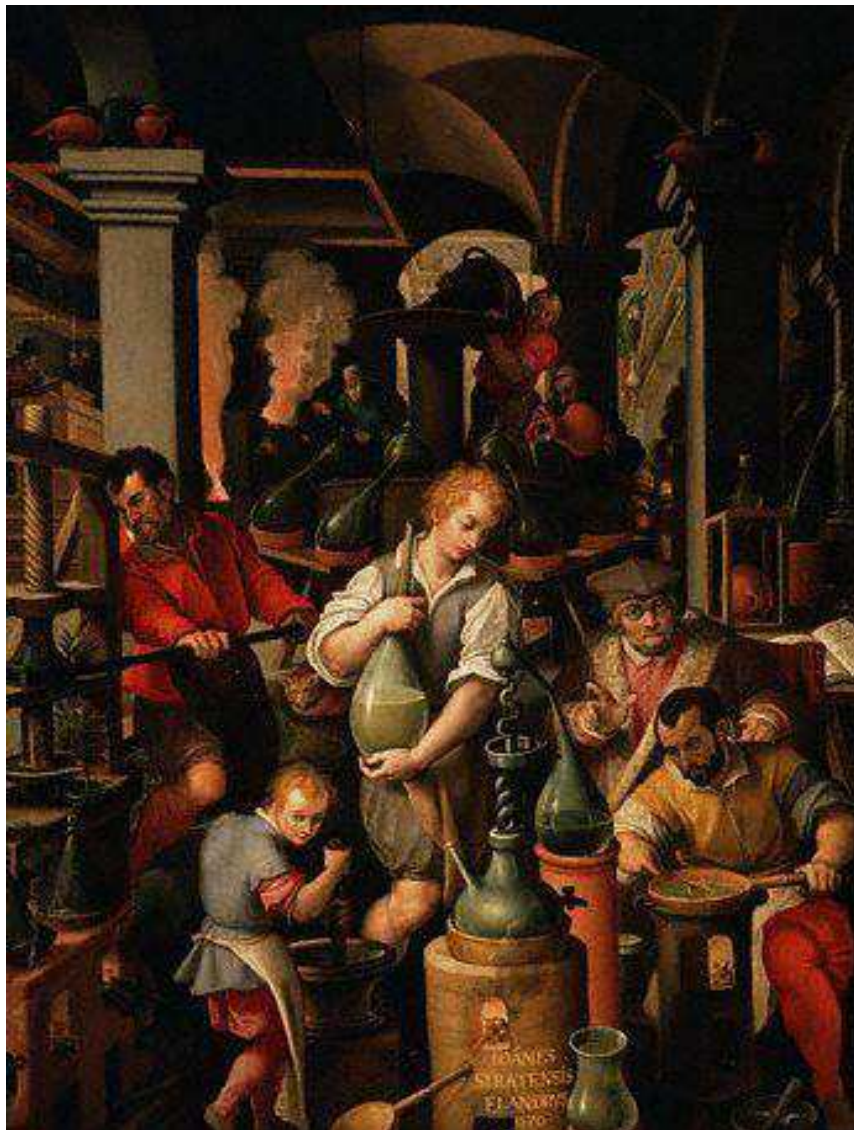


ე. ნიჟარაძე, ნ. მამულაიშვილი

ნავთობისა და გაზის ქიმია

სახელმძღვანელო



ბათუმი
2010

შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი



ე. ნიჟარაძე, ნ. მამულაიშვილი

ნავთობისა და გაზის ქიმია

რეცენზენტი: - საქიმფორმის ექსპერტი ნავთობისა
და გაზის ტექნოლოგიის დარგში,
ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი **დიმიტრი შენგელია**

დამტკიცებულია
აკადემიური საბჭოს მიერ

ბათუმი 2010

ე. ნიჟარარძე, ნ. მამულაიშვილი. ნავთობისა და გაზის ქიმია.

სახელმძღვანელო ეძღვნება ნავთობისა და გაზის ქიმიის უდიდესი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობის სამეცნიერო დისციპლინის მოკლე განხილვას.

სახელმძღვანელო მოიცავს თანამედროვე მონაცემებს არა მხოლოდ ნავთობისა და გაზის ქიმიაში ამ საგნის ჩვეულებრივი, ტრადიციული გაგებით, არამედ მათი გადამუშავების ძირითადი თერმული და თერმოკატალიზური პროცესების ქიმიაში.

მეთოდური თვალსაზრისით წიგნის მოცულობა და შინაარსი აკმაყოფილებს სასწავლო და სამეცნიერო პროგრამით გათვალისწინებულ მოთხოვნებს ნავთობისა და გაზის ტექნოლოგიის დარგში.

