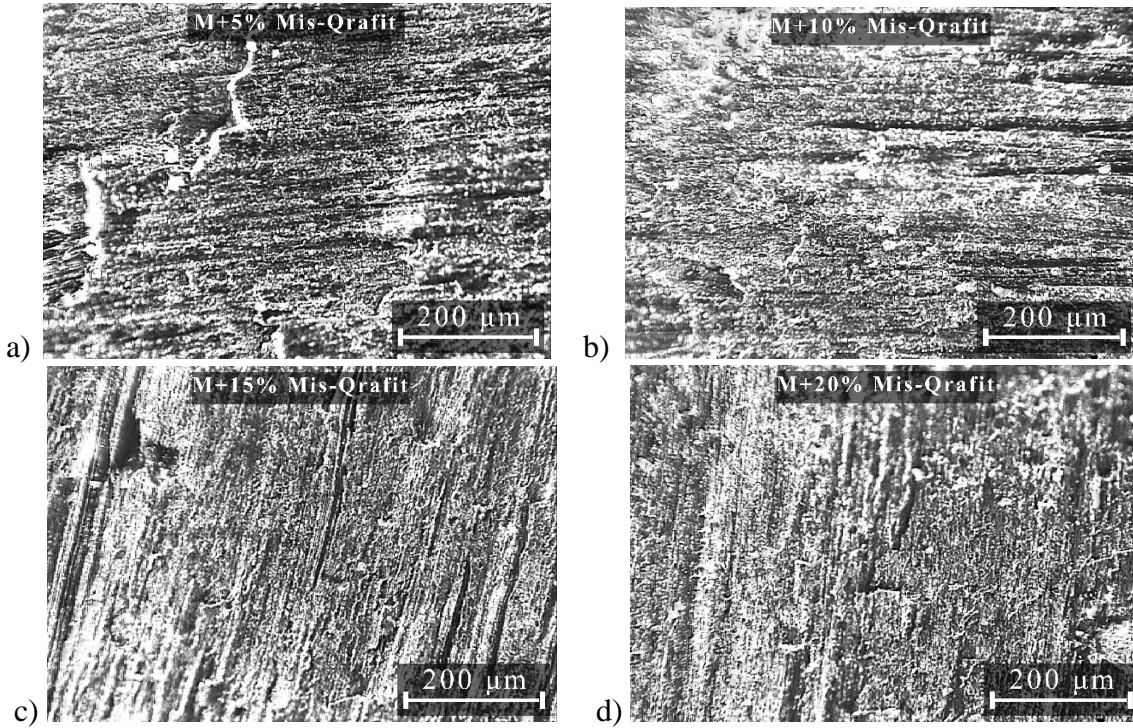
material daxilində paylanması həmin materialın termo-fiziki xarakteristikasından asılıdır [7]. Şəkil 4-də nümunələrdə istiliyin paylanması sxematik təsviri verilmişdir. Bu təsvir sürtünmə sınaqlarından sonra nümunələrin en kəsiyinin görünüşü əsasında çəkilmişdir. Aparılmış müşahidələr friksion istiliyin material daxilində paylanması mexanizminin bütün nümunələr üçün eyni olduğunu göstərmişdir. Təbii ki, tərkiblər yalnız mis-qrafit miqdarı ilə bir-birindən fərqləndikləri üçün fiziki-kimyəvi xassələrdə də nəzərə çarpaq fərq olmayacaqdır. Burada həm də nümunələrin hazırlanmasında eyni mexaniki legirləmə parametrlərinin tətbiq edilməsini də unutmamaq olmaz. Bütün nümunələrdə istilik təsiri daha çox səth təbəqəsində özünü



göstərmiş və qalan təbəqələrdə bu təsir təxminən eyni olmuşdur. M+5% nümunəsində isə bu effekt kiçik fərqlə seçilmişdir. Belə ki, M+5% mis-qrafit nümunəsində kontakt səthindən aşağı təbəqələrdə istilik təsiri müqayisə etibarilə digər nümunələrdən daha çox olmuşdur.

Lakin triboloji sınaqlar sürtünmə əmsalının ən aşağı qiymətinin də məhz M+20%

mis-qrafit kompozisiyasında olduğunu müəyyən etmişdir (Şək.3b). Bu mis-qrafit miqdarının artmasının friksion xassələri zəiflətdiyini göstərir. Eyni zamanda təcrübələr mis-qrafit miqdarının yalnız ~10% kt.% olan həddədək olduqda daha effektiv olmasını aşkar etmişdir.



Şəkil 5. Sürtünmə sınaqlarından sonra kontakt səthlərinin optik mikroskopla (Amscope) çəkilmiş təsvirləri

Məlum olduğu kimi əgər dartılma gərginliklərinin qiyməti elastiklik həddini aşarsa, onda kontakt səthində mikroqatlar yaranır. Qeyd edilən oxboyu dağılma qanunauyğunluğuna zidd olaraq bəzi nümunələrdə (Şək.5. a, d) dağılma prosesinin sürtünmə istiqamətinə uyğun olmayan istiqamətdə inkişaf etdiyini görmək mümkündür. Böyük ehtimalla, bu ziddiyət də dartılma gərginliyinin qeyri-bərabər paylanması və həm də struktur qeyri-həmcinsliyi ilə bağlıdır. Çatlara əmələ gəlməsi sürtünmə səthində yeyinti hissəciklərini artırmaqla yeyilməni daha da intensivləşdirir, çünki çatlara iti üzləri kəsici təsir göstərir. Hələ sürtünmənin başlanğıc dövrlərində kontakt səthlərinin həndəsəsi dəyişsə də, yeyilmə hissəcikləri yalnız müəyyən sayda tsikldən sonra materialdan ayrılır. Bu kontaktda olan

materialların tsiklik struktur dəyişikliklərini, sürüşmə sürtünməsi istiqamətində eninə dartılma gərginlikləri zonasında mikroqatların əmələ gəlməsini izah etməyə imkan verir. Formalaşmış mikroqatlar plastik olduğundan təkrar yükləmədə yorulmaya məruz qalaraq yeyilmə ilə nəticələnir və bu səbəbdən də yorulma davamlığı səthdə ilk çatın görünmə kriteriyası ilə müəyyənləşdirilir. Şək. 5-dəki təsvirlərdən görüldüyü kimi sürüşmə sürtünmə istiqamətinə uyğun olaraq çatlara məhz həmin oxboyu ərazini əhatə etmişdir. Digər kiçik çatlara yaranma səbəbini isə bu ardıcılıqla bağlamaq olar: Hər sürtünmə tsiklinin sonunda səth hələ tribokontaktda olduğundan friksion istilik nümunənin daxilinə paylanaraq həcmi temperatur şəklini alır. Şəkil 4-də kəsilmiş nümunə təsvirində görüldüyü kimi kontakt səthində yaranan istilik yalnız üst səthdən aşağı

qatlara doğru deyil, eyni vaxtda bütövlükdə kompozianın daxilinə paylanmışdır. Nümunələrin yalnız üst səth və üstə ən yaxın kiçik sahələrində kəskin istilik effekti təsiri

(qaralma-yanma) hiss olunmuşdur. Digər qatlarda isə demək olar, material strukturunda kəskin fərq aşkar edilməmişdir.

#### **Nəticələr**

Tədqiqatlar sürtünmə əmsalının ən yüksək qiymətini mis-qrafit tərkibinin yalnız ~10% kt.% həddində yarandığını müəyyən etdi, həmçinin 10 kt.% yüksək olduğunda triboloji xassələri aşağı saldığını göstərdi. Bərklik göstəricisi ilə mis-qrafit tərkibi arasında hər hansı bir qanunauyğunluq müəyyən etmək mümkün olmasa da, M+20% mis-qrafit kompozisiyasında ən yüksək bərklik qiyməti qeydə alınmışdır. Bundan əlavə kontakt səthlərində istiliyin paylanma mexanizmləri təsvir edilmiş, səth strukturuna göstərdiyi təsirlər aydınlaşdırılmışdır.

#### **ƏDƏBİYYAT**

1. Джанахмедов, А.Х., К.К.Мамедов, И.И.Алиев, Х.И.Гусейнов, М.В.Алиев. Расчет и проектирование шинно-пневматических муфт для буровой лебедки. Баку, Чашыоглы, -1999, 265 С.
2. Ю.К. Машков, О.В. Чемисенко, О.В. Малий. Разработка износостойких нанокмполитов для экстремальных условий эксплуатации в металлополимерных трибосистемах, Журнал технической физики, 2018, том 88 (1), С. 42-45
3. V. Chichinadze, Theoretical and Practical Problems of Thermal Dynamics and Simulation of the Friction and Wear of Tribocouples, Journal of Friction and Wear, -2009, Vol. 30, № 3, P.199–215.
4. Zishan Husain Khan, Recent trends in nanomaterials: synthesis and properties, chapter 2, // Wear behavior of composites and nanocomposites: a new approach, Springer Singapore, -2017, P.45-47
5. О.В. Хренов, А.А. Дмитриевич, А.В. Лешок, Металлокерамические Фрикционные Материалы, Минск, -2011, С. 1-42
6. Bao JS, Zhu ZC, Tong MM, et al. Dynamic friction heat model for disc brake during emergency braking. Advanced Science Letters, -2011; Vol.4 (11-12), ASB, P.3716-3720
7. Нарва В.К. Технология порошковых материалов и изделий, М. : Изд. Дом МИСиС, -2012. - 171 С.

#### **ТРИБОТЕХНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ТОРМОЗНОЙ КОЛОДКИ ИЗГОТОВЛЕННЫХ ДЛЯ ЛЕБЕДКИ БУРОВЫХ УСТАНОВОК**

**Ф. Ф. ЮСУБОВ**

В настоящей статье исследовано поверхностное трение спекания фрикционных материалов на основе порошковой металлургии. Чтобы определить влияние мед-графит на триботехнические свойства механически легированных полимерных матричных композитов, основной состав которых был сохранен, изменению подвергались лишь массовые проценты мед-графит. После испытаний на трение поверхностные структуры образцов были анализированы с помощью металлографической микроскопии, исследованы механизмы износа-разрушения и распределения тепловой энергии.

#### **TRIBOTECHNICAL INVESTIGATION OF BRAKE PAD MATERIALS FOR DRILLING RIGS DRAWWORKS**

**F.F. YUSUBOV**

In this article, friction surface of sintered friction materials based on powder metallurgy is investigated. In order to determine the effect of copper-graphite on tribotechnical properties of mechanically alloyed polymer matrix composites, the main composition was kept the same, only mass percentages of copper-graphite were changed. After the friction tests, the surface structures of the samples were analyzed using metallographic microscopy, the wear-destruction mechanisms and the distribution of thermal energy were investigated.

УДК 622.276

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ГИДРОДИНАМАЧЕСКИЙ СПОСОБ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ПЛАСТОВЫХ ВОД В ОБВОДНИВШИХСЯ НАСОСНЫХ СКВАЖИНАХ

В.Ш.Гурбанов<sup>1</sup>, С.Д.Мустафаев<sup>2</sup>, З.Э.Эйвазова<sup>2</sup>, Ф.Г.Байрамов<sup>2</sup>, Р.А.Гулиев<sup>3</sup>

Институт Нефти и Газа НАНА, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности  
farxadbayram@mail.ru

**Аннотация:** В данной научной статье, предложен новый универсальный гидродинамический способ периодической изоляции пластовых вод в обводнившихся штанговых насосных нефтяных скважинах, с применением, которого изолируются все виды пластовой воды, т.е. подошвенной, контурной, чужой верхней и нижней воды, в любых геолого-физических условиях обводнившегося нефтяного пласта.

Выбирается в территории промысла тяжёлая мертвая нефть с высокой вязкостью, удельный вес которой близка удельному весу пластовой воды.

Определяется объем мертвой нефти, который закачивается в пласт и радиус проникновения ее в пласт. Вычисляется время повторного обводнения скважины; закачивается мертвая нефть в пласт в расчетном объеме; устанавливается новый оптимальный технологический режим работы скважины, и ее эксплуатацию продолжают до повторного обводнения. За этот период через каждые 2-3 дня замеряют дебиты нефти, газа и воды; оценивается экономическая эффективность от внедрения нового способа.

Известно, что с целью изоляции пластовых вод в обводнившихся нефтяных скважинах применяются многочисленные различные химические композиции индивидуального характера, каждая из которых применяется для конкретных геолого-физических условий. В справочнике [1] представлены только 14 композиций.

**Ключевые слова:** универсальный гидродинамический способ, периодическая изоляция, пластовая вода, мертвая нефть, ньютоновская нефть, вязко-пластичная нефть, обводнившаяся скважина, структурная вязкость, повторное обводнение, композиция.

Общим недостатком всех этих композиций является то, что когда их закачивают в пласт, они находятся в жидком состоянии и когда они остаются в пласте, превращаются в камень (например, цементный раствор) или в твердое резиноподобное вещество. Это приводит к тому, что создается твердый барьер как перед пластовыми водами в пласте, так и перед пластовой нефтью. Для вызова притока пластовой нефти к скважине приходится перфорировать скважину повторно в 3÷4 раза ту часть продуктивного пласта, где располагается пластовая нефть; или создается приток (обычно слабый) нефти к скважине или нет; часто забойный фильтр выходит из строя. Для восстановления работы такой скважины требуется осуществить капитальный ремонт. Единственной положительной стороной этого способа изоляции пластовых вод является то, что она полностью изолирует

чужие воды и не требует дополнительную перфорацию.

В статье рекомендуется совершенно новый способ изоляции пластовых вод, резко отличающийся от всех способов, применяемых в настоящее время.

Сущность рекомендуемого способа заключается в следующем. Последовательно выполняются следующие технологические и исследовательские операции:

- 1) замеряется глубина забоя скважины; если имеется песчаная пробка, определяется ее высота;
- 2) промывается песчаная пробка;
- 3) из промывной пробки берется образец песка и одним из способов определяется коэффициент пористости песчаной пробки;
- 4) замеряются дебиты нефти, воды и глубина динамического уровня жидкости в скважине;

- 5) рассчитывают расчетный объем водоизолирующего агента для закачки в пласт, радиус проникновения его в пласт и время повторного обводнения;
- 6) закачивается агент, то есть мертвая нефть в пласт и скважина пустится в эксплуатацию;
- 7) исследуется скважина на установившихся режимах притока, снимаются индикаторные диаграммы для нефти и воды и регулировочные кривые; устанавливается правильный оптимальный технологический режим работы и скважину продолжают эксплуатировать в этом режиме;
- 8) регулярно (через каждые 2-3 дня) замеряют дебиты нефти, газа и воды до повторного обводнения скважины;
- 9) если образуется песчаная пробка, то промывают ее и продолжают аналогичные замеры;
- 10) при повторном обводнении выполняют выше изложенное мероприятие, притом этот универсальный способ выполняется периодически до конца разработки данного нефтяного месторождения [3-9].

Глубина динамического уровня жидкости в штанговой глубинно-насосной скважине замеряется эхометром аппаратно-программного комплекса «Квантор – 4 микро».

Расчетный объем закачиваемой в пласт мертвой нефти  $V$  и радиус проникновения ее в пласт  $R_0$  определяется по следующей формуле:

$$V = \pi m' h_b (R_0^2 - r_c^2), \quad (1)$$

где  $\pi = 3,14$ ;  $m'$  – коэффициент пористости продуктивного пласта;  $h_b$  – мощность обводнившейся части пласта в м.;  $R_0$  – радиус проникновения мертвой нефти в пласт, в м.;

Если мертвая нефть является высоковязкой тяжелой ньютоновской жидкостью, то время повторного обводнения скважины определяется по следующей формуле:

$$T = \frac{m'}{2K_H(P_{пл.} - P_c)} [(\mu_b \ln R_k - \mu_H \ln r_c)(R_0^2 - r_b^2) + (\mu_H - \mu_b)(R_0^2 \ln R_0 - r_b^2 \ln r_b) - \frac{1}{2}(\mu_H - \mu_b)(R_0^2 - r_c^2)], \quad (2)$$

где  $K_h$  – фазовая проницаемость по нефти пласта, в м<sup>2</sup>;  $P_{пл.}$  – пластовое давление, в атм.;  $P_c$  – динамическое забойное давление скважины, в атм.;  $R_k$  – радиус контура питания, в м;  $\mu_H$  и  $\mu_b$  – соответственно динамические вязкости нефти и воды в пластовых условиях, в атм. сек.;  $T$  – время продвижения водно-нефтяного контакта от  $R_0$  до  $r_c$ , в секундах.

Если мертвая нефть является высоковязкой тяжелой вязко-пластичной жидкостью, то время повторного обводнения скважины определяется по следующей формуле:

$$T = \frac{m'(\eta_H \ln r_c - \mu_b \ln R_k)}{K_H G} \left[ (R_0 - r_c) - \frac{P_{пл.} - P_c + Gr_c}{G} \ln \frac{P_{пл.} - P_c}{P_{пл.} - P_c - G(R_0 - r_c)} \right] + \frac{m'(\eta_H - \mu_b)}{K_H G} [R_0(1 - \ln R_0) - r_c(1 - \ln r_c)] + \frac{2m'(\eta_H - \mu_b)(P_{пл.} - P_c - Gr_c)}{K_H G} \times \times \ln \frac{P_{пл.} - P_c}{P_{пл.} - P_c - G(R_0 - r_c)} + \frac{4}{15} \frac{m'(\eta_H - \mu_b)(P_{пл.} - P_c + Gr_c)}{K_H G} \times \times \left\{ - \frac{11(P_{пл.} - P_c + Gr_c)^2 + 44(P_{пл.} - P_c + Gr_c)G - 185G^2}{[P_{пл.}P_c + G(r_c + 1)]^3} \times \times \ln \frac{(P_0 + 1)(P_{пл.} - P_c)}{(r_c + 1)[P_{пл.} - P_c + G(R_0 - r_c)]} + \frac{49[P_{пл.} - P_c + Gr_c(r_c + 1)]}{(P_{пл.} - P_c + Gr_c)^2} \times \times \left[ \frac{1}{(r_c + 1)^3} - \frac{1}{(R_0 + 1)^4} \right] - \frac{196[2(P_{пл.} - P_c) + G((2r_c + 1))]}{3(P_{пл.} - P_c + Gr_c)^2} \times \right.$$

$$\times \left[ \frac{1}{(r_c + 1)^3} - \frac{1}{(R_0 + 1)^3} \right] + \frac{109}{P_{\text{пл.}} - P_c + G(r_c + 1)} \cdot \left[ \frac{1}{(r_c + 1)^2} - \frac{1}{(R_0 + 1)^2} \right] - \frac{22(P_{\text{пл.}} - P_c + Gr_c) - 196G}{P_{\text{пл.}} - P_c + G(r_c + 1)^2} \left( \frac{1}{r_c + 1} - \frac{1}{R_0 + 1} \right) \quad (3)$$

где  $\Delta P_0$  – начальный перепад давления, значение которого определяется исследованием скважины на установившихся режимах притока, построением индикаторных диаграмм. [19-23]

### Выводы и рекомендации

1. В статье рекомендуется новый универсальный гидродинамический способ периодической изоляции пластовых вод в обводнившихся щтанговых глубинно насосных нефтяных скважинах.
2. Этим способом изолируются все виды пластовых вод, в любых физико-геологических условиях.
3. Выбирается мертвая тяжелая нефть (дегазированная) с высокой вязкостью, удельный вес которой по значению близкий удельному весу пластовой воды.
4. Вычисляется время повторного обводнения скважины.
5. Закачивается в пласт мертвая нефть в расчетном объеме и определяется радиус ее проникновения в пласт.
6. Исследуется скважина на установившихся режимах притока и устанавливается новый оптимальный режим работы.
7. Замеряются через каждые 2-3 дня дебиты нефти, газа и воды до повторного обводнения скважины.
8. Вычисляются дополнительные добычи нефти и газа и сокращение добычи пластовой воды и по полученным данным определяется экономический эффект от начала процесса изоляции пластовой воды, поступающей в скважину до повторного обводнения.
9. Предлагаемый способ выполняется периодически, повторяя его до конца разработки нефтяного месторождения в режиме истощения запасов нефти.

### Литературы

1. Гумбатов Г.Г., Дашдиев Р.А. «Химические реагенты, применяемые при добыче, подготовке нефти и газа». Справочник, том II. Баки-Элм-1999, стр. 329-345.
2. Справочник по добыче нефти. Том II. Гостоптехиздат. Москва, 1959, стр. 541-548.
3. Salavatov T.Ş., Məmmədova G.G., Mustafayev S.D. “Mürəkkəbləşmiş şəraitlərdə karbohidrogenlərin çıxarılmasında texnoloji proseslərin səmərəliliyinin artırılmasına dair rəhbər sənəd. Bakı, 2018, 67 səh.
4. Hüseynov Ş.Ş., Quliyev R.A., Xanəliyev V.B. “Abşeronneft NQGİ”. “Cənub qırışıqlı neft yatağını istismar edən ştanqlı dərinliknasos neft quyularında lay sularının təcrid edilməsi”. ANT, №7-08, 2017, səh. 35-38.
5. Мустафаев С.Д., Асадов А.Ш., Мустафаев Н.С. «Эффективное мероприятие, ускоряющее экономическое развитие в нефтедобывающей промышленности». ЭКО-ЭНЕРГЕТИКА научно-технический, журнал. №2, 2016, стр. 10-14.
6. Mustafayev S.D., Zeynalov R.M., Pənahov R.N. “Dərinlik quyularının qazılmasında təzahürlə mübarizə üsulu”. ANT, №07-08, 2016, səh. 15-20.
7. Мустафаев С.Д., Гулиев Р.А., Ханалиев В.Б. «Проведение контроля за работой скважинной насосной установки с прибором «Квантор-4микро». Международный научно-исследовательский журнал. Екатеринбург 2016, стр. 118-122.
8. Самедов Т.А., Мустафаев С.Д., Гулиев Р.А., Новрузова С.Г., Ханалиев В.Б. «Определение статического давления пластов, содержащих высоковязкие ньютоновские и

вязко-пластичные нефти методом двустороннего давления». Москва. Научно-технический журнал «Нефтепромысловое дело» ОАО ВНИИОЭНГ, №1, 2016, стр. 41-48.

9. Новрузова С.Г., «О повышении нефтеотдачи круювой залежи вязко-пластичной нефти с учетом геолого-физических условий ее разработки». Нефтепромысловое дело. ОАО ВНИИОЭНГ, №12, 2014, стр. 23-26.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – Грант № EIF/MQM/Elm-Tehsil-1-2016-1(26)-71/03/2

### **SULAŞMIŞ NASOS QUYULARINDA LAY SULARININ UNİVERSAL HİDRODİNAMİK ÜSULLA FASİLƏLƏRLƏ TƏCRİD EDİLMƏSİ.**

**V.Ş. Qurbanov, S.D. Mustafayev, Z.E. Eyvazova,  
F.Q. Bayramov, R.A. Quliyev**

Verilmiş elmi məqalədə sulaşmış nasos neft quyularında lay sularının yeni universal hidrodinamik fasiləli üsulla təcrid edilməsi təklif edilmişdir, hansının tətbiqilə lay sularının bütün növləri təcrid olunurlar, yəni daban, kontur, yad yuxarı və aşağı layların suları, özü də sulaşmış məhsuldar neft layının istənilən geoloji fiziki şəraitlərində.

Mədən ərazisində neft tutucularında yığılmış ağır, yüksək özlülüklü ölü (qazsızlaşmış) neft seçilir, hansının xüsusi çəkisi lay suyunun xüsusi çəkisinə qiymətə yaxın olmalıdır.

Laya vurulması ölü neftin həcmi və onun laya hopma radiusu hesablanır; həm də quyunun təkrar sulaşma müddəti hesablanır; seçilmiş ölü neft hesabı həcmdə laya vurulur, sonra yeni texnoloji rejim qurulur; quyuların təkrar sulaşma vaxtınadək bu rejimdə istismar edilir. Bu vaxt ərzində quyunun neft-qaz və su debitləri ölçülür, əlavə neft və qazın cəm hasilatları və suyun cəm hasilatının azalması hesablanır və yeni üsulun tətbiqindən əldə edilmiş iqtisadi səmərə təyin edilir.

### **UNİVERSAL HYDRODYNAMIC METHOD FOR PERIODICALLY ISOLATING PRODUCED WATER IN IRRIGATED PUMPING WELLS**

**V.Sh. Gurbanov, S.D. Mustafayev, Z.E. Eyvazova, F.G. Bayramov, R.A. Guliev**

In this scientific, a new universal hydrodynamic method of periodik isolation of formation waters in flooded sucker-rod pumping oil wells, using which all types of formation water are isolated, i.e. bottom, contour, alien upper and lower water, in any geological and physical conditions of the flooded oil reservoir.

Heavy dead oil with high viscosity is selected in the field, the specific gravity of which is close to that of the formation water.

The volume of dead oil that is pumped into the reservoir and its penetration radius is determined. Calculates the time of re-irrigation wells; dead oil is pumped into reservoir in the estimated volume; a new optimal technological mode of operation of the well is established and its operation continues until re-flooding. During this period, the flow rates of oil, gas and water are measured every 2 ÷ 3 days; estimated economic efficiency from the introduction of a new method.

UOT 622.276.72

## İSTİSMAR NEFT QUYULARININ VERİM İMKANLARININ ARTIRILMASI ÜÇÜN QUYUDİBİNƏ TƏSİR ÜSULLARI

Magistrant X.M.Talıbov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Açar sözlər: istismar neft quyuları, mexaniki təsir, kimyəvi təsir, istiliklə təsiretmə, turşu ilə təsiretmə.

İstismar neft yatağı işlənərkən bəzi hallarda nefti məsaməli sahədə itələyən təbii enerji ciddi dərəcədə azalır və buna görə də layın məhsuldarlığı xeyli aşağı düşür. Ölkəmizin ilk neft mədənlərindəki layların bir çoxu təzyiqlə saxlanmadan istismar edilmişdir, belə ki, bu cür yataqlarda çoxlu neft ehtiyatı qalmaqla yanaşı layın enerjisinin də çox hissəsi sərf edilmişdir. Bu yataqlarda ya da laylarda verim imkanlarının artırılması üçün quyudibinə təsir üsullarından istifadə edilir[1-2].

Quyudibinə qaz vurulması - məqsəddən asılı olaraq qaz neft yataqlarına aşağıda verilən üsullarla vurula bilər:

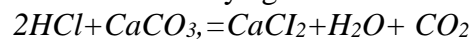
1. Mariyetta üsulu;
2. layda olan təzyiqlə saxlanması üsulu;
3. laydakı təzyiqlə bərpa edilməsi üsulu;
4. qaz basqısı rejiminin qorunması və ya onun süni şəkildə yaranması üsulu.

İstismar müddətində mayenin quyunun dibinə vurulması üçün müəyyən bir təzyiqlər fərqi tələb olunur. Bəzi hallarda quyunun dibində olan təzyiqlər  $1 \text{ atm}$ -ə kimi düşür və bununla əlaqədar təzyiqlər fərqi o dərəcəyə qədər aşağı düşür ki, mayenin hərəkəti çox çətin olur. Bunun üçün quyudibində vakum effekti yaradılır. Quyuyu ağzı möhkəm kipləşdirilərək, vakum nasoslarına qoşulurlar.

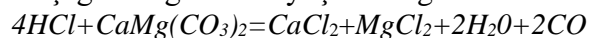
Nəticədə etibarlı ilə neftin yüngül fraksiyaları qaz fazasına doğru hərəkət edir. Bu məhsullar quyunun dibinə doğru hərəkət edərkən özü ilə yanaşı nefti də hərəkət etdirir[1].

Quyudibi sahəsinin xlorid turşusu ilə işlənməsi əsasən xlorid turşusunun dolomitlərdən ibarət süxurlar və əhənglə kimyəvi reaksiya olunmasına əsaslanmışdır.

Xlorid turşusu və əhəngin qarşılıqlı təsiri zamanı bu reaksiya gedir:



Xlorid turşusu ilə dolomitin reaksiyası isə aşağıdakı göstərilirdi şəkildə gedir:



Belə reaksiyalardan sonra layda genişlənmiş kanallar yaranır. Bu kanallar layın içərisinə doğru istiqamətlənərək quyudibi zonasının keçiriciliyini artırır.

Reaksiyalardan alınan məhsullar suda rahat şəkildə həll olur, odur ki, quyudan onların çıxarılması xeyli asanlaşır. Xlorid turşusuyla layı işləyən zaman  $HCl$  quyuyu gövdəsinə daxil olaraq, süxura toxunaraq reaksiyaya girir, bunun nəticəsində isə quyudibi zonasında quyunun diametri artır və daha sonra layın məsaməli kanallarına məhlul daxil olur və onları genişləndirir.

Cədvəl 1.

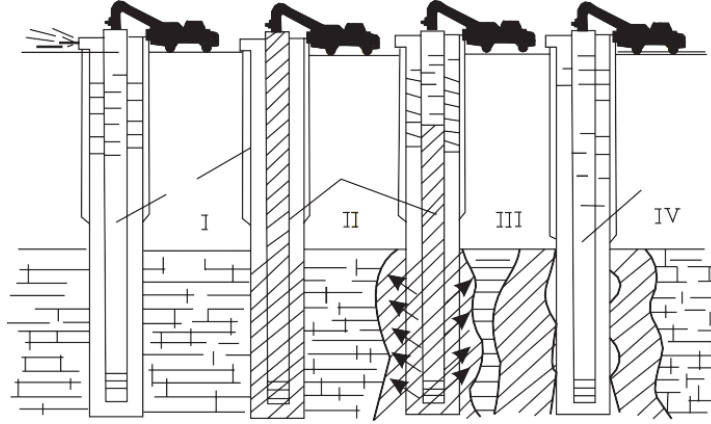
İstənilən qatılıqda məhlul əldə etmək üçün komponentlərin miqdarı, $m^3$	Tələb edilən turşu məhlulunun qatılıq dərəcəsi, % ilə						
	8	9	10	11	12	13	14
26%-li xlorid turşusu və su	0,26	0,30	0,33	0,37	0,40	0,44	0,47
	0,74	0,70	0,67	0,63	0,60	0,56	0,53

Tələb olunan qatılıqda turşu məhlulu hazırlanarkən texniki turşunun qatılıq

dərəcəsiindən asılı olaraq lazımi ölçüdə turşu və su götürülür.

Bu hesablamalarda xlorid turşusunun sabit qatılığını 26% götürülür.  $1 m^3$  həcmində lazımı qatılıqda məhlul almaq məqsədilə ona 26%-li xlorid turşusu qatılır. Alınan nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir. qatılıqda istənilən miqdarda məhlul almaq üçün 1-ci cədvəldə verilən qiymətlər tələb edilən kubmetrlərin miqdarına vurularaq tapılır.

Əvvəlla quyuyu neft ilə dolduraraq maye dövrənini normaya salırlar (I), daha sonra isə borular ilə quyuyu yanında hazırlanmış turşu məhlulunu vururlar(II). Sonra boruarxası fəzanın siyirtməsini bağlayaraq məhlulun qalanını da vururlar(şəkl.1.), bu zaman məhlulun bir hissəsi laya (III) daxil olur. Boru



Şəkil. 1 Quyudibi zonasının xlorid turşusu ilə işlənməsi sxemi

Əsas istifadə edilən üsul xlorid turşusu və maqneziumun reaksiyasından alınan istilikdən istifadə etmək üsuludur.

Xlorid turşusu və maqneziumun reaksiyası:



Xlorid turşusu ilə flüorid turşusunun qarışığından gil turşusu alınır. Bu turşudan əsasən qum-gil süxurlarından təşkil olunmuş laylara qazılan quyulama keçiriciliyi yüksəltmək üçün istifadə olunur.

Gil turşusunda xlorid turşusu və flüorid turşusunun faizlə miqdarı təcrübədən tapılır. Qumdaşları işləmək məqsədilə əsasən 2—5%-li flüorid turşusu və 12—14%-li xlorid turşusu istifadə edilir.

yaxud da quyuda qalmış məhlulu su, qaz və ya neft ilə laya vururlar (IV) İstismar neft quyularında quyunun dibində az hallarda parafin və ya qətran çöküntüləri yaranır. Bu cür hallarda parafin quyunun dibinə çökür və kanalları tutur, nəticədə quyunun məhsuldarlığını xeyli azaldır. Belə maddələri quyudan kənarlaşdırmaq üçün onlar həll edilməlidir, bunun üçün isə bəzi üsullar vardır. Bu üsullardan biri quyudibinə kimyəvi reagentlərin əmələ gətirdiyi istiliklə təsir etməkdir. Termokimyəvi təsir sahəsi həm də quyunun gövdəsində gil məhlulunun və eləcə də duzların yaratdığı qabıqları da parçalayır

Bu üsul vasitəsi ilə quyudibi sahəsi üç mərhələdə işlənir:

1. mərhələdə işlənəcək intervalın qarşısında quyunun gövdə hissəsində xlorid turşusu vannası hazırlanır. Quyunun gövdə hissəsində sement qabığı varsa, xlorid turşusuna 1,5-2,0% flüorid turşusu əlavə olunur.
2. mərhələdə quyudibi sahəsində karbonatları həll etmək məqsədilə laya 12-16%-li xlorid turşusu vurulur. Reaksiyadan alınan məhsullar quyudibindən çıxarılmalıdır.
3. mərhələdə kvarts qumları gil fraksiyası və gil fraksiyasını həll etmək məqsədilə gil turşusu vurulur. Gil turşusunun təsirindən gillər plastiklik və eyni zamanda şişmə qabiliyyətlərini itirirlər.



Gil turşusunun quyuda saxlanması 12 saatdan az olmamayaq yerinə yetirilməlidir. Bundan sonra isə quyudibi korroziyayalardan təmizlənməlidir. Belə üsul injeksiya quyularının istismarında çox geniş yerə malikdir[1,3,4].

İstismar quyularının məhsuldarlığını artırmaq üçün quyudibi sahəsinə effektiv təsiretmə üsullarından biri isə quyuların torpedalanmasıdır. Bu üsulun əsas üstünlüyü layın fiziki və digər xassələrindən asılı olmadan onda şaquli istiqamətdə yarıqlar sisteminin yaradılmasıdır, məlum olduğu kimi, quyunun radiusu artdıqca onun hasilatı da yüksəlir. Torpedalamada quyunun hasilatının artır və əlavə olaraq quyunun istismarına təsir göstərən bəzi texnoloji effektlər də əmələ gəlir:

1. laydakı təbii yarıqlar ilə quyunun gövdəsi arasında əlaqə yaradılır;
2. qazımda yaranan gil təbəqəsi aradan götürülür;
3. lay daha yaxşı açılır.

Söyləmək olar ki, torpedalama nəticəsində yaranan partlayış quyudan 12-14 m məsafəyə qədər birbaşa təsir göstərir[1,3].

İstismar quyularının işlənməsi zamanı maye ilə yanaşı laydan daxil olan qumun yer səthinə çıxarılması layın quyudibi sahəsinin dağılmasına və həmin sahə skeletinin pozulmasına gətirib çıxardır, beləliklə, qum axınının qarşısını almaq lazım olur. Bunun üçün isə sement məhlulundan, sement və qum qarışığı məhlulundan eləcə də kimyəvi üsullardan istifadə olunur. Tədqiqatlardan məlumdur ki, 1:3 nisbətində hazırlanmış sement-qum qarışığı bərkidikdə lazım olan keçiriciliyə sahib beton kütləsi yaradır. Stalinneft NMİ-nin 1096 1110, 1107 1285, 1110 və 1285 sayılı quyularında yerinə yetirilən bu üsulla möhkəmlətmə işləri lazımi effekti vermişdir[1].

## NƏTİCƏ

İstismar neft quyularında qalan və çıxarılması çətin olan qalıq neft ehtiyatlarının çıxarılması üçün quyudibinə bəzi üsullar ilə təsir edilmişdir. Quyudibinə qaz vurulmasının metodları göstərilmiş, turşu ilə təsirin reaksiyaları verilmiş, torpedalama üsulunun üstünlükləri verilmişdir. Turşu ilə təsir zamanı quyudibini isitməklə təsir etmək daha məsləhətlidir və təsir o zaman yaxşı effekt verir ki,

Quyudibi zonasına edilən təsir üsullarının effekti aşağıdakılar ilə təyin edilir:

1. quyunun cari hasilatının yüksəlməsi,
2. alınan əlavə neftin qiyməti;
3. təsir üsuluna sərf çəkilən xərclər.

Quyunun yüksəldilmiş hasilatla işlədiyi faktiki zaman ərzində hasilatın artması ( $\Delta Q_f$ ) aşağıda verilən düsturla təyin edilir:

$$\Delta Q_f = Q_f - Q_n$$

burada  $Q_f$ , və  $Q_n$ — uyğun olaraq quyunun artırılmış hasilatla işlədiyi faktiki zaman ərzində faktiki və nəzəri hasilatlarıdır.

Nəzəri hasilat isə belə tapılır:

$$Q_n = 30\eta \frac{(q_i - q_n)\delta}{1 - \delta}$$

burada  $q_i$  — hidravlik yarılmadan öncə orta gündəlik hasilat,  $t$  ilə;

$q_n$ —orta nəzəri gündəlik hasilat,  $t$  ilə;

$\eta$  — hidravlik yarılmadan öncə istismar

əmsalı;

$\delta$  — hidravlik yarılmadan öncə quyunun hasilatının təbii enmə əmsalındır.

Hidravlik yarıma effektinin təsir müddəti belə tapılır:

$$t = \frac{\lg \frac{q_n \cdot \eta}{q_f \cdot \eta_1}}{\lg \frac{\delta_1}{\delta}}$$

burada,  $q_f$  – sonuncu ayda olan gündəlik orta hasilatdır;

$\eta$  — yarılmadan sonrakı istismar əmsalı;

$\delta_1$  — hidravlik yarılmadan sonrakı hasilatın aşağı düşmə əmsalındır.

Gözlənilən hasilat isə bu düsturla tapılır:

$$Q_g = 30\eta_1 \frac{(q_0 - q_g)\delta_1}{1 - \delta_1}$$

burada,  $q_g$ – gözlənilən dövrün sonuncu ayda orta gündəlik hasilatıdır,  $t$ .

$$q_g = q_f \cdot \delta^{tg}$$

quyudibinin işlənən zonası əhəng və dolomitlərdən təşkil edilmiş olsun. Yekunda isə istismar quyularına təsirlərin effekti və onların düsturları verilmişdir.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Coupled Thermo-Hydro-Mechanical-Chemical Processes in Geo-systems, Ove Stephansson, John Hudson, Lanru Jing, Elsevier Geo-engineering book series . 2012.- volume 2-639 p.
2. Recherche et protection du pétrole et du gaz: Réserves, coûts, contrats, Nadine Bret-Rouzaut, Jean-Pierre Favennec, -2010-346 p.
3. Жетыбай. Б. Т. Муллаев, А. Е. Саенко, Первоистоки Мангышлакской нефти. Месторождение. 2019- Том 1-с.471 -550

### МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДНО СКВАЖИНЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

**Х.М. Талыбов**

**Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности**

Оставшаяся в эксплуатационных нефтяных скважинах и труднодоступная для добычи остаточная часть была затронута некоторыми методами на дне скважины для добычи запасов нефти. Были показаны методы газозаправки на дне колодца, даны реакции действия с кислотой, даны преимущества метода заземления. Рекомендуется воздействовать на скважину, нагревая скважину при воздействии кислоты, и этот эффект лучше всего гарантирует, что хорошо используемая зона состоит из извести и доломитов. Наконец, приведены воздействия и их формулы для действующих скважин.

**Ключевые слова:** эксплуатация нефтяных скважин, механический эффект, химический эффект, термическое воздействие, кислотное воздействие.

### METHODS OF INFLUENCE ON THE BOTTOM OF WELLS TO INCREASE THE YIELD OF EXPLOITATION OIL WELLS

**K.M. Talibov**

**Azerbaijan State Oil and Industry University**

The operation was influenced by some methods to the bottom of the well to extract residual oil reserves remaining in oil wells and difficult to extract. Methods of gas injection into the bottom of the well were shown, reactions of the impact with the torso were given, advantages of the method of torpedoing were given. It is more advisable to influence the well by heating the well when exposed to acid, and the effect is best to ensure that the well used area is composed of lime and dolomites. Finally, the impacts and their formulas for operating wells are given.

**Keywords:** operating oil wells, mechanical impact, chemical impact, heat-affected, impact with torso.

UOT: 622.276.5.05

**MANCANAQ DƏZGAHI REDUKTORUNUN DİŞLİ ÇARXLARININ  
MEXANİKİ EMAL TEXNOLOGİYASI**

**S.Y.Əliyeva, magistrant S.İ.Məhərrəmov**

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti*

**Açar sözlər:** *Dişfrezləyən dəzgahlar, dairəvi modul frezi, sürətçixarma, məmul, spiral, iskanə və dişli tamasa.*

Düz, spiral və qoşa dişli silindrik çarxlarda dişlər aşağıdakı üsullarla açılır:

1) üfüqi və universal frez dəzgahlarında dairəvi modul frezi ilə. Bu üsulla silindrik çarxlarda, sonsuz vint çarxalarında düz və spiralvarı diş açmaq olur;

2) dişfrezləyən dəzgahlarda (həmçinin universal frez dəzgahlarında) sonsuzvint frezi ilə. Bu üsulla silindrik çarxlarda, sonsuzvint çarxalarında düz və spiralvarı diş açmaq olur;

3) dişyonan dəzgahlarda, kəsən çarx (və yaxud daraq) ilə çarxlara düz və spiralvarı diş açmaq olur;

4) daraq və kəsən çarx vasitəsilə xüsusi dəzgahlarda qoşa dişli (şevron) çarxlarda diş açmaq olur;

5) xüsusi dəzgahlarda modul frez vasitəsi ilə qoşa dişli çarxlarda diş açmaq olur.

Bu üsulları iki növə ayırmaq olur: sürətçixarma (fasonlu frezləmə) və yumalamayla dişaçma üsulları.

Sürətçixarma (modullu frezlərlə) üsulunda diskli və ya barmaqçılıq frezlərdən istifadə olunur. Modullu frezlərlə dişaçma üsulunda dişli şarxların emalı sonsuzvint frezləri, iskanə və dişli tamasa alətləri ilə aparılır.

Modul frezlər ilə universal və üfüqi frez dəzgahlarında dişləri açarkən məmul dəzgah stolunun üzərində mərkəzlər arasında yerləşdirilir, bölücü başlıqla əlaqələndirilir. Bölmə (hər yuvanı frezlədikdən sonra bu məmulu lazım olan bucaq qədər çevirmək) bölücü başlıq ilə əmələ gətirilir. Modullu frezlərlə diş açmaq dəqiqliyi və məhsuldarlığı az olan prosesdir. Ona görə də fərdi istehsalatda, xırda dəstə istehsalında

dişfrezləyən dəzgahlar olmayanzaman bu üsuldan istifadə olunmalıdır [1].

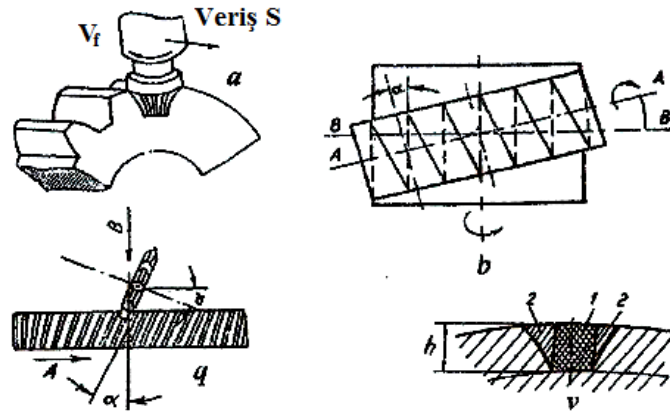
Barmaqşəkilli frezlə başlıca olaraq modulu 20-dən yüksək olan çarxda diş açılır.

Spiralvarı dişləri yalnız universal dəzgahlarda frezləmək olur. Çünki, spiralvarı dişləri açan zaman məmulun oxunu frezin oxuna nəzərən dişlərin yoxuş bucağını  $\alpha$  qədər çevirmək lazımdır.

*Düz və spiral dişlərin sonsuzvint frezi vasitəsi ilə açılması* (şəkil 1): Sonsuzvint frezi ilə diş açan zaman yumalama üsulu işlədilir. Silindrik çarxlarda diş açmaqdan ötrü bu üsul daha çox istifadə olunur. Sonsuzvint frezin dişləri sonsuz vintdəki dolaqları uzununa yuvalarla kəsməklə əmələ gəlir. Uzununa yuvalar alətin üstündə daraqlar (və yaxud dişli qabırğalar) əmələ gətirir. Beləliklə, sonsuzvint frezindəki kəsici dişlər həm vint xətti, həm də dişli qabırğa üzrə düzölmüş olur.

Sonsuzvint frezi vasitəsi ilə işləyərkən alətlə məmul sonsuzvint cütü kimi görünür. Belə görüşmə zamanı alətin üzərindəki dişli qabırğaların çevrə boyu fırlanma hərəkətində, tangensial istiqamətdə isə (məmulun fırlanma sürətinə uyğun) irəliləmə hərəkətində olması nəticəsində məmulun üzərində evolvent profilli dişlər açır [2].

Bu üsulla həm silindrik çarxlarda, həm də sonsuzvint çarxlarında diş açılır. Silindrik çarxlara düz diş açan zaman (frezin dişlərinin ön üzünü məmulun dişləri boyu istiqamətində perpendikulyar vəziyyətə gətirmək üçün) frezin oxunu məmulun yan səthinə nisbətən dişlərin yoxuş bucaqları qədər çevirmək lazımdır.



Şəkil 1. Dişlərin frezləmə sxemləri.

Bu vəziyyətdə frez fırlanır və məmulun oxuna paralel (şaquli) veriş hərəkəti edir. Məmul bu zaman fırlanaraq bölmə əmələ gətirir.

Spiral dişləri açarkən frezin oxunu alətin və məmulun dişləri spiralları istiqamətindən asılı olaraq spiralların yoxuş bucağının cəmi və yaxud fərqi qədər çevirmək lazımdır. Bu zaman düz dişlərdə olduğu kimi üç hərəkət olmalıdır. Yalnız məmulun fırlanma hərəkətinin sürəti və frezin dişlərinin sürətinə nisbətən (dişlərin istiqamətindən asılı olaraq) bir qədər kiçik və yaxud böyük olur. Bunun nəticəsində isə məmulun üstündə sağ və sol spiral dişlər açılır.

Sonsuzvint çarxlarına diş açan zaman veriş hərəkəti məmulun oxuna perpendikulyar (üfüqi) vəziyyətə gətirilir. İş prosesi müddətində məmulun oxu yavaş-yavaş (dişlər lazımı qədər dərinlikdə alınincaya kimi) frezin oxuna yaxınlaşdırılır.

Bütün hallarda frezin bir neçə diş kəsmədə iştirak edir. Ona görə də sonsuzvint frezi vasitəsi ilə işləyərkən başqa dişaçma üsullarına nəzərən böyük məhsuldarlıq əldə olunur. Bu üsulla əksər hallarda çarxların dişləri kobud surətdə açılır. Modulu 8 mm-ə kimi olan dişlər bir gedişdə, 8 mm-dən yuxarı dişlər isə iki gedişdə açılır. Dişləri iki gedişdə açan zaman birinci gedişdə dişlərin hündürlüyünün 0,6, ikinci gediş müddətində isə 0,4 hissəsi götürülməlidir. Sonsuzvint frezi vasitəsi ilə dişləri kobud açandan sonra onların üstündə təmiz emal üçün bölmə çevrəsinə əsasən 0,5-1 mm qədər pay saxlanmalıdır.

Sonsuzvint frezin quruluşu dişləri səmərəli kəsən formada hazırlamağa imkan yaradır. Dişlərin tiyəsinin ön bucağı  $\gamma = 0^\circ$  və arxa bucağı  $\alpha = 5 - 1,5^\circ$  olur. Ancaq dişlərin tiyəsinin yüklənməsi tiyənin ağızı boyu hər yerdə eyni olmur. Ona görə də sonsuzvint frezin dişləri ağır kəsmə mühitində işləyir.

Spiral dişli çarxlarda sonsuzvint frezi ilə diş açmaq ən yaxşı üsul hesab edilir.

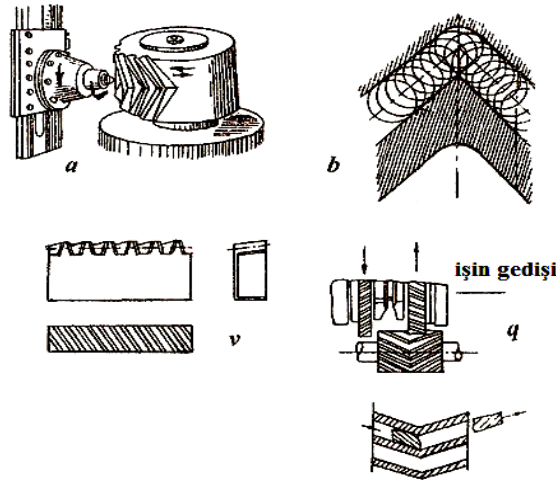
Prosesin məhsuldarlığını artırmaq üçün kobud diş açan zaman bir çox hallarda 2 və yaxud 3 girişli sonsuzvint frezindən istifadə olunur.

*Qoşa dişlərin açılması* (şəkil 2): Qoşa dişli (şevron) çarxlar silindrik və konus şəklində ola bilər. Qoşa dişli konus çarxlar az, silindrik çarxlar isə geniş tətbiq olunur. Neft sənayesində qoşa dişli silindrik çarxlar reduktorlarda, sürət qutularında və bu tipli avadanlıqlarda istifadə olunur.

Qoşa dişlər yalnız xüsusi dəzgahlarda açılır. Bu cür dişləri açmaq üçün bir neçə müxtəlif üsuldan istifadə edilir: 1) dairəvi və yaxud barmaqşəkilli modul frezi vasitəsi ilə diş açmaq; 2) üçkəskili başlıq vasitəsi ilə frezləmək; 3) daraq vasitəsi ilə diş açmaq; 4) kəsən çarx vasitəsi ilə diş açmaq; 5) sonsuzvint frezi ilə frezləmək [3].

Dişləri dairəvi modul frezi vasitəsi ilə açılan qoşa dişli çarxların dişlərinin ortasında (diş açmazdan öncə) yuva olmalıdır. Barmaq frez vasitəsi ilə açılan dişlər bütöv olur. Barmaq frez ilə əsasən irimodullu dişlər açılır.

Modul frezləri vasitəsi ilə dişəçmanın məhsuldarlığı kiçik, əmələ gətirilən dişlərinin dəqiqliyi isə azdır.



Şəkil 2. Qoşa dişləri açma sxemləri

Kəski başlığı ilə qoşa dişləri frezləyən dəzgahlarda kəskilər çox mürəkkəb hərəkət edir. Bunlardan biri yuvanın ortasını, ikisi isə yanlarını yonur. Bu üsuldən çox geniş istifadə edilmir.

Neft avadanlıqlarının istehsalında qoşadişli çarxlara diş açmaq üçün daraq vasitəsi ilə yonma üsulundan istifadə olunur. Dişlər çəpdişli iki (sağ və sol) daraq vasitəsi ilə açılır. Bu proses daraqla silindrik çarxlara spiral diş açmaq prosesinə bənzəyir, lakin fərqi ondadır ki, kəsmə prosesində spiral dişləri açanda bir daraq, qoşa dişləri açanda isə iki daraq iştirak edir. Hər bir daraq dişin bir qolunu yonur. Daraqların hər ikisi düz xətt üzrə irəliləmə hərəkəti edərək istiqaməti dəyişib ortaya tərəf gedərkən, digəri boş hərəkətlə (ortadan) geri qaydır.

Qoşa dişləri daraq ilə açan zaman böyük yonqar götürmək olmur. Ona görə də bu üsul ilə işləyən zaman dişlərin modulundan asılı olaraq bu proses 2-9 gedişlə tamamlanır. Məsələn, RD-2 reduktorun modulu 8, diş sayı isə 84 olan dişli çarxın dişləri 6-7 gedişdə açılır.

Kəsən çarxla qoşa diş açan dəzgahlarda aparılan proses dişskənəlmə prosesi kimidir, lakin proses iki çəpdişli kəsən çarx vasitəsi ilə yerinə yetirilir. İki daraq prosesində olduğu kimi, həm çarx dişin bir qolunu yonur,

həmçinin dişləri açma prosesində çarxlar məmulun oxuna paralel düz xətt üzrə istiqaməti dəyişən irəliləmə hərəkəti edir. Düz və spiral dişəçan dəzgahlarda olduğu kimi, bu dəzgahlarda da alətlər dişlərinin arxası yeyilməsin deyə boş gediş müddətində radial istiqamətdə geri çəkilərək məmuldan aralanır.

Sonsuzvint frezi vasitəsi ilə qoşa dişləri açmaq silindrik çarxlara sonsuzvint frezi vasitəsi ilə spiral diş açmaq kimidir. Yuxarıda göstərilən bütün üsullara nisbətən bu üsuldən az istifadə olunur [4].

Kəsmənin dərinliyi ilə verişin və kəskinin həndəsi ölçülərinə əsasən yonqarın en kəsiyi arasında nisbət aşağıdakı düsturla təyin edilir.

$$t = (1,2 \div 1,8) \cdot s \quad (1)$$

burada  $s$  -yonqarın en kəsik sahəsi,  $s = 6mm^2$

Buradan

$$t = (1,2 \div 1,8) \cdot 6 = (7,2 \div 10,2)mm$$

Mərkəzləşdiricini torna dəzgahının şpindelində bərkidərək səthləri emal etmək üçün öncə fırlanma zamanı keçmənin xətti sürəti təyin edilir.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2)$$

burada  $D = 270mm$  - bərpa edilən səthin daxili diametridir.

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 2}{3,14} = 191 \text{ dövr} / d_{\text{ağ}}$$

burada  $\omega$  - bucaq sürətidir və 2-yə bərabərdir.

$$\vartheta = \frac{3,14 \cdot 270 \cdot 1,91}{1000} = 16,19 \text{ m/san}$$

Əsas texnoloji vaxt aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$T_M = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} \quad (3)$$

burada  $L = (4000 \div 5000) \text{mm}$  - kəsmədə kəskinin kəsib keçdiyi yol,  $s = (4 \div 6) \text{mm}$  - kəsmənin verişi,  $i = 20$  - kəsmənin gediş sayıdır. Qiymətləri (3) ifadəsində yerinə yazsaq alarıq:

$$T_M = \frac{5000 \cdot 20}{191 \cdot 6} = 87 \text{ dəq}$$

Maşın vaxtını başa çatdırmaq üçün əlavə köməkçi vaxtları da təyin etmək lazımdır:

$$T = T_M + T_t + T_k + T_q + T_f \quad (4)$$

burada  $T_t = 3 \div 5$  dəqiqə texniki qulluq,  $T_k = 2 \div 4$  dəqiqə köməkçi vaxt,  $T_q = 15 \div 20$  dəqiqə fasilə vaxt,  $T_f = 2 \div 3$  dəqiqə əlavə vaxtdır.

Beləliklə:

$$T = 87 + 3 + 4 + 15 + 3 = 112 \text{ dəqiqə alınır}$$

### NƏTİCƏ

Məqalədə mancanaq dəzgahında tətbiq edilən reduktorların dişli çarxlarının dişlərinin emal üsulları analiz edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, neft avadanlıqlarının istehsalında dişli çarxlara diş açmaq üçün daraq vasitəsi ilə yonma üsulundan istifadə etmək daha məqsədəuyğundur.

Beləliklə, mancanaq dəzgahının reduktorunun dişli çarxı üçün ən sərfəli mexaniki emal üsulu seçilmiş və texnoloji ardıcılıqlar müəyyənləşdirilmişdir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Kərimov C.Ə. – Maşınqayırma texnologiyası. Bakı, 2010.
2. Sadıxov Ə.H., Hacıyev Ə.M., Məmmədov P.A. – Maşınların təmir texnologiyası. Bakı, 2007.
3. Mixaylov K.F. – Reduktorlu mancanaq dəzgaları təmirinin təşkili və onlara qulluq edilməsi. Bakı, 1951.
4. Məmmədov V.T., Mirzəyev O.H. - Neft-mədən texnikasının təmiri və bərpası. Bakı, 2012.

### ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС РЕДУКТОРА СТАНКА-КАЧАЛКИ

**С.Я.Алиева, магистрант С.И.Магеррамова**

**Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности**

В статье анализируются методы обработки зубьев зубчатых колес редукторов применяемых в станках качалках. Определено что, в производстве нефтяных оборудований для открытия зуба в зубчатых колесах целесообразно применять способ сгорания с помощью расчетки.

Таким образом для зубчатых колес редукторов станков качалок выбран самый рентабельный способ механической обработки и определены технологические последовательности.

**Ключевые слова:** Зубофрезный станок, модульный фрез, заготовка, спираль, стамеска, зубчатая рейка.

### GEAR MECHANICAL TECHNOLOGY WHEEL REDUCER WHEEL

**S.Y.Aliyeva, master S.I.Maqerremova**

The article analyzes the methods of processing the gear teeth of gears used in rocking machines. It is determined that, in the production of oil equipment for opening a tooth in gears, it is advisable to use the combustion method using calculation.

Thus, for the gear wheels of the rocking machine gears, the most cost-effective method of machining was selected and the technological sequences were determined.

**Key words:** Gear hobbing machine, modular milling cutter, harvesting, spiral, chisel, toothed rail.

UOT: 622.276.5.05

**TIRTILLI MAŞINLARDA İSTİFADƏ OLUNAN PLANETAR  
ÖTÜRMƏLƏRİN ƏSAS PARAMETRLƏRİNİN TƏYİNİ**

**S.Y.Əliyeva, magistrant H.A.Əhmədzadə  
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti**

**Açar sözlər:** *planetar* ötürmə, *aparıcı*, *ötürmə nisbəti*, *bənd*, *bucaq sürəti*.

Planetar ötürmələrdə ötürmə ədədini hesablamaq üçün çevrilmiş hərəkət üsulundan - *Villis üsulundan* geniş istifadə edilir. Belə ötürmələrin kinematikasını aparıcının dayandırılması ilə tədqiq etmək (Villis üsulu) daha asandır. Bu zaman mexanizmə bütünlükdə aparıcının bucaq sürətinə bərabər və onun əksinə yönəldilmiş bucaq sürəti verilir. Beləliklə, bəndlərin nisbi hərəkəti dəyişməz qalır, sanki planetar ötürmə adi dişli ötürməyə çevrilir və ötürmənin kinematikasının təyini sadələşir.

Planetar ötürmənin  $a$  və  $b$  bəndlərinin ötürmə nisbətləri aşağıdakı düsturlarla təyin edilir:

$$i_{ab}^h = \frac{\omega_a - \omega_h}{\omega_b - \omega_h}$$

və

$$i_{ab}^h = \frac{\omega_b - \omega_h}{\omega_a - \omega_h} = \frac{1}{i_{ab}^h}$$

$\omega_b = 0$  olanda

$$i_{ab}^h = -\frac{\omega_a}{\omega_h} + 1 = 1 - i_{ah}^b$$

Tənliklərdən görünür ki, ötürmə nisbətləri arasında indekslərin yerləşməsi zamanı aşağı indekslərin yerlərini dəyişdirəndə ötürmə nisbəti özünün tərs qiymətinə bərabər alınır; yuxarı indekslərin yerlərini aşağının axırıncı qiyməti ilə dəyişdirəndə ötürmə nisbəti 1 vahid çıxılırsın indekslərin əvvəlki yerləşməsilə ötürmə nisbətinə bərabər olur [1].  
Məsələn:

$$i_{bh}^a = \frac{1}{i_{hb}^a};$$

$$i_{ba}^h = 1 - i_{bh}^a.$$

Cədvəl 1

**Planetar ötürmələrin bəndlərinin ötürmə nisbətləri və bucaq sürətləri**

Şərti işarəsi	Ötürmə nisbəti		Bəndlərin bucaq sürətləri
$A_{ha}^b$	$i_{ab}^h = -\frac{z_b}{z_a} = -p$	$i_{ah}^b = 1 - i_{ab}^h = 1 + p$	$\omega_b = 0; \omega_a = (1 + p)\omega_h;$ $\omega_g - \omega_h = \frac{2p}{1 - p}\omega_h$
$A_{hb}^a$	$i_{ab}^h = -p$	$i_{bh}^a = 1 - i_{ba}^h = \frac{1 + p}{p}$	$\omega_a = 0; \omega_b = \frac{1 + p}{p}\omega_h;$ $\omega_g - \omega_h = \frac{2}{p - 1}\omega_h$
$A_{ba}^h$	$i_{ab}^h = -p$	$i_{ab}^h = -p$	$\omega_h = 0; \omega_a = -p\omega_b;$ $\omega_g - \omega_h = \frac{2p}{p - 1}\omega_b$

$B_{ha}^b$	$i_{ab}^h = -\frac{z_b z_g}{z_f z_a}$	$i_{ah}^b = 1 - i_{ab}^h$	$\omega_h = 0;$ $\omega_a = \left(1 + \frac{z_b z_k}{z_f z_a}\right);$ $\omega_g - \omega_h = \omega_f - \omega_h = -\frac{z_b}{z_f} \omega_h$
$(3k)_{ea}^b$ ikitaclı satellitlə	$i_{ab}^h = -\frac{z_b}{z_a};$ $i_{eb}^h = \frac{z_b z_f}{z_g z_e}$	$i_{ae}^b = \frac{1 - i_{ab}^h}{1 - i_{eb}^h}$	$\omega_b = 0; \omega_a = i_{ae}^b \omega_e;$ $\omega_g - \omega_h = \omega_f - \omega_h = -\frac{z_b}{z_g} \omega_h$
$(3k)_{ea}^b$ bir taclı satellitlə	$i_{ab}^h = -\frac{z_b}{z_a};$ $i_{eb}^h = \frac{z_b}{z_e}$	$i_{ae}^b = \frac{1 - i_{ab}^h}{1 - i_{eb}^h}$	$\omega_b = 0; \omega_a = i_{ae}^b \omega_e;$ $\omega_g - \omega_h = -\frac{z_b}{z_g} \omega_h$

Analoji yolla həm də satellit üçün belə asılılığı almaq olar. Cədvəl 1 və cədvəl 2 - də ən çox yayılmış planetar ötürmələrin ötürmə nisbətlərinin və bənlərin bucaq sürətlərinin təyini üçün düsturlar verilmişdir [2].

QOST21354-75 tərəfindən təklif edilmiş üsul üzrə dişli ötürmələrin möhkəmliyə hesablamalarında ötürmə nisbəti əvəzinə ötürmə ədədi ifadə edilir. Ötürmə ədədi dişlərin saylarının nisbəti kimi müsbət kəmiyyət, ötürmə nisbəti isə cəbri kəmiyyət olduğundan, yəni, bucaq sürətlərinin nisbəti çarxların fırlanma istiqamətindən asılı olaraq müsbət, yaxud mənfi işarəli ola bilər. Bir pələ

üçün onlar arasındakı əlaqə aşağıdakı kimi yazılır:

$$u = |i|$$

Planetar ötürmələrin dişli çarxlarının möhkəmliyə hesablanması zamanı təklif edilmişdir ki, hesablama düsturlarında böyük çarxın dişlərinin sayı  $z_2$ , kiçik çarxın dişlərinin sayı isə  $z_1$ -lə işarə edilsin [3].

Variant A-nın planetar ötürmələri üçün  $b$  çarxının dişləri sayının  $a$  çarxının dişləri sayına nisbəti aşağıdakı kimi yazılır:

$$p = \frac{z_b}{z_a} = -i_{ab}^h$$

Cədvəl 2

İki A mexanizmlərindən təşkil edilmiş ötürmənin ötürmə nisbətləri və bucaq sürətləri

Şərti işarəsi	Ötürmə nisbəti	Bucaq sürəti	
		Əsas bəndin	Satellitin
$A_{h_1 a_1}^{b_1} A_{h_2 a_2}^{b_2}$	$i_{a_2 h_1} = i_{a_1 h_2}^{b_2} \cdot i_{a_1 h_1}^{b_1}$ $= i_{a_1 h_2}^{b_2} \cdot i_{a_1 h_1}^{b_1} =$ $= (1 + p_2)(1 + p_1)$	$\omega_{b_1} = \omega_{b_2} = 0;$ $\omega_{a_2} = (1 + p_2)(1 + p_1)\omega_{h_1}$ $\omega_{a_1} = \omega_{h_2} = (1 + p_1)\omega_{h_1}.$	$\omega_{g_1} - \omega_{h_1} = \frac{2p_1}{1 - p_1} \omega_{h_1};$ $\omega_{g_2} - \omega_{h_2} = \frac{2p_2}{1 - p_2} \omega_{h_2}$



$A_{h_1 a_1}^{b_1} A_{b_2 a_2}^{h_2}$	$i_{a_2} i_{a_2 h_1} =$ $= i_{a_2 h_2}^{h_1} \cdot i_{a_1 h_1}^{b_1} =$ $= p_2 (1 + p_1)$	$\omega_{b_1} = \omega_{h_2} = 0;$ $\omega_{a_2} = -p_2 (1 + p_1) \omega_{h_1}$ $\omega_{a_1} = \omega_{b_2} = (1 + p) \omega_{h_1}.$	$\omega_{g_1} - \omega_{h_1} = \frac{2p_1}{1 - p_1} \omega_{h_1};$ $\omega_{g_2} - \omega_{h_2} = -\frac{2p_2}{1 - p_2} \omega_{b_2}$
Əlavə: göstərilən düsturlarda $p_1 = \frac{z_{b_1}}{z_{a_1}}; p_2 = \frac{z_{b_2}}{z_{a_2}}$			

### NƏTİCƏ:

Planetar ötürmələrin ötürmə ədədinin çevrilmiş hərəkət üsulundan, yəni, *Villis üsulundan* istifadə etməklə hesablanması daha məqsəduyğun hesab edilmişdir. Bu zaman mexanizmə bütünlükdə aparıcının bucaq sürətinə bərabər və onun əksinə yönəldilmiş bucaq sürəti verilir. Nəticədə, ötürmənin kinematikasının təyini sadələşir.

### ƏDƏBİYYAT

1. Kərimov Z.H. Maşın hissələri və yükqaldırıcı və nəqlədiçi mışınlar. Bakı. Maarif. 2002 – 485s.
2. Kərimov Z.H. və baş. Maşın hissələrindən kurs layihəsi. Bakı. Maarif. 2007 – 485s.
3. Kərimov Z.H., Məmməd-zadə O.Ə., Əliyeva S.Y., Kərimova İ.M. Maşın hissələri və kurs işlərinin yerinə yetirilməsi. Bakı. 2011 – 127 s.

### ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИМЕНЯЕМЫХ ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧ НА ГУСЕНИЧНЫХ МАШИНАХ.

Дос. С.Я.Алиева, магистрант Г.А.Ахмедзаде

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

Более целесообразным считалось вычисление планетарных передач с использованием преобразованного способа перемещения числа передачи, то есть метода Виллиса. При этом скорость угла, равная угловой скорости ведущего механизма в целом и направленная против нее, задается. В результате определение кинематики передачи упрощается.

**Ключевые слова:** планетарная передача, водило, соотношение передачи, звенья, угловая скорость.

### DETERMINATION OF THE BASIC PARAMETERS OF PLANETARY TRANSMISSIONS USED IN MILLED MACHINES.

Dos. S.Y.Aliyeva, master H.A.Ahmadzade

Azerbaijan State University of Oil and Industry

It was considered more expedient to calculate planetary transmissions using the transformed method of moving the transmission number, that is, the Willis method. In this case, the angle velocity equal to the angular velocity of the driving mechanism as a whole and directed against it is given. As a result, the definition of transmission kinematics is simplified.

**Key words:** planetary transmission, lead, transmission ratio, dam, angle velocity.

УДК 665.644.2

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Халафова И.А., маг. Аббасова Н.В.

Email: narminaabbasova1@gmail.com

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,

*Аннотация:* Исследовано влияние магнитного поля на эффективность и выход продуктов процесса каталитического крекинга с псевдооживленным слоем гранулированного катализатора ОМНИКАТ-210 П. По результатам исследования было выявлено, что под действием магнитного поля на сырье и на катализатор процесса каталитического крекинга эффективность процесса заметно возрастает, что способствует увеличению выхода высокооктанового бензина и других высококачественных продуктов.

**Ключевые слова:** каталитический крекинг, светлые нефтепродукты, вакуумный газойль, катализатор, бензиновая фракция, магнитное поле, селективность, индуктивность.

Современная нефтеперерабатывающая промышленность характеризуется высоким потреблением традиционных сырьевых ресурсов, тем самым приводя к их уменьшению и ростом потребностей в светлых нефтепродуктах. В соответствии с этим приобретает актуальность решение проблемы переработки тяжелых нефтяных остатков, с целью увеличения выхода необходимых промышленности моторных топлив. [1,2]

Каталитический крекинг представляет собой один из много тоннажных процессов применяемых в нефтепереработке, благодаря которому осуществляется производство значительной доли моторных топлив. Псевдооживленный слой катализатора является на сегодняшний день самым распространенным вариантом реализации процесса каталитического крекинга. Главной целью процесса является производство высокооктановых компонентов бензина и ценных углеводородных газов, которые могут быть использованы как сырье нефтехимического синтеза. [3,5]

Интенсификация процесса каталитического крекинга играет важную роль в решении проблемы недостатка в промышленности необходимых топливных

ресурсов. Основными направлениями интенсификации процесса являются совершенствование технологии и разработка новых высокоактивных и селективных катализаторов, однако эти направления требуют значительных инвестиций и не всегда оправданы в действующих установках. [4,5]

В сегодняшнее время одним из действенных способов интенсификации процесса каталитического крекинга является предварительная обработка сырья и катализатора процесса магнитным полем. Использование действия магнитного поля влияет на выход и физико-химические свойства целевых продуктов процесса. [2,6]

В данной работе приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований (16-20) влияния магнитного поля на состояние вакуумного газойля и получаемых продуктов при каталитическом крекинге. В качестве сырья процесса было взято фракция вакуумного газойля 350 – 520°C, в качестве катализатора был применен гранулированный ОМНИКАТ-210П. Обработка образцов вакуумного газойля и катализатора проводилась действием постоянного магнитного поля напряженностью 0,25 Тл.

Таблица 1

**Физико-химическая характеристика вакуумного газойля**

Наименование	Показатели
Фракционный состав:	°С
Н.К.	290
10	310
30	350
50	420
90	470
Содержание серы, %	0,7
Содержание металлов, %	
Ванадий	0,9
Никель	0,1
Коксуемость по Кондрасенку, масс. %	0,4
Групповой химический состав, масс. %	
Парафины	51,0
Ароматика	44,6
Смолы	3,0

Таблица 2

**Качественная характеристика катализатора ОМНИКАТ-210П**

Наименование	Показатели
Химический состав, масс. %	
$Al_2O_3$	42
$Na_2O$	0,30
Оксиды редкоземельных металлов $Re_2O_3$	1,7
Pt	0,00002
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	620
Площадь поверхности	190
Объем пор, см <sup>3</sup> /г	0,42
Микро активность после стабилизации водяным паром	73

Нами были исследованы качества продуктов полученных в процессе каталитического крекинга вакуумного газойля как в магнитном поле, так и в обычных условиях. По результатам проведенных исследований было выявлено что, использование магнитной обработки позволяет заметно повысить эффективность процессов переработки нефтяного сырья.

Установлено, что при воздействии магнитного поля на углеводородные и водные системы решающую роль играют: величина магнитной индукции, скорость пересечения магнитного поля в активной зоне (зоне с максимальной индукцией) потоком обрабатываемой жидкости и количество пересечений магнитного поля обрабатываемой жидкостью. [7,8]

**Сравнение качества продуктов крекинга вакуумного газойля под действием магнитного поля и в обычных условиях**

Показатели продуктов	В магнитном поле	Без магнитной обработки
<b>Бензин</b>		
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	732,8	744,5
Содержание серы, %масс.	0,9	0,11
Октановое число	83	81
<b>ППФ</b>		
Содержание пропилена	45,0	43,2
Содержание C <sub>4</sub> , %масс.	7,0	6,5
Содержание серы, %масс.	0,018	0,02
<b>ББФ</b>		
Содержание C <sub>3</sub> , %масс.	4,8	3,6
Содержание C <sub>4</sub> , %масс.	37,6	29,9
Содержание C <sub>5</sub> и выше, %масс.	3,2	2,8
Содержание серы, %масс.	0,016	0,02
<b>Сухой газ</b>		
Содержание серы, %	0,7	1,0
C <sub>3</sub> и C <sub>4</sub> , % масс.	8	10
Содержание СО	0,30	0,32

Принципиальная схема лабораторной установки для изучения действия магнитного поля на процесс каталитического крекинга представлена на рис.1.

Перед пуском установка продувается азотом, который предварительно пропускается через реактор с медными стружками для удаления кислорода помещенный в печь. Реактор 1 данной установки изготовлен из кварца, объем реакционной зоны которого составляет 30 см<sup>3</sup>, а внутренний диаметр 30 мм. Необходимую температуру процесса создавали системой автоматического регулирования температуры и автотрансформатором 7. Опыты проводили при температуре 500 °С. Подачу сырьевой смеси в зону реакции осуществляли с помощью специального жидкостного насоса.

Объемная скорость подачи сырья была установлена 1 ч<sup>-1</sup>. В кварцевый реактор помещали уже заранее приготовленный,

гранулированный катализатор Омникат-210П (средний диаметр гранул составлял 2 мм) в объеме 15-20 см<sup>3</sup>, предварительно загрузив в нижнюю часть кварцевую насадку объемом 1-2 см<sup>3</sup>, поверх катализатора так же размещали кварцевую насадку в объеме 2-3 см<sup>3</sup>. Средний диаметр гранул кварцевого контакта составлял 2 мм.

Реактор с катализатором помещали в кварцевую печь 2, форма которой была цилиндрическая, а температуру при этом контролировали термомпарами на трех уровнях: верхнем, среднем и нижнем слоях катализатора. Температура замерялась хромель-копелевой термопарой, которая была помещена в термопарный карман реактора. Температуру реактора повышали до необходимой постепенно с использованием регулятора температуры 3.

Когда было необходимо провести процесс в магнитном поле, реактор вместе с печкой помещали между электромагнитными полюсами 15, напряженность магнитного поля которого

составляла 0,25 Тл, а поток магнитной индукции от выпрямителя 16 регулировался

изменением силы постоянного тока.

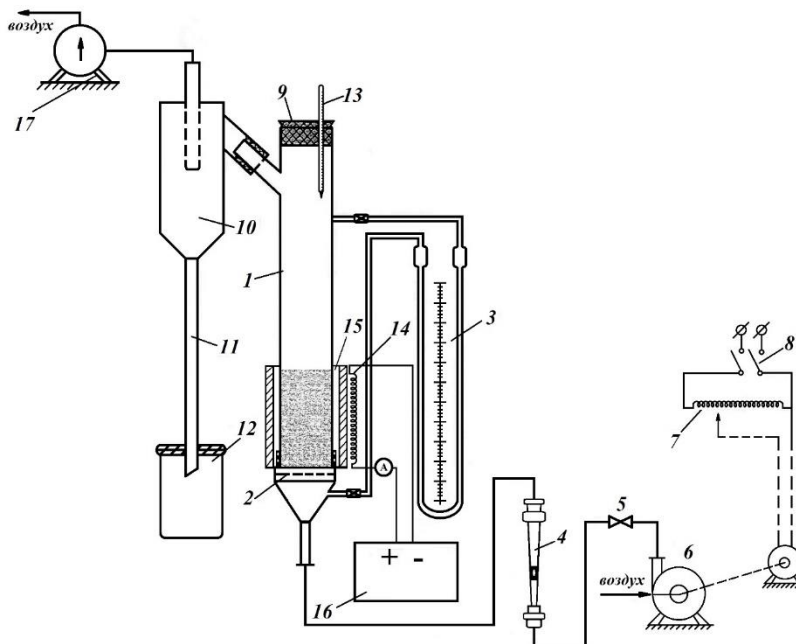


Рис.1. Схема лабораторной установки для изучения действия магнитного поля на процесс каталитического крекинга: 1 – реактор, 2 – металлическая сетка, 3 – диафанометр, 4 – ротаметр, 5 – регулирующий вентиль, 6 – воздушный вентилятор, 7 – автотрансформатор, 8 – потенциометр, 9 – пробка, 10 – циклон, 11 – стояк, 12 – накопительная емкость, 13 – термометр, 14 – магнитная катушка, 15 – магнит провод (сердечник), 16 – регулируемый источник питания, 17 – газовый счетчик

При достижении заданной температуры в реактор 1 подавалось из емкости сырье в парожидкостном состоянии с помощью жидкостного насоса, которое предварительно было нагрето в испарителе. Температура в испарителе регулируется автотрансформатором, показания температуры реакции снимаются с логометра.

В реакторе при заданных режиме и параметрах протекает реакция каталитического крекинга: объёмной скорости подачи сырья и температуры. Продукты реакции после окончания реакции из реакционной зоны поступают в

систему холодильника, где охлаждаются и далее собираются в приемниках.

Дальнейшие исследования проведены в целях изучения влияния потока магнитной индукции величиной 0,25 Тл на Каталитический Крекинг вакуумного газойля. Для этого магнитной обработке подвергался отдельно катализатор, отдельно сырье, а также проводилась совместная обработка катализатора и сырья магнитным полем.