წიგნი განკუთვნილია ბაკალავრების, მაგისტრანტების, დიპლომირებული სპეციალისტების მოსამზადებლად მიმართულებით - ნავთობისა და გაზის ტექნოლოგია, ასევე ნავთობისა და გაზის გადამუშავებასა და ქიმიაში მომუშავე სპეციალისტებისათვის.

რედაქტორი - შრსუ-ს ასოც. პროფესორი, **დ. ჩხაიძე**

ISBN 978-9941-412-79-0

Shota Rustaveli State University



E. NiJaradze, N. Mamulaisvili

Oil and Gaz Chemistry

Reviewer – expert og Gruziform in the field of oil and gas,
doctor of chemical science, professor **Dimitri Shengelia**.

Aproved by a
Academic Board
SRSU

Batumi 2010

E. Nijaradze, N. Mamulaishvili - Oil and Gaz Chemistry

The text book is devoted to short description of the scientific discipline of huge theoretical and practical significance – chemistry of oil and gas.

In the textbook given are modern data not only on chemistry of oil and gas in usual and traditional meaning but also on chemistry of main thermal and thermocatalyst process of their processing.

From methodological point of view the volume and the content of the book meets the requirements of educational and scientific program in the field of oil and gas technology.

The text book is destined for the preparation of bachelors, master degree students, qualified specialists on the direction - oil and gaz technology as well as for the specialists working in the field of chemistry and oil and gas treatment technology.

Editor – Shota Rustaveli State University
associated professor, **D.Chkhaidze**

შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალი. ნავთობისა და გაზის მნიშვნელობა თანამედროვე სამყაროში.	9
თავი 1. ზოგადი ცნებები ნავთობისა და გაზის მრეწველობაზე.	11
1.1. საქართველოს ნავთობის მოპოვებისა და გადამუშავების ტექნოლოგიის მოკლე მიმოხილვა.	11
თავი 2. ნავთობისა და გაზის ძირითადი მომპოვებელი რაიონები.	13
2.1. ქვეყნები ნავთობის უმსხვილესი მარაგით.	13
2.2. უმსხვილესი ნავთობმომპოვებლები.	13
2.3. უმსხვილესი მსოფლიო გაზმომპოვებლები.	14
2.4. ნავთობის ექსპორტიორ ქვეყანათა ორგანიზაცია. ოპეკი.	16
თავი 3. ნავთობისა და გაზის მოპოვება.	16
3.1. საბადოების ძიება.	17
3.2. საბადოს ბურღვა.	18
3.3. ნავთობის მოპოვების მეთოდები.	18
3.4. ნავთობგაცემის კოეფიციენტი და მისი ამაღლების გზები.	20
3.5. ნავთობის შეკრება და მომზადება ტრანსპორტირებისათვის.	22
3.6. ბუნებრივი აირების მოპოვება.	24
3.7. ბუნებრივი აირის მომზადება ტრანსპორტირებისათვის.	25
3.8. ბუნებრივი აირის ტრანსპორტირება.	25
თავი 4. ნავთობის საერთო თვისებები და კლასიფიკაცია.	26
4.1. ნავთობის ფრაქციული და ქიმიური შედგენილობა.	26
4.2. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჯგუფური ქიმიური შედგენილობა.	27
4.3. ნავთობის ელემენტური შედგენილობა.	28
4.4. ნავთობის ფიზიკო-ქიმიური თვისებები.	28
4.5. ნავთობის კლასიფიკაცია.	29
თავი 5. ნავთობისა და გაზის წარმოშობის თეორია.	29
5.1. ნავთობის არაორგანული(აბიოგენური) - კარბიდული წარმოშობის ჰიპოთეზა.	30
5.2. ნავთობის წარმოშობის კოსმოსური ჰიპოთეზა.	30
5.3. ნავთობის ორგანული (ბიოგენური) წარმოშობის ჰიპოთეზა.	30
თავი 6. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ფიზიკური თვისებები.	31
6.1. სიმკვრივე.	31
6.2. სიბლანტე.	32
6.3. მოლეკულური მასა.	35
6.4. კრისტალიზაციის, შემღვრევისა და გამყარების ტემპერატურა.	35