Результаты экспериментов по влиянию магнитного поля на Каталитический Крекинг вакуумного газойля при температуре 450°C представлены в табл.4.

Таблица 4

**Влияние МП на процесс КК вакуумного газойля (Т =450°C, V = 1,0 ч<sup>-1</sup>)**

Показатели	ВГ без МП	Магнитная обработка (0,30 Тл)		
		сырьё (-) катализатор	сырьё (+) катализатор (-)	сырьё (+) катализатор (+)

		(+)		
Взято:				
Вакуумный газойль	100	100	100	100
Получено, % масс.				
Газ крекинга	14,8	10,1	10,4	13,8
Жидкие продукты, в т.ч.	80,0	85,0	83,5	81,0
Фр. н.к.-190 °С	32,3	40,5	41,7	35
Фр. 190-350 °С	21,4	23,7	22,3	19,2
Фр. выше 350 °С	26,3	20,8	24,0	26,8
Кокс	3,2	3,0	3,0	3,2
Потери	2,0	1,9	2,0	2,0
Сумма светлых фракций	53,7	64,2	64,0	54,2
Конверсия	73,7	79,2	79,0	71,2

Примечание: (+) – обработано МП; (-) – не обработано МП

В табл.4 представлены результаты исследований по воздействию МП на катализатор, сырье и на совместную обработку катализатора и сырья.

При воздействии магнитного поля только на катализатор, выход жидких продуктов значительно увеличивается – до 85,0 %, и сумма светлых фракций повышается до 64,2 %, т.е. на 10,5 %. При воздействии магнитного поля только на сырье, выход жидких продуктов увеличивается до 83,5%, сумма светлых составляет 64,0%, т.е. 10,3%. При совместном воздействии обоих факторов выход светлых нефтепродуктов составляет 54,2 %, что практически не отличается от исходного необработанного МП вакуумного газойля.

Воздействие МП на процесс КК ВГ приводит к изменению углеводородного состава бензиновых фракций. Количество изопарафинов и олефинов возрастает на 6,1 % и 11,7% масс., ароматических углеводородов уменьшается на 15,1 % масс.

Применение магнитного поля позволяет снизить температуру процесса с 500 до 450 °С при одновременном увеличении выхода целевых продуктов на 5-15 % масс.

Таким образом, по итогам исследования было установлено что, лучшие результаты получены при обработке МП катализатора: выход светлых нефтепродуктов (бензиновой и дизельной фракций) при крекинге чистого ВГ увеличивался на 10,5 %, а при крекинге смеси ВГ – на 17,7 % масс.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Халафова И.А., Н.Т.Алиева, Т.М. Абул-Фотух Интенсификация процесса каталитического крекинга//Azərbaycan Kimya Jurnalı 2010, -№1. -С.161-165
2. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. Часть 2. Деструктивные процессы. М.: Колос.- 2007.- С.334
3. Халафова И.А., Юсиф-заде А.А. Влияние магнитного поля на гидродинамику «кипящего слоя» промышленного катализатора каталитического крекинга//Вестник Науки и Образования 2018,- № 3(39) -С.6-12
4. Летцие У. «Совершенствование каталитического крекинга для выработки чистых топлив»//Нефтегазовые технологии 2005, -№6 -С.52

5. Халафова И.А., А.Д. Гусейнова, К.Ю.Аджамов, Ф.М.Поладов Использование постоянного магнитного поля для интенсификации процесса каталитического крекинга//Нефтепереработка и нефтехимия 2012, -№6- С.20-21
6. Халафова И.А., Гусейнова А.Дж., Мирззоева Л.М., Ахундов Э.А., Поладов Ф.М. Крекинг вакуумного отгона в смеси с мазутом на микросферическом катализаторе ДА-250// Известия Высших Технических Учебных Заведений Азербайджана 2012, №2 -С.31-34
7. Рустамов М.И. Каталитические процессы получения высококачественных моторных топлив. – Баку: Элм, 2006. – 475с.
- Халафова И.А. Исследование интенсификации процесса каталитического крекинга влиянием магнитного поля на состояние вакуумного газойля, мазута и их смесей// Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVII Respublika Elmi Konfransının Materialları, Bakı 2013-, С. 35 - 37

## INTENSIFICATION OF CATALYTIC CRACKING PROCESS BY USE OF MAGNETIC FIELD

I.A. Khalafova, N.V.Abbasova

Azerbaijan State Oil and Industrial University

**Abstract:** The effect of a magnetic field on the efficiency and products yield of a catalytic cracking process with a fluidized bed of a granular catalyst OMNIKAT-210P was studied. The results of the study revealed that, under the influence of a magnetic field on raw materials and on a catalyst for the catalytic cracking process, the process efficiency significantly increases, which contributes to an increase in the yield of high-octane gasoline and other high-quality products.

**Keywords:** catalytic cracking, light oil products, vacuum gas oil, catalyst, gasoline fraction, magnetic field, selectivity, inductivity.

## KATALİTİK KREKİŇQ PROSESİNƏ MAQNİT SAHƏSİNİN TƏSİRİNİN TƏDQIQI

İ.A. Xələfova, N.V. Abbasova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

**Annotasiya:** Maqnit sahəsinin OMNIKAT-210P katalizatoru ilə aparılan katalitik krekinq prosesinin effektivliyinə və alınan məhsulların göstəricilərinə olan təsiri tədqiq edilmişdir. Aparılmış tədqiqat nəticəsində məlum olmuşdur ki, xammala və katalizatora maqnit sahəsi ilə təsir göstərdikdə, katalitik krekinq prosesinin effektivliyi artaraq, yüksəkoktanlı benzin və digər yüksək keyfiyyətli məhsulların alınmasını artırır.

**Açar sözlər:** katalitik krekinq, yüngül neft məhsulları, vakuum qazoyl, katalizator, benzin fraksiyası, maqit sahəsi, selektivlik, induktivlik.

УДК 55.550.84

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОРА В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЛЕНКОРАНО-АСТАРИНСКОЙ ЗОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНА**

**Бабаев Н.И.**

**Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности**

[nibabayev@yandex.ru](mailto:nibabayev@yandex.ru)

***Аннотация.** Гидрогеохимические особенности бора в водной среде изучены сравнительно слабо. Более или менее достоверные сведения накоплены по содержаниям бора в современных мелководных морских и глубоководных океанических осадках. Результаты исследований показали, что в первых содержание бора охватывает пределы 32-250 г/т, а во вторых, соответственно, 46-430 г/т.*

*До последнего времени выпадало из поля зрения поведение бора в процессе формирования аллювиальных отложений. Сегодня можно уверенно констатировать тот факт, что средние содержания бора в аллювиальных осадках заметно возрастают в направлении переноса от осадков речного русла к дельтовым отложениям конечных областей седиментации. Также выяснилось, что содержание бора в прибрежных осадках отражает его содержание в береговых породах, за счёт эрозии которых эти осадки образуются.*

**Ключевые слова:** борный ангидрид, аллювиальный, шельф, породообразование, концентрация.

**Введение.** Вопросы генерации, миграции и концентрации бора в эндогенных, экзогенных, гидротермальных процессах в водных бассейнах, поверхностных и грунтовых водах достаточно изучены [1-6].

Однако, особенности поведения бора в процессе транспортировки продуктов выветривания коренных пород, которые на пути к конечной области седиментации фиксируются в виде аллювиальных отложений долгое время оставались без особого внимания исследователей. Только в самые последние годы речной аллювий стал предметом целенаправленных геохимических исследований, которые обеспечили получение обширной информации по распределению бора.

Общеизвестно, что главным носителем бора в осадочных породах является глинистая фракция, минералы которой отлагаются на устьевых участках рек. Отобранные для спектрального анализа немногочисленные образцы проб показывают, что содержание бора в детритовых образованиях, переносимых реками в области седиментации во время транспортировки, не подвергается изменениям. Содержание бора прирусловых участков отражает его наличие в береговых породах, за счёт эрозии которых эти осадки, в основном, образуются. При сопоставлении становится очевидным, что среднее содержание бора в мелководных глинистых осадках морей намного выше, чем в аллювиальных образованиях.

**Таблица 1**

**Содержание бора в аллювиальных отложениях Ленкорано-Астаринской зоны**

Место отбора проб	Количество анализов	Содержание бора, г/т
Истоки Ленкоранчая	8	12-85 (42) *
Равнинное русло Ленкоранчая	17	20-104 (65)
Устье реки Ленкоранчай	9	39-115 (77)
Истоки реки Астарачай	11	20-93
Равнинное русло Астарачая	18	45-124 (83)
Устье реки Астарачай	14	62-109 (92)
Истоки реки Болгарчай	7	10-96 (61)
Равнинное русло Болгарчая	10	14-100 (76)
Устье реки Болгарчай	5	8-120 (90)
Истоки реки Тенгеричай	6	9-88 (62)



Равнинное русло Тенгеричая	12	14-105 (72)
Устье реки Тенгеричай	8	21-120 (90)

\*В скобках приводится среднее значение

В таблице 1 приведены данные по содержанию бора в аллювиальных осадках различных участков рек области, которые показывают широкий диапазон колебаний величин содержаний бора, обусловленные разнородностью состава аллювиальных осадков, формирующихся на разных участках русел рек. Среднее содержание бора в исследованных образцах колеблется в узких пределах ( 12-120 г/т). Средние содержания бора в аллювиальных осадках заметно возрастают в направлении переноса от истока в сторону устьев рек. Это связано с сортировкой материала на пути их переноса. Кроме того, так как основным носителем бора в осадочных породах являются глинистые минералы, нет ничего

удивительного в том, что в устьевых частях рек, в тонкой глинистой фракции содержится максимальное количество бора.

**Постановка задачи.** Как показывают результаты количественного спектрального анализа бора, выполненные автором в зональной лаборатории ЦХАЛ Мингео СССР, реки переносят в области седиментации детритовые образования коры выветривания с содержаниями бора, которые в процессе транспортировки не подвергаются существенным изменениям. Другая картина наблюдается при образовании современных глинистых осадков, отлагающихся как в прибрежной полосе, так и в области шельфа морей (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание бора в современных мелководных морских глинистых отложениях\***

Место отбора проб	Количество анализов	Содержание бора, г/т
<b>Черное море:</b>		
донные осадки	9	64-98 (80)
континентальная терраса	88	(81)
современные отложения	126	(92)
<b>Каспийское море:</b>		
донные осадки	26	(85)
континентальная терраса	14	(93)
<b>Балтийское море:</b>		
донные осадки	9	20-180 (110)

\*по данным [1, 2]

Как видно из табл. 2, содержание бора в рассматриваемых осадках мало отличается от содержаний в аллювиальных осадках, что отражает генетическое единство осадочных образований на рассмотренных этапах литогенеза. При этом, в мелководных морских осадках не отмечается отклонений содержания бора, которые можно было бы приписать

адсорбции бора из морской воды (Гольдшмидт В.М., 1954, Хардер Н., 1970). Содержание бора в прибрежных осадках, как показывают исследования, отражает его содержание в береговых коренных породах, за счет выветривания которых эти осадки образуются. Более высокие содержания бора наблюдаются в глубоководных океанических глинистых осадках (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание бора в глубоководных океанических глинистых осадках \***

Место отбора проб	Количество анализов	Содержание бора, г/т
Тихий океан, центральная часть	384	37-202 (134)
Тихий океан, Калифорнийский залив	58	100-280 (173)

Атлантический океан	105	62-342 (210)
Индийский океан	46	44-183 (115)

\*По данным [2, 3]

Обогащение рассматриваемых осадков бором может быть вызвано степенью отсортированности глинистых минералов, а также появлением в их составе примеси гидрослюды или глауконита, содержание которых, как правило, возрастает с увеличением глубины [7]. Можно утверждать, что результаты анализов отражают генетическую связь глубоководных осадков с аллювиальными, тонкой глинистой фракцией которых они в основном слагаются. Такая точка зрения согласуется с аллохтонной природой основной массы глинистых минералов в глубоководных осадках, распространение которых показывает сложную зависимость от климатических условий и состава речных взвесей, поступающих с водосборных площадей континентов.

Небезынтересно проследить поведение бора кроме глин и в других распространенных осадочных породах: песчаниках, карбонатах и др.

**Метод решения.** Известно, что в осадочном чехле Земной коры после глин и глинистых сланцев, составляющих ~ 80% [8], особое место занимают пески и песчаники (15%) и карбонатные породы. Содержания бора в этих породах непостоянны и, как правило, значительно ниже, чем в глинах и глинистых сланцах. Количество борных соединений в песках и песчаниках зависит от минералогического состава песчаных зерен, состава цемента и некоторых акцессорных включений. Низкими содержаниями бора (10-15 г/т) характеризуются кварцевые пески и песчаники с карбонатным цементом (основным носителем бора). Более высокими содержаниями бора (60-70 г/т) отличаются глинистые пески и песчаники. В них носителями бора являются слюды, полевые шпаты и глинистые минералы.

Карбонатные породы в Земной коре представлены, в основном, известняками и доломитами. Химически чистые известняки и доломиты не содержат бора. Присутствие бора в карбонатных породах обусловлено, главным образом, механической примесью

глинистых минералов. По имеющимся данным [6, 7] содержание бора в известняках колеблется от 5 до 300 г/т, и среднее из 1300 анализов даёт величину 16 г/т. В доломитах [8] содержание бора колеблется от 5 до 700 г/т (среднее 65 г/т). Как видно, в доломитах, в среднем, бора в 4 раза больше, чем в известняках. Это обусловлено не столько различными условиями образования известняков и доломитов, сколько тем, что доломиты сравнительно легко подвергаются гидролизу с выделением свободной гидроокиси магния, которая при благоприятных условиях может связывать борнокислые анионы из поровых растворов.

Иначе дело обстоит с фосфоритами осадочного происхождения. Эти породы, в отличие от карбонатных пород, характеризуются повышенными содержаниями бора. По данным И.И. Тучкова [9] содержание бора в фосфоритах Сибири колеблется от 30 до 300 г/т (в среднем из 21 анализа 130 г/т). Можно предположить, что связь бора с фосфоритами обусловлена сравнительной легкостью образования в гипергенных условиях взаимодействия борсодержащих растворов с фосфорсодержащими соединениями. В отличие от фосфоритов, апатиты эндогенного происхождения имеют низкие содержания бора (~30 г/т). Более легкий и летучий бор, при высоких температурах не успевает реагировать с фосфоритами.

Распределение бора в ангидритовых породах, связанных с соленосными формациями [10] показали, что содержание бора в ангидритах колеблется в очень широких пределах (5-2620 г/т). Результаты 650 анализов показывают довольно высокое среднее содержание бора (160 г/т).

Известно, что сульфаты кальция не являются носителями соединений бора. Особенности геохимии бора в пластовых отложениях ангидрита обусловлены примесями микрокристаллов различных борных, а также аутогенных глинистых минералов. Высокие содержания бора в

галогенных отложениях [11], обусловлены главным образом широким развитием процессов аутогенного глинообразования, свойственного лагунным условиям аридного литогенеза.

В заключении можно отметить, что распределение бора в осадочных породах

**Заключение.** Первая попытка изучения поведения бора в аллювиальных отложениях позволяет сделать некоторые выводы:

- 1) Среднее содержание бора в мелководных глинистых осадках намного выше, чем в аллювиальных образованиях;
- 2) Содержания бора в аллювиальных отложениях колеблется в узких пределах (12-120 г/т);
- 3) Содержания бора в аллювиальных отложениях, переносимых реками в область седиментации, во время транспортировки не подвергаются изменениям.

#### ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурский Ю.Н. Геохимия бора и йода при диагенезе современных морских отложений. В кн.: Проблемы мирового океана. Изд. МГУ, 1970, с. 126-134.
2. Красинцева В.В., Шишкина О.В. К вопросу о распределении бора в морских осадках. «Докл. АН СССР», 1959, т.128, №4, с. 815-817.
3. Хардер Г. Геохимия бора. М. «Недра», 1965, 135 с.
4. Marching V. Zur Geochemie resenter sediment des Indischen Oceans. "Meteor Forsch-Ergebnisse", 1972, с, №11, s. 90-104.
5. Ферсман А.Е. Геохимия. М.-Л., 1933, т. I, 328 с.
6. Бабаев Н.И., Мартиросян Р.А. Бор и редкие щелочи в сопочных брекчиях грязевых вулканов Азербайджана. М. «Геохимия», 1973, №9, с. 1411-1415.
7. Ферсман А.Е. Геохимия. М.-Л., 1939, т. IV, 355 с.
8. Валяшко М.Г. и др. Геохимия и генезис рассолов Иркутского амфитеатра. М., «Наука», 1965, 160 с.
9. Тучков И.И. Фосфориты нижнего течения р. Лены. – «Литология и полезные ископаемые», 1966, №4, с. 103-118.
10. Бабаев Н.И., Мусазاده Т.М. Бор и редкие щелочи в галогенных отложениях верхнего майкопа Лагичской впадины (Азербайджан). Ученые записки Азгосуниверситета, №2, 1976, с. 13-18.
11. Бабаев Н.И. Распределение бора в галогенных отложениях миоцена Нахчыванской мульды. Ученые записки Азгосуниверситета, серия геолого-географических наук, №1, 1976, с.8-11.

#### AZƏRBAYCANIN LƏNKƏRAN-ASTARA ZONASINDA BORUN ALLYUVİAL ÇÖKÜNTÜLƏRDƏ PAYLANMASI

N.I. Babayev

Borun su mühitindəki hidrogeokimyəvi xüsusiyyətləri nisbətən zəif öyrənilmişdir. Bor haqqında nisbətən etibarlı məlumat onun müasir dayaz dəniz və dərin okean çöküntülərindəki miqdarları üzrə toplamışdır. Tədqiqatların nəticələri göstərmişdir ki, birincilərdə onun miqdarı 32-250 qır/t, ikincilərdə isə, uyğun olaraq, 46-430 qır/t hədudlarını əhatə edir.

Son vaxtlaradək alluvial çöküntülərin formalaşması prosesində borun davranışı nəzarət altında deyil idi. İndiki dövrdə tam əminliklə demək olar ki, borun alluvial çöküntülərindəki orta miqdarı çay məcrası çöküntülərindən sedimentasiyanın axırını əyalətlərinin delta çöküntülərinə doğru daşınma istiqamətində nəzərə çarpacaq dərəcədə artır. Həmçinin aşkar olunmuşdur ki, borun sahilyanı çöküntülərindəki miqdarı onun sahil süxurlarındakı miqdarını əks etdirir ki, adı çəkilən çöküntülər də həmin süxurların aşınması hesabına əmələ gəlir.

**Açar sözlər:** bor anhidridi, allüvial, şelf, süxur əmələgəlmə, konsentrasiya.

**BORON DISTRIBUTION IN ALLUVIAL DEPOSITS OF THE LENKORAN-ASTARA ZONE****N.I.Babayev**

Hidrogenochemical properties of boron in aquatic environment have been weakly studied. Relatively reliable data have been obtained for modern shallow marine and deep oceanic sediments. Investigation results revealed that boron content of the former ones covers ranges between 32-250 gr/ton, that of the latter ones, respectively, 46-430 gr/ton.

Boron behavior during formation of alluvial deposits have been paid little attention till recently. These days we can firmly state that the average boron content in alluvial deposits increase notably in direction of transportation from river bed deposits towards deltaic deposits of the final sedimentation areas. It has also been revealed that the boron content of the shore deposits reflects its content in coastal rocks due to erosion of which those sediments form.

**Keywords:** boric anhydride, alluvial, shelf, rock formation, concentration.

## ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ В КЛЕТКАХ *DUNALIELLA SALINA* IPPAS D-294 МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИОНОЛОМ ПРИ ВЫСОКОЙ СОЛЕННОСТИ В ОПТИМАЛЬНОМ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМАХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

А.Р.Джалилова

Бакинский Государственный Университет

В работе представлены результаты изучения биопродуктивности, количества образованного МДА в клетках *Dunaliella* при высокой солености в оптимальном и низкотемпературном режимах культивирования. Показано, что в условиях низкотемпературного стресса биопродуктивность клеток снижается на 25% по отношению к оптимальному режиму культивирования. Модификация клеток 2,6 ди-трет-бутил крезолом (ионол) приводит к стимуляции роста культуры *Dunaliella* в оптимальном режиме: (25 -350 мкМ) 2 - 7% и в условиях низкотемпературного стресса в интервале концентраций (25 - 350 мкМ) 5-8%.

Установлено, что концентрации 25-50 мкМ 2,6 ди-трет-бутил крезола в минеральной среде приводят к увеличению количества МДА в клетках на 30-70%, а затем к понижению его содержания в клетках на 35-60% при концентрациях 150-500 мкМ в оптимальном режиме. При низкотемпературном режиме концентрации 25-50 мкМ ионола количество МДА остается на контрольном уровне, а при концентрациях 150-500 мкМ снижается на 4-20%.

**Ключевые слова:** *Dunaliella*, биопродуктивность, соленость, ионол, низкотемпературный стресс, перекисное окисление липидов.

### ВВЕДЕНИЕ

В результате воздействия различных факторов окружающей среды, таких как ультрафиолетовое, радиационное облучение низкие и высокие температуры, наличие добавок, загрязнителей в пищевых продуктах, в питьевой воде приводит к образованию радикалов. В каждом живом организме постоянно образуются активные формы кислородных, пероксидных, гидропероксидных и других радикалов [5]. Одновременно с образованием таких радикалов происходит их разрушение с помощью системы антиоксидантных ферментов. Превышение концентрации образующихся над концентрацией уничтоженных радикалов приводит к развитию окислительного стресса, который сопровождается повреждениями биологических молекул, окислением липидов, модификациями белков и ДНК [8,10,11]. Воздействия на растения неблагоприятных температур является одним из наиболее распространенных стрессоров. Так, большее часть растений в течении года подвергаются действию низких положительных температур, мороза [3,4]. АФК занимает особое место среди стрессовых метаболитов. Важную роль АФК в запуске защитных реакций на абиогены

ныне не вызывает сомнений [7,12]. При выращивании проростков в присутствии ионола сильно угнетается и образование АФК и, в частности супероксида [9]. Известно, что наряду с образованием и инаktivацией АФК антиоксидант ионол может ингибировать вызываемый АФК выход из митохондрий в цитоплазму цитохрома С [1].

Существенно уменьшить окислительный стресс и его последствия позволяет добавления в минеральную среду синтетические антиоксиданты, такие как ионол и его производные, относящиеся к классу пространственно- затрудненные фенолы [2,6].

Целью работы являлось - изучение перекисного окисления липидов в клетках *Dunaliella* выращенных в условиях высокой солености в оптимальном и низкотемпературном режимах и модификации с различными концентрациями ионола.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служила зеленая микроводоросль *Dunaliella salina* IPPAS D-294, выделенная из соленого озера Масазыр находящегося на северо-западе территории города Баку. Водоросли

выращивали при температуре 27°C в мл, на установке для выращивания культур одноклеточных водорослей. Минеральная среда содержала (г/л): NaCl – 175; KNO<sub>3</sub> – 5,0; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 1,25; MgSO<sub>4</sub> – 50; FeSO<sub>4</sub> – 0,009 и раствор микроэлементов, 1 мл/л. Суспензию клеток в фотореакторах круглосуточно освещали белым светом (16 Вт/м<sup>2</sup>) и непрерывно продували смесью (воздух+1,5% CO<sub>2</sub>) с температурой 27°C в оптимальном и продуванием в фотореакторы воздушной смеси 5°C (низкотемпературный стресс). Темп роста культуры определяли периодическим подсчетом числа клеток в камере Горяева под микроскопом или нефелометрически, измерением оптической плотности суспензии.

Клеточную суспензию, подготовленную к измерению содержания МДА, доводили до 10<sup>6</sup>кл/мл (оптическая плотность, OD=0,8).

Оценка степени перекисного окисления липидов (ПОЛ) была проведена по методу определения содержания МДА в клетках *Dunaliella salina* - методом, основанным на реакции с тиобарбитуровой кислотой.

Суспензию клеток (35 мл) центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 минут. Полученный осадок гомогенизировали в 20 мл 0,1%-ой ТХУ. Гомогенат центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 минут. К 1мл супернатанта добавляли 4 мл 20% ТХУ, содержащую 0,5% ТБК. Смесью нагревали в водяной бане при 95°C в течение 30 мин. и сразу охлаждали под проточной водой. После центрифугирования смеси при 3000 об/мин в течение 10 минут, определяли оптическую плотность супернатанта при 532 нм [10].

Содержание МДА рассчитывали с использованием коэффициента экстинкции равного 1.36×10<sup>-5</sup> м<sup>-1</sup> см<sup>-1</sup>, после вычитывания неспецифического поглощения при 532.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 (кривая 1) представлены результаты динамики роста культуры микроводоросли *Dunaliella* при

стеклянных фотореакторах, объемом 250

оптимальных условиях (температура 27°C, интенсивность света 16 Вт/м<sup>2</sup>, содержание CO<sub>2</sub> в воздушной смеси 1,5%, минеральная среда содержащая 3 М NaCl) выращивание клеток в 250 мл стеклянных фотореакторах и подаче воздушной смеси с температурой 25°C в интенсивно - накопительном режиме культивирования в течение 24 часов показали, что оптическая плотность клеточной суспензии увеличивается в 3 раза.

Такая тенденция роста популяции продолжается и в последующих повторных вариантах выращивания контрольных суспензий. Подача в фотореакторы воздушной смеси с температурой 5°C (низкотемпературный стресс) приводит к замедлению роста и снижению биопродуктивности на 25% (кривая 2). Несмотря на снижение динамики роста популяции при низкотемпературном стрессе деление клеток в течение 24 часового культивирования в интенсивно-накопительном режиме составляет высокий показатель (увеличение оптической плотности в 2,5 раза). В этих условиях добавляли в минеральную среду выращивания синтетический антиоксидант 2,6 ди-*трет*-бутил крезол в различных концентрациях и прослеживали динамику роста культуры.

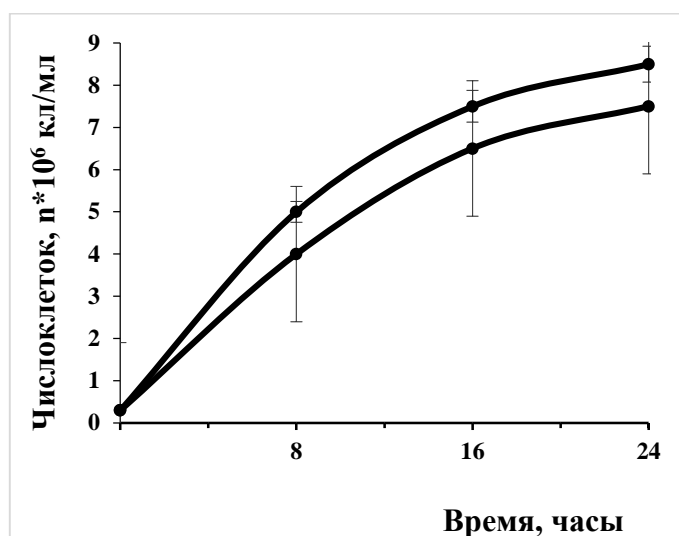
Температура 27°C, интенсивность света 16 Вт/м<sup>2</sup>

На рисунке 2 представлена зависимость роста клеток *Dunaliella salina* IPPAS D-294 в интенсивно-накопительном режиме культивирования от различных концентраций 2,6 ди-*трет*-бутил фенола в минеральной среде (3 М NaCl). Как видно из рисунка, присутствие ионола в среде выращивания при оптимальном (1) и низкотемпературном (2) режимах культивирования заметно влияет на рост культуры. Так, при концентрациях 25- 350 мкМ в минеральной среде 2,6 ди-*трет*-бутил крезола в оптимальном (1) режиме культивирования наблюдается стимуляция динамики роста культуры клеток на 2-7 % , по отношению к

контрольным суспензиям. Значит, 2,6 ди-  
трет-бутил крезол при этих

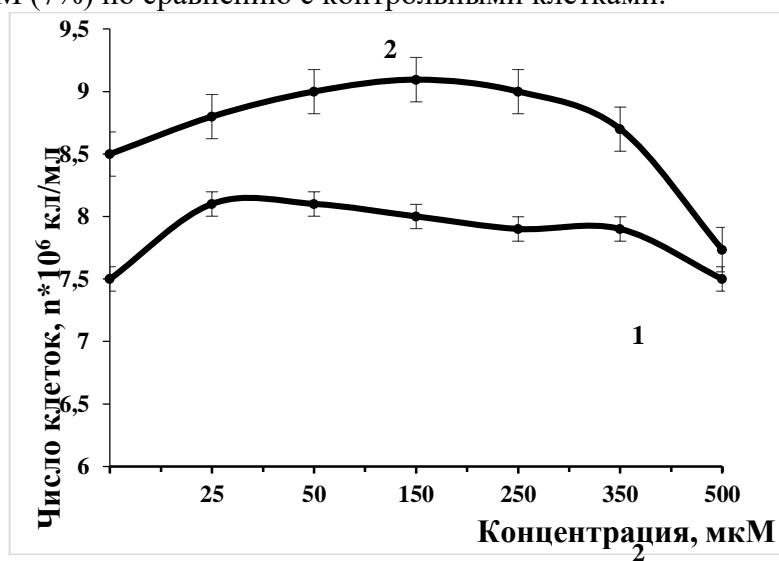
концентрациях  
обычных

составим с активностью  
фитогормонов [5].



**Рис.1.** Динамика роста популяции клеток *Dunaliella salina* IPPAS D-294 при оптимальном (1) и низкотемпературном (2) режимах культивирования.

При повышении содержания 2,6 ди-трет-бутил крезола в минеральной среде (500 мкМ) оно приобретает обратный знак, наблюдается подавление до (9%) роста культуры в течение 24 часового культивирования в интенсивно-накопительном режиме. Под влиянием этого синтетического антиоксиданта максимальная дифференцировка наблюдается при концентрации 150 мкМ (7%) по сравнению с контрольными клетками.



**Рис.2.** Зависимость динамики роста популяции контрольных клеток *Dunaliella salina* IPPAS D-294 от различных концентраций ионола в минеральной среде (3 М NaCl) при оптимальном (1) и низкотемпературном (2) режимах культивирования. Температура 27<sup>0</sup>С, интенсивность света 16 Вт/м<sup>2</sup>

Сравнительное изучение зависимости роста популяции клеток *Dunaliella salina* IPPAS D-294 от различных концентраций 2,6 ди-трет-бутил крезола в минеральной среде, в условиях низкотемпературного стресса показала, что его присутствие в среде выращивания

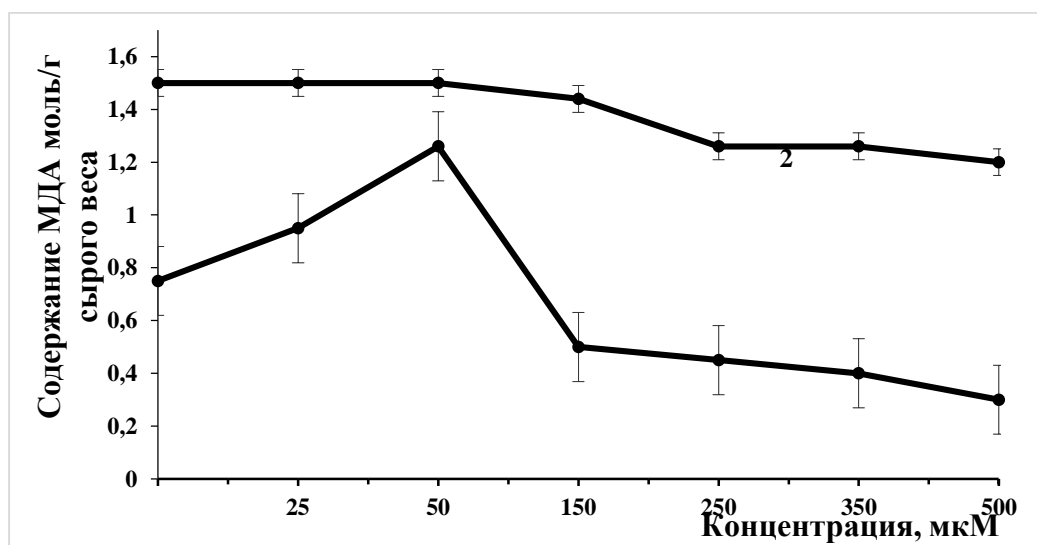
заметно влияет на рост культуры (рис. 2, кривая 2). Так, в диапазоне концентраций 25-350 мкМ в минеральной среде ионола наблюдается стимуляция роста культуры, которая превышает на 5-8 % контрольные суспензии клеток. Увеличение концентрации ионола до 500 мкМ в

минеральной среде ростостимулирующее действие не наблюдается и устанавливается на уровне (100 В данном эксперименте видно, что присутствие различных концентраций 2,6 ди-*трет*-бутил крезола в минеральной среде в диапазоне 25-350 мкМ не сказывается (подавление роста не наблюдается) на биопродуктивности водорослей. В данном случае увеличивается толерантность клеток к антиоксиданту по сравнению с клетками, выращенными при оптимальном режиме культивирования, вероятно, связанного с работой эндогенной антиоксидантной системы клеток и 2,6 ди-*трет*-бутил крезола.

Выраженная ростостимулирующая активность ионола при его концентрациях 25-350 мкМ в минеральной среде при оптимальном режиме культивирования и в диапазоне концентраций 25-500 мкМ при

низкотемпературном стрессе делает этот антиоксидант перспективным и эффективным средством доступной и надежной регуляции (активации) роста культуры клеток *Dunaliella salina* IPPAS D-294.

На рисунке 3, представлены зависимости содержания малонового диальдегида в клетках, выращенных при оптимальном (1) и низкотемпературном (2) режимах культивирования, от различных концентраций ионола в минеральной среде. Как видно из рисунка, различные концентрации синтетического антиоксиданта ионола влияют на содержание малонового диальдегида в клетках. Так, при оптимальном режиме культивирования (рис.3 кривая 1) в интервале концентрации ионола 25-50 мкМ, наблюдается повышение до 30-60% количества малонового диальдегида в клетках.



**Рис. 3.** Зависимость содержания МДА в клетках *Dunaliella salina* IPPAS D-294 от различных концентраций ионола в минеральной среде (3 М Na Cl) при оптимальном (1) и низкотемпературном (2) режимах культивирования. Температура 27<sup>0</sup>С, интенсивность света 16 Вт/м<sup>2</sup>

Дальнейшее увеличение концентраций ионола приводит снижению МДА и более эффективному подавлению процесса ПОЛ (35-60%) в клетках. Сравнительное изучение количественных показателей содержания малонового диальдегида в условиях низкотемпературного стресса и различных концентраций 2,6 ди-*трет*-бутил крезола показало, что несмотря на

увеличение в клетках активных формы кислорода (низкотемпературный стресс) последний активно подавляет процесс ПОЛ. В этих условиях концентрации 150-500 мкМ ионола подавляют содержания малонового диальдегида в клетках на 4-20%. Только концентрации 25 и 50 мкМ не влияют на уровень перекисного окисления липидов в



условиях низкотемпературного стресса (рис.3 кривая 2).

Таким образом, 24 часовая модификация клеток *Dunaliella* 2,6 ди-трет-бутил крезолом снижает количество активных

формы кислорода, что сказывается на снижении процесса перекисного окисления липидов и в конечном счете биопродуктивности водорослей

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаева Т.М., Магомедова М.А. // Экология растений, 2007 N4, стр.44-47.
2. Али-заде Г.И., Джалилов А.Р., Алиев И.И., Магеррамова Х.Х. Функциональная активность и УФ-В толерантность клеток *Dunaliella*, модифицированные синтетическими антиоксидантами в условиях низкотемпературного стресса. АМЕА-нын хәбәрләри, Biologiya elmləri seriyası, 2017, Cild 72, №2. сәh 106-113.
3. Рейнолдс М.П., Нагарян С., Раззак М.А., Аджиб О.А. // Применение физиологии и селекции пшеницы. Под редакцией Моргуна В.В.-киев, 2007 стр.254-278.
4. Трунова Т.И. растения и низкотемпературный стресс /64-е Тимитязевское чтение – М., наука; 2007- 54с
5. Шорнинг Б.Ю., Полещук С.В., Горбатенко И.Ю., Ванюшин Б.Ф. Известия АН, сер. Биол. 1999, N1, стр. 30-38.
6. Alizadeh G.I., Jalilova A.R., Maharramova Kh.Kh., Aliyev I.I. //The Stability of Functional Activity in *Dunaliella* cells against the acute doses of UV-B Irradiation, Modified by Synthetic Antioxidants. European Journal of Biotechnology and Bioscience, 2016 Vol- 4, issue- 10., page 34-38
7. Bolwell G.P., Blee K.A., Butt V.S. // Free Radical Res. 1999,31, p.137-145.
8. Cate L., Ba G.N., Tew K.D., Tapiero H. // Biomed. Pharmacother, 1999, v.53,p.169-180
9. Harman D. // Mutat Res. 1992, v 275 p.257-266.
10. Mates M. // Toxycology, 2000,v.153,p.83-104
11. Namiki M. // Crit. Rev. Food Sci. Nutrition 1990,v.29,p.273-300
12. Torres M.A., Jones D.G., Dange Y.J. // Plant Physiol., 2006,141,p. 373-378

#### LIPID PEROXIDATION IN DUNALIELLA SALINA IPPAS-294 CELLS MODIFIED BY BHT AT HIGH SALINITY IN OPTIMAL AND LOW-TEMPERATURE CULTIVATION CONDITIONS

A.R.Jalilova

In this work, have been presented results of bioproductivity study and quantity of formed MDA in *Dunaliella* cells at high salinity in optimal and low-temperature cultivation conditions. It became clear that, in conditions of low temperature stress, bioproductivity of cells decreases 25% in regard to optimal cultivating regime. The cell modification by 2,6 di-tret-butyl cresol (ionol) leads to growth stimulation of *Dunaliella* culture in optimal regime: (25-350mkM) 2-7% respectively, and in conditions of low temperature stress in range of concentrations (25-350mkM) 5-8%. It was established that, the concentrations 25-50 mkM 2,6 di-tret-butyl cresol in mineral medium cause 30-70% increase of MDA content in cells and then 35-60% decrease of its content at concentrations 15-300mkM in optimal regime. In low temperature regime concentrations 25-50mkM of BHT, MDA quantity remains in control, but at concentrations 15-300mkM decreases 4-20%.

**Key words:** *Dunaliella*, bioproductivity, salinity, ionol, low temperature stress, lipid peroxidation.

#### MİNERAL MÜHİTİN YÜKSƏK DUZLULUQ ŞƏRAİTİNDƏ OPTİMAL VƏ AŞAĞI TEMPERATUR STRESİ REJİMLƏRİNDƏ İONOL İLƏ MODİFİKASIYA OLUNMUŞ *DUNALIELLA SALINA İPPAS D-294* HÜCEYRƏLƏRİNDƏ LİPİDLƏRİN PEROKSİDLƏŞMƏSİ.