6.5. აფეთქების ტემპერატურა.	36
6.6. აალების ტემპერატურა.	37
6.7. ოპტიკური თვისებები.	37
6.8. ნედლი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მოცულობის გაზომვა.	38
თავი 7. ნავთობისა და გაზის დაყოფის მეთოდები.	39
7.1. გამოხდა - რეკტიფიკაცია.	39
7.2. მოლეკულური გამოხდა. წყლის ორთქლით გამოხდა.	40
7.3. აზეოტროპული გამოხდა, აზეოტროპული რეკტიფიკაცია, ექსტრაქცია, აბსორბცია.	41
7.4. კრისტალიზაცია, ექსტრაქციული კრისტალიზაცია.	42
7.5. ქრომატოგრაფია, ადსორბციული ქრომატოგრაფია	43
7.6. ნახშირწყალბადების დაყოფა კომპლექსნაერთთა წარმოქმნით.	46
თავი 8. ნავთობის ალკანები.	47
8.1. ალკანების შემცველობა ნავთობსა და თანმხლებ აირებში	47
8.2. აიროვანი ალკანები.	48
8.3. თხევადი ალკანები.	49
8.4. მყარი ალკანები.	49
8.5. ალკანთა თვისებები.	49
8.5.1. ფიზიკური თვისებები.	49
8.5.2. ქიმიური გარდაქმნები.	50
8.6. ალკანთა გამოყენება.	54
თავი 9. ნავთობის ციკლოალკანები	54
9.1. ციკლოალკანთა შემცველობა ნავთობში.	54
9.2. ციკლოალკანთა თვისებები.	56
9.2.1. ფიზიკური თვისებები.	56
9.2.2. ქიმიური გარდაქმნები.	57
თავი 10. ნავთობის არენები.	61
10.1. არენების შემცველობა ნავთობსა და ნავთობურ ფრაქციებში	61
10.2. არენების თვისებები.	62
10.2.1. ფიზიკური თვისებები.	62
10.2.2. ქიმიური გარდაქმნები.	63
თავი 11. ნავთობის გადამუშავების შედეგად წარმოქმნილი უჯერი ნახშირწყალბადები	67
11.1. ზოგადი ცნობები	67
11.2. თვისებები.	67
11.3. გამოყენება ნავთობქიმიურ სინთეზში.	73
თავი 12. ნავთობის ჰეტეროატომური ნაერთები და მინერალური კომპონენტები.	74

12.1. ზოგადი ცნობები.	74
12.2. გოგირდოვანი ნაერთები. ელემენტარული გოგირდი, გოგირდწყალბადი და დისულფიდები.	75
12.3. ჟანგბადოვანი ნაერთები	77
12.4. აზოტოვანი ნაერთები.	79
12.5. ფისები და ასფალტენები.	80
12.6. ნავთობის მინერალური კომპონენტები	81
თავი 13. ნავთობის გადამუშავება.	82
13.1. ნავთობის, გაზისა და წყლის სარეწაო შეკრება და მომზადება გადასამუშავებლად...	82
13.2. ნავთობის დახარისხება და შერევა.	83
13.3. ნავთობის გადამუშავების მიმართულების შერჩევა.	84
13.4. ნავთობგადამამუშავებელი წარმოების არსი.	85
13.5. ნავთობის პირველადი გადამუშავება.	85
თავი 14. ნავთობის მეორადი გადამუშავება.	85
14.1. ნავთობის გადამუშავების თერმული პროცესები. ზოგადი ცნობები	85
14.2. ნახშირწყალბადების თერმული გარდაქმნები.	86
14.3. ნავთობის პიროლიზი.	90
თავი 15. კატალიზური პროცესები ნავთობქიმიურ მრეწველობაში.	91
15.1. კატალიზური პროცესების მოკლე დახასიათება.	92
15.2. კატალიზური კრეკინგი	92
15.3. კატალიზური კრეკინგის ძირითადი რეაქციები.	93
15.4. რიფორმინგი	95
თავი 16. ჰიდროგენზაციური პროცესები ნავთობგადამუშავებაში	97
16.1. პროცესების კლასიფიკაცია	97
16.2. ჰიდროგაწმენდა	99
16.3. ჰიდროკრეკინგი.	101
თავი 17. ნავთობპროდუქტების გაწმენდა.	104
17.1. გაწმენდის დანიშნულება და მეთოდები.	104
17.2. გაწმენდის ქიმიური მეთოდები.	105
17.2.1. გოგირდმჟაური გაწმენდა.	105
17.2.2. ტუტოვანი გაწმენდა	107
17.2.3. გაწმენდა მშთანთქმელი ხსნარებით	108
17.3. გაწმენდის ადსორბციული და კატალიზური მეთოდები.	109
17.3.1. ადსორბციული გაწმენდა.	109
17.3.2. კატალიზური გაწმენდა	110
17.4. გაწმენდის მეთოდები შერჩევითი გამხსნელების გამოყენებით.	111
17.4.1. გუდრონის დეასფალტიზაცია.	111
17.4.2. სელექციური გაწმენდა.	111
17.4.3. საწვავებისა და ზეთების დეპარაფინიზაცია.	111

თავი 18. ძირითადი საწვავებისა და ზეთების შედგენილობა და საექსპლუატაციო თვისებები.	112
18.1. ნავთობპროდუქტების კლასიფიკაცია.....	112
18.2. ბენზინები	112
18.3. საწვავები საჰაერო-რეაქტიული ძრავებისათვის.	114
18.4. დიზელის საწვავები.	115
18.5. გაზოტურბინის, ლუმელის და საქვაბე საწვავები.	116
18.6. შეჭირხნული აირები	116
18.7. ნავთობური ზეთები	117
18.8. პარაფინები და ცერეზინები.	117
18.9. არომატული ნახშირწყალბადები.	118
18.10. ნავთობური კოქსი.	118
18. 11. მისართები საწვავებისა და ზეთებისათვის.	118
18.12. სხვა ნავთობპროდუქტები და ნავთობქიმიის პროდუქტები.	119
18.13. ნავთობის გადამუშავების პროდუქტების გამოყენება	121
თავი 19. ნახშირწყალბადური აირები.	123
19.1. ბუნებრივი და ხელოვნური აირების შედგენილობა და კლასიფიკაცია.	123
19.2. ბუნებრივი აირების გადამუშავება. ზოგადი ცნობები.	127
19.3. ბუნებრივი აირების გაწმენდა და გამოშრობა.	128
19.4. გაზოლინი	129
19.5. ნახშირწყალბადური აირების დაყოფა.	130
19.6. პიროგაზის ნახშირწყალბადების გაწმენდა	131
19.7. მოლეკულური საცრები.	132
19.8. ნახშირწყალბადების დაყოფა მოლეკულური საცრების გამოყენებით.	136
19.9. ოლეფინების პოლიმერიზაცია. ძირითადი ცნობები პოლიმერიზაციის შესახებ..	137
19.10. იზობუთანის ალკილირება ოლეფინებით.	139
19.11. პარაფინული ნახშირწყალბადების იზომერიზაცია.	140
თავი 20. ალტერნატიული საწვავი. ნავთობი სხვა წყაროებიდან.	141
20.1. „ციური“ ნავთობი.	141
20.2. ნავთობი ქვისგან.	142
20.3. ბიტუმიანი სიღებები.	143
20.4. საწვავი ნახშირისგან	143
20.5. გაზური ავტომობილები	143
20.6. ბიოსაწვავი	143
20.7. ჰიბრიდული ავტომობილები	144
20.8. ელექტრომობილები	144
გ ა მ ი ე ნ ე ბ უ ლ ი ლ ი ტ ე რ ა ტ უ რ ა.	147

ნავთობისა და გაზის მნიშვნელობა თანამედროვე სამყაროში

სამეცნიერო-ტექნიკურმა რევოლუციამ შექმნა იმის წინაპირობა, რომ კაცობრიობას ეტაპობრივად გაეხსნა ბუნების მრავალი საიდუმლოება.

XXI საუკუნის დასაწყისშიც კი, ჩვენი მშობლიური დედამიწა ჯერ კიდევ მრავალ საიდუმლოს ინახავს, ერთ-ერთ ასეთ საიდუმლოს წარმოადგენს ისეთი მნიშვნელოვანი ენერგეტიკული რესურსი, როგორცაა ნავთობი, რომელსაც ”შავ ოქროს” უწოდებენ.

პირველი მსოფლიო ომის პერიოდში საფრანგეთის მთავარი კომისარი ნავთობის მომარაგების დარგში ანრი ბერანჟე უპატაკებდა თავის მთავრობას: ”ვინც ფლობს ნავთობს, ის იქნება მსოფლიოს გამგებელი. რამეთუ მაზუთის წყალობით იბატონებს ზღვაზე, საავიაციო ბენზინის და სანათი ნავთისა - ჰაერში და ხმელეთზე. იგი გახდება მმართველი თავისი თანამომძიებების ეკონომიკურ ურთიერთობებში, რადგან ექნება ფანტასტიკური სიმდიდრეები, ამოღებული ნავთობიდან - ამ საოცარი ნივთიერებიდან, რომლისაკენაც ილტვიან ოქროზე უფრო მეტად, რომელიც გაცილებით უფრო ღირებულია, ვიდრე ოქრო”.

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ოქროსთან ნავთობის შედარება ამ უკანასკნელის ნამდვილ ღირებულებას ამცირებს, რადგან ოქროსა და სხვა ძვირფასი ლითონების გარეშე შეიძლება ცხოვრება, მრეწველობის პროცესში შესაძლებელია მათი სხვა ლითონებით შეცვლა, ხოლო ნავთობპროდუქტების გარეშე ვერ იმომრავებს ვერც ერთი ავტომობილი, ვერ იფუნქციონებს მრავალი სამრეწველო საწარმო, ვერ იმუშავებს ვერც ერთი მრავა და ა.შ.

ნავთობისა და გაზის მრეწველობა ერთ-ერთი წამყვანი დარგია, რომელიც თავის პროდუქციას აწვდის სახალხო მეურნეობის ყველა დარგს.