A.R.Cəlilova

İşdə, mineral mühitin yüksək duzluluğu şəraitində, optimal və aşağı temperatur stressi rejimlərində becərilmiş *D.salina* hüceyrələrinin bioməhsuldarlığı və katalaza aktivliyinin tədqiqi nəticələri

verilmişdir. Göstərilmişdir ki, mineral mühitin yüksək duzluluğu və aşağı temperatur stresi şəraitlərində becərilmiş hüceyrələrinin bioməhsuldarlığı optimal rejimlə müqayisədə 25% azalır. İonolun müxtəlif qatılıqları ilə modifikasiyası olunmuş Dunaliella hüceyrələrinin optimal becərilmə şəraitində çoxalmasında antioksidləşdiricinin (25 -350 mκM) diapazonunda 2 - 7% və aşağı temperatur stresi şəraitində isə (25 - 350 mκM) qatılıqlarda müvafiq olaraq 5-8% stimullaşma müşahidə olmuşdur.

Müəyyən edilmişdir ki, optimal rejimdə becərilmiş hüceyrələrdə mineral mühitdə ionolun (25-50 mκM) qatılıqları hüceyrədə MDA –nin miqdarının 30-70%, artmasına, 150-500 mκM diapazonda isə 35-60% azalmasına səbəb olur. Aşağı temperatur stresi rejimində ionolun 25-50 mκM qatılıqları hüceyrədə MDA –nin miqdarının kontrol səviyyəsində qalır, 150-500 mκM diapazonda isə müvafiq olaraq, 4-20% azalır.

**Açar sözlər:** Dunaliella, bioməhsuldarlıq, ionol, aşağı temperaturstresi, duzluluq, lipidlərin peroksidləşməsi.

УДК 622.276

## РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ИНГИБИТОРОВ ДЛЯ АСФАЛЬТЕНОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

А.М.Самедов, А.Д.Ага-заде, М.Э.Алсафарова, О.Д.Агазаде, Н.Н.Шыхмамедова  
НИПИНефтегаз SOCAR

*Разработаны ингибирующие составы для удаления АСПО. В разработанные составы входят блок сополимер этилен-и пропиленоксида на основе глицерина, ЛФП, изопропиловый спирт и ПЭГА. В разработанных композиционных ингибиторных составах блок сополимер этилен-и пропиленоксида составляет 20-30% мас., ЛФП 39-49% мас., изопропиловый спирт 11-21% мас., ПЭГА 10-20% мас.*

*Эффективность по удалению АСПО композиционных составов определено на образцах АСПО скважин «ПО Азнефть». Установлено, что уменьшение молекулярной массы блок сополимера этилен-и пропиленоксида и повышение его количества в составе от 20%-а до 25% достигается очень высокая эффективность (93,87-96,32%). Повышение количества блок сополимера с молекулярной массой 5000 и 6000, в составе до 25%-а приводит к несколько снижению эффективности разрушения АСПО (84,48-87,86%). В остальных случаях эффективность разрушения достигает до значений 78,42-81,82%.*

**Ключевые слова:** ингибитор, АСПО, эффективность разрушения, композиционный состав.

В нефтяной промышленности актуальным вопросом является борьба с отложениями асфальтеносмолопарафиновых веществ (АСПО). В настоящее время в условиях многообразия составов и свойств скважинной продукции не существует строго определенных технологий для полного удаления АСПО со стенок внутрискважинного оборудования. Процесс выпадения АСПО представляет собой сложное явление и отличается необратимостью процесса. В образовании отложений участвуют кристаллы парафина, образующиеся в потоке нефти и оседающие вместе с асфальтенами и смолами на стенках оборудования, и кристаллы, возникающие непосредственно на контактирующей с нефтью поверхности.

Наиболее распространенным методом удаления отложений являются промывки скважин, которые включают промывки горячей нефтью, горячей водой с поверхностно-активным веществом или углеводородными растворителями [1,2].

Наибольший технологический эффект от операций по удалению отложений наблюдается при комбинированном использовании тепловых и химических методов, однако такая операция может быть экономически нецелесообразна [3]. Для решения проблемы перед применением химических реагентов на скважине необходимо оценивать растворяющую и диспергирующую способность агента,

значение удельного насыщения парафином растворителя и скорость выноса отмытых частиц из скважины. Известны случаи, когда после промывки горячей нефтью через некоторый период времени происходит оседание частиц АСПО на насосном оборудовании, что приводило к выходу его из строя [4-6].

В основе действия механизма предотвращения отложений с помощью реагентов-ингибиторов лежат адсорбционные процессы, происходящие на границе фаз «жидкость-твердое тело» [7]. Соотношение растворителей в готовом реагенте должно быть пропорционально массовой доле компонентов асфальтеносмолопарафиновых веществ (АСПВ). Например, если АСПО парафинового типа с содержанием парафина 40%, то и в составе растворителя должно быть не менее 40% легких алкановых углеводородов, либо аналога [8]. Добавление в композицию неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ) положительно влияет на эффективность ингибирования, увеличивается степень удаления АСПО с оборудования на 5-30% [9]. Добавление в композицию полярных неэлектролитов увеличивает моющую способность. Эти вещества имеют высокий дипольный момент, что позволяет им проникать в кристаллы парафина и межпакетное расстояние асфальтенов. На молекулярном уровне они окружают частицу АСПВ и помогают ей выйти из

состава отложения [10,11]. В качестве полярного неэлектролита может быть использован алифатический спирт.

**Цель работы.** Целью настоящей работы является разработка эффективного ингибитора АСПО, позволяющего эффективного ингибирования названных отложений и исследование их свойств и тем расширить ассортимент имеющихся средств того назначения на основе доступного сырья.

**Практическая часть.** Разработаны ингибирующие составы для удаления АСПО. Технический результат данной работы выражается в безотходной технологии получения ингибитора для эффективного удаления АСПО. В разработанные составы входят в качестве НПАВ блок сополимер этилен-и

пропиленоксида на основе глицерина с молекулярной массой 3600±300, 5000±300, 6000±300, в качестве углеводородного растворителя легкая фракция платформинга (ЛФП), в качестве полярного неэлектролита изопропиловый спирт и дополнительно в качестве полиэтиленполиамиона пентаэтиленгексамин (ПЭГА).

Как известно, НПАВ блок сополимеры этилен-и пропиленоксида на основе глицерина (лапрол 3603-2-12, лапрол 5003-2В-10 и лапрол 6003-2В-18), изопропиловый спирт и ПЭГА производятся в крупном масштабе. ЛФП также получается в производстве и она была взята из установки нефтеперерабатывающего завода имени Г.Алиева. Основные показатели ЛФП приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Основные показатели ЛФП**

№	Показатели	
1	Плотность, при 20°С, кг/м <sup>3</sup>	810
2	Кинематическая вязкость, при 20°С, мм <sup>2</sup> /с	0,9654
3	Динамическая вязкость, при 20°С, мПа·с	0,7813
4	Температура застывания, °С	<-40
5	Химический состав, % мас:	
6	Парафины	13,18
7	Моноциклоалканы	11,41
8	Дициклоалканы	1,07
9	Алкилбензолы	72,08
10	Инданы, тетрамины	1,19
11	Нафталины	1,07

Из таблицы 1 видно, что в составе ЛФП в ароматические соединения содержатся в преимущественном количестве (72,08% мас.), затем по содержанию следуют парафины и моноциклоалканы.

Результаты приготовления композиционных ингибиторных составов для удаления АСПО приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты получения ингибиторных составов для удаления АСПО**

№	Блок сополимер этилен-и пропиленоксида на основе глицерина, % мас.			ЛФП, % мас.	Изопропиловый спирт, % мас.	ПЭГА, % мас.
	Лапрол 3603-2-12	Лапрол 5003-2В-10	Лапрол 6003-2В-18			
1	20	-	-	49	21	10
2	-	20	-	49	21	10
3	-	-	20	49	21	10
4	25	-	-	44	16	15
5	-	25	-	44	16	15
6	-	-	25	44	16	15

7	30	-	-	39	11	20
8	-	30	-	39	11	20
9	-	-	30	39	11	20
10	20	-	-	39	21	20
11	-	20	-	39	21	20
12	-	-	20	39	21	20
13	25	-	-	49	11	15
14	-	25	-	49	11	15
15	-	-	25	49	11	15
16	30	-	-	44	16	10
17	-	30	-	44	16	10
18	-	-	30	44	16	10

Из таблицы 2 видно, что в разработанных композиционных ингибиторных составах для удаления отложений с содержанием АСПО блок сополимер этилен-и пропиленоксида на основе глицерина, составляет 20-30% мас., ЛВП 39-49% мас., изопропиловый спирт 11-21% мас., ПЭГА 10-20% мас. Показатели разработанных композиционных составов следующие: плотность при 20°С 870-890 кг/м<sup>3</sup>; кинематическая вязкость при 20°С 7,5-9,5 мм<sup>2</sup>/с; динамическая вязкость 6,5-8,5 мПа·с; среда (рН) 7,0-7,5, при температуре минус 40°С не застывает.

Применение в композиционном составе соединения НПАВ типа блок сополимер этилен-и пропиленоксида на основе глицерина и углеводородного растворителя (ЛФП) приводит к разрушению и удалению АСПО. Установлено, что применение НПАВ типа блок сополимер этилен-и пропиленоксида снижает значения поверхностное натяжение между АСПО и углеводородный растворитель, а также предотвращает образование кристаллической структуры углеводородов, и тем способствует снижению температуру застывания нефти. Присутствие изопропилового спирта, а также растворителя ЛФП в композиции способствует углублению температуру застывания самой композиции. ПЭГА

вступает в роли агента, создающую основную среду, который также способствует разрушению отложений АСПО. При введении композицию в водонефтяную эмульсию присутствующий в ней ПЭГА взаимодействует с водой, находящаяся даже в мизерных количествах, и после этого атом азота в амине переходит в четвертичное состояние (-N<sup>+</sup>-OH) и основность среды повышается. В результате совместного действия указанных компонентов разрушение АСПО происходит эффективно, раздробленные мелкие осадки с нефтью образуют суспензию и вместе с ней удаляются. Сольватирующие компоненты, присутствующие в углеводородном растворителе, приводят к сольватации диспергированных частиц асфальтенов и парафинов, и таким образом препятствуют их слипанию.

Разработанные составы испытаны на эффективность удаления АСПО. Эффективность удаления АСПО определяли по методике, которая описана в [12]. Эффективность по удалению АСПО композиционных составов определено на образцах АСПО скважин «ПО Азнефть» [12]. Состав отложений, использованных в лабораторных испытаниях приведены в таблице 3.

Таблица 3

Состав отложений АСПО скважин «ПО Азнефть»

Условное Название АСПО	Место отбора	Состав АСПО, % мас.		
		Асфальтены	Парафины	Смолы
АСПО-1	НГДУ Абшероннефть	5,19	11,71	83,10
АСПО-2	Укрупненный	46,91	39,09	14,00

	нефтяной промысел			
АСПО-3	НГДУ им. Н.Нариманова	6,57	49,07	44,36

Как видно из таблицы 3 АСПО, отобранные из различных скважин месторождений, содержат асфальтены, парафины и смолы в своем составе в высоких количествах. В АСПО-1 содержание смол высокое, в АСПО-2 преобладают асфальтены и парафины, в АСПО-3 присутствует большое количество парафинов и смол.

Согласно методике определения эффективности удаления АСПО образец АСПО нагревают до температуры размягчения и тщательно перемешивают. Подготовленный образец АСПО набивают в цилиндрическую форму высотой 16 мм, охлаждают в течение 2 ч, затем выдавливают в заранее взвешенную корзиночку из латунной сетки с размером ячейки 1,5x1,5 мм. Размер корзиночки 70x15x15 мм. Корзиночку с образцом АСПО

вновь взвешивают. Корзиночку с навеской АСПО помещают в стеклянную герметичную ячейку объемом 100 мл, в которую налита навеска растворителя (60 мл). Время растворения 3 ч, температура растворения поддерживается при 20°C. По истечении 3 ч корзиночку с оставшимся в ней АСПО вынимают и высушивают при температуре не ниже 28°C и не менее 24 ч. Находят массу АСПО после эксперимента. Эффективность удаления АСПО рассчитывают по формуле, мас.%

$$\Xi = [(G_1 - G_2) / G_1] \cdot 100,$$

где  $G_1$  – масса исходного АСПО до эксперимента, г,  $G_2$  – масса остатка АСПО после эксперимента, г.

Результаты испытаний разработанных составов по удалению АСПО приведены в таблице 4.

**Таблица 4**

**Результаты испытаний эффективности разработанных составов**

Порядковый №состава	Эффективность разрушения АСПО, %		
	АСПО-1	АСПО-2	АСПО-3
1	81,27	80,87	81,82
2	95,54	93,86	95,38
3	94,85	93,87	94,65
4	96,32	94,68	96,21
5	87,74	85,68	87,36
6	86,67	84,48	86,23
7	81,47	79,69	81,54
8	80,57	78,78	80,64
9	81,45	79,94	81,53
10	82,35	80,48	82,56
11	95,95	94,53	95,88
12	95,12	94,74	95,84
13	96,18	94,83	95,92
14	87,86	85,47	87,68
15	86,87	84,96	86,53
16	80,68	78,59	80,69
17	80,68	78,42	80,26
18	81,03	78,93	81,48

Как видно из результатов испытаний (таблица 4), предлагаемые композиционные составы демонстрируют высокую эффективность разрушения и удаления

образцов АСПО-1, АСПО-2 и АСПО-3. Очень высокую эффективность проявляют составы под номером 2, 3, 4, 11, 12 и 13.

Эффективность разрушения АСПО в этих случаях составляет 93,87-96,32%.

Из таблицы 2 становится ясным, что в данных составах количество НПАВ 20-25%. Причем, с повышением молекулярной массы НПАВ уменьшением его количество в составе от 25%-а до 20% достигается высокая эффективность. Повышение количества НПАВ, с молекулярной массой 5000 и 6000, в составе до 25%-а приводит к несколько снижению эффективности разрушения АСПО. В этих случаях, как видно из таблицы 4 (составы 5, 6, 14, 15), эффективность разрушения АСПО составляет 84,48-87,86%. В остальных случаях эффективность разрушения достигает до значений 78,42-81,82%.

Таким образом, разработаны ингибирующие составы для удаления АСПО. В разработанные составы входят блок сополимер этилен-и пропиленоксида на основе глицерина, ЛФП, изопропиловый

спирт и ПЭГА. В разработанных композиционных ингибиторных составах блок сополимер этилен-и пропиленоксида составляет 20-30% мас., ЛФП 39-49% мас., изопропиловый спирт 11-21% мас., ПЭГА 10-20% мас.

Эффективность по удалению АСПО композиционных составов определено на образцах АСПО скважин «ПО Азнефть». Установлено, что уменьшение молекулярной массы блок сополимера этилен-и пропиленоксида и повышение его количества в составе от 20%-а до 25% достигается очень высокая эффективность (93,87-96,32%). Повышение количества блок сополимера с молекулярной массой 5000 и 6000, в составе до 25%-а приводит к несколько снижению эффективности разрушения АСПО (84,48-87,86%). В остальных случаях эффективность разрушения достигает до значений 78,42-81,82%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вяткин К.А., Лекомцев А.В. Оценка эффективности способов утилизации нефтесодержащих отходов//Экология урбанизированных территорий. 2014. №1. С.25-29.
2. Vale M.G.R., Silva V.M., Damin I.C.F., Filho P.J.S., Welz B. Determination of volatile and non-volatile nickel and vanadium compounds in crude oil using electrothermal atomic absorption spectrometry after oil fractionation into saturates, aromatics, resins and asphaltenes//Talanta. 2008. V.74. Iss.5. P.1385-1391.
3. Сюзев А.В., Лекомцев А.В., Мартюшев Д.А. Комплексная методика подбора реагентов для удаления асфальтеносмолопарафиновых отложений в механизированных скважинах//Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 1. С.15–24.
4. Вяткин К.А., Мартюшев Д.А., Лекомцев А.В. Технология очистки НКТ от асфальтеносмолопарафиновых отложений с последующей их утилизацией//Нефтяное хозяйство. 2015. №3. С.36-38.
5. Garcia-Olivera G., Reilly N.M., Lehmann T.E., Alvarado V. Effects of asphaltenes and organic acids on crude oil-brine interfacial visco-elasticity and oil recovery in low-salinity waterflooding//Fuel. 2016. V.185. P.151-163.
6. Sjöblom J., Simon S., Xu Z. Model molecules mimicking asphaltenes//Advances in Colloid and Interface Science. 2015. V.218. P.1-16.
7. Каменщиков Ф.А. Удаление асфальтеносмолопарафиновых отложений растворителями. М. Ижевск, 2008. 384с.
8. Тронов В.П. Механизм образования смоло-парафиновых отложений и борьба с ними. М.: Недра, 1970. 192с.
9. Глушенко В., Силин М.А., Герин Ю.Г. Предупреждение и устранение асфальтеносмолопарафиновых отложений. М.: Интерконтакт Наука, 2009. 475с.
10. Pevneva G.S., Fursenko E.A., Voronetskaya N.G., Mozhayskaya M.V., Golovko A.K., Nesterov I.I., Kashirtsev V.A., Shevchenko N.P. Hydrocarbon composition and structural parameters of resins and asphaltenes of naphthenic oils of northern//West Siberia Russian Geology and Geophysics. 2017. V.58. Iss.3-4. P.425-433.

11. Huaquan Shi, Tao Xu, Pei Zhou, Ruiling Jiang. Combustion properties of saturates, aromatics, resins and asphaltenes in asphalt binder//Construction and Building Materials. 2017. V.136. P.515-523.

12. Евразийское патентное ведомство 030731. С09К 8/524, E21В 37/06. Состав для удаления асфальтено-смолопарафиновых отложений/ Исмаилов Ф.С., Самедов А.М., Ага-заде А.Д., Метиев К.И., Келдибаева С.С., Акперова А.Ф. 2018.09.28

### ASFALTEN-QATRAN-PARAFİN ÇÖKÜNTÜLERİ ÜÇÜN EFFEKTİV İNHİBİTORLARIN İŞLƏNMƏSİ VƏ ONUN XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

A.M.Səmədov, Ə.D.Ağa-zadə, M.E.Əlsəfərova, O.D.Ağazadə, N.N Şıxməmmədova.  
SOCAR Neftqazəmitədqiqatlayihə institutu

AQPÇ-ni kənar etmək üçün inhibitorlaşdırıcı tərkiblər işlənmişdir. İşlənmiş tərkiblərə etilen- və propilenoksidin qliserin əsasında blok birgə polimeri, platforminqin yüngül fraksiyası (PYF), izopropil spirti və pentaetilenheksamın (PEHA) daxildir. İşlənmiş kompozisiya inhibitor tərkiblərində etilen- və propilenoksidin blok birgə polimeri 20-30% kütlə ilə, PYF 39-49% kütlə ilə, izopropil spirti 11-21% kütlə ilə, PEHA 10-20% kütlə ilə təşkil edir.

Kompozisiya tərkiblərinin AQPÇ-ni kənar etmə effektivliyi "Azneft İB" quyularının AQPÇ nümunələrində təyin edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, etilen- və propilenoksidin blok birgə polimerinin molekul kütləsinin azalması və onun miqdarının tərkibdə 20%-dən 25%-ə qədər artırılması ilə çox yüksək effektivliyə nail olunur(93,87-96,32%). Molekul kütləsi 5000 və 6000 olan blok birgə polimerin tərkibdəki miqdarının 25-ə qədər artırılması AQPÇ-nin parçalanma effektivliyinin az da olsa azalmasına gətirib çıxarır (84,48-87,86%). Qalan hallarda parçalanma effektivliyinin qiyməti 78,42-81,82%-ə çatır.

**Açar sözlər:** inhibitor, AQPÇ, parçalanma effektivliyi, kompozisiya tərkibi.

### DEVELOPMENT OF EFFECTIVE INHIBITORS FOR ASPHALTENE-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS AND STUDY OF THEIR PROPERTIES

A.M.Samedov, A.D.Agazade, M.E.Alsafarova, O.D.Agazade, N. N.Shykhmamedova  
NIPINEftegazSOCAR

Inhibitory formulations have been developed for the removal of paraffin deposits (asphaltene-resin-paraffin deposits). The developed formulations include glycerin-based ethylene-propylene oxide copolymer block, LFP (light fraction of platforming), isopropyl alcohol and PEGA (pentaethylene hexamine). In the developed composite inhibitor compositions, the block copolymer of ethylene and propylene oxide is 20-30% wt., LFP 39-49% wt., Isopropyl alcohol 11-21% wt., PEGA (pentaethylene hexamine) 10-20% wt.

Efficiency in removing of composite compositions of asphaltene-resin-paraffin deposits was determined on samples of asphaltene-resin-paraffin deposits at the "Azneft PO" wells. It was found that a decrease in the molecular weight of the block copolymer of ethylene-propylene oxide and an increase in its amount in the composition from 20% to 25% achieve a very high efficiency (93.87-96.32%). The increase in the number of block copolymer with a molecular weight of 5000 and 6000, in the composition to 25% -a leads to a slight decrease in the effectiveness of the destruction of asphaltene-resin-paraffin deposits (84.48-87.86%). In other cases, the destruction efficiency reaches up to 78.42-81.82%.

**Key words:** inhibitor, asphaltene-resin-paraffin deposits, fracture efficiency, composition.



УДК 665.63-404.665.637.64

## РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ СХЕМ ПРОИЗВОДСТВА МОТОРНЫХ ТОПЛИВ.

Эльдарова С.Г.

*Институт нефтехимических процессов НАНА Азербайджана.**e-mail:askerzade.saadet@gmail.com***Ключевые слова:** *автомобильные бензины, дизельные и реактивные топлива, гидрокрекинг, биформинг, гидроочистка, легкий гидрокрекинг.*

По мере глобализации торгово-экономических связей, наша страна все больше вовлекается в интеграционные процессы, протекающие в мире, в т.ч. и в области нефтепереработки [1]. С расширением автомобильного парка и совершенствованием двигателей остро стоит вопрос взаимозаменяемости топлив. В этих условиях актуальным становится вопрос комплексного подхода к совместному производству топлив: автомобильных, реактивных и дизельных. Для достижения поставленной цели разработаны комплексные схемы переработки азербайджанских нефтей обеспечивающих выработку высококачественных топлив в условиях экологически безопасных и экономически рентабельных технологий. Эти схемы могут быть использованы при модификации действующих и строительстве новых производств.

Интенсификация промышленности и транспорта, открытие новых транспортных маршрутов и развитие туризма способствует ежегодному увеличению автомобильного парка страны на 8-10% и росту потребности в моторных топливах. Так, потребление автобензинов в Азербайджане за последние 10 лет выросло на 35-40%, дизельных топлив – на 24-25% [2,3]. С расширением автомобильного парка и совершенствованием двигателей остро стоит вопрос взаимозаменяемости топлив. В этих условиях актуальным становится вопрос комплексного подхода к совместному производству топлив: автомобильных, реактивных и дизельных. Проблема усугубляется тем, что требования к качеству топлив, диктуемых экологическими нормами, все более ужесточаются. Для удовлетворения растущих потребностей в качественных топливах ввод в схему НПЗ новых и, в основном, энерго- и капиталоемких

процессов сопровождается увеличением себестоимости продуктов. В этой ситуации производство качественных топлив может стать невыгодным для предприятия. Проблема усугубляется тем, что наша страна не имеет выхода морем на международные рынки, что увеличивает транспортные расходы. Поэтому технические и экономические проблемы производства должны быть рассмотрены комплексно [4,5,6,7].

Учитывая перспективы развития промышленности и транспорта, перспективные требования к качеству топлив и достижения мировой технологии по производству экологически безопасных топлив, разработаны различные варианты (8) переработки нефти по топливной схеме. При этом предусмотрена переработка смеси азербайджанских нефтей в объеме 8,0 млн. т/год.

В схемы включены процессы способствующие увеличению глубины переработки (ЭЛОУ АВТ, каталитический крекинг, УЗК, Гидрокрекинг) и улучшению качества нефтепродуктов (изомеризация, алкилрование, риформинг, гидроочистка, МТБЭ). Полученные после перегонки фракции распределяются следующим образом: Фр. 90-180<sup>0</sup>С прямогонного бензина во всех вариантах подается на вторичную перегонку. Затем фракция НК-90<sup>0</sup>С подается на изомеризацию с выработкой компонента автобензина с ОЧ 90 п. (М.М.) в ч.в. (варианты 2,3,6-8). В варианте 4 вместо классического варианта риформинга предусмотрена совместная переработка БПГ с газами С<sub>3</sub>-С<sub>4</sub> в процессе биформинга [8,9], который обеспечивает производство АБ с низким (0,8%) содержанием бензола. В варианте 5 вместо риформинга предусмотрен процесс метаформинга [10], который обеспечивает получение кислородсодержащих соединений по всему гомологическому

ряду. Для производства реактивных топлив, предусмотрено строительство установки гидроочистки РТ (2-8 варианты), а для

производства дизельных топлив средние дистилляты.

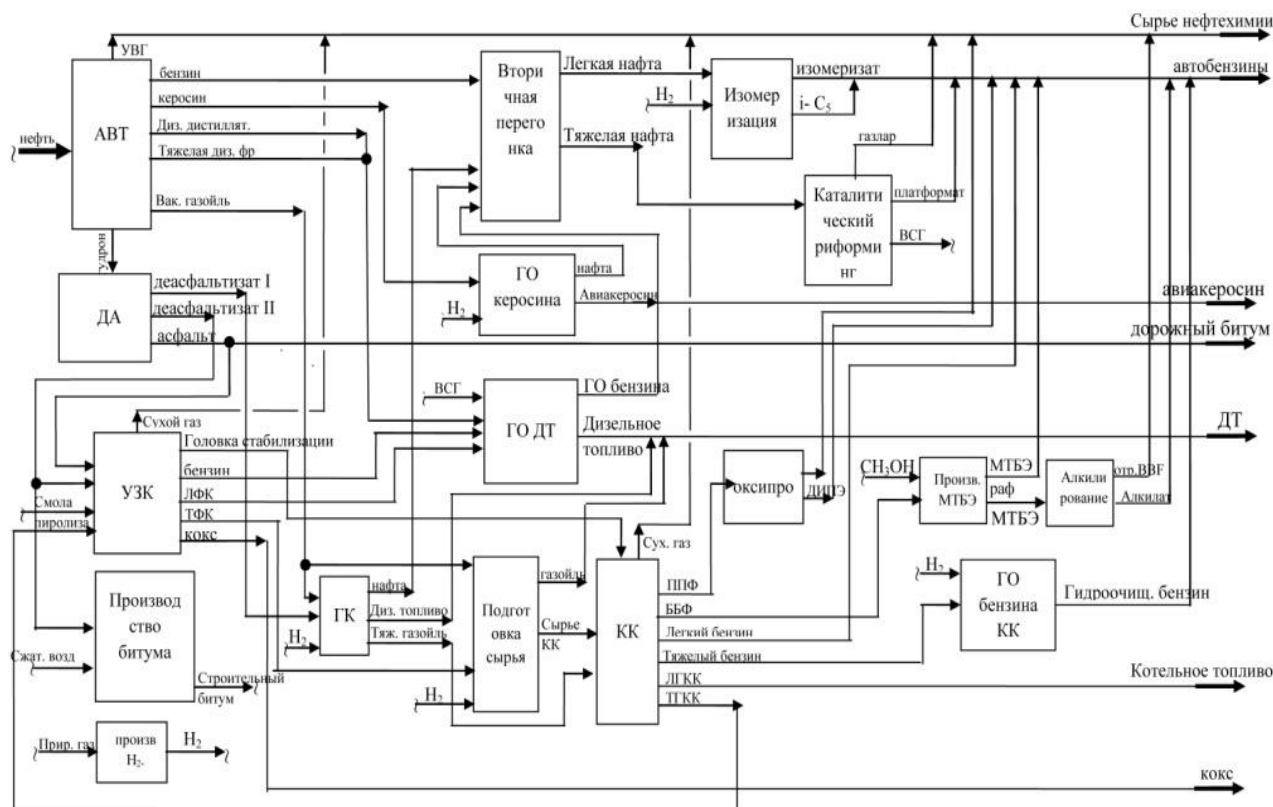


Рис 2. Схема комплексной переработки нефти (дизельный вариант)

Предложенные схемы (рис. 1 и 2) обеспечивают выработку топлив, отвечающих мировым стандартам. Из них 1 вариант – это исходный вариант, варианты 2-5 – бензиновые варианты, 6-8 – дизельные варианты. При анализе схем переработки выявлена возможность получения 2,2÷2,9 млн. т/год высокооктановых бензинов (ар. угл. < 25%, в т.ч. бензола 0,5-0,8%, сера – до 10ppm). При этом в вариантах 2-5, за счет переработки газов и увеличения загрузки ККФ выработка АВ увеличивается на ~ 700-900 тыс. т/год.

В варианте 4 наблюдается увеличение выработки АВ до 2,86 млн. т/год за счет вовлечения газов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> в процессе биформинга. Снижение бензола характерно и для варианта 3, в котором фракция НК-90<sup>0</sup>С риформата подвергается изомеризации (табл.1).

Технико-экономическая оценка, проведенная по методике принятой для

предприятия НПП и НХП для выявления оптимального варианта, определила преимущества 4-го варианта, обеспечивающего 1,54 млрд. ман прибыли со сроком окупаемости 4 года.

Производство реактивных топлив постоянно (674 тыс.т/г). В дизельных вариантах переработки (6-8), выработка целевого продукта составляет 3,4÷3,9 млн.т/год. Благодаря гидрогенизационным процессам, задействованным в схеме, получено ДТ класса Евро-4, Евро-5. Низкое содержание серы (<10ppm) обеспечивается при переработке прямгонных дизельных фракций (по 2-х ступенчатой схеме) в блоке подготовки сырья каталитического крекинга (вар.4). При вовлечении 30% вторичных продуктов (ЛГКК:ЛФК=1:1) содержание серы увеличивается до 20-30 ppm. Для увеличения ресурсов ДТ и РТ в дизельные варианты вводится установка гидрокрекинга (ГК) (рис. 2)(вар. 6-8).

Материальный баланс по вариантам переработки (т/год)

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8
Взято:								
Смесь азерб. нефтей	8 000 000	8 000 000	8 000 000	8 000 000	8 000 000	8 000 000	8 000 000	8 000 000
Получено:								
- Автобензины, в т. ч.: АИ-98	2 005 196	2 831 049	2 794 168	2 862 285	2 906 728	2 234 462	1 932 870	1 469 832
АИ-95	2 005	1 531	1 200 000	1 662	700 000	1708	932 870	55000
АИ-93	196	049	0	285	0	212		0
					1 706 728			419 832
- Авиакеросин	710 718	674 000	674 000	674 000	674 000	674 000	674 000	674 000
- Дизельное топливо, в т.ч. гидроочищенное	2 598 430	2 526 205	2 583 348	2 561 893	2 526 851	3 441 961 2	3 946 452	3 943 767
	2 598 430	2 206 245	2 265 492	2 244 037	2 213 155	228 017	2 225 414	2 207 703
- Электродный кокс	300 300	178 304	177 835	177 835	176 908	144 748	142 962	130 809
- Сырье на химию	410 317	312 456	413 105	258 508	291 723	176 999	154 990	45 396
- Котельное топливо	1 302 178	458 787	455 770	455 770	449 805	242 829	142 199	-
- Битум в т.ч. дорожный строительный	500 000 450 000 50 000	500 000 450 000 50 000	500 000 450 000 50 000	500 000 450 000 50 000	500 000 450 000 50 000	500 000 450 000 50 000	500 000 450 000 50 000	500 000 450 000 50 000
- Сухие угл. газы	192 330	121 137	133 122	146 172	170 627	316 762	333 321	363 190
- Потери	284 653	337 218	328 764	361 777	449 494	425 323	395 622	520 333

В 6-ом варианте блок гидроочистки ККФ работает в режиме гидроочистки, а в 7-ом варианте – в режиме легкого гидрокрекинга.

Т.о. прибыль максимальна для варианта с большей выработкой диз. топлива (вар. 7) – 153 млн.AZN. В варианте 8, резко снижается выработка АБ, поэтому более приемлемыми считаются варианты 6-7.

**ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аскер-заде С.М., Урбан О.Б., М.Н.Джавадова, Эльдарова С.Г., Худиева И.А., Алхаслы Э.А., Мамедов Н.А. Интесификация интеграционных процессов в нефтепереработке и нефтехимии // Нефтехимия и процессы нефтепереработки, 2014, №4, с. 436-444
2. Azərbaycan enerjetikası (Statistik məcmuə), Bakı, Az. Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi, 9№-li kiçik müəssisə, 2016, 152 səh.

3. Azərbaycan sənayesi (Statistik məcmuə), Bakı, Az. Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi, 9№-li kiçik müəssisə, 2016, 344 səh.
4. Рустамов М.И., Аскер-заде С.М., Урбан О.Б., Джавадова М.Н., Эльдарова С.Г., Исмаилова Г.Т. Интеграция нефтеперерабатывающих предприятий // Химическая техника, 2011, №7, с.16-19
5. Рустамов М.И., Аскер-заде С.М., Урбан О.Б., Джавадова М.Н., Эльдарова С.Г., Худиева И.А., Исмаилова Г.Т. Проблемы совершенствования структуры НПЗ / IV Российская конференция «Актуальные проблемы нефтехимии», 2012 г.
6. Аскер-заде С.М., Хыдыров Б.С., Урбан О.Б., Джавадова М.Н., Эльдарова С.Г. Энергообеспечение НПЗ Азербайджана // Химия и технология топлив и масел, 2009, №5, с.16-19
7. Ясəр-задя С.М., Урбан О.Б., Cavadova M.N., Eldarova S.H., Худийева И.Я. Азярбайжанда мцтярягги тялябляря мцвафиг йанажаг истещсалы / Академик Т.Н.Шахтахтинскинин 85 иллик йубилейиня щяср олунмуш Республика елми конфрансы, 2011
8. Белый А.С., Смоликов М.Д., Кирьянов Д.И. и др. Совершенствование катализаторов риформинга и технологии процесса. Новые разработки Института катализа // Катализ в промышленности, 2003, №6, с.3-12
9. Белый А.С. Каталитический риформинг. Современное состояние в отечественной и зарубежной нефтепереработке // Катализ в промышленности, 2005, №2, с.11-19
10. Stepen Sims / NGTS North America Inc. / Саммит по нефтепереработки стран СНГ Баку 2015. 4-х стадийный процесс метаформинга с неподвижным слоем катализатора, не содержащего драгметаллов.

## DEVELOPMENT OF INTEGRATED SCHEMES FOR THE PRODUCTION OF MOTOR FUELS.

S.H.Eldarova

*Institute of Petrochemical Processes of ANAS Azerbaijan.*

With the globalization of trade and economic relations, our country is increasingly involved in the integration processes in the world, including and in the field of oil refining [1]. With the expansion of the vehicle fleet and the improvement of engines, there is an acute issue of fuel interchangeability. Under these conditions, the issue of an integrated approach to the joint production of fuels: automotive, jet and diesel becomes relevant. To achieve this goal, complex schemes have been developed for the processing of Azerbaijani oils that ensure the production of high-quality fuels under environmentally safe and economically viable technologies. These schemes can be used in the modification of existing and construction of new industries.

**Key words:** gasoline, diesel and jet fuel, hydrocracking, bioforming, hydrocleaning, light hydrocracking.

## MOTOR YANACAQLARININ İSTEHSALI ÜÇÜN VAHİD SXEMLƏRİN HAZIRLANMASI.

S.H.Eldarova

*AMEA Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu.*

Ticarət və iqtisadi əlaqələrin qloballaşması ilə ölkəmiz getdikcə daha çox dünya inteqrasiya proseslərinə cəlb edilir, o cümlədən də neft emalı sahəsi. Avtomobil parkının genişlənməsi və mühərriklərin təkilləşdirilməsi yanacaqların bir-biri ilə əvəz olunması problemini daha da kəskinləşdirir. Belə şəraitdə avtomobil benzinləri, dizel və reaktiv yanacaqlarının birgə istehsalının kompleks tədqiqi məsələsi problemə çevrilir. Məqsədə nail olmaq üçün ekoloji təhlükəsiz və iqtisadi səmərəli texnologiyalar şəraitində yüksək keyfiyyətli yanacaqların istehsalını təmin edən Azərbaycan neftlərinin kompleks emalı sxemləri işlənib hazırlanmışdır. Bu sxemlər mövcud olan müəssisələrin modifikasiyasında və yeni müəssisələrin qurulmasında istifadə oluna bilər.

**Açar sözlər:** avtomobil benzinləri, dizel və reaktiv yanacaqlar, hidrokrekinq, biforminq, hidrotəmizləmə, yüngül hidrokrekinq.

UOT 665.73

MAYELƏŞDİRİLMİŞ (C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>) QAZLARIN YANACAQ İSTİQAMƏTİNDƏ EMALININ KOMPLEKS TƏDQIQI

İ.Ə.Xudiyeva

Azərbaycan MEA Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu

e-mail: [ilhama.xudiyeva@gmail.com](mailto:ilhama.xudiyeva@gmail.com)

**Açar sözlər:** mayeləşdirilmiş qazlar, katalizatorlar, alkülləşmə, oliqomerləşmə, oksigenatların istehsalı, texniki-iqtisadi qiymətləndirmə

Ölkəmizdə neftin emal həcmi sabit (~ 6-7 mln.t/il) qaldığı halda avtomobil parkının genişlənməsi ilə yanacaqlara, xüsusən də benzinlərə tələbat daima artır. Belə bir şəraitdə, ağır neft qalıqlarının istifadəsi ilə birgə neftəməli zavodlarının karbohidrogen qazlarının təkrar emalı neftin emal dərinliyinin artırılması və səmərəli emalının ən düzgün və real yoludur. Digər tərəfdən ekoloji problemlərin kəskinləşməsi şəraitində mühərrik yanacaqlarının keyfiyyətini yüksəltmək məqsədi ilə tərkibinin optimallaşması, benzinlərin oktan ədədinin artırılması və müxtəlif əlavələrin: oksigenatların, yuyucu aşqarların, çoxfunksiyalı kompozisiyaların əlavə edilməsi ilə məhsulun ekoloji xassələrinin yaxşılaşdırılmasına və tüstü qazlarında zərərli maddələrin miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə azaldılmasına zəmin yaradır. Odur ki, ekoloji təhlükəsiz avtomobil benzinlərinin istehsal perspektivləri karbohidrogen qazları əsasında innovativ texnologiyalarının yaradılması və tətbiqi istiqamətində inkişaf etdirilir.