ნავთობს და გაზს მსოფლიო ეკონომიკაში განსაკუთრებული ადგილი უკავია. მათზე დამოკიდებულია მსოფლიო ეკონომიკა, ამიტომ დღემდე ისინი წარმოადგენენ მწვავე კონკურენტული ბრძოლის საგანს, მრავალი საერთაშორისო კონფლიქტების და ომების მიზეზს. ნავთობი და გაზი - უნიკალური და მეტად სასარგებლო წიაღისეულია. მათი გადამუშავების პროდუქტები გამოიყენება მრეწველობის პრაქტიკულად ყველა დარგში, ტრანსპორტის ყველა სახეობებში, სამხედრო და სამოქალაქო მშენებლობაში, სოფლის მეურნეობაში, ენერგეტიკაში, ყოფაცხოვრებაში და ა.შ.

ნავთობს უპირველესად იყენებენ საწვავ ნედლეულად. ჯერ კიდევ დემონდლეუ-ევმა ნავთობის საწვავად გამოყენება შეადარა ღუმელში ასიგნაციების წვას. ამიტომ ნავთობის კვალიფიცირებული მოხმარება სახელმწიფოს სამრეწველო განვითარების მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. მისი გადამუშავების პროცესი და სიღრმე ასახავს ქვეყნის ცივილიზაციის, განათლების და კულტურის დონეს, ქიმიური მეცნიერებისა და ტექნოლოგიის განვითარებას. ნავთობი და მისი თანამგზავრი ბუნებრივი გაზი ერთ-ერთი წყაროა, საიდანაც შეიძლება მიღებულ იქნას ნავთობქიმიური ნედლეული, რაც განაპირობებს ქიმიური მრეწველობის მრავალი დარგის განვითარებას. დღეისათვის ნავთობს ქვეყნის მეურნეობაში რამოდენიმე ფუნქცია აკისრია:

1. ნავთობი არის ნედლეული ნავთობქიმიაში სინთეზური კაუჩუკის, სპირტების, პოლიეთილენის, პოლიპროპილენის, სხვადასხვა სახის პლასტმასების და მისგან დამზადებული ნაკეთობების, ხელოვნური ქსოვილების და სხვ. წარმოებაში;

2. ნავთობი წარმოადგენს წყაროს ძრავის საწვავის (ბენზინის, ნავთის, დიზელის და რეაქტიული საწვავის), ზეთებისა და საცხისების, ასევე საქვამე-საღუმელე საწვავის (მაზუთის), სამშენებლო მასალების (ბიტუმების, გუდრონის, ასფალტის) დასამზადებლად.

3. ნავთობი წარმოადგენს ნედლეულს ცილოვანი პრეპარატების მისაღებად, რომლებსაც როგორც ზრდის სტიმულატორს უმატებენ საქონლის საკვებს.

დღესდღეობით მსოფლიოში მოპოვებული ნავთობის დაახლოებით 12% გამოიყენება ქიმიური მიზნებისათვის. ნავთობი უამრავი ორგანული ნივთიერების სინთეზის უმრავლესი წყაროა; ძირითადად ეს არის ნავთობის მსუბუქი ნაწილი - ბენზინი და ნავთობგადამუშავების აირები.

პოლიმერული მასალების, კაუჩუკის, სინთეზური ბოჭკოების, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების, სარეცხი საშუალებების, სასუქების, სამკურნალო პრეპარატების და შხამქიმიკატების ძირითად მასას აწარმოებენ ნავთობური ნედლეულის საფუძველზე.

ისევე როგორც ნავთობი, ბუნებრივი აირი პირველ რიგში წარმოადგენს ენერგეტიკულ საწვავს და მათი მხოლოდ 12% მიემართება ქიმიური მრეწველობის მოთხოვნებზე. ამასთან ერთად ის წარმოადგენს ნედლეულს, რომელმაც ფართო გამოყენება უნდა მოიპოვოს ქიმიურ ტექნოლოგიაში.

სხვა მნიშვნელოვან თვისებებთან ერთად "შავ ოქროს" კიდევ ერთი შესანიშნავი თვისება ახასიათებს. ეს არის მისი დედამიწის ზედაპირზე ამოსვლის უნარი სხვა ზედმეტი ენერჯის დახარჯვის გარეშე. ნავთობი ადვილად მოიპოვება, ტრანსპორტირდება (მილსადენებით) და საკმაოდ ადვილად გადამუშავდება სხვადასხვა დანიშნულების ნავთობპროდუქტებად. ამიტომ გასაკვირი არ არის, რომ მსოფლიოს უმრავლეს ქვეყანაში ნავთობზე მოდის საწვავ ენერგეტიკული კომპლექსის უმეტესი ნაწილი.