Yanacaq istiqamətində fəaliyyət göstərən BNEZ-in mövcud texniki bazasında neftin emal dərinliyini (katalitik krekinq, ƏLİOY-ABT, tədricən koklaşma və bitum qurğusu) və keyfiyyətini (katalitik riforminq, katalitik krekinq, Γ-43-107 qurğusunun hidrotəmizləmə bloku) təmin edən proseslər daxili bazarın yanacaqlara olan tələbatını ödəyir. Lakin xarici bazarların tələbatını (həm ekoloji, həm də iqtisadi) ödəmək məqsədi ilə mövcud texniki bazanın modernləşdirilməsi zərurəti yaranır [1,2].

Uzun illər NKPI-də bu istiqamətdə aparılan işlərin davamı olaraq mayeləşdirilmiş qazların emalını nəzərdə tutan proseslərin tətbiqi ilə Azərbaycan neftlərinin (7,5 mln. ton/il) yanacaq istiqamətində müxtəlif emal sxemləri işlənilib hazırlanmış və səmərəli variantın seçilməsi məqsədi ilə texniki-iqtisadi qiymətləndirilmişdir. Yaradılmış sxemlərdə mövcud texniki bazadakı qurğularla yanaşı yanacaqların keyfiyyətini təmin edən yeni qurğuların (izomerləşmə, alkülləşmə, hidrotəmizləmə, MÜBE və DİPE istehsalı və s.) tikintisi nəzərdə tutulmuşdur. Proseslərin seçiminə dünya neft emalı sənayesinin qabaqcıl firmalarının (UOP, Technip, Topsøe və s.) prosesləri ilə birgə institutumuzda yaradılmış proseslər də təhlil edilib

[3,4]. Kompleksin tərkibində həmin proseslərin səmərəliliyi texniki-iqtisadi göstəricilərin təhlili əsasında müəyyən edilmişdir.

Neft emalı və neft-kimya müəssisələrində qəbul olunmuş metodikaya müvafiq işlənilib hazırlanmış sxemlərin (cəmi 6) I variantına müvafiq Azərbaycan neftləri qarışığı (ildə 7,5 mln.ton) ƏLİOY-ABT qurğusunda fraksiyalara ayrılır. H.Əliyev adına NEZ-in hazırkı sxemini əks etdirən I varianta müvafiq ABT qurğusunda alınan mayeləşdirilmiş C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> qazları neft-kimya sahəsinə yönəldilir.

Benzin fraksiyası ABT qurğusunun müvafiq blokunda yüngül (q.b - 90°C) və ağır (90°C - q.s) fraksiyalarına bölünür.

346,7 min t həcmdə istehsal olunan yüngül benzin fraksiyası əmtəə benzin fonduna, ağır benzin fraksiyası isə (786,2 min t) katalitik riforminq qurğusuna yönəldilir. Kerosin fraksiyası (1036,5 min t/il) "Merikem" qurğusunda emal olunur və əmtəə parkına yönəldilir.

İlkin emal qurğusunda istehsal olunan dizel distillatı koklaşma benzini və koklaşmanın yüngül fleqması ilə birgə katalitik krekinq qurğusunun hidrotəmizləmə blokunda hidrotəmizləmə prosesinə məruz qalır.

Vakuum qazoylu (1,932 mln.t) koklaşmanın ağır fleqması ilə birgə Γ-43-107 tipli katalitik krekinq qurğusuna xammal kimi yönəldilir.

ABT qurğusunda istehsal olunan qudrunun bir hissəsi (400,0 min t/il) bitum istehsalına, qalan hissəsi (830 min t/il) isə katalitik krekinqin ağır qazoylu (137,2 min t/il) ilə birgə tədricən koklaşma qurğusuna yönəldilir.

Katalitik riforminq qurğusunda istehsal olunan riformat (699,4 min t/il) əmtəə benzinləri istehsalına, mayeləşdirilmiş qaz (18,4 min t/il) isə neft-kimya sahəsinə xammal kimi yönəldilir.

Riforminq qurğusunda yan məhsul kimi alınan hidrogenərkibli qaz (ildə 41,1 min t) əsasən hidrotəmizləmə qurğusuna, qalan hissəsi isə yanacaq kimi istifadə olunur.

Katalitik krekinq və tədricən koklaşma qurğularında istehsal olunan mayeləşdirilmiş qazlar katalitik krekinq qurğusunun qazfraksiyalaşdırıcı blokuna yönəldilir və nəticədə 470,9 min ton

propan-propilen və 377,5 min ton butan-butilen fraksiyası alınır.

Hal-hazırda mayeləşdirilmiş qazların emalı H.Əliyev adına NEZ-da nəzərdə tutulmayıb və onlar tam həcmdə neft-kimya sahəsinə yönəldilir. Cə.d.1-də təqdim olunan emal sxemlərinin maddi balansı verilib.

7,5 mln. t neftin emalı əsasında 26,2 % avtomobil benzini, 13,8 % aviakerosin, 28,5 % dizel yanacağı və 12,4 % neft kimyası üçün xammal istehsalına zəmin yaradır (cə.d.1). Neft-kimya sənayesinə yönəldilən xammalın (14,4%) tərkibində (cə.d.2) 43,6% PP fraksiyası və 35,0% BB fraksiyası var.

Cədvəl 1

Variantlar üzrə maddi balans

Variantlar	I	II	III	IV	V	VI
<b>Götürülüb:</b>	%	%	%	%	%	%
Azərbaycan neftlərinin qarışığı	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
metanol	-	-	0,57	0,53	0,55	-
sıxılmış hava	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
kimyəvi təmizlənmiş su			0,62	0,57	-	-
təbii qaz				0,80	-	-
Cəmi:	100,48	100,48	101,67	102,38	101,03	100,48
<b>Alınıb:</b>						
1. Avtobenzinlər, cəmi	26,20	30,53	35,94	31,68	30,98	34,63
2. Reaktiv yanacağı	13,81	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70
3. Dizel yanacağı	28,51	28,51	28,51	31,55	28,51	31,05
4. Bitum	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33
5. Koks	2,91	2,91	2,91	2,86	2,91	2,91
6. Neft kimyası üçün xammal	14,39	9,96	5,63	8,07	9,32	3,30
7. Soba mazutu	4,65	4,66	4,66	4,17	4,66	4,66
8. Yanacaq qazı	0,92	1,07	1,07	1,37	1,65	1,10
9. Yandırılan koks	2,34	2,34	2,34	1,48	2,34	2,34
İtki:	1,42	1,47	1,58	2,17	1,63	1,46
Cəmi:	100,48	100,48	101,67	102,38	101,03	100,48
Emal dərinliyi:	93,0	92,8	92,7	92,5	92,1	92,8

Cədvəl 2

Neft-kimya xammalı (t/il)

Adı	Variantlar					
	I	II	III	IV	V	VI
Cəmi, o cüm.:	1 078	747 296	421 879	605 071	699 083	247 502
mayeləşmiş qaz (ABT)	994	63 750	63 750	63 750	63 750	63 750
mayeləşmiş qaz (KR)	63 750	18 558	18 558	18 970	-	18 558
PPF	18 398	470 866	-	-	451 939	-
işlənmiş PPF	470 866	-	154 713	142 824	-	-
BBF	-	-	-	-	-	-
işlənmiş BBF	377 541	45 683	36 419	277 853	34 955	-
quru qaz (KK)	-	138 767	138 767	92 145	138 767	138 767
quru qaz (TKQ)	138 767	9 672	9 672	9 529	9 672	9 762
mayeləşmiş qaz (oliqomerləşmə)	9 672	-	-	-	-	16 755
	-	-	-	-	-	-

Alınan məhsulların keyfiyyətini yüksəltmək məqsədi ilə II variant üzrə yeni qurğuların (izomerləşmə, dizel və kerosin yanacağılarının hidrotəmizlənməsi, alkülləşmə, hidrogen istehsalı və s.) tətbiqi nəzərdə tutulur. İstehsal edilən məhsulların ümumi miqdarı I varianta nisbətən dəyişməsə də, avtomobil benzininin payı 27,9%-

dən 32,6%-ə kimi artır və benzinin tərkibinə yüksək keyfiyyətli komponentlərin - izomerizat (332,3 min t/il) və alkilatın ( 328,1 min t/il) cəlb olunması benzini istehsalının 324,7 min t/il artmasını, ümumi benzini fondunun oktan ədədinin 84 p-dan 87 p-a qədər yüksəlməsini və Aİ-98 markalı benzini istehsalını təmin edir (cə.d.3). Neft-kimya xammalı

isə 13,2%-dən 8,5%-ə kimi azalır. Nəticədə xammaldan alınan zərər 24,2 mln. AZN-dən 10,2 mln. AZN-ə qədər azalır. II variant üzrə istehsal edilən avtobenzinlərin tərkibində oksigenli birləşmələr olmadığı üçün, kənardan oksigenatların gətirilməsinə ehtiyac duyulur. Bu problemlərin həlli məqsədilə III variantda yerli xammal əsasında oksigenatların istehsalının təşkili nəzərdə tutulur.

III variant üzrə alkilləşmə prosesindən əvvəl C<sub>4</sub> fraksiyası MÜBE istehsalına yönəldilir. Alkilatın miqdarı III variantda 328 min tondan 261 min tona kimi azalsa da, əvəzində 115 min ton MÜBE-nin istehsalı təmin olunur. Bu benzin fondunun ~ 50 min ton artımına və avtobenzinlərin tərkibində oksigenin ~ 0,9 % mövcudluğunu təmin edir (cəđ.3).

Eyni zamanda C<sub>3</sub> qazları DİPE istehsalına yönəldilir və nəticədə ümumi benzin fondunda (2696 min ton) oksigenin payı 2,86 % olaraq Avro-5 tələblərini təmin edir. C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> qazlarının emalı nəticəsində istehsal edilən avtobenzinlər yalnız yüksək oktanlı markaya (Aİ-98) mənsubdur.

IV variant katalitik krekinqin C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> qazlarının emalı əsasında DİPE və MÜBE proseslərinin tətbiqini nəzərdə tutur. Alkilləşmə prosesi sxemə daxil edilməyib, MÜBE istehsalından alınan işlənmiş C<sub>4</sub> fraksiyası neft-kimya sahəsinə xammal kimi yönəldilir. Nəticədə sxem üzrə neft-kimya xammalının istehsal həcmi 421,9 min t-dan (III var.) 605,1 min tona kimi artır.

Variant üzrə avtobenzinlərin istehsal həcmi əvvəlki variantla müqayisədə ~ 320 min ton, o cümlədən, oksigenli birləşmələrin istehsal həcmi 36,3 min ton azdır. Benzinlərin oksigen ədədi 2,99 təşkil edir. Variant üzrə 88,42 punkt orta oktan ədədinə malik ümumi benzin fondu markalar üzrə 1687,4 min ton Aİ-98 və 688,3 min ton Aİ-95 markalı avtobenzinlərinin istehsalına zəmin yaradır.

V variantın əvvəlki variantlardan əsas fərqi riforminq prosesinin biforminq variantında istismar edilməsidir. Biforminq prosesinə texnologiya üzrə xammal kimi nafta ilə birgə katalitik krekinqin olefintərkibli C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> qazları (34 min t) da verildiyi üçün, bu variant üzrə qurğunun yükü əvvəlki variantlara nisbətən (4,3%) yüksəkdir.

Cəđvəl 3

## Benzin fondu

Adı	I	II	III	IV	V	VI
Benzin fondu, t/il cəmi:	1 964 920	2 289 630	2 695 654	2 375 678	2 347 159	2 597 412
o cümlədən						
yüngül benzin	346 673	-	-	-	-	-
platformat	699 364	705 461	705 461	612 919	729 650	705 461
KK benzini	918 883	-	-	-	-	-
KKB yüngül fr.	-	316 963	316 963	302 794	316 963	316 963
KKB (hidrotəmizlənmiş)	-	602 222	602 222	575 159	602 222	602 222
izomerizat	-	332 342	332 342	442 496	332 342	332 342
alkilat	-	328 083	261 553	-	251 040	-
i-C <sub>5</sub> fraksiyası	-	4 559	4 559	6 070	4 559	4 559
MÜBE	-	-	115 006	106 168	110 383	-
DİPE	-	-	357 548	330 072	-	-
oliqomerizat	-	-	-	-	-	635 865
Orta oktan ədədi, p.	84,13	87,27	89,22	88,42	87,70	87,06
Avtobenzinlər, t/il:						
Aİ-92	1 408 280	-	-	-	182 600	-
Aİ-93	-	221 920	-	-	-	416 412
Aİ-95	556 640	1 567 710	-	688 262	1 164 559	1 681 000
Aİ-98	-	500 000	2 696 654	1 687 416	100 000	500 000

BBF sxem üzrə ardıcıl olaraq MÜBE istehsalı və alkilləşmə proseslərinə yönəldilir. PPF isə, öz tətbiqini neft-kimya xammalı qismində tapır.

Bu variant üzrə avtobenzin istehsalı nisbətən azalır, ümumi benzin fondu 86,15 p. orta oktan ədədinə malikdir.

Benzin istehsalının artırılması məqsədilə növbəti – VI variantda C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> qazlarının birgə emalı nəzərdə tutulur. Prosesdə qazların oliqomerləşmə və alkülləşmə reaksiyaları nəticəsində 74,1 % çıxımla benzin alınır [5,6]. Benzin fondunu (2,6 mln.t/il) 500 min t/il Aİ-98, 1681 min t/il Aİ-95 və 1820 min t/il Aİ-92 markalı benzinlər təşkil edir.

C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> qazları bütünlüklə benzin istehsalı istiqamətində emala yönəldiyi üçün neft-kimya xammalının həcmi minimum təşkil edir. Bu variant üzrə neft-kimya xammalının hər tonundan əldə edilən mənfəət (46 man. 97 qəp.) digər variantlar üzrə uyğun göstəricilərdən yüksəkdir (cəđ.4).

Avtomobil benzinlərinin istehsal həcmi III və VI variantlar üzrə maksimaldır – uyğun olaraq 2695,7 və 2597,4 min t/il. Lakin VI variant üzrə olefintərkibli qazların bütün həcmi oliqomerləşmə prosesinə yönəldiyi üçün həmin variant üzrə oksigenli birləşmələr istehsal edilmir və onların xaricdən idxalı zərurəti yaranır.

Tədqiqatların müqayisəli təhlili göstərir ki, variantlar arasında III variant daha səmərəli sayıla bilər (şək.1). Həmin variant üzrə avtomobil benzinlərinin istehsal həcmi də digər variantlarla müqayisədə ən yüksəkdir (cəđ.5).

Cəđvəl 4

## Neft-kimya xammalının hər tonundan əldə edilən mənfəət (və ya zərər)

Variantlar	Mənfəət (zərər), man./t	+ (-)
I variant üzrə	26 man. 02 qəp. zərər	-
II variant üzrə	16 man. 96 qəp. zərər	-
III variant üzrə	43 man. 98 qəp. mənfəət	+
IV variant üzrə	41 man. 88 qəp. mənfəət	+
V variant üzrə	4 man. 03 qəp. zərər	-
VI variant üzrə	46 man. 97 qəp. mənfəət	+

Bundan başqa, III variant ilə müqayisədə VI variant üzrə istehsal olunan benzinlərin fondunun orta oktan ədədi 87,06 p. təşkil etdiyinə görə, əsasən Aİ-95 markalı benzinin istehsalı mümkün olur. III variant üzrə isə ümumi benzin fondunun orta oktan ədədi (89,22 p.) yüksək olduğundan, nəticədə Aİ-98 markalı avtobenzin istehsal olunur.

Emal sxeminin modernləşməsi nəticəsində 7,5 mln. t/il Azərbaycan neftlərindən istehsal olunan məhsullardan əldə

edilən mənfəət, baza variantı ilə müqayisədə, 122÷410 mln. AZN/il yüksəlir və bu məqsədlə qoyulmuş kapitalın 2-5 il ərzində ödənməsini təmin edir. Beləliklə, təqdim edilən variantların ən səmərəlisi III var. — C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> qazlarının bütünlüklə benzin istiqamətində (MÜBE istehsalı, alkülləşmə, DİPE istehsalı) emal edildiyi, işlənmiş C<sub>3</sub> (əsasən propan) və C<sub>4</sub> (əsasən butan) fraksiyaların neft-kimyaya göndərildiyi variantdır (cəđ.6).

Cəđvəl 5

## Benzin istehsalı üzrə əsas göstəricilər

№	Göstəricilər	I var.	II var.	III var.	IV var.	V var.	VI var.
1.	Benzinlərin istehsal həcmi, min t/il	1964,9	2289,6	2695,7	2375,7	2347,2	2597,4
2.	Benzinlərin orta maya dəyəri, man./t	185,38	222,80	232,64	244,24	229,32	218,36
3.	Benzinlərin 1 t-dan mənfəət, man./t	232,94	260,15	317,36	282,17	234,41	232,90
4.	Benzinlərin orta oktan ədədi, p.	84,13	87,27	89,22	88,42	86,15	85,71
5.	Oksigenli birləşmələrin miqdarı, t/il	-	-	-	-	-	-
	MÜBE	-	-	115006	106168	110383	-
	DİPE	-	-	357548	330072	-	-
6.	Benzinlərdə oksigen ədədi, %	-	-	2,86	2,99	0,86	-
7.	C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub> əsasında benzin komponenti	-	328083	734107	436240	361423	635865

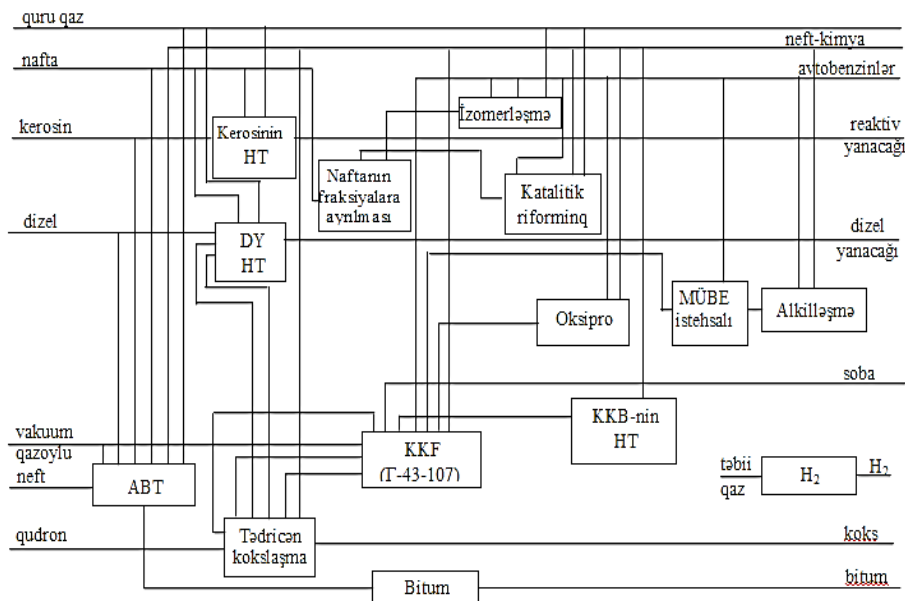


və əlavələr, min t/il	-	-	472554	436240	110383	-
oksigenatlar	-	328083	261553	-	251040	-
Alkilat	-	-	-	-	-	848407
oliqomerizat	-	-	-	-	-	-

Beləliklə, aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, avtobenzinlərin maksimum istehsalını (2,7 mln. t/il), yüksək keyfiyyətini (orta oktan ədədi 89.2, oksigen ədədi 2,9) və yüksək mənfəəti (1651 mln. AZN/il) təmin edən variant optimal qəbul edilmişdir.

Sonda qeyd etmək lazımdır ki, neft emalı sənayesinin səmərəli inkişafı yalnız aralıq məhsulların, o cümlədən karbohidrogen

qazlarının səmərəli emalı ilə təmin oluna bilər. Təqdim edilən işdə yalnız yanacaq istiqamətində aparılmış qazların emalı həm neft emalı sahəsini, həm də neft-kimya sahəsini stabil xammalla təmin edərək, ümumiyyətlə emal sahələrinin stabil inkişafına zəmin yaradır. Bu da yanacaq-energetika kompleksi çərçivəsində inteqrasiya proseslərinin üstünlüklərinin bir daha sübutudur.



Şəkil 1. Mayeləşdirilmiş qazların yanacaq istiqamətində kompleks emalı sxemi

1. Рустамов М.И., Аббасов В.М., Мамедова Т.А. Экологические проблемы Земли и альтернативные источники энергии. Баку, «ЭЛМ», 2008, 717 с.
2. Стыщенко В.Д., Лавриненко А.А., Надра Л.Е., Винокуров В.А. Перспективы улучшения экологических и эксплуатационных свойств моторных топлив // Химия и технология топлив и масел, 2008, №5, С.52-54
3. Капустин В.М. Технология производства автомобильных бензинов. М.:Химия, 2015, 253 с.
4. Справочник современных нефтехимических процессов. Нефтегазовые технологии, 2009, №3, с. 68-78
5. Х.Б.Пириева, М.Н. Джавадова, С.А.Джамалова и др. Процесс получения высокооктанового компонента бензинов на базе газов каталитического крекинга // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, 2015, №16.1 (61), С.64-69
6. Xudiyeva İ.Ə., Eldarova S.H., Alxaslı E.A. və b. Katalitik krekinq prosesinin C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> qazlarının yanacaq istiqamətində emalının səmərəli təşkili // Akad. S.C.Mehdiyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika elmi-praktiki konfransının materialları (1-ci cild), 2015, S. 10-11

**КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ (C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>) В  
ТОПЛИВНОМ НАПРАВЛЕНИИ***. И.А. Худиева*

Обострение экологических проблем в глобальном масштабе требует производства добавок на основе сжиженных газов и их применение в топливе. В то же время в стране в связи развитием транспорта и расширением автомобильного парка спрос на автомобильные бензины постоянно растут.

Следовательно, эффективная переработка газов C<sub>3</sub> - C<sub>4</sub> способствует увеличению количественным, качественным показателям производимой продукции, в частности топлив, решению экологических проблем и, в целом, эффективности нефтеперерабатывающей промышленности.

В статье представлены технологические схемы комплексной переработки нефти 7,5 млн. тонн в год (в 6 вариантах), предусматривающие переработку сжиженных газов в направлении производства бензина. Анализируется влияние представленной схемы на формирование технико-экономических показателей предприятия.

**Ключевые слова:** сжиженные газы, катализаторы, алкилирование, производство оксигенатов, технико-экономическая оценка

**A COMPLEX RESEARCH OF THE PROCESSING OF LIQUEFIED GASES (C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>) IN THE  
FUEL DIRECTION***I.A. Chudiyeva*

The aggravation of environmental problems on a global scale requires the production of additives based on liquefied gases and their use in fuels. At the same time, in the country, due to the development of transport and the expansion of the car fleet. The demand for gasoline is constantly growing.

Consequently, the efficient processing of C<sub>3</sub> - C<sub>4</sub> gases contributes to an increase in quantitative, qualitative indicators of the products produced, in particular fuels, to the solution of environmental problems and, in general, the efficiency of the oil refining industry.

The article presents technological schemes for complex oil refining 7.5 million tons per year (in 6 variants), providing for the processing of liquefied gases in the direction of gasoline production. The influence of the presented scheme on the formation of technical and economic indicators of the enterprise is analyzed.

**Key words:** liquefied gases, catalysts, alkylation, oxygenate production, technical and economic evaluation.

UOT: 66.074. 3

## N-OKTAN -N-HEKSADEKAN QARIŞIQLARININ MÜXTƏLİF SORBENTLƏRLƏ ADSORBSİYASI

Fəx. V.Yusubov, X.A.Cavadova  
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

E-mail: yusfax@mail.ru

**Acar sözlər:** qarışıqlar, n-oktan–n–heksadeken, sorbent, izafi adsorbsiya

Adsorbsiya üsulu universal üsul olduğundan maye və qaz fazadan qarışıq və tək komponentlərin ayrılması və təmizlənməsində qaz axınlarının qurudulmasında, zərərli komponentlərin maye və qaz qarışıqlarından çıxarılmasında müvəffəqiyyətlə tətbiq edilir.

Bu üsulla benzinin aromatik karbohidrogenlərdən ayrılması, sənaye qazlarının CO<sub>2</sub>-dən təmizlənməsi sənayedə geniş tətbiq edilir. Bu məqsədlə müxtəlif adsorbentlərdən istifadə edilir, məsələn: aktivləşdirilmiş kömürü, silikogelləri və seolitləri göstərmək olar. Adsorbsiya proseslərinin aparılmasında adsorbentlər mühüm rol oynayırlar. Hazırkı dövürdə seolitlər (molekulyar ələklər) neftayırma və neft – kimya sənayələrində geniş tətbiq edilir. Məlumdur ki, onlar özlərinə məxsus kristallik quruluşları və bircinsli məsələləri olan, kation dəişməsinə təmin edən bərk məsələli cisimlərdir. Seolitlərin bu xassələrindən mayeləri və qazları, habelə neft fraksiyalarını təmizləmək və ayrı – ayrı komponentlərə ayırmaq üçün istifadə edirlirlər[1,2].

Neft məhsullarından n – alkanları və aromatik karbohidrogenləri çıxarmaq üçün seolitlərdən daha çox istifadə edirlər. Bu təbii seolitlərdən istifadə həm ekoloji və həm də iqtisadi cəhətdən ölkəmizə böyük fayda verə bilər. Lakin seolitlərin tətbiq sahəsini öyrənmək, araşdırmaq və potensial imkanlarını üzə çıxarmaq məqsədi ilə indiyə kimi onların struktur xassələri, məsələlərinin həndəsi ölçüləri, adsorbsiya xüsusiyyətləri kifayət qədər öyrənilməyib və əvvəlki tək bu məsələ aktual olaraq qalır. Bu tədqiqat işləri aşağıdakı məsələlərin həll edilməsinin zərurətini ortaya çıxarır:

- bərk cisim – adsorbat qarşılıqlı təsirinin tədqiqini, onların adsorbsiya istiliklərini,

- bərk cisim – maye, bərk cisim – qaz fazaların ayrılma səthində gedən proseslərin

öyrənilməsi; səthi gərilmə (xüsusən bərk cisim maye sistemində gedən proseslərdə vacibdir),

- model quruluşlarının öyrənilməsi;

-müxtəlif növ adsorbentlərin bərk cisimlərlə adsorbsiya qanunauyğunluqlarının müəyyən edilməsi və dəlillər bazasının tədqiqi.

Adsorbsiya proseslərinin analizi zamanı adsorbentdə adsorbativ qatılığın və termodinamik tarazlığın qərarlaşması mühüm əhəmiyyətə malikdir. Adsorbsiya proseslərinin tədqiqində tarazlıq qiymətləri xüsusən ona görə lazımdır ki, məqsədli komponentlərin ətraf mühitdə kiçik qatılıqlarında və adətən udulan maddənin adsorbenti əhatə edən mühitdə və adsorbentin özündə paylanması mürəkkəb asılılıqlarla ifadə olunur.

**Nəzəri və təcrübi işlər adsorbsiya tarazlığının öyrənilməsi üçün müəyyən qədər öyrənilsədə, bu məsələ bu gündə aktual olaraq qalır.**

Praktiki hesablamalar üçün adsorbsiya prosesini öyrənərkən adətən həmin prosesin izotermi öyrənilir. İzotermilər müxtəlif temperatur şəraiti üçün əldə edilir. Təcrübə və termodinamik analiz göstərir ki, temperaturun artması ilə adsorbent tərəfindən udulan maddə kifayət qədər azalır.

Nəzəri modellər arasında səthi hadisələr üçün ən sadəsi monomolekulyar adsorbsiyasının Lenqmyur modelidir.

Adsorbsiya hadisəsi qarşılaşan səthlərin sərhəddində adsorbent molekulunu vasitəsilə adsorbentiv molekulunun cəzb etməsinə əsaslanmışdır. Hər bir fazanın daxilində adsorbentiv molekulunu bütün istiqamətlərdə eyni cəzb etmə qüvvəsi ilə cəzb edilir. Nəticədə maye və qaz fazadan molekul adsorbent müxtəlif qatlarında toplanır. Adsorbentiv molekulunu adsorbent səthinə keçərkən onun sərbəst enerjisini azaldır, bunun müqabilində istilik ayrılır. Bu istilik adsorbsiya istiliyi adlanır. Adsorbent tərəfindən cəzb etmə qüvvəsindən asılı olaraq fiziki və kimyəvi adsorbsiya fərqləndirilir. Nəzərdən keçirilən n–

oktan–n–heksadeken qarışıqlarının adsorbsiyası fiziki adsorbsiya növünə aiddir. Çünki, burada heç bir kimyəvi çevrilmə baş vermir. Yəni n–oktan–n–heksadeken molekulları adsorbentlə kimyəvi qarışıqlı təsirdə olurlar. Adsorbentiv molekulları öz fərdiliklərini saxlayırlar.

Adsorbent tərəfindən udulan maddə miqdarı, tarazlıq vəziyyəti ilə təyin olunur. Udulan maddə miqdarı adsorbentiv və adsorbent təbiətindən, ilkin xammaldakı adsorbentiv qatılığından, prosesin temperaturundan, təzyiqdən və həmçinin adsorbent nəmliyindən asılıdır. Tarazlıq şəraitində adsorbsiya prosesini qrafiki olaraq adsorbsiya izotermi şəklində təsvir etmək qəbul edilmişdir.

Maye və qaz fazadan adsorbsiyaya ayırma və təmizləmə üsulu kimi baxdıqda ilk növbədə dəqiqləşdirmək lazımdır ki, prosesin aparılma şəraitindən asılı olaraq adsorbent maksimal udma qabiliyyəti nə qədərdir. Adsorbentiv qatılığının adsorbent səthində artması ilə bu və ya digər temperaturalarda adsorbent aktivliyi artır. Ancaq bu artma yalnız maksimal adsorbent tutumuna qədər davam edir. Temperaturun artması ilə udulan maddə miqdarı azalır. Təzyiqin artması ilə isə əksinə udulan maddənin miqdarı artır. Beləliklə, temperaturun azalması və təzyiqin artması ilə sistemdə adsorbsiyanın artmasına səbəb olur[1].

Sənaye adsorbentləri bir sıra tələbatlara cavab verməlidirlər: 1) yüksək adsorbsiya xüsusiyyətlərinə malik olmalıdırlar. (maye və qaz fazadan adsorbentiv az qatılığında çoxlu miqdarda adsorbentiv udmaq); 2) yüksək selektivliyə malik olmalıdırlar (yalnız bir komponentli qarışıqdan seçməklə adsorbsiya

etməlidir); 3) ayrılan qarışığın komponentlərinə münasibətdə kimyəvi inert olmalıdır; 5) regenerasiya olunmaq xüsusiyyətinə malik olmalıdır (ilkin adsorbsiya xüsusiyyəti bərpa edilə bilməlidir); 6) aşağı dəyərə malik olmalıdır.

1) Təcrübədə bu tələbatların hamısını ödəmək mümkün olmadığından kompromis variant seçilir. Hər şeydən öncə adsorbent yüksək uduculuq qabiliyyətinə malik olmalıdır.

İndiki zamanda aktivləşdirilmiş kömür, silikogel və seolitlər müxtəlif texnoloji proseslərin aparılmasında geniş tətbiq edilir. Ona görə də bu adsorbentlərin adsorbsiya xüsusiyyətləri və onların daxili quruluşları konkret texnoloji proses üçün öyrənilməlidir. Bu da həmin prosesin riyazi modelləşdirilməsi və optimal layihələndirilməsi üçün vacib şərtlərdən biridir[3].

Bu baxımdan aşağıdakı adsorbentlər təcrübə olaraq öyrənilmişdir; 1) aktivləşdirilmiş kömür TA 120 (PİCA), 2) silikogel Kiesegel 60 (Merck), 3) seolit 5 A (Voffen). Təcrübədən əvvəl adsorbent nümunələri mufel sobasında 180°C temperaturda, stabil vakuumda, 0,003 torr ( $3,9 \cdot 10^{-3}$  mbar) təzyiqdə aktivləşdirilmişdir.

Yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz adsorbentlər ASAP 2020 cihazlar kompleksində tədqiq edilmişdir. ASAP 2020 vasitəsi ilə adsorbentlərin quruluşunu, məsamələrinin ölçülərinin onların radius üzrə paylanmasını, adsorbentlərin səthlərinin sahələrini və izoterm əyrilərini müəyyən etmək üçün istifadə edilmişdir. Cihazlar kompleksinin ölçmə prinsipi qaz fazalı adsorbsiya ilə statik şəraitdə həcmi ölçmə üsuluna əsaslanmışdır.

TA 120 adsorbentinin xarakteristikaları cədvəl 1 – də verilmişdir.

Cədvəl 1

TA 120 adsorbentinin xarakteristikası.

Parametrlər	Adsorbent modelini	Parametrlərin qiyməti
BET üzrə səth, $m^2/q$	BET	1665
Mikroməsamələrin səthi, $m^2/q$	T - plot	1567
Mikroməsamələrin həcmi, $sm^3/q$	T - plot	0,68
Məsamənin həcmi, $sm^3/q$	BCA desorbsiya zamanı	0,12

Qeyd etmək lazımdır ki, binar qarışıqların adsorbsiyası prosesinin təcrübə tədqiqatları müxtəlif binar maye sistemləri üçün aşağıdakı üsul ilə aparılmışdır. Əvvəlcədən aktual adsorbsiya sistemlərinin ilkin göstəriciləri cədvəl şəklində müəyyən edilir.

Binar qarışıqların (n–oktan – n–heksadeken) izafi adsorbsiya qiymətlərini müəyyən etmək üçün tərəzidə onların həcmi və maddə miqdarı, cədvəl 2 – də göstərilmişdir.

## Adsorbsiya sistemlərinin ilkin göstəriciləri

Adsorbktiv	M (q/mol)	V <sub>mol</sub> (sm <sup>3</sup> /mol)	Sındırma əmsalı, n <sub>D</sub>
n – oktan	114,23	163,185 (25 °C)	1,3956 (25 °C)
n – heksadekan	226,46	294,141 (25 °C)	1,4343 (20 °C)
İzo – oktan	114,23	165,122 (20 °C)	1,3910 (20 °C)

Binar qarışıqların izafi adsorbsiyasının təcrübəsi aşağıdakı ardıcılıqla aparılmışdır:

1) Müxtəlif qatılıqlı (cədvəl 3.3) maye qarışıqları (20 sayda) 25 °C temperaturda hazırlanır. Hər bir qarışığın çəkisi 2 q – dır.

2) Qarışıqların sındırma əmsalları müəyyən edilir.

3) «Opal» tətbiqi proqramı vasitəsilə soyuq əyri funksiya şəklində yazılır.

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots \quad (1)$$

$$\text{yəni } x_2 = f(n_D^{25})$$

4) Adsorbent (aktivləşmiş kömür, silikogel və seolit) mufel sobasında aktivləşdirildikdən sonra təqribən 0,5 q adsorbentlə birlikdə maye (binar) qarışıqlar diqqətlə qarışdırılır və yenidən tərəzidə çəkilir.

5) Hazırlanmış binar qarışıqlar 1,2 və 4 gün adsorbentlə birlikdə qaldıqdan sonra yenidən sındırma əmsalları müəyyən edilir.

6) Soyuc əyrinin köməyi ilə yeni molyar çəkilər hesablanır.

7) Binar izafi adsorbsiyanın qiymətləri hesablanır və bunun əsasında izoterm əyriyə qurulur.

Bu zaman aşağıdakı hesablamalar aparılır:

$$m_{\text{ümumi}} = m_1 + m_2 \quad (2)$$

$$m_{\text{ümumi}} = n_1 \times M_1 + n_2 \times M_2 \quad (3)$$

$$m_{\text{ümumi}} = x_1 \times n_{\text{ümumi}} \times M_1 + x_2 \times n_{\text{ümumi}} \times M_2 \quad (4)$$

$$m_{\text{ümumi}} = n_{\text{ümumi}} \times (x_1 M_1 + x_2 M_2) \quad (5)$$

$$n_{\text{ümumi}} = m_{\text{ümumi}} / (x_1 M_1 + x_2 M_2) \quad (6)$$

$$m_1 = m_{\text{ümumi}} - m_2 \quad (7)$$

$$m_1 = m_{\text{ümumi}} - x_2 n_{\text{ümumi}} M_2 \quad (8)$$

burada  $m_1$  – 1 –ci maddənin kütləsi;  $m_2$  – 2 –ci maddənin kütləsi;  $M_1$  və  $M_2$  – uyğun olaraq 1 –ci və 2 –ci maddənin molyar kütləsi,  $x_1$  və  $x_2$  uyğun olaraq izafi adsorbsiya kəmiyyətləridir.

Silikogel (Kiesegel 60 Merck) adsorbenti də yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz üsulla və ASAP 2020 cihazlar kompleksi vasitəsilə öyrənilmişdir.

Silikogelin adsorbsiya xarakteristikaları cədvəl 3 –də verilmişdir.

## Silikogel (Kiesegel 60) adsorbentinin xarakteristikaları

Parametrlər	Adsorbentin modeli	Parametrlərin qiyməti
BET üzrə səth, m <sup>2</sup> /q	BET	421
Mikroməsələrin səthi, m <sup>2</sup> /q	T - plot	11
Mikroməsələrin həcmi, sm <sup>3</sup> /q	T - plot	0,002
Məsələnin həcmi, sm <sup>3</sup> /q	BCH desorbsiya zamanı	0,409

Sənaye adsorberlərini layihələndirərkən, adsorbentlərin maksimal uduculuq xüsusiyyətlərini bilmək çox vacibdir, çünki adsorbsiya prosesləri mərhələli proses olduğundan bu proseslər üçün adsorbsiya tarazlığı, vaxtı və maksimal uduculuq

qabiliyyəti haqqında məlumatlar adsorberlər layihələşdirilməmişdən öncə müəyyən edilməlidir. Bu məlumatlar digər mərhələlərin də optimal şəraitində aparılması üçün zəmin yaradır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники – М.: Химия, 1984. 592 с.
2. Математическая модель процесса адсорбционной очистки жидких парафинов в условиях нестационарности его протекания. Наука, техника, технологии, №2, 2018 г., С.33-36.
3. Jinlu Liu, Le Wang, Shun Xi, Walter G. Chapman Adsorption and Phase Behavior of Pure/Mixed Alkanes in Nanoslit Graphite Pores: AniSAFT Application. Langmuir, 2017, 33(42), 11189-11202

4. Aslyanov T., Pletner V., Khlypin A. Random surface statistical associating fluid theory: Adsorption of n-alkanes on rough surface. Chemical Physical 2019,150(5), 1063-1070

**АДСОРБЦИЯ СМЕСЕЙ Н-ОКТАН - Н-ГЕКСАДЕКАНА НА РАЗЛИЧНЫХ  
АДСОРБЕНТАХ**

**Ф. В. Юсубов, Х. А. Джавадова**

Адсорбция смесей н-октан - н-гексадекана была исследована на различных адсорбентах. Избыточные величины адсорбции смесей н-октан - н-гексадекана были выявлены в адсорбентах активированных углах TA 120 (PICA), силикагеле Kiesegel 60 (Merck) и цеолитах Seolite 5 A (Voffen).