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს ნავთობის კიდევ ერთი, ადამიანისათვის სასარგებლო თვისება, მისი "კომპანიური" ხასიათი. ნავთობი დედამიწის წიაღში არ გვხვდება ნახშირწყალბადოვანი საწვავი გაზის გარეშე. თუმცა საწვავი გაზი ნავთობის გარეშე ძალიან ხშირად და მნიშვნელოვანი რაოდენობით გვხვდება.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე არ არის გასაკვირი, რომ XX საუკუნეს უწოდებენ ნავთობისა და გაზის საუკუნეს.

საქართველო არ მიეკუთვნება ნავთობის წამყვან რეგიონს, ამიტომ საქართველოს ნავთობის გადამუშავება საწვავ პროდუქტებად გაუმართლებელია. უფრო ხელსაყრელია ამ მიზნით გამოვიყენოთ საქართველოს ტერიტორიაზე ტრანსპორტირებადი ნავთობი.

ნავთობის გამოყენების ფართო პერსპექტივები მოითხოვს შედგენილობისა და თვისებების ღრმა შესწავლას.

ნავთობის შედგენილობისა და თვისებების შესწავლა პირველად დაიწყო დ. მენდელეევი, ფ. ბელშტეინმა, ა. კურბატოვმა, ვ. მარკოვნიკოვმა, ი. გუბკინმა, ნ. ზელინსკიმ და სხვ. დიდი წვლილი ნავთობის შესწავლაში შეიტანეს ისეთმა უცხოელმა მეცნიერებმა, როგორც იყვნენ უოტერმანი და ფლუგტერი, ვან ნესი, ვან ვესტენი და სხვანი.

საქართველოში მსოფლიო მეცნიერების ტრადიციებს ნაყოფიერად ავითარებდნენ ქ. არეშიძე, ა. გახოკიძე, ლ. მელიქაძე და სხვ.

მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში არსებობს ნავთობისა და მისი გადამუშავების ტექნოლოგიის შესწავლის გრძელვადიანი სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრამები.

ნავთობის ქიმიური შედგენილობისა და თვისებების, მისი მოპოვებისა და გადამუშავების საკითხების შესწავლაში მიღწეული შედეგები სისტემატურად (ერთხელ ოთხ წელიწადში) განიხილება საერთაშორისო კონგრესებზე, სიმპოზიუმებსა და სხვა საერთაშორისო და რეგიონალურ სამეცნიერო ფორუმებზე.

ნავთობის ქიმიის დარგში ყველაზე აქტუალურ პრობლემად რჩება მისი ქიმიური შედგენილობის, განსაკუთრებით მძიმე ნაწილის შემდგომი შესწავლა, რადგან ამის გარეშე შეუძლებელია ნავთობის გადამუშავების პროცესების შემდგომი გაღრმავება და მისი ეფექტურობის ამაღლება.

თავი 1. ზოგადი ცნებები ნავთობისა და გაზის მრეწველობაზე

1.1. საქართველოს ნავთობის მოპოვებისა და გადამუშავების ტექნოლოგიის მოკლე მიმოხილვა.

ნავთობის მოპოვებას საქართველოში ხანგრძლივი ისტორია აქვს, რომელიც პირობითად შეგვიძლია სამ პერიოდად დავყოთ: პირველი - ადრეული პერიოდი, უხსოვარი დროიდან 1929 წლამდე, როდესაც "საქნავთობი" ჩამოყალიბდა. მეორე - შედარებით მოკლე პერიოდი, 1929-1974 წლამდე; მესამე კი უფრო მოკლე პერიოდი - 1974 წლიდან დღემდე. ეს პერიოდები პრაქტიკული შედეგების მიხედვით ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდება, როგორც ხანგრძლივობით, ისე განხორციელებული სამუშაოების მოცულობითა და ხარისხით. ბერძნულ მითოლოგიაში, ლეგენდების თანახმად, ბერძნებს ძველი კოლხეთიდან გაჰქონდათ ნავთობი საწვავი ნარევის დასამზადებლად. საწვავ ნარევის ახ.წ.ად. მეექვსე საუკუნეში იყენებდნენ ომის დროს სპარსეთის საზღვაო ფლოტის წინააღმდეგ. საომარი მოქმედების დროს ნავთობს იყენებდნენ საქართველოშიც ისე, როგორც სხვა ქვეყნებში, მას ხმარობდნენ საწვავ, საპოხ, გასანათებელ საშუალებად ან სამკურნალოდ - კანის, რევმატიზმის და მრავალ სხვა დაავადების დროს. ისტორიკოსების გამოკვლევით, საქართველოში ნავთობს სამშენებლო საქმეშიც იყენებდნენ ცემენტის ხსნარის დასამზადებლად. მშენებლობის ეს მეთოდი ალბათ ახლო აღმოსავლეთიდან გავრცელდა. ჰეროდოტეს აღწერებიდან ჩანს, რომ ნავთობიდან მიღებულ ასფალტს ჯერ კიდევ ძვ.წ.ად. მეხუთე საუკუნეში იყენებდნენ გზატკეცილების მშენებლობაში. ცნობილია, რომ XI-XII საუკუნეებში, დავით აღმაშენებლის მეფობის დროს შესამჩნევად განვითარდა საგარეო ვაჭრობა მეზობელ ქვეყნებთან. საგულისხმოა, რომ იმდროინდელ საქსპორტო შელის სიაში ნავთობიც არის მოხსენებული. ნავთობის ექსპორტის შესახებ მიგვითითებს მარკო პოლოს მოგზაურობა ჩინეთში. იგი ვენეციაში დაბრუნების შემდეგ, თავის შთაბეჭდილებებში აღნიშნავს, რომ "გეორგიანაში" (საქართველოში) წყაროებიდან მოედინება ზეთისმაგვარი თხევადი პეტროლიუმი (ნავთობი), რომელსაც იყენებენ ლამპების გასანათებლად და მრავალი სხვა დაავადებების სამკურნალოდ. ამ სითხისათვის მეზობელი ქვეყნებიდან ჩამოდიან ვაჭრები და აქლემებით ეზიდებიან თავიანთ ქვეყნებში".

მარკო პოლოს შემდეგ, ცნობები საქართველოს ნავთობის შესახებ გამოჩნდა 1809 წელს, როცა გამოქვეყნდა ჰინდელშტატის წიგნი მისი კავკასიაში მოგზაურობის შესახებ, 1773 წელს მან აღწერა ქართლ-კახეთის ნავთობის ეფექტური გამოვლინებები. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ საქართველოს ნავთობგამოვლინებებს დიდ ეკონომიკურ ღირსებას ანიჭებდა დიდი რუსი მეცნიერი დ.მენდელეევი. მისი აზრით, საქართველოში სამრეწველო ნავთობი "იყო, არის და იქნება." 1801 წლიდან საქართველოში სწრაფი ეკონომიკური განვითარების პერსპექტივები გაჩნდა როგორც მრეწველობის სხვადასხვა დარგების, ასევე ნავთობის ირგლივ.

საქართველოში იმ დროს აზერბაიჯანიდანაც საკმაო რაოდენობით შემოდიოდა ნავთობის ნაწარმები: ნავთი, ბენზინი, საპოხი ზეთები. ნავთობპროდუქტებს ფართოდ იყენებდნენ საქართველოში, რამაც საგრძნობლად გაზარდა ნავთობპროდუქტების იმპორტი და ხელი შეუწყო ნავთობიანი უბნების ჯერ საიჯარო ვაჭრობით გაცემას, შემდეგ კი - მათ ყიდვა-გაყიდვას. 1867წ. კერძო მრეწველებმა თავიანთი საიჯარო უფლებები პრუსიის მოქალაქეს ვალტერ სიმენსს გადასცეს. მან ძალიან სწრაფად მოაგვარა ნავთობის მოპოვების, მოპოვებული ნედლეულის გადამუშავებისა და რეალიზაციის საქმე. 1869 წ. მან პატარა შირაქში ააგო პრიმიტიული ნავთობსახდელი ქარხანა. ქარხანა უშვებდა, ძირითადად, ნავთს და მძიმე ზეთებს. მოგვიანებით ამზადებდნენ ბენზინს, გაზოილს, ლიგროინს, სოლარის, მანქანისა და მსუბუქ ზეთებს, ხოლო ნარჩენებისაგან - ასფალტს. მალე სიმენსის მოღვაწეობის დადებითმა

შედეგებმა მოიცვა მთელი საქართველო და უფრო მეტიც, დაინტერესა სომეხი, აზერბაიჯანელი და უცხოელი მრეწველები. გადიოდა წლები და ნავთობის მოპოვება საგრძნობლად მცირდებოდა. პირველი მსოფლიო ომის პერიოდში ნავთობის წარმოების საქმე ნულამდე დავიდა. 1929 წ. ნავთობის ძებნა-ძიებისა და მოპოვების რაციონალურად წარმართვისათვის სსრკ ნავთობის სამინისტრომ "საქნავთობის" ტრესტი დააარსა, რამაც დასაბამი მისცა ნავთობის მრეწველობის განვითარების მეორე ეტაპის დაწყებას.