**ADSORPTION OF MIXTURES OF N-OCTAN - N-HEXADECANE ON VARIOUS  
ADSORBENTS**

**F.V. Yusubov, H.A. Javadova**

The adsorption of n-octane-n-hexadecane mixtures was investigated on various adsorbents. Excessive adsorption values of n-octane-n-hexadecane mixtures were detected in adsorbents of activated angles TA 120 (PICA), silica gel Kiesegel 60 (Merck) and zeolites Seolite 5 A (Voffen).

## VIRTUAL ŞƏBƏKƏ SEQMENTLƏRİNİN PARALEL İŞİNİN VAHİD MƏRKƏZDƏN İDARƏ EDİLMƏSİ

F. G. Səmədov, X. N. Rzayev, H.M. Məhəmmədli

xazail49@mail.ru

**1. Azərbaycan Texniki Universiteti**

**2. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti**

**3. Sumqayıt Dövlət Universiteti**

***Annotasiya:** aradılan şəbəkə seqmenti üçün əlavə maliyyə vəsaiti sərf edilmədən ancaq mövcud İT avadanlıqları tətbiq edilməklə, müasir texnologiyalardan istifadə etməklə virtual sistemin qurulması və şəbəkə seqmentlərinin paralel işinin təmin edilməsi məsələsi həll edilmişdir.*

**Açar sözlər:** Virtual şəbəkə, virtual sistem, şəbəkə seqmenti birləşməsi, virtual server, bulud.

**Giriş.** Hər bir müəssisə və ya təşkilatda, kiçik və ya hətta belə nəhəng korporasiyalarda belə və yaxud bulud texnologiyaları xidməti göstərən bölmələrdə IT xidməti sahəsində üzrə işə olan tələb sürətlə dəyişməkdədir. Sifarişçilərin müxtəlif tələblərə, proqramlara olan təhlükəsiz və effektiv istifadə etmələrinə olan tələblər daima artır. Bununla belə istifadəçilər üçün İT-nin infrastrukturunun necə qurulması, fəaliyyət göstərməsi və bu sahədə xidmət göstərən personalın göstərdikləri xidməti bu günün tələbi səviyyəsində göstərə bilmələri üçün gündəlik hansı problemlərlə qarşılaşdıqları heç də vacib deyil. Qeyd etdiyimiz xüsusiyyətlər virtual sistemlərin əksəriyyətinə də aid edilə bilər. Virtual sistemlərin inkişaf etməsi nəticəsində fiziki serverlərin bazasında müxtəlif məqsədlərə xidmət edə bilən virtual proqramlar hazırlanır. Bu indiki zamanda gördüyümüz işin səmərəliliyini dəfələrlə artırmağa şərait yaratmaqla bərabər eyni zamanda tətbiq edilən fiziki maşınların sayına qənaət edir və həm də bir server üzərində (bir server bazasında) paralel olaraq bir neçə əməliyyat aparılmasına imkan verir. Bu zaman ilk növbədə əsas məqam kimi maddi sərfiyyata toxunaraq, sistemin yaradılması üçün əlavə xərclərdən kənar, bir neçə iş otağının bir mərkəzdən idarə olunması mümkünlüyü və nəticə olaraq istifadəçilərin tələblərinə cavab verməsi kimi başa düşülür. Ümumiyyətlə virtuallaşma çox geniş anlayış olduğundan ona yanaşma da müxtəlif mövqələrdən həyata keçirilir. Belə olan halda bu yanaşmada hər bir administratorun əsas vəzifəsi onun işinin aparılması zamanı qarşıya çıxan biləcək məsələlər və problemləri tələb olunan səviyyədə araşdırılmaqla yanaşı eyni zamanda şəbəkənin

hansı şəraitdə normal işləməsinin təmin edilməsinin mümkün olması, istifadəçilərin hansı tələblərinə və maraqlarına cavab verməsinin mümkün olması, o cümlədən gələcəkdə digər nəzərə alınmamış problemlərin həllinin mümkün olması üçün ehtiyat həll variantlarının saxlanılmasından ibarətdir. Buna oxşar işlərdə administratorların şəbəkənin dayanıqlı işinin təmin edilməsinin mümkünlüyünü təmin etmək məqsədi ilə onların öz işlərini hansı davamlılıq algoritmi üzərində qurmaları önəmli yer tutur. Qeyd etdiyimiz kimi, bir sıra müxtəlif yönümlü şirkətlər mövcud əməliyyat sistemləri bazasında öz profillərinə daha uyğun olan virtual proqramlar hazırlayaraq onları istifadəçilərə təqdim edirlər. Lakin nəticənin hər bir halda müsbət olması üçün yanaşma tələblərə uyğun olaraq həm dəqiq, həm ciddi, həm də qarşıya çıxan tələbləri ödəyə bilən olmalıdır.

**2. Məsələnin qoyuluşu:** Bu işin məqsədi əlavə maliyyə vəsaiti sərf etmədən mövcud İT avadanlıqları bazasında bir virtual server üzərində iki və daha çox virtual şəbəkə seqmentlərinin paralel işinin təmin olunmasından ibarətdir.

**3. Məsələnin həlli:** Bildiyimiz kimi müxtəlif ofis və universitetlərdə qurula bilən şəbəkələr əksər hallarda real "Interface" üzərində qurulur və bu deməkdir ki istifadəçi marağına cavab verir. Bunun üçün bir server üzərində (bazasında) yaradılmış iki və ya daha artıq "real" Lan card tətbiq etməklə iki və ya daha çox virtual server kompüterlərinin və bura daxil olan hər bir serverin bir-birindən tam fərqli IP diapazonu vasitəsi ilə qoşulması və bir-birinə maneə yaratmadan öz şəbəkəsini idarə etməsi aparılır. Nəzərə almaq lazımdır ki,





tətbiq oluna bilər. Bununla yanaşı server resurslarının verilənlər anbarına, şəbəkənin resurslarının utilizasiyasına, əlavələrin məhsuldarlığının artırılmasına imkan verir

#### . Nəticə

Sistemin yaradılması üçün əlavə maliyyə vəsaiti sərf edilmədən mövcud İT avadanlıqları bazasında müasir texnologiyalardan istifadə edərək virtual sistemin yaradılması yolu ilə şəbəkə segmentlərinin paralel işi təmin edilmişdir. Bu halda xüsusilə nəzərə almaq lazımdır ki, vahid sistem halında yaradılan segmentlərin sayı optimal olmaqla yanaşı sonsuz sayda artırılı bilməz.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Джон Мак-Кейб (John McCabe). Введение в Microsoft Windows Server 2016. Пер. с англ. Изд Microsoft Press по адресу [mspinput@microsoft.com](mailto:mspinput@microsoft.com), 2018.- 169с.
2. Станек У.Р. Microsoft Windows Server 2012. Пер. с англ.-М.: Издательство «Русская редакция»: СПб.: «БХВ-Петербург», 2014.-688с. Ил.- Справочни администратора.
3. Sosial.technet.microsoft.com
4. Ironnetworks.com
5. Тоненбаум Э., Остин Т. Компьютерные сети. 4-е изд.-СПб.: Питер, 2003,-971
6. Тоненбаум Э., Остин Т. Архитектура компьютера. 6-е изд.-СПб.: Питер, 2013,-816с.
7. Юрий Ревич. 1001 совет по обустройству компьютера. СПб.:БХВ-Петербург. 2013, - 384с.
8. М.К. Буза. Архитектура компьютера. Минск, «Высшая школа». 2015,-416с.
9. Одом, Уэнделл. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертифицированном экзаменам. CCNA ICND2 200-101: Маршрутизация и коммутация, акад. изд.: пер. с англ.-М.: ООО «И.Д. Вильямс». 2015-736с.
10. Дэвид М. Харрис, Сара М. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. Дополнение по архитектуре ARM/пер. с англ.Слинкин А.А./науч. Ред. Косолобов Д.А.-М.: ДМК Пресс, 2019.-356с.
11. Л.В. Рожина. Компьютерные науки. Учебное пособие.,ч.1.-Иркутск: Издательство ИГУ, 2014.-100с.
12. В.П. Корячко, Д.А. Перепелкин. Анализ и проектирование маршрутов передачи данных в корпоративных сетях.-М.: Горячая линия-телеком, 2012.-236с.
13. О.Р. Лапоница. Межсетевые экраны.-М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ»: 2016.-466с.

### **SİGLE CENTER MANAGEMENT OF PARALLEL WORK OF VIRTUAL NETWORK SEGMENT**

**F.G Samadov, Kh.N.Rzayev, H.M. Mahammadli**

For the created network segment without attraction of additional financial and material means, and only with application of the existing network IT equipment and modern network technology the construction of virtual network segments with at the same time ensuring their parallel work is allowed

### **УПРАВЛЕНИЕ С ЕДИНОГО ЦЕНТРА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ВИРТУАЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ СЕГМЕНТОВ**

**Ф.Г. Самедов, Х.Н. Рзаев, Г.М. Магамедлы**

Для создаваемого сетевого сегмента без привлечения дополнительных финансовых и материальных средств и только с применением существующих сетевых IT аппаратуры и современной сетевой технологии разрешено вопрос построение виртуальных сетевых сегментов с одновременно обеспечением их параллельной работы. Необходимо отметить, что в данном случае число параллельных функционирующих сетевых сегментов бесконечно увеличивать нельзя, точнее количество их ограничено.

## DAŞ KÖMÜRLƏ İŞLƏYƏN İSTİLİK ELEKTRİK STANSİYALARINDA ÇÖKDÜRÜCÜLƏRİN ROLU

Magistrant C.T. Aydın , dos. F.H.Bayramov  
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti  
E-mail : [cavaydin@hotmail.com](mailto:cavaydin@hotmail.com)

**Açar sözlər** : daş kömür , çökdürücü , neft emalı , zərərli qatışıqlar , çökmə , ətraf mühit , mineral , tullantı , çirkab sular, kül , axın elementləri

Daş kömür qədim yanacaq növlərindən olub XX əsrin ortalarına qədər ən əsas enerji mənbəyi sayılırdı. Hazırda neft , qaz və uran kimi yanacaqlardan istifadə üstünlük təşkil etsə də , dünyada 35%-ə qədər istilik elektrik stansiyalarında yanacaq kimi daş kömürdən istifadə olunur. Belə ki, Çində 67%, ABŞ-da 43%, Rusiyada 14% istilik elektrik stansiyalarında daş kömürdən istifadə olunur. Daş kömür yanarkən yalnız istilik enerjisi deyil , eyni zamanda tullantılar da əmələ gəlir. Bu tullantılardan faydalı şəkildə istifadə etmək olar.

Elmi-texniki inqilab şəraitində kimya, neft-kimya, neft emalı və daş kömür energetikasının sürətli inkişafı ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olan küllü miqdarda maye tullantılarının əmələ gəlməsinə səbəb olmuşdur. Ətraf mühitin təmizliyinin qorunması milli problem olmaqla yanaşı həm də ümumi bəşəri problemdir. Belə ki, atmosferdə və böyük su hövzələrində (dəniz, okean və s.) sərhəd çəkmək qeyri-mümkün olduğunu bilərək çirkab sularının və zərərli qazların , zərərli qatışıqların bir bölgədən başqa bölgəyə keçməsinin qarşısını almaq mümkün deyildir. Bu ekoloji problemlərli bir çox ümumixalq təşkilatları (BMT və başqa təşkilatlar) daim nəzarət altında saxlamağa çalışırlar. ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısını almaq üçün təcrübə mübadilələri işlənir. ətraf mühitin və suyun çirklənməsi iki prosesin getməsi nəticəsində : insanın təsərrüfat fəaliyyəti və çirkləndirici hissəciklərin təbii yolla su axarlarına və su hövzələrinə qarışması nəticəsində baş verir. Çirkab sularından mexaniki qatışıqları ayırmaq üçün çökdürücülərdən istifadə olunmağa başlandı. Bununla yanaşı çökdürücülərdə alınmış bəzi tullantılardan istifadə etmək məqsədə uyğun sayılır. Daş kömürlə işləyən istilik elektrik stansiyalarında yanmadan sonra

yaranan külün və posanın istifadə olunması buna bariz nümunədir.

Çökdürmə əməliyyatını yerinə yetirmək üçün sadə və ucuz başa gələn aparatlardan (çökdürücülərdən) istifadə olunur[1-4] . Çökdürmə əməliyyatı tozların, suspenziyaların və emulsiyaların ayrılması üçün istifadə olunur. Bu əməliyyat tozu , suspenziyanı və emulsiyanı aparatda çökdürərək həyata keçirilir. Yəni aparatın kamerasında asılı vəziyyətdə qalan kiçik hissəciklər müəyyən müddətdən sonra ağırlıq qüvvəsinin təsirindən kameranın dibinə çökür. Adətən çökmə əməliyyatının baş verməsi üçün 2 əsas şərtin gözlənilməsi tələb olunur :

- 1) Axın elementlərinin aparata daxil olma vaxtı çökmə əməliyyatının baş vermə vaxtına bərabər və yaxud çox olmalıdır.
- 2) Axın elementlərinin daxil olma xətti sürəti çökmə sürətindən nəzərə cərpacaq dərəcədə kiçik olmalıdır[5].

Birinci şərtin gözlənilməməsi kiçik hissələrin tamamilə çökə bilməməsinə gətirib çıxardır. İkinci şərtin gözlənilməməsi isə kiçik çökmüş hissəciklərin yenidən yuxarı qalxmasına səbəb olur.

Daş kömür üzvi və mineral maddələrdən təşkil olunur. Mineral komponentlər daş kömürün yanacaq kimi keyfiyyətini aşağı salır. Ona görə də daş kömür yanarkən çoxlu zərərli qazlar və tullantı kül əmələ gətirir. Əgər tullantı kül kömür yanıb qurtardıqdan sonra alınan mineral qalıqın kütləsinin daş kömürün yanmazdan əvvəlki kütləsinə nisbəti müəyyən qəbul olunmuş normadan artıq olarsa onda bu daş kömür “faydasız qazıntı” adlanır. Daş kömürün yanmasından alınan tullantı külün miqdarı yataqların yerləşdiyi əraziyə uyğun olaraq dəyişir. Bu norma adətən energetika üçün 39-43 % qəbul olunub. Bir çox mineral komponentlər hətta normal kül miqdarında da

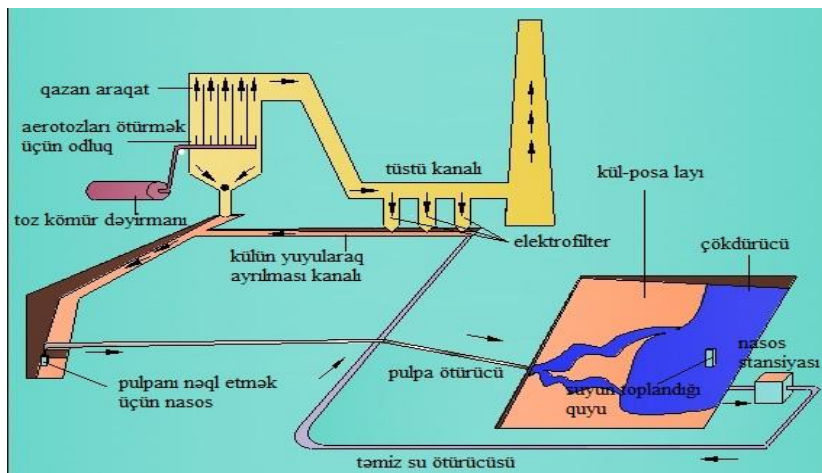
daş kömürün keyfiyyətini aşağı salır. Buna bir çox misal göstərmək olar : kömürün tərkibindəki mineral pirit ( $FeS_2$ ) yüksək temperaturda parçalanır , qaz şəklində kükürd oksidi yaradır ki, bu da su buxarı ilə qarşılıqlı əlaqədə olarkən sulfat turşusu əmələ gətirir. Bu turşu da elektrik stansiyası avadanlıqlarını tez bir zamanda sıradan çıxarır. Kükürd oksidinin bir hissəsi də tüstü vasitəsi ilə atmosfərə qatılır. Bu isə daha ciddi fəsadlara yol açır.

Daş kömür yanıb qurtardıqdan sonra tərkibindəki mineral komponentlər kül və posa əmələ gətirir ki, bunlar da enerji istehsalı müəsisələrinin həyatında çoxlu kül və posa saxlama yeri tələb edir[7]. Məsələn 1990-cı ildə Rusiyada enerji istehsalı müəsisələrində 30 milyon tondan çox kül və posa toplanmışdır. Hansı ki, onlarla min hektar torpaq sahəsini zəbt edir. Bu kül dağlarının ekoloji fəsadı daha böyükdür. Bu kül tullantıları yaxındakı yaşayış sahələrini zibilləyir, bu da insanlara və təbiətə böyük ziyan vurur.

Kömürün keyfiyyətindən və kömürün yandırılma üsulundan asılı olaraq istilik elektrik stansiyalarında kömürün yanması 1500-1800 °C arasında baş verir. Bu temperatur həddində mineral komponentlər yanaraq posa və kül halına düşür. Külün və posanın tərkibində kvars dənələri və gil mineralları , vulkanik şüşəyə bənzər material hissəcikləri , maqnetit , ferrosilisiyum və s. vardır.

Kül xırda dənəcikli materialdır. Kül dənəcikləri adətən tüstü qazlarında asılı vəziyyətdə kürə şəklində olur. Təxminən kül dənəciklərinin ölçüsü : üçdə biri 1-5 mm ölçüdə , qalanları isə millimetrin onda biri ölçüdə , o cümlədən 20%-i millimetrin yüzdə biri ölçüsündə olur.

Küldən daha səmərəli istifadə etmək üçün ilkin olaraq daş kömürün yandırılma üsulunu və yandırılma texnologiyasını dəyişmək lazım gəlir. Bu zaman bu küldən “faydalı qazıntı” materialı kimi istifadə edə bilərik. İlk olaraq bu materialdan qumun əvəzedici kimi də istifadə etmək mümkündür. Hansı ki, betonun hazırlanmasında doldurucu kimi və tikintidə paçıq hazırlanmasında istifadə oluna bilər. Tərkibində çoxlu əhəng olarsa sement əvəzinə də istifadə edilə bilər. Küldən kərpic istehsalında gilə qataraq da istifadə etmək olar. Bundan başqa keramik piltə, saxsı dam örtüyü və beton boru istehsalında daş kömürün tullantı külünün hesabına daha dözümlü və uzunömürlü bir material almaq olar. Bunun üçün istilik elektrik stansiyalarında daş kömür yandırılmaya verilməzdən öncə 0.2-0.7 mm ölçüdə xırdalanmalı, üyüdülməli sonra xırdalanmış daş kömür hava ilə qarışdırılaraq aerotoz şəklində xüsusi başlıq vasitəsi ilə yanma qazanına püsgürülməlidir[6]. Yanmada əmələ gələn kül elektro filterlər vasitəsi ilə tüstüdən ayrılaraq xılt-ötürücüdə su ilə yuyularaq, isladılaraq xılt nəql etmə vasitəsi ilə kül toplama məntəqəsinə (çökdürücüyə) ötürülməlidir. Bu məntəqədə çökdürücüdə bir müddət qalan kül çökdürücünün dibinə çökür. Artıq su nasos stansiyası vasitəsi ilə yenidən sistemə qaytarılır (şəkil 1). Beləliklə külü çökdürücüdə çökdürərək həm atmosferin çirklənməsinin qarşısını almış , həm də yığılmış küldən yuxarıda qeyd olunmuş məqsədlər üçün istifadə edə bilərik. Bununla da həm tullantılardan azad olmuş , həm də iqtisadi cəhətdən daha ucuz bir tikinti materialı əldə etmiş oluruq.



Şəkil 1. Daş kömür energetikasında çökdürücü.

## ƏDƏBİYYAT

1. Я.Э.Юдович, М.П.Кетрис, В.А.Мелентьев. Неорганическое вещество углей. Екатеринбург - 2016. - 154 ст.
2. Е.А.Наумкин, Э.А.Ларина, В.Г.Пантелеев. Очистка отстойников от отработанного активного ила и подготовка его к утилизации. Материалы Всероссийской студенческой конференции. Промышленная безопасность и экология. Казан - 2015. ст. - 280-282
3. Е.А.Шуляева, В.А.Мелентьева, Н.В.Дубов. Применения отстойников непрерывного действия (флорептин) для разделения водонефтяных эмульсий. Журнал Международный студенческий научный вестник. Москва - 2017. ст. - 68-70
4. В.И.Бутенко, Л.Я.Кизильштейн, А.Л.Шпицглюз. Экологическая безопасность и технологические проблемы обезвреживания отходов промышленных предприятий. Известия южного федерального университета. Ростов - 2001, ст. - 72-75
5. А.Н.Плановский, П.И.Николаев, М.Я.Шпирт. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. Издательство "Химия". Москва - 1972. - 492 ст.
6. Г.Н.Делягин, В.И.Лебедев, Б.А.Пермяков. Теплогенерирующие установки. Москва Стройиздат - 1986, - 560 ст.
7. Л.Я.Кизильштейн, Н.В.Дубов, А.Л.Шпицглюз. Компоненты зол и шлаков ТЭС. Москва Энергоатомиздат - 1993, - 460 ст.

**ROLE OF CRUSHERS IN COAL-FIRED POWER PLANTS****Aydin C.T., Bayramov F.H.****Azerbaijan State Oil and Industrial University**

Stone coal was one of the oldest types of fuel and was the most important source of energy until the middle of the 20th century. At present, the use of fuels such as oil, gas and uranium is predominantly used in coal-fired fuels, up to 35% of the world's thermal power plants. Thus, stone coal is used in China - 67%, 43% in the US, and 14% in Russia. When coal is burned, it is not only heat energy, but also waste. This waste can be used in a useful way.

**РОЛЬ ОТСТОЙНИКОВ НА УГОЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ****Айдын Дж.Т., Байрамов Ф.Г.****Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,**

Уголь — один из древнейших видов топлива, вплоть до середины XX века был основным источником энергии. И сейчас, несмотря на активное использование нефти, газа, урана, доля угля в мировом производстве электроэнергии составляет около 35% (в Китае - 67%, в США - 43%, в России - 14%). Однако уголь не сгорает бесследно. В процессе его сжигания образуется не только энергия, но и отходы. Эти отходы могут быть использованы полезным способом.

ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА. УДК 532.546

## QEYRI-XƏTTİ ÜÇFAZALI SÜZÜLMƏ MƏSƏLƏSİNİN BİR QOYULUŞU HAQQINDA

S.Y. Qasimov, R.S.Məmmədov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

e-mail:sardarkasumov@mail.ru

**Xülasə.** Məlum olduğu kimi çoxfazlı süzülmə məsələləri problemi ilə neftqaz-çıxarmanın, kimyəvi texnologiyanın, hidrotexnikanın və başqa sahələrin mühüm praktiki məsələləri əlaqəlidir.

Baxılan işdə neftin, qazın və suyun birgə axını zamanı mayələrin bəzi xassələri, həmçinin nisbi faza keçiricilikləri, kapilyar qüvvələr nəzərə alınmaqla süzülmə mə-sələsinin qoyuluşu verilir.

Deyilən amillərin süzülmə prosesinə təsirinin tədqiqi üçün həllin xüsusiyyətlə-rinə adaptasiya oluna bilən adaptiv şəbəkənin qurulma alqoritmi şərh olunur. Adap-tiv şəbəkələr süni özlülüüyü və ədədi həllin ossilyasını azaldır, həmçinin hesablama şəbəkəsinin minimal nöqtələrə malik olduğu halda bütün oblastda kəmiyyət və key-fiyyətə qənaətbəxş nəticələr verir.

**Açar sözlər:** çoxfazlı süzülmə, kapilyar qüvvələr, adaptiv şəbəkə, Darsi qanunu, kəsilməzlik tənliyi, özlüplastik maye, Bakley - Leveret modeli, başlanğıc təzyiq qradienti

**Giriş.** İlk tədqiqatlarda çoxfazlı mayeyə bütün komponentləri eyni kinematik və dinamik parametrlərlə (sürət, təzyiq, sıxlıq və s.) xarakterizə olunan müəyyən bircins maye kimi baxılırdı. Məsələli mühitdə neftin, suyun və qazın birgə axını prosesinin daha ətraflı öyrənilməsi prosesi onu göstərdi ki, modelləşdirmə zamanı hər bir fazada sürətlərin, təzyiqlərin və sıxlıqların müxtəlifliyini nəzərə almaq lazımdır. Bununla əlaqədar olaraq ,məsələli mühitdə çoxfazlı süzülmə məsələlərinin tədqiqində hər bir faza üçün faza keçiriciliyi daxil edildi. Eksperimental tədqiqatlar göstərdi ki, deyilən anlayışın istifadəsi Darsi qanununu çoxfazlı axın halına genişləndirməyə imkan verir. Bunun əsasında çoxfazlı süzülmə axınının iki modeli yarandı. Birinci sxem (Bakley-Leveret modeli) faza təzyiqlərinin bərabərliyini fərz edir [1]. Bu sxem çərçivəsində prosesi təsvir edən tənliyin klassik həlli olmaya bilər və ona görə də ümumiləşmiş həll axtarılır.

İkinci modeldə kapilyar qüvvələrin təsiri nəzərə alınır. Qeyd edək ki, Darsi qanununun çoxfazlı axın halına genişləndirilməsi ilk dəfə M. Masket tərəfindən təklif olunmuşdur, ona

Deyilən şərtlər daxilində mayələrin Rapoport - Lis (Bakley- Leveret) modeli əsasında izotrop məsələli mühitdə izotermik müstəvi radial qeyri- xətti süzülmə mə-sələsi aşağıdakı xüsusi törəməli ölçüsüz diferensial tənliklər sistemi ilə ifadə olunur :

$$\begin{cases} r^{-1} \frac{\partial}{\partial r} \left[ r \rho_1 \psi_1 \lambda_1(r, p_1, s_1, s_2, s_3) \frac{\partial p_1}{\partial r} \right] = m \frac{\partial}{\partial t} (\rho_1, s_1) \\ r^{-1} \frac{\partial}{\partial r} \left[ r \rho_2 \lambda_2(r, p_2, s_1, s_2, s_3) \frac{\partial p_2}{\partial r} \right] = m \frac{\partial}{\partial t} (\rho_2, s_2) \\ r^{-1} \frac{\partial}{\partial r} \left[ r \rho_3 \lambda_3(r, p_3, s_1, s_2, s_3) \frac{\partial p_3}{\partial r} \right] = m \frac{\partial}{\partial t} (\rho_3, s_3) \end{cases} \quad (1)$$

$$(r, t) \in \Omega_T = \{ r < r_c < R, 0 < t \leq T \}$$

görə də Masket – Leveret modeli (bəzən də Rapoport –Lis modeli) adlanır.

Baxılan işdə Rapoport - Lis modeli əsasında qeyri - xətti çoxfazlı süzülmə məsələsinin qoyuluşu və adaptiv şəbəkənin qurulma alqoritmi şərh olunur.

**Məsələnin riyazi qoyuluşu.** Fərz edəcəyik ki, üçfazlı süzülmə prosesi sərhəddi  $\Gamma$  olan sonlu  $G$  oblastında baş verir və hər bir faza üçün Darsi qanununun aşağıdakı analoqları və kəsilməzlik tənlikləri doğrudur:

$$V_\alpha = -k(x, y, z) \psi_\alpha \frac{\rho_\alpha(p_\alpha) f_\alpha(s_1, s_2, s_3)}{\mu_\alpha(p_\alpha)} \nabla \Phi_\alpha,$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (m \rho_\alpha s_\alpha) + \operatorname{div}(\rho_\alpha V_\alpha) = 0, \alpha = 1, 2, 3.$$

Tutaq ki, mərkəzində  $r = r_c$  radiuslu hidrodinamik mükəmməl istismar quyusu yerləşən, radiusu  $R$ , gücü  $H$  olan dairəvi horizontal layın  $r = R$  konturunda laya sıxışdırılan maye vurulan quyular batareyası yerləşdirilmişdir. Fərz edək ki, layın alt və üst qatları maye keçirmir və baxılan layda üçfazlı sıxılan maye var, belə ki, fazalar qarışmayandırlar və başlanğıc  $t = 0$  anında onlar kapilyar tarazlıq vəziyyətində yerləşirlər.

Burada aşağıdakı işarələmələr qəbul olunmuşdur:  $\Phi_\alpha = gz + \int_{p_0}^{p_\alpha} \frac{dp}{\rho_\alpha(p)}$  -  $\alpha$  - fazlarının axın sürətlərinin potensialı,  $V_\alpha$  - süzülmə sürəti,  $g$  - ağırlıq qüvvəsi təcili,  $\lambda_\alpha(r, p_\alpha, s_1, s_2, s_3) = k(r) \frac{f_\alpha(s_1, s_2, s_3)}{\mu_\alpha(p_\alpha)}$  - fazaların hərəkətlik əmsalı ( $\alpha = 1$  - neft,  $\alpha = 2$  - su,  $\alpha = 3$  - qaz üçün);

$p_\alpha(r, t)$  - fazaların təzyiqi;  $\rho_\alpha(p_\alpha)$  - fazaların sıxlığı;  $\mu_\alpha(p_\alpha)$  - fazaların özlülüyü;  $s_\alpha$  və  $f_\alpha$  - uyğun olaraq fazaların doymululuğu və nisbi faza keçiriciliyi;  $k(r)$  - mütləq keçiricilik;  $r$  - polyar koordinat;  $t$  - zamandır. Buradakı

$$\psi_1 = \begin{cases} 1 - G_1 / |\text{grad}P_1|, & |\text{grad}P_1| \geq G_1, \\ 0, & |\text{grad}P_1| < G_1 \end{cases}$$

funksiyası neftin özlü - plastiklik xassəsini nəzərə alır [2-4],  $G_1$  isə başlanğıc təzyiq qradientidir.

(1) tənliklər sisteminə mayelərin və qazın

$$\rho_\alpha = F_\alpha(p_\alpha), \quad \alpha = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

səviyyə tənlikləri və

$$s_1 + s_2 + s_3 = 1 \quad (3)$$

tənliyi də əlavə olunmalıdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, ümumiyyətlə, çoxfazlı süzülmə məsələlərində  $p_\alpha$  ( $\alpha = 1, 2, 3$ ) təzyiqləri bir - birinə bərabər olmur və uyğun kapilyar təzyiq qədər fərqlənirlər [6], yəni

$$\begin{aligned} p_1 - p_2 &= p_{k1}(s_1, s_2, s_3) \\ p_3 - p_1 &= p_{k2}(s_1, s_2, s_3) \end{aligned} \quad (4)$$

Burada  $p_{k1}$  - neft və su,  $p_{k2}$  - isə qaz və neft arasındakı kapilyar təzyiqdır.  $p_{k1}$  və  $p_{k2}$  - ni bilərək qaz və su arasındakı kapilyar təzyiqi onlarla ifadə edə bilərik:

$$p_3 - p_2 = p_{k1} + p_{k2}$$

Qeyd etmək lazımdır ki, üçfazlı süzülmə məsələlərində  $f_\alpha(s_1, s_2, s_3)$ , ( $\alpha = 1, 2, 3$ ) funksiyaları aşağıdakı xassələrə malikdirlər [1]:

$$\begin{aligned} f_1(s_1, s_2, s_3) &\equiv 0, \quad s_1 \leq s_1^* \\ f_2(s_1, s_2, s_3) &\equiv 0, \quad s_2 \leq s_2^* \\ f_3(s_1, s_2, s_3) &\equiv 0, \quad s_3 \leq s_3^* \end{aligned}$$

Bu xassələr çoxfazlı süzülmənin xarakterik xüsusiyyətlərini təyin edirlər, belə ki,  $f_\alpha$  ( $\alpha = 1, 2, 3$ ) nisbi faza keçiricilikləri sıfır çevrildikdə uyğun fazanın hərəkəti kəsilir. Burada  $s_\alpha^*$  ( $\alpha = \overline{1, 3}$ ) - qiymətləri qalıt doymululuqlar adlanır.

Tutaq ki, (1) sistemində  $p_\alpha(r, t)$ , ( $\alpha = \overline{1, 3}$ ) funksiyaları axtarılan məchullardır. Onları aşağıdakı başlanğıc və sərhəd şərtlərindən tapırıq.

Fərz olunur ki,  $t = 0$  anında, yəni istismar başlayan ana qədər axtarılan funksiyaların qiymətləri məlumdur. Yəni,

$$p_\alpha(r, 0) = p_\alpha^0(r), \quad r_c \leq r \leq R, \quad \alpha = 1, 2, 3 \quad (5)$$

Sərhəd şərtləri baxılan məsələyə görə aşağıdakı kimi olur. İstismar quyu-sunda (yəni  $r = r_c$  - də) fərz olunur ki, laydan yalnız neft çıxarılır və bu zaman kapilyar sıçrayış effekti nəzərə alınmır:

$$\begin{cases} p_1(r, t) = \varphi_1(t), \\ \frac{\partial p_1}{\partial r} = \frac{\partial p_2}{\partial r}, \\ \frac{\partial p_3}{\partial r} = \frac{\partial p_2}{\partial r}, \quad r = r_c, \quad 0 < t \leq T \end{cases} \quad (6)$$

Xarici konturda (yəni  $r = R$  - də) fərz olunur ki, laya yalnız sıxışdırılan maye (su) vurulur və uyğun olaraq birinci və üçüncü fazaların axını yoxdur:

$$\begin{cases} \lambda_1 \psi_1 \frac{\partial p_1}{\partial r} = 0, \\ p_2(r, t) = \varphi_2(t), \\ \lambda_3 \frac{\partial p_3}{\partial r} = 0, \quad r = R, \quad 0 < t \leq T \end{cases} \quad (7)$$

Beləliklə, (5) - (7) şərtlərinə əsasən məsələni qısa şəkildə belə şərh etmək olar: elə  $p_\alpha(r, t)$  ( $\alpha = 1, 2, 3$ ) funksiyaları tapmaq tələb olunur ki, onlar (1) tənliklər sisteminə və (5) - (7) başlanğıc və sərhəd şərtlərini ödəsinlər.

## 2. Adaptiv şəbəkənin qurulma alqoritmı

Hər şeydən əvvəl çoxfazlı süzülmə məsələlərinin bir spesifik xüsusiyyətini qeyd edək. Belə ki, bütün tədqiq olunan proses dövründə, adətən, quyuların ətrafında, faza təzyiqlərinin kəskin dəyişməsi baş verir. Buna görə də çoxfazlı qeyri-xətti süzülmə proseslərini modelləşdirərkən sərhəd şərtlərini yüksək dəqiqliklə aproksimasiya etmək lazımdır, başqa sözlə desək, quyuların ətrafında şəbəkənin addımlarını kiçiltmək lazımdır [5,6].

Beləliklə,  $\Omega = \{(r, t) : r_c \leq r \leq R, 0 \leq t \leq T\}$  oblastını aşağıdakı qayda ilə qeyri - müntəzəm  $\bar{\omega}_{hr} = \bar{\omega}_h \times \bar{\omega}_\tau$  şəbəkəsi ilə örtürük.  $r$  -ə görə qeyri - müntəzəm  $\bar{\omega}_h$  şəbəkəsinin düyün nöqtələri aşağıdakı kimi təyin olunur :

$$\begin{aligned} \bar{r}_i &= \bar{r}_{i-1} + h, \quad i = \overline{1, M-1}; \quad \bar{r}_0 = r_c, \quad r_M = R, \\ \bar{h}_{i+1} &= n_i h_i, \quad i = 1, 2, \dots, i_0 - 2, \dots, i_0 + \bar{n}; \quad \bar{h}_1 = \bar{r}_0, \\ \bar{h}_{i_0} &= \begin{cases} 2h_{i_0-1}, & \varepsilon_r > 2\bar{h}_{i_0-1}, \\ 0,5(L_1 - \bar{r}_0 - \sum_{k=0}^{i_0-1} h_k), & \varepsilon_r \leq 2h_{i_0-1} \end{cases} \\ \bar{h}_{i_0+1} &= \begin{cases} h_{i_0}, & \varepsilon_r \leq 2\bar{h}_{i_0-1}, \\ L_1 - \bar{r}_0 - \sum_{k=0}^{i_0} h_k, & \varepsilon_r > 2\bar{h}_{i_0-1} \end{cases} \\ \bar{h}_{i_0+2} &= \frac{R-L_1}{n^*}, \quad h_{i_0+\bar{n}+i+1} = h_{i_0+\bar{n}-i+2}, \quad i = 1, 2, \dots, i_0 + n + 1 \end{aligned}$$

Burada

$$\begin{aligned} n_i &= \begin{cases} 1, & i = 1, 2, \dots, \bar{n}, i_0 + 2, \dots, i_0 + \bar{n}, \\ 2, & i = \bar{n} + 1, \bar{n} + 2, \dots, i_0 - 2, \end{cases} \\ i_0 &= \max\{i : \bar{r}_0 + \sum_{k=1}^{i-1} h_k + 6h_{i-2} \leq L_1\}, \\ \varepsilon_r &= L_1 - \bar{r}_0 - \sum_{k=0}^{i_0-1} h_k - 2h_{i_0-2}, \end{aligned}$$

$N - [\bar{r}_0, L_1]$  parçasının bölgüləri sayı,  $\bar{n} - \bar{h}_1 = \bar{r}_0$  sabit addımların sayı,  $n^*$  isə  $[L_1, R]$  parçasının bölgüləri sayıdır.

Baxılan məsələni iterasiyalı - fərq üsulu ilə həll edərkən daha yaxşı yığılma və nəticələrin dəqiqliyi üçün hesablamaları zamana görə artan addımla aparmaq məqsəd-dəuyğundur. Belə ki, bu vaxt hesablar  $t$  -yə görə çox kiçik addımdan başlayır və verilən  $T$ -yə qədər tədricən artırılır [5].

Buna əsasən  $\bar{\omega}_\tau$  şəbəkəsinin düyün nöqtələri aşağıdakı kimi təyin olunur :

$$\begin{aligned} t_n &= t_{n-1} + \tau_n, \quad n = \overline{1, N-1}, \quad t_0 = 0, \quad t_N = T, \\ \tau_n &= \begin{cases} l_t \cdot \tau_{n-1}, & 1 \leq n \leq n_{k-1}, \\ \tau_{max}, & n_k \leq n \leq N, \end{cases} \end{aligned}$$

Burada

$$\begin{aligned} l_t &= \begin{cases} 1, & k_n \neq 0 \\ \varepsilon_\tau, & k_n = 0 \end{cases} \\ k_n &= \frac{n}{k_c} - \left[ \frac{n}{k_c} \right], \quad n = 1, 2, \dots, n_{k-1}, \\ n_k &= \max\{n : \varepsilon_r \cdot \tau_n \leq \tau_{max}\}, \end{aligned}$$

Burada  $[\cdot]$  - tam hissə,  $k_c$  - tam müsbət ədəddir. Beləliklə,  $t$ -yə görə addımın artırılması hər  $k_c$  zaman qatından sonra baş verir, hesablamalarda  $k_c = 100$  və  $\tau_{başl.} = 4 \cdot 10^{-8}$  götürülüb.

## NƏTİCƏ

Baxılan işin əsas məqsədi neftin, qazın və suyun birgə axını zamanı mayelərin bəzi xassələri, həmçinin nisbi faza keçiricilikləri, kapilyar qüvvələr nəzərə alınmaqla (Rapoport - Lis modeli) müstəvi - radial süzülmə məsələsinin qoyuluşunun verilmə-sindən ibarətdir.

Çoxfazlı süzülmə məsələləri müəyyən spesifik xüsusiyyətlərə malik olduğundan, onların ədədi həlli zamanı bəzən ənənəvi sonlu fərqlər üsulunu istifadə etmək olmur. Ona görə də həllin xüsusiyyətlərini nəzərə alan, süni özlüklüyü və ədədi həllin ossilyasını azaldan, kəmiyyət və keyfiyyətə qənaətbəxş nəticələr verən adap-

tiv şəbəkələrdə fərq sxemlərinin işlənməsinə zərurət yaranır. Bu məqsədlə həllin xüsusiyyətlərini və fazaların bəzi xassələrini nəzərə alan adaptiv şəbəkələrin qurulma alqoritmi şərh olunmuşdur.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Б.В.Шалимов. Численное моделирование одномерной трехфазной филь-трации . // Изв.АН СССР, МЖГ, 1975,- №26-,С.59-66.
2. А.Х.Мирзаджанзаде. Вопросы гидродинамики вязкопластичных и вязких жидкостей в нефтедобыче. Баку,1959. 409 С.
3. В.Лапин. Об исследовании некоторых нелинейных задач теории фильтрации. //ЖВМ и МФ -. 1979,- т. 19, -№3, С. 689-700.
4. П.М.Огибалов, А.Х.Мирзаджанзаде. Нестационарные движения вязкоплас-тичных сред. Изд.МГУ, Издание 2-е, 1977, 372 С.
5. В.Г. Пирмамедов. Об одном разностно - итерационном методе в подвижных сетках решения некоторых нелинейных задач теории фильтрации и теплопро-водности. Деп в ВИНТИ, 11.07.1975г, № 2027 – 75. 28 С.
6. С. Ю. Касумов. К учету явления гистерезиса в задачах трехфазной филь-трации. Изв. АН Аз.Р, сер,физ. тех и мат.наук, 1998.т.18, -№5, С.35-41.

#### ОБ ОДНОЙ ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ ТРЕХФАЗНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ С.Ю. Гасымов, Р.С. Мамедов

Как известно с проблемами многофазной фильтрации связаны важные практические задачи химии, гидротехники, химической технологии и т.д.

В рассматриваемой работе приводится постановка задачи фильтрации нефти, газа и воды при их совместном течении, с учетом некоторых свойств жидкостей, а также относительных фазовых проницаемостей и капиллярных сил.

Для исследования учета влияния упомянутых факторов на процесс фильтрации излагается алгоритм построения адаптивной сетки, учитывающее свойства решения. Адаптивные сетки уменьшают искусственную вязкость и осциляцию численного решения, а также дает приемлемые результаты, в случае когда расчетная сетка имеет минимальное число точек.

#### ON ONE FORMULATION OF THE THREE-PHASE NONLINEAR FILTERING PROBLEM S.Y. Gasimov, R.S. Mammadov

As it is known, the problems of multiphase filtration are associated with important practical problems of chemistry, hydraulic engineering, chemical technology, etc.

In the present work, we pose the problem of filtering oil, gas and water during their joint flow, taking into account some properties of liquids, as well as relative phase permeabilities and capillary forces.

To study the influence of the mentioned factors on the filtration process, we describe an algorithm for constructing an adaptive grid that takes into account the properties of the solution. Adaptive grids reduce the artificial viscosity and the oscillation of the numerical solution, and also give acceptable results, even in the case when the computational grid has a minimum number of points.



УДК 517.977

АНАЛОГ ДИСКРЕТНОГО ПРИНЦИПА МАКСИМУМА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЫХ УПРАВЛЕНИЙ

М.М. Насияти

Институт Систем Управления НАН Азербайджана

E-mail: nasiyati\_m@mail.ru

*Резюме.* В настоящей работе рассматривается одна ступенчатая задача оптимального управления, описываемая системой дискретных двухпараметрических уравнений. При получении необходимого условия оптимальности, использован принцип максимума Л.С. Понтрягина.

Выведена формула приращения специального критерия качества. При помощи этой формулы приращения получен дискретный аналог принципа максимума Понтрягина. Исследован случай вырождения дискретного условия максимума.

**Ключевые слова:** ступенчатая задача оптимального управления, принцип максимума, дискретная двухпараметрическая система, необходимое условие оптимальности

**1. Введение**

Многие реальные процессы описываются дискретными многопараметрическими и в частности дискретными двухпараметрическими системами (см. напр. [1, 2]). Поэтому большой интерес представляет изучения задач оптимального управления дискретными двухпараметрическими системами (см. напр. [3-9]).

В предлагаемой работе для одной ступенчатой задачи управления установлено необходимое условие оптимальности особых в смысле принципа максимума Понтрягина управлений.

**2. Постановка задачи**

Допустим, что управляемый процесс описывается следующей дискретной двухпараметрической системой уравнений

$$\begin{aligned}
 z_1(t+1, x+1) &= f_1(t, x, z_1(t, x), z_1(t+1, x), z_1(t, x+1), u_1(t, x)), \\
 (t, x) &\in D_1 \{ (t, x): t = t_0, t_0 + 1, \dots, t_1 - 1, x = x_0, x_0 + 1, \dots, X - 1 \}, \\
 z_2(t+1, x+1) &= f_2(t, x, z_2(t, x), z_2(t+1, x), z_2(t, x+1), u_2(t, x)), \\
 (t, x) &\in D_2 \{ (t, x): t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2 - 1, x = x_0, x_0 + 1, \dots, X - 1 \}, \\
 z_3(t+1, x+1) &= f_3(t, x, z_3(t, x), z_3(t+1, x), z_3(t, x+1), u_3(t, x)), \\
 (t, x) &\in D_3 \{ (t, x): t = t_2, t_2 + 1, \dots, t_3 - 1, x = x_0, x_0 + 1, \dots, X - 1 \},
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

с краевыми условиями

$$\begin{aligned}
 z_1(t_0, x) &= \alpha_1(x), \quad x = x_0, x_0 + 1, \dots, X, \quad z_1(t, x_0) = \beta_1(t), \quad t = t_0, t_0 + 1, \dots, t_1, \\
 &\alpha_1(x_0) = \beta_1(t_0), \\
 z_2(t_1, x) &= z_1(t_1, x), \quad x = x_0, x_0 + 1, \dots, X, \quad z_2(t, x_0) = \beta_2(t), \quad t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2, \\
 &z_1(t_1, x_0) = \beta_2(t_1), \\
 z_3(t_2, x) &= z_2(t_2, x), \quad x = x_0, x_0 + 1, \dots, X, \quad z_3(t, x_0) = \beta_3(t), \quad t = t_2, t_2 + 1, \dots, t_3, \\
 &z_2(t_2, x_0) = \beta_3(t_2).
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Здесь  $f_i(t, x, z_i, a_i, b_i, u_i)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  – заданные  $n$ -мерные вектор-функции непрерывные по совокупности переменных вместе с частными производными по  $(z_i, a_i, b_i)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  до второго порядка включительно,  $\alpha_1(x)$ ,  $\beta_i(t)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  – заданные  $n$ -мерные дискретные вектор-функции,  $x_0$ ,  $t_i$ ,  $i = \overline{0, 3}$ ,  $X$  – заданы, а  $u_i(t, x)$ ,  $i = \overline{1, 3}$   $r$ -мерные вектор-функции управляющих воздействий со значениями из заданных непустых и ограниченных множеств  $U \subset R^r$ ,  $i = \overline{1, 3}$ , т.е.

$$u_i(t, x) \in U_i \subset R^r, \quad (t, x) \in D_i, \quad i = \overline{1, 3}. \quad (2.3)$$

Тройку  $u(t, x) = (u_1(t, x), u_2(t, x), u_3(t, x))'$  с вышеприведенными свойствами будем называть допустимым управлением, а соответствующее ему решение  $z(t, x) = (z_1(t, x), z_2(t, x), z_3(t, x))'$  краевой задачи (2.1)-(2.2), допустимым состоянием процесса.

Пару  $(u(t, x), z(t, x))$  будем называть допустимым процессом.

Задача заключается в минимизации функционала

$$S(u) = \sum_{i=1}^3 \varphi_i(z_i(t_i, X)), \quad (2.4)$$

при ограничениях (2.1)-(2.3).

Здесь  $\varphi_i(z_i)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  – заданные непрерывно дифференцируемые скалярные функции.

В дальнейшем задачу о минимуме функционала (2.4) при ограничениях (2.1)-(2.3) будем называть задачей (2.1)-(2.4).

Допустимый же процесс  $(u(t, x), z(t, x))$ , являющийся решением задачи (2.1)-(2.4), назовем оптимальным процессом.

### 3. Вспомогательные факты и специальное приращение критерия качества

Пусть  $(u(t, x), z(t, x))$  фиксированный допустимый процесс.

Введем обозначения

$$\begin{aligned} H_i(t, x, z_i, a_i, b_i, u_i, \psi_i) &= \psi_i' f_i(t, x, z_i, a_i, b_i, u_i), \\ \Delta_{v_i(t, x)} H_i[t, x] &\equiv H_i(t, x, z_i(t, x), z_i(t+1, x), z_i(t, x+1), v_i(t, x), \psi_i(t, x)) - \\ &- H_i(t, x, z_i(t, x), z_i(t+1, x), z_i(t, x+1), u_i(t, x), \psi_i(t, x)), \quad i = \overline{1, 3}, \\ \frac{\partial H_i[t, x]}{\partial a_i} &\equiv \frac{\partial H_i(t, x, z_i(t, x), z_i(t+1, x), z_i(t, x+1), u_i(t, x), \psi_i(t, x))}{\partial a_i}, \\ \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial a_i^2} &\equiv \frac{\partial^2 H_i(t, x, z_i(t, x), z_i(t+1, x), z_i(t, x+1), u_i(t, x), \psi_i(t, x))}{\partial a_i^2}, \\ \frac{\partial f_i[t, x]}{\partial a_i} &\equiv \frac{\partial f_i(t, x, z_i(t, x), z_i(t+1, x), z_i(t, x+1), u_i(t, x))}{\partial a_i}, \end{aligned}$$

где  $\psi_i = \psi_i(t, x)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  пока неизвестные  $n$ -мерные вектор-функции.

Предположим, что множества

$$f_i(t, x, z_i(t, x), z_i(t+1, x), z_i(t, x+1), U_i) = \quad (3.1)$$

$$= \{\gamma_i : \gamma_i = f_i(t, x, z_i(t, x), z_i(t+1, x), z_i(t, x+1), v_i(t, x)), v_i(t, x) \in U, (t, x) \in D_i\}, \quad i = \overline{1, 3}$$

выпуклы, где  $v_i(t, x)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  – произвольные допустимые управляющие вектор-функции.

Через  $u(t, x; \varepsilon) = (u_1(t, x; \varepsilon), u_2(t, x; \varepsilon), u_3(t, x; \varepsilon))'$  ( $0 \leq \varepsilon \leq 1$ ) обозначим произвольное допустимое управление такое, что

$$\begin{aligned} z_i(t+1, x+1; \varepsilon) &= f_i(t, x, z_i(t, x; \varepsilon), z_i(t+1, x; \varepsilon), z_i(t, x+1; \varepsilon), u_i(t, x; \varepsilon)) \equiv \\ &\equiv (1-\varepsilon) f_i(t, x, z_i(t, x; \varepsilon), z_i(t+1, x; \varepsilon), z_i(t, x+1; \varepsilon), u_i(t, x)) + \\ &+ \varepsilon f_i(t, x, z_i(t, x; \varepsilon), z_i(t+1, x; \varepsilon), z_i(t, x+1; \varepsilon), v_i(t, x)), \\ z_1(t_0, x; \varepsilon) &= \alpha_1(x), \quad x = x_0, x_0+1, \dots, X, \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned}
 z_1(t, x_0; \varepsilon) &= \beta_1(t), \quad t = t_0, t_0 + 1, \dots, t_1, \\
 z_2(t_1, x; \varepsilon) &= z_1(t_1, x; \varepsilon), \quad x = x_0, x_0 + 1, \dots, X, \\
 z_2(t, x_0; \varepsilon) &= \beta_2(t), \quad t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2, \\
 z_2(t_1, x_0; \varepsilon) &= \beta_2(t_1), \\
 z_3(t_2, x; \varepsilon) &= z_2(t_2, x; \varepsilon), \quad x = x_0, x_0 + 1, \dots, X, \quad z_3(t, x_0; \varepsilon) = \beta_3(t), \quad t = t_2, t_2 + 1, \dots, T, \\
 z_3(t_2, x_0; \varepsilon) &= \beta_3(t_2).
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

Положим по определению

$$y_i(t, x) = \left. \frac{\partial z_i(t, x; \varepsilon)}{\partial \varepsilon} \right|_{\varepsilon=0}, \quad i = \overline{1, 3}. \tag{3.4}$$

Из (3.2)-(3.3) получаем, что  $y_i(t, x)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  являются решениями соответственно следующих задач:

$$\begin{aligned}
 y_i(t+1, x+1) &= \frac{\partial f_i[t, x]}{\partial z_i} y_i(t, x) + \frac{\partial f_i[t, x]}{\partial a_i} y_i(t+1, x) + \frac{\partial f_i[t, x]}{\partial b_i} y_i(t, x+1) + \\
 &+ \Delta_{v_i(t, x)} f_i[t, x], \quad i = \overline{1, 3},
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

$$\begin{aligned}
 y_1(t_0, x) &= 0, \quad x = x_0, x_0 + 1, \dots, X, \quad y_1(t, x_0) = 0, \quad t = t_0, t_0 + 1, \dots, t_1, \\
 y_2(t_1, x) &= y_1(t_1, x), \quad x = x_0, x_0 + 1, \dots, X, \quad y_2(t, x_0) = 0, \quad t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2, \\
 y_3(t_2, x) &= y_2(t_2, x), \quad x = x_0, x_0 + 1, \dots, X, \quad y_3(t, x_0) = 0, \quad t = t_2, t_2 + 1, \dots, t_3,
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

С другой стороны, приращение критерия качества, соответствующее допустимым управлениям  $u(t, x; \varepsilon)$  и  $u(t, x)$ , имеет вид

$$\begin{aligned}
 \Delta S_\varepsilon(u) &= S(u(t, x; \varepsilon)) - S(u(t, x)) = [\varphi_1(z_1(t_1, X; \varepsilon)) - \varphi_1(z_1(t_1, X))] + \\
 &+ [\varphi_2(z_2(t_2, X; \varepsilon)) - \varphi_2(z_2(t_2, X))] + [\varphi_3(z_3(t_3, X; \varepsilon)) - \varphi_3(z_3(t_3, X))].
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

Если предположить, что  $\psi_i(t, x)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  являются решениями следующей задачи

$$\psi_i(t-1, x-1) = \frac{\partial H_i[t, x]}{\partial z_i} + \frac{\partial H_i[t-1, x]}{\partial a_i} + \frac{\partial H_i[t, x-1]}{\partial b_i}, \quad i = \overline{1, 3}, \tag{3.8}$$

$$\psi_1(t_1-1, X-1) = \psi_2(t_1-1, X-1) - \frac{\partial \varphi_1(z_1(t_1, X))}{\partial z_1}, \tag{3.9}$$

$$\psi_1(t_1-1, x-1) = \psi_2(t_1-1, x-1) + \frac{\partial H_1[t_1-1, x]}{\partial a_1} - \frac{\partial H_2[t_1-1, x]}{\partial a_2},$$

$$\psi_1(t-1, X-1) = \frac{\partial H_1[t, X-1]}{\partial b_1},$$

$$\psi_2(t_2-1, X-1) = \psi_3(t_2-1, X-1) - \frac{\partial \varphi_2(z_2(t_2, X))}{\partial z_2},$$

$$\psi_2(t_2-1, x-1) = \psi_3(t_2-1, x-1) + \frac{\partial H_2[t_2-1, x]}{\partial a_2} - \frac{\partial H_3[t_2-1, x]}{\partial a_3},$$

$$\psi_2(t-1, X-1) = \frac{\partial H_2[t, X-1]}{\partial b_2}, \quad \psi_3(t_3-1, X-1) = -\frac{\partial \varphi_3(z_3(t_3, X))}{\partial z_3},$$

$$\psi_3(t_3 - 1, x - 1) = \frac{\partial H_3[t_3 - 1, x]}{\partial a_3}, \quad \psi_3(t - 1, X - 1) = \frac{\partial H_3[t, X - 1]}{\partial b_3},$$

то формула приращения (3.7) может быть представлено в виде:

$$\begin{aligned} \Delta S_\varepsilon(u) = & -\varepsilon \sum_{i=1}^3 \sum_{t=t_{i-1}}^{t_i-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \Delta_{v_i(t,x)} H_i[t, x] + \frac{\varepsilon^2}{2} \left\{ \sum_{i=1}^3 y'_i(t_i, X) \frac{\partial^2 \varphi_i(z_i(t_i, X))}{\partial z_i^2} y_i(t_i, X) - \right. \\ & - \sum_{i=1}^3 \sum_{t=t_{i-1}}^{t_i-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \left[ 2 \frac{\partial \Delta_{v_i(t,x)} H'_i[t, x]}{\partial z_i} y_i(t, x) + 2 \frac{\partial \Delta_{v_i(t,x)} H'_i[t, x]}{\partial a_i} y_i(t+1, x) + \right. \\ & + 2 \frac{\partial \Delta_{v_i(t,x)} H'_i[t, x]}{\partial b_i} y_i(t, x+1) \left. \right] - \sum_{i=1}^3 \sum_{t=t_{i-1}}^{t_i-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \left[ y'_i(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i^2} y_i(t, x) + \right. \\ & + y'_i(t+1, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial a_i \partial z_i} y_i(t, x) + y'_i(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i \partial a_i} y_i(t+1, x) + y'_i(t+1, x) \times \\ & \times \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial a_i^2} y_i(t+1, x) + y'_i(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i \partial b_i} y_i(t, x+1) + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i \partial z_i} y_i(t, x) + \\ & + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i^2} y_i(t, x+1) + y'_i(t+1, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial a_i \partial b_i} y_i(t, x+1) + \\ & \left. \left. + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i \partial a_i} y_i(t+1, x) + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i^2} y_i(t, x+1) \right] \right\} + o(\varepsilon^2). \end{aligned} \quad (3.10)$$

#### 4. Необходимое условие оптимальности типа принципа максимума Понтрягина и исследование особых управлений

Формула приращения (3.10) играет важную роль при выводе различных необходимых условий оптимальности, в частности при получении дискретного аналога принципа максимума Понтрягина.

$$1) \sum_{t=t_0}^{t_1-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \Delta_{v_1(t,x)} H_1[t, x] \leq 0, \quad (4.1)$$

для всех  $v_1(t, x) \in U_1, (t, x) \in D_1$ ;

$$2) \sum_{t=t_1}^{t_2-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \Delta_{v_2(t,x)} H_2[t, x] \leq 0, \quad (4.2)$$

для всех  $v_2(t, x) \in U_2, (t, x) \in D_2$ ;

$$3) \sum_{t=t_2}^{t_3-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \Delta_{v_3(t,x)} H_3[t, x] \leq 0, \quad (4.3)$$

для всех  $v_3(t, x) \in U_3, (t, x) \in D_3$ .

Докажем например, неравенство (4.1). В разложении (3.10), полагая  $v_i(t, x) = u_i(t, x)$ ,  $i = 2, 3$ , получим

**Теорема 4.1.** (Дискретный аналог принципа максимума Понтрягина) Если множества (3.1) выпуклы, то для оптимальности допустимого управления  $u(t, x) = (u_1(t, x), u_2(t, x), u_3(t, x))'$  в задаче (2.1)-(2.4) необходимо, чтобы выполнялись следующие соотношения

$$\Delta S_\varepsilon(u) = -\varepsilon \sum_{t=t_0}^{t_1-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \Delta_{v_1(t,x)} H_1[t,x] + o(\varepsilon) \geq 0.$$

Отсюда, в силу произвольности  $\varepsilon \in [0,1]$  следует неравенство (4.1).

Соотношения (4.2), (4.3) доказываются симметричными рассуждениями.

Соотношения (4.1)-(4.3) представляют собой необходимое условие оптимальности

первого порядка типа принципа максимума Понтрягина.

Но нередки случаи (см. напр. [3-5, 7-9]) когда для различных задач оптимального управления принцип максимума Понтрягина или же его аналоги вырождаются. В этом случае необходимы новые условия оптимальности

**. Определение 4.1.** Если в задаче (2.1)-(2.4) для всех  $v_i(t,x) \in U_i$ ,  $(t,x) \in D_i$ ,  $i = \overline{1,3}$

$$\sum_{t=t_{i-1}}^{t_i-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \Delta_{v_i(t,x)} H_i[t,x] = 0, \quad i = \overline{1,3} \quad (4.4)$$

соответственно, то допустимое управление  $u(t,x) = (u_1(t,x), u_2(t,x), u_3(t,x))'$  назовем особым, в смысле принципа максимума Понтрягина, управлением.

Пусть  $u(t,x) = (u_1(t,x), u_2(t,x), u_3(t,x))'$  особое, в смысле принципа максимума Понтрягина, управление. При этом разложение (3.10) примет следующий вид:

$$\begin{aligned} \Delta S_\varepsilon(u) = & \frac{\varepsilon^2}{2} \left\{ \sum_{i=1}^3 y'_i(t_i, X) \frac{\partial^2 \varphi_i(z_i(t_i, X))}{\partial z_i^2} y_i(t_i, X) - 2 \sum_{i=1}^3 \sum_{t=t_{i-1}}^{t_i-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \left[ \frac{\partial \Delta_{v_i(t,x)} H'_i[t,x]}{\partial z_i} \times \right. \right. \\ & \times y_i(t,x) + \frac{\partial \Delta_{v_i(t,x)} H'_i[t,x]}{\partial a_i} y_i(t+1,x) + \left. \frac{\partial \Delta_{v_i(t,x)} H'_i[t,x]}{\partial b_i} y_i(t,x+1) \right] - \\ & - \sum_{i=1}^3 \sum_{t=t_{i-1}}^{t_i-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \left[ y'_i(t,x) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial z_i^2} y_i(t,x) + y'_i(t+1,x) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial a_i \partial z_i} y_i(t,x) + \right. \\ & + y'_i(t,x) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial z_i \partial a_i} y_i(t+1,x) + y'_i(t+1,x) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial a_i^2} y_i(t+1,x) + y'_i(t,x) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial z_i \partial b_i} \times \\ & \times y_i(t,x+1) + y'_i(t,x+1) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial b_i \partial z_i} y_i(t,x) + y'_i(t,x+1) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial b_i^2} y_i(t,x+1) + \\ & \left. \left. + y'_i(t+1,x) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial a_i \partial b_i} y_i(t,x+1) + y'_i(t,x+1) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial b_i \partial a_i} y_i(t+1,x) \right] \right\} + o(\varepsilon^2). \end{aligned} \quad (4.5)$$

Из разложения (4.5) в силу произвольности и независимости управляющих функций  $v_i(t,x)$ ,  $i = \overline{1,3}$  следует

**Теорема 4.2.** При сделанных предположениях для оптимальности особого, в смысле принципа максимума Понтрягина, управления  $u(t,x) = (u_1(t,x), u_2(t,x), u_3(t,x))'$  в задаче (2.1)-(2.4) необходимо, чтобы выполнялись соотношения

$$1) \sum_{i=1}^3 \sum_{t=t_{i-1}}^{t_i-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \left[ y'_i(t,x) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial z_i^2} y_i(t,x) + y'_i(t,x) \frac{\partial^2 H_i[t,x]}{\partial z_i \partial a_i} y_i(t+1,x) + \right. \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned}
 & + y'_i(t+1, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial a_i \partial z_i} y_i(t, x) + y'_i(t+1, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial a_i^2} y_i(t+1, x) + y'_i(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i \partial b_i} \times \\
 & \times y_i(t, x+1) + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i \partial z_i} y_i(t, x) + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i^2} y_i(t, x+1) + \\
 & + y'_i(t+1, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial a_i \partial b_i} y_i(t, x+1) + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i \partial a_i} y_i(t+1, x) \Big] + \\
 & + 2 \frac{\partial \Delta_{v_1(t, x)} H_1[t, x]}{\partial z_1} y_1(t, x) + 2 \frac{\partial \Delta_{v_1(t, x)} H_1[t, x]}{\partial a_1} y_1(t+1, x) + \\
 & + 2 \frac{\partial \Delta_{v_1(t, x)} H_1[t, x]}{\partial b_1} y_1(t, x+1) - \sum_{i=1}^3 y'_i(t_i, X) \frac{\partial^2 \varphi_i(z_i(t_i, X))}{\partial z_i^2} y_i(t_i, X) \leq 0,
 \end{aligned}$$

для всех  $v_1(t, x) \in U_1, (t, x) \in D_1$ ;

$$\begin{aligned}
 2) \sum_{i=1}^3 \sum_{t=t_{i-1}}^{t_i-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} & \left[ y'_i(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i^2} y_i(t, x) + y'_i(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i \partial a_i} y_i(t+1, x) + \right. \\
 & + y'_i(t+1, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial a_i \partial z_i} y_i(t, x) + y'_i(t+1, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial a_i^2} y_i(t+1, x) + y'_i(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i \partial b_i} \times \\
 & \times y_i(t, x+1) + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i \partial z_i} y_i(t+1, x) + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i^2} y_i(t, x+1) + \\
 & \left. + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial a_i \partial b_i} y_i(t, x+1) + y'_i(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i \partial a_i} y_i(t+1, x) \right] + \\
 & + 2 \frac{\partial \Delta_{v_2(t, x)} H_2[t, x]}{\partial z_2} y_2(t, x) + 2 \frac{\partial \Delta_{v_2(t, x)} H_2[t, x]}{\partial a_2} y_2(t+1, x) + 2 \frac{\partial \Delta_{v_2(t, x)} H_2[t, x]}{\partial b_2} \times \\
 & \times y_2(t, x+1) - \sum_{i=1}^3 y'_i(t_i, X) \frac{\partial^2 \varphi_i(z_i(t_i, X))}{\partial z_i^2} y_i(t_i, X) \leq 0,
 \end{aligned} \tag{4.7}$$

для всех  $v_2(t, x) \in U_2, (t, x) \in D_2$ ;

$$\begin{aligned}
 3) \sum_{t=t_2}^{t_3-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} & \left[ y'_3(t, x) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial z_3^2} y_3(t, x) + y'_3(t, x) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial z_3 \partial a_3} y_3(t+1, x) + \right. \\
 & + y'_3(t+1, x) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial a_3 \partial z_3} y_3(t, x) + y'_3(t+1, x) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial a_3^2} y_3(t+1, x) + y'_3(t, x) \times
 \end{aligned} \tag{4.8}$$

$$\begin{aligned} & \times \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial z_3 \partial b_3} y_3(t, x+1) + y_3'(t, x+1) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial b_3 \partial z_3} y_3(t, x) + y_3'(t, x+1) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial b_3^2} \times \\ & \times y_3(t, x+1) + y_3'(t+1, x) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial a_3 \partial b_3} y_3(t, x+1) + y_3'(t, x+1) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial b_3 \partial a_3} y_3(t+1, x) \Big] + \\ & + 2 \frac{\partial \Delta_{v_3(t, x)} H_3[t, x]}{\partial z_3} y_3(t, x) + 2 \frac{\partial \Delta_{v_3(t, x)} H_3[t, x]}{\partial a_3} y_3(t+1, x) + 2 \frac{\partial \Delta_{v_3(t, x)} H_3[t, x]}{\partial b_3} \times \\ & \times y_3(t, x+1) - y_3'(t_3, X) \frac{\partial^2 \varphi_3(z_3(t_3, X))}{\partial z_3^2} y_3(t_3, X) \leq 0, \end{aligned}$$

для всех  $v_3(t, x) \in U_3, (t, x) \in D_3$ .

Соотношения (4.6)-(4.8) являются довольно общими необходимыми условиями оптимальности особых, в смысле принципа максимума Понтрягина управлений, но они вместе с тем носят промежуточный, базовый характер. Используя их при некоторых дополнительных предположениях удается получить необходимые условия

оптимальности, явно выраженные через параметры задачи (2.1)-(2.4).

С этой целью сначала получим представления решений уравнений в вариациях.

Пусть  $R_i(t, x; \tau, s), i = \overline{1, 3}$  ( $n \times n$ ) матричные функции, являющиеся решениями следующих линейных дискретных двухпараметрических систем.

$$\begin{aligned} R_i(t, x; \tau - 1, s - 1) &= R_i(t, x; \tau, s) \frac{\partial f_i[\tau, s]}{\partial z_i} + R_i(t, x; \tau - 1, s) \frac{\partial f_i[\tau - 1, s]}{\partial a_i} + \\ &+ R_i(t, x; \tau, s - 1) \frac{\partial f_i[\tau, s - 1]}{\partial b_i}, \quad i = \overline{1, 2}, \end{aligned} \tag{4.9}$$

с краевыми условиями

$$\begin{aligned} R_i(t, x; \tau - 1, x - 1) &= R_i(t, x; \tau, x - 1) \frac{\partial f_i[\tau, x - 1]}{\partial b_i}, \quad i = \overline{1, 3}, \\ R_i(t, x; t - 1, s - 1) &= R_i(t, x; t - 1, s) \frac{\partial f_i[t - 1, s]}{\partial a_i}, \quad i = \overline{1, 3}, \end{aligned} \tag{4.10}$$

$$R_i(t, x; t - 1, x - 1) = E, \quad i = \overline{1, 3},$$

( $E - (n \times n)$  - мерная единичная матрица).

Из (3.5)-(3.6) на основе формулы о представлении решений линейных неоднородных дискретных двухпараметрических систем (см. напр. [6]), получим

$$y_1(t, x) = \sum_{\tau=t_0}^{t-1} \sum_{s=x_0}^{x-1} R_1(t, x; \tau, s) \Delta_{v_1(\tau, s)} f_1[\tau, s], \tag{4.11}$$

$$y_2(t, x) = R_2(t, x; t_1 - 1, x - 1) \delta z_1(t_1, x) + \sum_{s=x_0}^{x-1} \left[ R_2(t, x; t_1 - 1, s - 1) - R_2(t, x; t_1 - 1, s) \frac{\partial f_2[t_1 - 1, s]}{\partial a_2} \right] \delta z_1(t_1, x) + \sum_{\tau=t_1}^{t-1} \sum_{s=x_0}^{x-1} R_2(t, x; \tau, s) \Delta_{v_2(\tau, s)} f_2[\tau, s], \quad (4.12)$$

$$y_3(t, x) = R_3(t, x; t_2 - 1, x - 1) \delta z_2(t_2, x) + \sum_{s=x_0}^{x-1} \left[ R_3(t, x; t_2 - 1, s - 1) - R_3(t, x; t_2 - 1, s) \frac{\partial f_3[t_2 - 1, s]}{\partial a_3} \right] \delta z_2(t_2, x) + \sum_{\tau=t_2}^{t-1} \sum_{s=x_0}^{x-1} R_3(t, x; \tau, s) \Delta_{v_3(\tau, s)} f_3[\tau, s]. \quad (4.13)$$

Займемся преобразованием представлений (4.12), (4.13).

Принимая во внимание (2.37) и полагая

$$Q_1(t, x; \tau, s) = R_2(t, x; t_1 - 1, x - 1) R_1(t_1, x; \tau, s) + \sum_{\beta=s+1}^{x-1} \left[ R_2(t, x; t_1 - 1, \beta - 1) - R_2(t, x; t_1 - 1, \beta) \frac{\partial f_2[t_1 - 1, \beta]}{\partial a_2} \right] R_1(t_1, \beta; \tau, s), \quad (4.14)$$

представление (4.12) представляется в следующем виде:

$$y_2(t, x) = \sum_{\tau=t_0}^{t-1} \sum_{s=x_0}^{x-1} Q_1(t, x; \tau, s) \Delta_{v_1(\tau, s)} f_1[\tau, s] + \sum_{\tau=t_1}^{t-1} \sum_{s=x_0}^{x-1} R_2(t, x; \tau, s) \Delta_{v_2(\tau, s)} f_2[\tau, s]. \quad (4.15)$$

Далее доказывается, что

$$y_3(t, x) = \sum_{\tau=t_0}^{t-1} \sum_{s=x_0}^{x-1} Q_2(t, x; \tau, s) \Delta_{v_1(\tau, s)} f_1[\tau, s] + \sum_{\tau=t_1}^{t-1} \sum_{s=x_0}^{x-1} Q_3(t, x; \tau, s) \Delta_{v_2(\tau, s)} f_2[\tau, s] + \sum_{\tau=t_2}^{t-1} \sum_{s=x_0}^{x-1} R_3(t, x; \tau, s) \Delta_{v_3(\tau, s)} f_3[\tau, s], \quad (4.16)$$

где по определению

$$Q_2(t, x; \tau, s) = R_3(t, x; t_2 - 1, x - 1) Q_1(t_2, x; \tau, s) + \sum_{\beta=s+1}^{x-1} \left[ R_3(t, x; t_2 - 1, \beta - 1) - R_3(t, x; t_2 - 1, \beta) \frac{\partial f_3[t_2 - 1, \beta]}{\partial a_3} \right] Q_1(t_2, \beta; \tau, s), \quad (4.17)$$

$$Q_3(t, x; \tau, s) = R_3(t, x; t_2 - 1, x - 1) R_2(t_2, x; \tau, s) + \sum_{\beta=s+1}^{x-1} (R_3(t, x; t_2 - 1, \beta - 1) - R_3(t, x; t_2 - 1, \beta)) \frac{\partial f_3[t_2 - 1, \beta]}{\partial a_3} R_2(t_2, \beta; \tau, s). \quad (4.18)$$

Теперь предположим, что  $f_i(t, x, z_i, a_i, b_i, u_i)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  имеют следующий вид:

$$f_i(t, x, z_i, a_i, b_i, u_i) = A_i(t, x) a_i + \Phi_i(t, x, z_i, b_i, u_i). \quad (4.19)$$

Здесь  $A_i(t, x)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  – заданные  $(n \times n)$  матричные функции, а  $\Phi_i(t, x, z_i, b_i, u_i)$ ,  $i = \overline{1, 3}$  удовлетворяют тем же условиям гладкости, что и  $f_i(t, x, z_i, a_i, b_i, u_i)$ ,  $i = \overline{1, 3}$ .

При выполнении (4.19) соотношения (4.6)-(4.8) примут соответственно следующий вид:



$$\begin{aligned}
 1) \quad & \sum_{i=1}^3 \left\{ \sum_{t=t_i-1}^{t_i-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \left[ y_i'(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i^2} y_i(t, x) + y_i'(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i \partial b_i} y_i(t, x+1) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + y_i'(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i \partial z_i} y_i(t, x) + y_i'(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i^2} y_i(t, x+1) \right] \right\} - \\
 & - \sum_{t=t_0}^{t_1-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \left[ 2 \frac{\partial \Delta_{v_1(t, x)} H_1'[t, x]}{\partial z_1} y_1(t, x) + 2 \frac{\partial \Delta_{v_1(t, x)} H_1'[t, x]}{\partial b_1} y_1(t, x+1) \right] - \quad (4.20) \\
 & - \sum_{i=1}^3 y_i'(t_i, X) \frac{\partial^2 \varphi_i(z_i(t_i, X))}{\partial z_i^2} y_i(t_i, X) \leq 0,
 \end{aligned}$$

для всех  $v_1(t, x) \in U_1, (t, x) \in D_1$ ;

$$\begin{aligned}
 2) \quad & \sum_{i=2}^3 \sum_{x=x_0}^{X-1} \sum_{t=t_i-1}^{t_i-1} \left[ y_i'(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i^2} y_i(t, x) + y_i'(t, x) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial z_i \partial b_i} y_i(t, x+1) + \quad (4.21) \right. \\
 & \left. + y_i'(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i \partial z_i} y_i(t, x) + y_i'(t, x+1) \frac{\partial^2 H_i[t, x]}{\partial b_i^2} y_i(t, x+1) \right] + 2 \frac{\partial \Delta_{v_2(t, x)} H_2'[t, x]}{\partial z_2} \times \\
 & \times y_2(t, x) + 2 \frac{\partial \Delta_{v_2(t, x)} H_2'[t, x]}{\partial b_2} y_2(t, x+1) - \sum_{i=2}^3 y_i'(t_i, X) \frac{\partial^2 \varphi_i(z_i(t_i, X))}{\partial z_i^2} y_i(t_i, X) \leq 0,
 \end{aligned}$$

для всех  $v_2(t, x) \in U_2, (t, x) \in D_2$ ;

$$\begin{aligned}
 3) \quad & \sum_{t=t_2}^{t_3-1} \sum_{x=x_0}^{X-1} \left[ y_3'(t, x) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial z_3^2} y_3(t, x) + y_3'(t, x) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial z_3 \partial b_3} y_3(t, x+1) + \right. \\
 & \left. + y_3'(t, x+1) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial b_3 \partial z_3} y_3(t, x) + y_3'(t, x+1) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial b_3^2} y_3(t, x+1) \right] - \quad (4.22) \\
 & - y_3'(t_3, X) \frac{\partial^2 \varphi_3(z_3(t_3, X))}{\partial z_3^2} y_3(t_3, X) \leq 0,
 \end{aligned}$$

для всех  $v_3(t, x) \in U_3, (t, x) \in D_3$ .

Используя неявные необходимые условия оптимальности (4.20)-(4.22) перейдем к выводу необходимых условий оптимальности, особых в смысле принципа

максимума Понтрягина управлений, непосредственно выраженные через параметры задачи (2.1)-(2.4), (4.19).

С этой целью, используя произвольность  $v_1(t, x) \in U, (t, x) \in D_1$  его на этот раз определим по формуле

$$v_1^*(t, x) = \begin{cases} w_1(t), & t = t_0, t_0 + 1, \dots, t_1 - 1, \quad x = \xi, \\ u_1(t, x), & t = t_0, t_0 + 1, \dots, t_1 - 1, \quad x \neq \xi, \end{cases} \quad (4.23)$$

где  $w_1(t) \in U_1, t = t_0, t_0 + 1, \dots, t_1 - 1$ .

Через  $y_i^*(t, x), i = \overline{1, 3}$  обозначим решения  $y_i^*(t, x), i = \overline{1, 3}$  систем (2.10)-(2.11), соответствующие  $v_1^*(t, x)$ , определяемая формулой (4.23).

Из представлений (4.11), (4.15), (4.16) следует, что

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1^*(t, x) = \begin{cases} 0, & x = x_0, x_0 + 1, \dots, \xi; \quad t = t_0, t_0 + 1, \dots, t_1, \\ \sum_{\tau=t_0}^{t-1} R_1(t, x; \tau, \xi) \Delta_{w(\tau)} f_1[\tau, \xi], & x \geq \xi + 1, \end{cases} \\ y_2^*(t, x) = \begin{cases} 0, & x = x_0, x_0 + 1, \dots, \xi; \quad t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2, \\ \sum_{\tau=t_0}^{t_1-1} Q_1(t, x; \tau, \xi) \Delta_{w(\tau)} f_1[\tau, \xi], & x \geq \xi + 1, \end{cases} \\ y_3^*(t, x) = \begin{cases} 0, & x = x_0, x_0 + 1, \dots, \xi; \quad t = t_2, t_2 + 1, \dots, t_3, \\ \sum_{\tau=t_0}^{t-1} Q_2(t, x; \tau, \xi) \Delta_{w(\tau)} f_2[\tau, \xi], & x \geq \xi + 1. \end{cases} \end{array} \right. \quad (4.24)$$

Введя обозначение

$$\begin{aligned} K_1(\tau, s) = & -R_1'(t_1, X; \tau, \xi) \frac{\partial^2 \varphi_1(z_1(t_1, X))}{\partial z_1^2} R_1(t_1, X; s, \xi) - Q_1'(t_2, X; \tau, \xi) \times \\ & \times \frac{\partial^2 \varphi_2(z_2(t_2, X))}{\partial z_2^2} Q_1(t_2, X; s, \xi) - Q_2'(t_3, X; \tau, \xi) \frac{\partial^2 \varphi_3(z_3(t_3, X))}{\partial z_3^2} Q_2(t_3, X; s, \xi) - \\ & - \sum_{t=\max(\tau, s)+1}^{t_1-1} \sum_{x=\xi+1}^{X-1} \left[ R_1'(t, x; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_1[t, x]}{\partial z_1^2} R_1(t, x; s, \xi) + R_1'(t, x; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_1[t, x]}{\partial z_1 \partial b_1} \times \right. \\ & \times R_1(t, x+1; s, \xi) + R_1'(t, x+1; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_1[t, x]}{\partial b_1 \partial z_1} R_1(t, x; s, \xi) \left. \right] + \\ & + \sum_{t=\max(\tau, s)+1}^{t_1-1} \sum_{x=\xi}^{X-1} R_1'(t, x+1; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_1[t, x]}{\partial b_1^2} R_1(t, x+1; s, \xi) + \\ & + \sum_{t=t_1}^{t_1-1} \sum_{x=\xi+1}^{X-1} \left[ Q_1'(t, x; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_2[t, x]}{\partial z_2^2} Q_1(t, x; s, \xi) + Q_1'(t, x; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_2[t, x]}{\partial z_2 \partial b_2} \times \right. \\ & \times Q_1(t, x+1; s, \xi) + Q_1'(t, x+1; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_2[t, x]}{\partial b_2 \partial z_2} Q_1(t, x; s, \xi) \left. \right] + \sum_{t=t_1}^{t_2-1} \sum_{x=\xi}^{X-1} Q_1'(t, x+1; \tau, \xi) \times \\ & \times \frac{\partial^2 H_2[t, x]}{\partial b_2^2} Q_1(t, x+1; s, \xi) + \sum_{t=t_2}^{t_3-1} \sum_{x=\xi+1}^{X-1} \left[ Q_2'(t, x; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial z_3^2} Q_2(t, x; s, \xi) + \right. \\ & + Q_2'(t, x; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial z_3 \partial b_3} Q_2(t, x+1; s, \xi) + Q_2'(t, x+1; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial b_3 \partial z_3} Q_2(t, x; s, \xi) \left. \right] + \\ & + \sum_{t=t_2}^{t_3-1} \sum_{x=\xi}^{X-1} Q_2'(t, x+1; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial b_3^2} Q_2(t, x+1; s, \xi), \end{aligned}$$

при помощи (4.24) неравенство (4.20) можно записать в следующем, окончательном виде:

$$\begin{aligned} & \sum_{\tau=\xi}^{t_1-1} \sum_{s=\xi}^{t_1-1} \Delta_{w_1(\tau)} f_1'[\tau, \xi] K_4(\tau, s) \Delta_{w_1(s)} f_1[s, \xi] + \\ & + 2 \sum_{t=\xi}^{t_1-1} \left[ \sum_{\tau=\xi}^{t-1} \frac{\partial \Delta_{w_1(t)} H_1[t, \xi]}{\partial b_1} R_1(t, x+1; \tau, s) \Delta_{w_1(\tau)} f_1[\tau, \xi] \right] \leq 0. \end{aligned} \quad (4.25)$$

Пусть теперь в неравенстве (4.21)

$$v_2^*(t, x) = \begin{cases} w_2(t), & t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2 - 1, \quad x = \xi, \\ u_2(t, x), & t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2 - 1, \quad x \neq \xi, \end{cases} \quad (4.26)$$

где  $w_2(t) \in U_2$ ,  $t = t_1, \dots, t_2 - 1$  произвольный вектор.

При этом из представлений (4.11), (4.15), (4.16) следует, что

$$\begin{aligned} & y_1^*(t, x) \equiv 0, \quad (t, x) \in D_1 \cup (t, x_1), \\ & y_2^*(t, x) = \begin{cases} 0, & t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2 - 1; \quad x = x_0, x_0 + 1, \dots, \xi, \\ \sum_{\tau=t_1}^{t-1} R_2(t, x; \tau, \xi) \Delta_{w_2(\tau)} f_2[\tau, \xi], & x > \xi, \quad t = t_1, t_1 + 1, \dots, t_2, \end{cases} \\ & y_3^*(t, x) = \begin{cases} 0, & t = t_2, t_2 + 1, \dots, t_3; \quad x = x_0, x_0 + 1, \dots, \xi, \\ \sum_{\tau=t_1}^{t_2-1} Q_3(t, x; \tau, \xi) \Delta_{w_2(\tau)} f_2[\tau, \xi], & x \geq \xi + 1, \quad t = t_2, t_2 + 1, \dots, t_3. \end{cases} \end{aligned} \quad (4.27)$$

Используя представления (4.27), из неравенства (4.21) получим

$$\begin{aligned} & \sum_{\tau=t_1}^{t_2-1} \sum_{s=t_1}^{t_2-1} \Delta_{w_2(\tau)} f_2'[\tau, \xi] K_5(\tau, s) \Delta_{w_2(s)} f_2[s, \xi] + \\ & + 2 \sum_{t=t_1}^{t_2-1} \left[ \sum_{\tau=\xi}^{t-1} \frac{\partial \Delta_{w_2(t)} H_2'[t, \xi]}{\partial b_2} R_2(t, x+1; \tau, s) \Delta_{w_2(\tau)} f_2[\tau, \xi] \right] \leq 0. \end{aligned} \quad (4.28)$$

Наконец, пусть в неравенстве (4.22)

$$v_3^*(t, x) = \begin{cases} w_3(t), & t = t_2, t_2 + 1, \dots, t_3 - 1, \quad x = \xi, \\ u_3(t, x), & t = t_2, t_2 + 1, \dots, t_3 - 1, \quad x \neq \xi, \end{cases} \quad (4.29)$$

где  $w_3(t) \in U_3$ ,  $t = t_1, \dots, t_2 - 1$  произвольный вектор,  $\xi$  – произвольная точка.

Положим

$$\begin{aligned} & K_6(\tau, s) = -R_3'(t_3, X; \tau, \xi) \frac{\partial^2 \varphi_3(z_3(t_3, X))}{\partial z_3^2} R_3(t_3, X; s, \xi) + \\ & + \sum_{t=\max(\tau, s)+1}^{t_3-1} \left\{ \sum_{x=\xi}^{X-1} R_3'(t, x+1; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial z_3^2} R_3(t, x+1; s, \xi) + \right. \\ & \quad \left. + \sum_{x=\xi+1}^{X-1} \left[ R_3'(t, x; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial z_3^2} R_3(t, x; s, \xi) + \right. \right. \\ & \quad \left. \left. + R_3'(t, x+1; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial b_3 \partial z_3} R_3(t, x; s, \xi) + R_3'(t, x; \tau, \xi) \frac{\partial^2 H_3[t, x]}{\partial z_3 \partial b_3} R_3(t, x+1; s, \xi) \right] \right\}. \end{aligned}$$

Используя (4.29) по схеме, аналогичной схеме доказательства (4.28) из неравенства (4.22) получаем, что

$$\begin{aligned} & \sum_{\tau=t_2}^{t_3-1} \sum_{s=t_2}^{t_3-1} \Delta_{w_3(\tau)} f_3'[\tau, \xi] K_6(\tau, s) \Delta_{w_3(\tau)} f_3[s, \xi] + \\ & + 2 \sum_{t=t_2}^{t_3-1} \left[ \sum_{\tau=t_2}^{t-1} \frac{\partial \Delta_{w_3(t)} H_3'[t, \xi]}{\partial b_3} R_3(t, x+1; \tau, s) \Delta_{w_3(\tau)} f_3[\tau, \xi] \right] \leq 0. \end{aligned} \quad (4.30)$$

Резюмируя, приходим к следующему утверждению.

**Теорема 4.3.** Если множества (2.5) выпуклы, то для оптимальности особого, в смысле принципа максимума Понтрягина, управления  $u(t, x) = (u_1(t, x), u_2(t, x), u_3(t, x))'$  в задаче (2.1)-(2.4), (4.19) необходимо, чтобы неравенства (4.30) выполнялись соответственно для всех  $w_i(t) \in U_i$ ,  $t = t_{i-1}, t_{i-1} + 1, \dots, t_i - 1$ ,  $i = \overline{1, 3}$ .

**Заключение** Получено необходимое условие оптимальности в форме дискретного принципа максимума Понтрягина в одной ступенчатой задаче управления дискретными 2-D системами.

Исследованы особые управления. Установлен необходимое условие оптимальности первого порядка, типа принципа максимума Л.С. Понтрягина.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fornasini E., Marchsini G. State space realization theory of two-dimensional filters // IEEE. Trans. Autom. Control. 1976. V. AC-21. PP. 484-492.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. т. I, II. М.: Наука, 1982.
3. Гайшун И.В. Многопараметрические системы управления. Минск. «Наука и техника», 1996, 200 с.
4. Дымков М.П. Экстремальные задачи в многопараметрических системах управления. Мн. БГЭУ, 2005, 363 с.
5. Kocozek. Two-dimensional linear systems. Berlin. Springer-Verlag. 1985, 398 p.
6. Fornasini E., Marchsini G. Stability analysis of 2-D systems // Math. Syst. Theory. 1987, v. 12, № 12, pp. 1210-1216.
7. Фараджев Р.Г., Фат Ву Ньюк. Об управляемости нелинейных двухпараметрических дискретных систем с ограничениями на управление // Optimization. 1985, т. 16, № 6, с. 869-876.
8. Мансимов К.Б. Оптимизация одного класса дискретных двухпараметрических систем // Дифференц. уравнения. 1991, т. 27 № 2, с. 359-362.
9. Мансимов К.Б., Марданов М.Дж. Качественная теория оптимального управления системами Гурса-Дарбу. Баку, «ЭЛМ», 2010, 360 с.

#### DISKRET MAKSIMUM PRINSIPININ ANALOQU VƏ MƏXSUSI IDARƏLƏRİN TƏDQIQI

M.M. Nəsiyyati

Təqdim olunan məqalədə diskret ikiparametrlı tənliklər sistemi ilə təsvir olunan bir pilləvari optimal idarəetmə məsələsinə baxılmışdır.

Xüsusi keyfiyyət meyarlı artım düsturu çıxarılmışdır. Bu artım düsturunun köməyi ilə Pontryaginın maksimum prinsipinin diskret analoqu alınmışdır.

Diskret maksimum şərtinin cırlaşdığı hal tədqiq olunmuşdur.

#### ANALOGUE OF DISCRETE MAXIMUM PRINCIPLE AND STUDY OF SINGULAR CONTROLS

M.M. Nasıyyati

In the paper we consider one stepwise optimal control problem described by the system of discrete two-parameter equation. When obtaining necessary optimality condition we used L.S. Pontryagin's maximum principle.

Formula of increment of special quality criteria is derived the discrete analogy of the Pontryagin maximum principle is obtained by means of this increment formula.

The case of degeneration of the discrete maximum principle was studied.

UOT: 552.1:553.2

## QUSAR-ŞABRAN DAĞARASI ÇÖKƏKLİYİNİN YERALTI SULARININ HİDROKİMYƏVİ GÖSTƏRİCİLƏRİ

İ. Ə. İsmayılov N. İ. Babayev

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

**Açar sözlər:** hidrogeoloji şərait, termal-mineral sular, debit, təzyiqli sular, qrunt suları, kimyəvi tərkib, minerallaşma dərəcəsi.

Qusar-Şabran tektonik çökəkliyi regional tektonik planda Böyük Qafqaz meqantiklinoriumunun qırışıqlıq zonasından Şərqi Qafqaz qırışıqlıq platformasına keçid təşkil edən Qafqaz qarışığı ön çökəkliyin tərkibinə daxildir. Çökəkliyin cənub sərhəddi Siyəzən monoklinalı hesab olunur. Siyəzən üstəgəlməsindən Xəzər dənizinə kimi bütün ərazi üçbucaq formalı Pliosen və Antropogen çöküntüləri ilə örtülmüş geniş düzənliklərdən ibarətdir. Quba-Xəzəryanı rayonun şimal hissəsini, Siyəzən monoklinalından Xəzər dənizinin sahilinə kimi Qusar-Dəvəçi törəmə çökəkliyi təşkil edir.

Qusar lay dəstəsi böyük qalınlığa malik çaqıllardan ibarətdir. Samur-Vəlvələçay arasında çayların gətirmə konuslarının yuxarı və mərkəzi hissələrində qum, gilcə və gil laylı çaydaşı-çaqıl çöküntüləri üstünlük təşkil edir. Dağlıq zonadan çıxarılan kontinental kütlə dağətəyi düzənliklərdəki formalaşma dövründə yaxşı izlənən qanuna uyğunluqla çökdürülmüşdür. Çayların gətirmə konuslarının baş hissələrində yaxşı yuyulmuş və seçilmiş qırıntı materiallarından – qayma daşlar və çaqıllardan ibarət litoloji tərkib düzənliyə doğru axın boyunca çaqıl-çınqıl, qum, qumca, gilcə və gillərlə əvəz olunur. Gətirmə konuslarının periferiyalarında incə dənəli gilcə-gil çöküntüləri üstünlük təşkil edir.

Dördüncü dövrün kontinental çöküntü süxurları, həmçinin polifasial süxurlar geniş yayılmışdır. Onlar prolyüvial, allyüvial, göl, delyüvial, elyüvial və digər mənşəli olurlar.

Ərazidə geoloji şəraitin xüsusiyyətlərindən, qidalanmanın intensivliyindən və boşalma şəraitindən asılı olaraq (bulaqların mövcudluğu, çaylara yeraltı axın, qalxan filtrasiya nəticəsində təzyiqli suların təzyiqsiz su horizontuna boşalması və sonradan buxarlanması və s.), içməyə yararlı və az duzlu sular geniş yayılmışdır (cədvəl 1).

1986-1988-ci illərdə Quba-Qusar zonası çaylarının (Qusarçay, Qudyalçay, Vəlvələçay və s.) məcraaltı sularını öyrənilməsi

məqsədlə qazılan, dərinliyi 40-45 m olan, 42 quyu vasitəsilə, çay dərələrinin allüvial çöküntülərindəki yeraltı suların əmələ gəlməsində çayların məcraaltı sularının böyük əhəmiyyət kəsb etməsi öyrənilmişdir. Qazılan quyuların debitləri 3,3-8,5 l/s, su saxlayan süxurların süzülmə əmsalları 1,63- 9,04 m/sut, sukeçiricilikləri isə 61-200 m<sup>2</sup>/sut təşkil etmişdir [1].

Geofiziki tədqiqat işlərinin, eləcə də, dərin axtarış kəşfiyyat qazmasının məlumatlarına görə tədqiq olunan ərazinin daxilində Kaynazoy kompleksi üfiqi yataraq, zəif müşahidə olunan geniş mulda əmələ gətirir. Bu mulda cənub-şərq istiqamətində enir və şimal-şərq istiqamətində tədricən qalxır.

Qrunt suları yer səthindən 50 m və daha dərinə yatır. Hidrolyef 0.017-0.002 arasında dəyişməklə, şərqə getdikcə azalır. Samurçayın ətrafında qrunt suları saxlayan süxurların qalınlığı 114 m, cənuba getdikcə onların qalınlığı 60 m-ə kimi azalır.

Ərazidə mövcud olan bulaqların çox hissəsi qrunt suları ilə bağlıdır. Bulaqların sərfi 300-320 l/san təşkil edir. Böyük sərfə malik bulaqlar Samurətrafi və Ləcət-Şollar arası zonada mövcuddur.

Elüvial-delüvial süxurlarla əlaqədar əksər bulaqların sərfi 1 l/s-dən azdır. Bununla yanaşı, sərfi 25 l/s-yə çatan bulaqlara da rast gəlinir. Elüvial-delüvial çöküntülərin bulaq sularının minerallaşma dərəcəsi 0,15-0,25 q/l, kimyəvi tərkibləri hidrokarbonatlı kalsiumlu və hidrokarbonatlı kalsiumlu-maqneziumlu olmaqla, bəzi hallarda daha mürəkkəb tərkibə malikdir.

Təzyiqsiz suların səviyyəsi yer səthindən 0,5-1,0 m-dən 10-57 m-dək dərinlikdə qərarlaşır, quyuların sərfi 0,8-55 l/s arasında dəyişir. Təzyiqli su- lara qazılmış quyuların sərfi 0,8 l/s-dən 10 l/s-yə qədər dəyişir, pyezometrik səviyyə həm yer səthindən 5-8 m aşağı, həm də 0,8-4 m yuxarıda qərarlaşır.

Sukeçirici süxurların süzülmə əmsalı 0,01-0,2  $m^3/sut$ -dən 12-15  $m^3/sut$ -dək geniş diapazonda dəyişir (cədvəl 2).

Təzyiqli sular kompleksin aşağı hissəsi ilə bağlıdır, 40 m və daha dərinə yatır. Qalınlığı 50 m-dən 115 m-ə kimi çatır. Litoloji tərkibi çaqıl, çınqıl, iri və xırda dənəli qumlardan ibarətdir. Ən böyük sərf 58.4  $l/san$ , suçəkmədə isə 66  $l/san$  təşkil edir. Sulu süxurların süzülmə əmsalı 5.7-246  $m^3/gün$ , sukeçiricilik isə 0.1  $m^3/sut$ -dən 10.2 min  $m^3/gün$  -ə çatır. Ən böyük sukeçiricilik Ləcət ətrafındadır.

Ərazinin mineral və termal suları makrokomponent ion-duz tərkibi Əsasən Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, anionlarından və Na, K, Ca, Mg kationlarından ibarətdir (cədvəl 3). Onların miqdar tərkibindən və qarşılıqlı əlaqəsinin səviyyəsindən asılı olaraq kimyəvi tərkibi və termal suların tipləri formalaşır.

Mineral və termal suların 3 genetik tipi vardır:

- hidrokarbonatlı-sulfatlı-xlorlu ;
- xlorlu-sulfatlı-kalsiumlu ;
- xlorlu-natriumlu və ya xlorlu-natriumlu-kalsiumlu-maqneziumlu .

Mineral və temal sular qaz tərkibi əsasən azot, karbon qazı, hidrogen-sulfid, metan və radondan ibarətdir. Bunlardan azot, oksigen və karbon qazı - atmosfer mənşəli, metan hidrogen-sulfid, ağır karbohidrogenlər biokimyəvi mənşəlidir.

Şimal-qərbdən cənub-şərqə, hipsometrik səviyyənin azalması ilə geoloji kəsilişi təşkil edən süxurlarda gilli fraksiyaların artması, relyefin parçalanmasının kəskinləşməsi, atmosfer çöküntülərinin azalması səbəbindən yeraltı suların minerallaşma dərəcəsi artır.

Termal və mineral suların minerallaşma dərəcəsinə görə aşağıdakı zonalara bölünür:

1. Zəif və orta minerallaşmaya malik - 10  $q/l$ -ə qədər ;
2. Yüksək minerallaşmaya malik - 10-35  $q/l$ -ə qədər ;
3. Lap yüksək minerallaşmaya malik - 35  $q/l$ -dən çox .

Ərazi üzə yeraltı suların minerallaşma dərəcəsi 0.3-106.56  $q/l$  həddlərindədir.

Termal və mineral sular aktiv reaksiyası (pH) üzrə aşağıdakı qruplara bölünür:

1. Zəif turş sular - pH=5.5-6.8 ;
2. Neytral sular - pH=6.8-7.2 ;
3. Qələvi sular - pH>8.5 .

Ərazidə minerallaşma dərəcəsi dərinliyə doğru artır (sular qələvidir), az codluğa malikdir. SO<sub>4</sub> ionu isə demək olar ki, yoxdur, ayrı-ayrı ərazilərdə 9 mq/l müəyyən edilmişdir [2].

Yeraltı suların əsas keyfiyyət göstəricilərdən biri onların tərkibindəki mikrokomponentlərin miqdarıdır (cədvəl 4). Dağətəyi düzənliyin ərazisində yayılmış yeraltı suların mikrokomponent tərkibinin yaranmasında dağlıq ərazilərdəki metallogen zonaların süxurlarında elementlərin həll edilərək gətirildiyi çay suları və yeraltı axınlar əsas rol oynayır. Məsələn, Böyük Qafqazda yerləşən kolçedan-polimetal yataqları Samur-Vəlvələçay düzənliyinin yeraltı sularına mis, qurğuşun, sink və digər mikroelementlərin yüksək miqdarda miqrasiyasına səbəb olmuşdur.

Düzənliyin yeraltı sularında bu və ya digər miqdarda flüor, dəmir, stabil stronsium, molibden, selen, mərğmüş, bəzi düzənliklərdə berillium və manqana rast gəlinir. İçməyə yararlı yeraltı sularda bu elementlərin miqdarı yol verilə bilən həddən azdır [3].

*Cədvəl 1.*

**Qusar- Dəvəçi düzənliyinin məsamə-lay hövzələri üzrə içməyə yararlı və az duzlu sularının kimyəvi tərkibinin səciyyəsi**

Göstəricilər	Qusar- Dəvəçi
Quru qalıq, $q/l$	0,2-0,7
Ümumi codluq, $mq-ekv-l$	1,7-10,3
$P_H$	6,9-8,2
Xloridlər, $mq/l$	4-980
Sulfatlar, $mq/l$	12-206
Nitratlar, $mka/l$	10000-qədər

<i>Flüor, mkq/l</i>	<i>1500-əqədər</i>
<i>Manqan, mkq/l</i>	-
<i>Dəmir, mkq/l</i>	<i>30-a qədər</i>
<i>Mis, mkq/l</i>	<i>750-yə qədər</i>
<i>Sink, mkq/l</i>	<i>4000-ə qədər</i>
<i>Stronsium, mkq/l</i>	<i>1400-ə qədər</i>
<i>Qurğuşun, mkq/l</i>	<i>100-ə qədər</i>

Cədvəl 2.

*Samur-Qusarçay düzənliyinin məsamə-lay suları hövzələri üzrə su horizontlarının hidrogeoloji parametrləri*

(800 m dərinliyə qədər)

Yeraltı su horizontu	Su horizontunun tavanının yatma dərinliyi, m	Statik və ya piyezometrik səviyyə, m	drorelyefin mailliyi	Suxurlayan süxurların qalınlığı, m	Quyuların sərfi, l/s	Xüsusi sərf, l/s.m	usaxlayan süxur-arnın filtrasiya əmsalı, m/gün
Təzyiqsiz (xvalın)	-	0-35	0,017-0,002	15-80	1,4-166,6	0,35-22,9	2,7-150
Təzyiqsiz (qusar)	-	0,2-150	0,2-0,011	до 100	5,2-18	0,25-1,25	1,1-13,4
Təzyiqli (xəzər)	40-80	+18,5-19	0,015-0,004	50-115	7,2-66,8	1-12,2	5,7-246
Təzyiqli (bakı)	68-305	+3 – +6	0,009-0,003	10-200	6-55,8	1-5	4-55
Təzyiqli (qusar)	62-236	+22,5-25	0,02-0,002	6-60	3,4-54,1	0,3-13,6	3,2-86,6
Təzyiqli (abşeron)	132-420	+122-5	0,026-0,004	5-288	4,5-82	0,1-3,4	0,4-38,1

Cədvəl 3.

**Quyularla açılmış horizontlarda rast gəlinən elementlər və onların miqdarı.**

Horizontlar	Quru qalıq, mq/l	Na+K, mq/l	Ca, mq/l	Mg, mq/l	Cl, mq/l	SO <sub>4</sub> , mq/l	HCO <sub>3</sub> , mq/l
II	33211	120998	461	365	19290	-  -	2014
III	35196	13524	120	304	18262	-  -	5492
IV	37255	13984	200	426	20248	-  -	3112
V	52422	17917	1162	948	32304	-  -	183

Cədvəl 4.

**Quyularla açılmış horizontlarda yod və bromun miqdarı.**

Horizontlar	J, mq/l	Br, mq/l
III	18-36	60-80
III –IV	23-33	-
IV	10-26	-
IV-V	13-23	116-189

## NƏTİCƏ

Tədqiqat ərazisinin yeraltı sularında çöküntülərin ümumi miqdarının hesablanması üçün götürülmüş nümunələr suyun kimyəvi tərkibinin qravimetrik analizi üsulu ilə öyrənilmiş, əldə olunan nümunələrdən çökdürmə və buxarlandırma metodları ilə tərkibindəki çöküntülərin mq-la miqdarı hesablanmışdır. Gravimetrik üsullar ilə ərazinin yeraltı sularında minerallaşma dərəcəsinin 0.3-106.56 q/l həddlərində dəyişdiyi aşkarlanmışdır.

Elektrokimyəvi və qravimetrik analizlərin birgə tətbiqi nəticəsində yeraltı suların tərkibində olan SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, anion və Na, K, Ca, Mg kationları öyrənilmişdir. Ərazinin yeraltı sularının suvarmada tətbiq olunmasına uyğunluğu məqsədilə Na-un faizlə miqdarı (NFM) hesablanmış və 60 %-dən kiçik yəni suvarmada istifadəyə yararlı olduğu müəyyən edilmişdir.

$$NFM = \frac{Na}{Ca+Mg+Na+K} 100\% = \frac{60499}{121824} 100\% \approx 0.497 * 100\% = 49.7$$

*Natriumun faizlə miqdarı (II horizontun təmsalında)*

Cl, Br və J ionlarının çöktürülməsi üçün AgX duzundan istifadə edilərək [4], çöküntü 120<sup>0</sup>C-də qurudularaq miqdarları hesablanmışdır.

Ərazidə minerallaşma dərəcəsi dərinliyə doğru artır (sular qələvidir), az cədlüğe malikdir. SO<sub>4</sub> ionu isə demək olar ki, yoxdur, ayrı-ayrı ərazilərdə 9 mq/l müəyyən edilmişdir.

Ərazinin yeraltı suların mikrokomponent tərkibinin yaranmasında dağlıq ərazilərdəki metallogen zonaların süxurlarındakı elementlərin həll edilərək gətirildiyi çay suları və yeraltı axınların rolu labüddür.

Düzənliyin yeraltı sularında flüor, dəmir, stabil stronsium, molibden, selen, mərğmü, bəzi düzənliklərdə berillium və manqana rast gəlinir ki, içməyə yararlılıq cəhətdən bu elementlərin miqdarı yol verilə bilən həddən azdır.

## ƏDƏBİYYAT

- İmanov F.Ə., Ələkbərov A.B., Azərbaycanın su ehtiyatları və onların inteqrasiyalı idarə edilməsi, Xəzər Beynəlxalq Su Texnologiyaları konfransının materialları -Bakı, 2013 - S.116-122
- İ. İ. Tağıyev, N. İ. Babayev. Azərbaycanın termal sularının ehtiyatları və onlardan səmərəli istifadə. ADNA-nın 90 illik yubleyinə həsr olunmuş "Neft-qaz, neft emalı və neft-kimya" Beynəlxalq Elmi Konfransının materialları-Bakı, 2010 - № 5-6 - S. 69-70.
- Rand M. C., Greenberg A. E., Taras M. J., Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th edition - American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation - Washington, 1976 - ISBN: 0875530788 - № 19772704907 – Pp. 468-469
- Mary Metyuz, Əhməd Əbu Əlsəid, Fərda İmanov. Azərbaycanın su ehtiyatlarının inteqrasiyalı idarə edilməsi üzrə milli fəaliyyət planının məqsəd və vəzifələri. Su təsərrüfatı, mühəndis kommunikasiya sistemlərinin müasir problemləri və ekologiya" Beynəlxalq elmi praktiki konfransın materialları – Bakı – 2014 - S. 230-234.

**ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГУСАР-ШАБРАНСКОЙ МЕЖДУГОРНОЙ ВПАДИНЫ**

**Н. И. Бабаев, И.А.Исмаилов**

Прикаспийско-Губинская зона республики богата месторождениями термальных и минеральных вод. В этой связи, определенную научную ценность предоставляет проблема изучения Гидрохимических особенностей распространенных в зоне подземных вод. Настоящая статья посвящена изучению поднятой проблемы.

В ходе работ по теме, произведены химико-аналитические работы по образцам, отобранных из скважин. В результате выявлены гидрохимические закономерности распределения микро-элементов в изучаемых водах и даны их количественные значения.

**Ключевые слова:** гидрогеологические условия, термоминеральные воды, дебит, воды под давлением, подземные воды, химический состав, степень минерализации.



**HYDROCHEMICAL FEATURES OF GROUNDWATER IN THE GUSAR-SHABRAN  
INTERMOUNTAIN DEPRESSION**

**N. I. Babayev I. A. Ismailov**

The Caspian-Guba zone of the republic is rich in deposits of thermal and mineral waters. In this regard, a certain scientific value is provided by the problem of studying the hydrochemical characteristics of groundwater widespread in the zone. This article is devoted to the study of the raised problem.

In the course of work on the topic, chemical-analytical work was carried out on samples taken from wells. As a result, the hydrochemical regularities of the distribution of micro-elements in the studied waters are revealed and their quantitative values are given.

**Key words:** hydrogeological conditions, thermal-mineral waters, debit, pressurized waters, groundwater, chemical composition, degree of mineralization.

УДК665.637.8

## К ВОПРОСУ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛОЙ СМОЛЫ ПИРОЛИЗА

Гусейнова А.Р., Алиева П.Ш., Салимова Н.А.

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и промышленности

*Ключевые слова:* Тяжелая смола пиролиза, битумы, температура размягчения по «КиШ», пенетрация

**Введение:** В работе показана возможность рациональной переработки отхода процесса пиролиза-тяжелой смолы пиролиза путем термоокислительного уплотнения последней до битума.

Одной из актуальных проблем современной нефтепереработки является необходимость углубления переработки нефти и разработки рационального использования нефтяных остатков. Однако, современная нефтехимия уже давно не довольствуется только отходами нефтепереработки [1] и, для успешного, независимого функционирования её основной отрасли-органического синтеза [2] был разработан процесс пиролиза [3], вокруг которого базируются современные нефтехимические комплексы.

Поскольку процесс пиролиза в настоящее время обеспечивает сырьем нефтехимические процессы, развитию этого процесса уделяется большое внимание и разработка методов усовершенствования процесса путем рационального использования отходов производства является актуальной задачей. Известно, что отходом процесса пиролиза является тяжелая смола, до сих пор не нашедшая квалифицированного применения.

В опубликованных работах [4-5] приведены результаты исследовательских работ, посвященных рациональному использованию тяжелой смолы пиролиза.

В настоящей работе приведены результаты исследования возможности использования тяжелой смолы пиролиза в качестве сырья для производства битумов.

В работе [5] приведены результаты исследования возможности получения битума на основе тяжелых смол, полученных в процессе пиролиза с подачей в реакционную зону пиролиза водяного пара в количестве 10 и 50% масс. Установлено, что при температуре термоокислительного уплотнения кислородом воздуха процесса окисления 250<sup>0</sup>С и подаче водяного пара в процессе пиролиза 10 и 50% масс., продолжительности 10% часов на основе, каждой пробы тяжелой смолы можно получить битумы с температурами размягчения от 28-67<sup>0</sup>С отвечающие требованиям ГОСТа 9812-74 на изоляционные или требованиям ГОСТ6617-76 на строительные битумы.

Поскольку в настоящее время на Сумгаитском заводе ЭП-300 в качестве сырья используется низкооктановый бензин и подача водяного пара составляет 20% масс на сырьё, нами отобрана проба тяжелой смолы пиролиза, характеристика которой приведена в таблице 1.

Таблица 1

## Физико-химические показатели тяжелой смолы пиролиза

Наименование	Показатели
1	2
Плотность кг/м <sup>3</sup>	1026
Коксуемость, % масс.	12,4
Содержания золы, % масс.	0,04
Фракционный состав:	
Температура,	
10%. выкипает начала кипения	209
при, температуре <sup>0</sup> С	223
50% «-----» при, температуре <sup>0</sup> С	297
65% «-----» при, температуре <sup>0</sup> С	329
1	2
Углеводородный состав % масс:	
парафино-нафтеновые	5,0
ароматические	65,9

смолы	12,4
асфальтены	16,1
карбены и карбоиды	0,6
Температура вспышки, °С	118
Вязкость условная ВУ, град. Е при 50°С	4,98
при 100°С	1,64

Взятая проба тяжелой смолы пиролиза нами подвергалась процессу термоокислительного уплотнения на лабораторной установке при температурах 230-260°С, расходе воздуха 1,0-2,0 л/мин/кг сырья и продолжительности – до получения продукта битумной консистенции.

Результаты процесса термоокислительного уплотнения тяжелой смолы пиролиза сведены в таблицу 2.

Таблица 2

**Влияние режима процесса окисления на температуру размягчения**

Сырьё	Режим окисления			Выход окисленной смолы, % масс.	Температура размягчения, по КИШ, °С
	Температура, °С	Продолжительность, час	Расход воздуха, л/мин,		
ТСП	230	10	1,0	96,8	Подвижный «---»
			2,0	96,2	
	250	10	1,0	93,4	28
			2,0	93,1	30
	260	10	1,0	92,3	42
			15	2,0	91,6

Из данных таблицы 2 видно, что в результате термоокислительного уплотнения тяжелой смолы пиролиза при температурах 230°С расходе воздуха-1,0-2,0 л/мин/кг сырья, при продолжительности 10 часов полученные образцы не отвечают требованиям ГОСТов по таким показателем битума как температура размягчения. Однако, при увеличении температуры до 250°С получен продукт с температурой размягчения 28-30°С.

При дальнейшем увеличении продолжительности окисления до 15 часов – получен продукт с температурой размягчения - 51°С. Качественные показатели битумов, полученных в результате окисления тяжелой смолы пиролиза были сопоставлены с требованием ГОСТа 6617-76 – на нефтяной и ГОСТа 9812-74 на нефтяные битумы. Результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3

**Сравнительная характеристика битумов с требованиями ГОСТов**

Наименование показатели	Битумы				
	ГОСТ 9812-74		ГОСТ 6617-76		ТСП
	БНН-III	БНН-III	БН 50/50	БН 70/30	ТСП
Температура размягчения, °С	28	65	50	70	28-51
Пенетрация	6	4	4	3	6-4

при 25 <sup>0</sup> С, не менее					
------------------------------------	--	--	--	--	--

### Выводы

1. Установлено, влияние температуры термоокислительного уплотнения на основной показатель битума-температуру размягчения по «КиШ»
2. Установлены показатели выходов полученных битумов от температуры, продолжительность и расхода воздуха
3. Таким образом, проведенными нами исследованиями показана возможность рационального использования отхода процесса пиролиза – тяжелой смолы путем расширения сырьевой базы для производства битумов.

### ЛИТЕРАТУРЫ

1. Думский Ю.В., Чередникова Г.Ф., Думский С.Ю. Новые процессы квалифицированного использования побочных продуктов пиролиза углеводородного сырья. // Известия Волгоградского государственного технического университета. -2014.-№ 1 –С. 80-82.
2. Садыгов Ф.М., Магеррамова З.Ю, Гаджиев Г.Н., Гусейнов Н.А., Гейдарлы И.И., Гасанзаде Г.Г. - Исследование путей извлечения нафталина из тяжелой смолы пиролиза //Тезисы Бакинской Международной Мамедалиевской конференции – Баку,-2016. 137 с.
3. Солодова Н.Л., Абдуллин А.И., Пиролиз углеводородного сырья. -Казань: Издательство КНИТУ, 2007-239 с.
4. Зохранов Э.Р., Салимова Н.А., Аджамов К.К. - Получение пека из тяжелой смолы пиролиза, АНХ, БАКУ,-2000,-№4 С. 35-37.
5. Гусейнова А.Р. Получение дорожного битума из тяжелой смолы пиролиза. Министерство Образования Азербайджанской Республики. Сумгаитский Государственный Университет. “Экология и охрана жизнедеятельности” VII Международная научная конференция SDU-50, Сумгаит – 2012. –С.252-262.

### AĞIR PIROLİZ QƏTRANININ SƏMƏRƏLİ İSTIFADƏSİ

Ə.R. Hüseynova, P.Ş. Əliyeva, N.Ə. Səlimova

Müəlliflər Ə.R. Hüseynova P.Ş. Əliyeva N.Ə. Səlimovanın “Ağır piroliz qətranının səmərəli istifadəsi” adlı məqaləsində bu vaxta qədər səmərəli istifadə tapmayan ağır qətranın emalı mümkünlüyü göstərilməmişdir. Bu məqalədə müəlliflər tərəfindən ağır piroliz qətranından bitumun alınmasında xammal kimi istifadəsi göstərilməmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, ağır piroliz qətranının oksigen ilə oksidləşməsi nəticəsində yumşalma temperaturu 28-51<sup>0</sup>C olan bitumun alınması mümkündür.

### RATIONAL USE OF THE PYROLYSIS HEAVY RESIN

A.R. Guseynova, P.Sh. Aliyeva, N.A. Salimova

The possibility of processing of the pyrolysis heavy resin was shown, which did not find rational use up to present time. The possibility use of the pyrolysis heavy resin as a raw material for bitumen production was indicated.

It was shown, that as a result of thermo – oxidative process it is possible to produce bitumen with softening temperature equal 28-51<sup>0</sup>C.