1930-73 წლების განმავლობაში საქართველოში აღმოჩენილ იქნა 7 მცირე დებიტიანი ნავთობის საბადო (სუფსა, საცხენისი, ტარიბანი, მირზაანი, პატარა შირაქი, ნორიო, ჭალადიდი), რომლებიდანაც ნავთობის ჯამური ამოსაღები საწყისი მარაგი 2,2 მლნ ტონას შეადგენდა. წლიური მოპოვების მოცულობა კი ამ დროისათვის საშუალოდ 23 ათასი ტონით განისაზღვრებოდა.

1974 წელს თბილისის მიმდებარე რაიონში გახსნილი საბადოები (სამგორ-პატარ-ძეული, თელეთი, სამგორის სამხრეთი თალი) ხასიათდებოდა მაღალი პროდუქტიულობით. ჭაბურღილების დღეღამური დებიტი რამდენიმე ასეული ტონით განისაზღვრებოდა. ამ საბადოებების ექსპლუატაციამ სწრაფად გაზარდა ნავთობის მოპოვების მოცულობა: 260 ათასი ტონიდან (1975 წელს) – 3,2 მლნ ტონამდე (1980 წელს). მომდევნო სამი წლის განმავლობაში რესპუბლიკა ყოველწლიურად მოიპოვებდა 3,3 მლნ ტონა ნავთობს. 1985 წელს ნავთობის მოპოვება უეცრად შემცირდა და მხოლოდ 0,6 მლნ ტონა შეადგინა. ნავთობის მოპოვების მიღწეული დონის შესანარჩუნებლად საჭირო იყო ახალი საბადოების აღმოჩენა, რომელთა სამრეწველო მარაგის ოდენობა 25-30 მლნ ტონა იქნებოდა. ეს კი ვერ მოხერხდა ნავთობ-გაზიანი რეგიონების სუსტი შესწავლისა და ბურღვის მოცულობის შემცირების გამო.

1986-91 წლებში ნავთობის მოპოვება წელიწადში საშუალოდ 180 ათასი ტონით განისაზღვრებოდა. 1992-93 წლებში კი რესპუბლიკაში შექმნილი არასტაბილური ვითარების გამო, ნავთობის მოპოვება 100 ათას ტონამდე შემცირდა, ხოლო 1994-95 წლებში შესაბამისად - 67 და 45 ათას ტონამდე, მაშინ, როცა ნავარაუდები იყო 160 ათასი ტონა ნავთობის ამოღება წელიწადში.

საქართველოს ნავთობის პროგნოზული რესურსი 2 მილიარდ ტონას აჭარბებს.

საქართველოში ნავთობის ძებნა-ძიების, მოპოვებისა და განვითარების საქმეში შეიძლება სამი ძირითადი მიმართულება გამოიყოს. პირველ მიმართულებად შეიძლება ჩაითვალოს წინასწარ შეფასებული მარაგების დაძიება და მათი სამრეწველო მარაგებში გადაყვანა; მეორე მიმართულებას მიეკუთვნება ღრმა ბურღვისთვის მომზადებულ სტრუქტურებზე ძიების ჩატარება ახალი საბადოების აღმოჩენის მიზნით, მესამე მიმართულებაში იგულისხმება რეგიონალური გეოლოგიურ-გეოფიზიკური სამუშაოების ჩატარება იმ რეგიონებში, სადაც გეოლოგიური მოსაზრებით მოსალოდნელია პროგნოზული რესურსების არსებობა. მთავარი ამოცანაა ამ რეგიონებში პერსპექტიული სტრუქტურების გამოვლენა, მათი სიღრმისეული აგებულების შესწავლა, არსებული პროგნოზული რესურსების დაზუსტება და ახალი რესურსების გამოვლენა. დღეისათვის საქართველოში ნავთობის თექვსმეტი და გაზის 2 საბადო არსებობს, სადაც "შავი ოქროს" მოპოვება-საძიებო სამუშაოებს ქართული და უცხოური ერთობლივი კომპანიები ახორციელებენ. ექსპერტების შეფასებით, საქართველოში მოქმედი ნავთობისა და გაზის ჭაბურღილები ამოწურვის ეტაპზეა, რაც იმას ნიშნავს, რომ ამ საბადოებიდან ნახშირწყალბადების მოპოვების გაზრდის პერსპექტივა საკმაოდ მცირეა. თუმცა, ტექნოლოგიებისა და ინოვაციური მეთოდების გამოყენების გზით ნავთობისა და გაზის ზრდა მაინც შესაძლებელია.

საქართველოში ნავთობის მოპოვების გადიდება შესაძლებელია მხოლოდ ახალი მაღალპროდუქტიული საბადოების გახსნის ხარჯზე. ეს კი მოითხოვს შესაბამისად

დიდი მოცულობის გეოლოგიურ სამიებო სამუშაოების ჩატარებას, როგორც ხმელეთზე, ასევე ზღვის აკვატორიის ფარგლებში.

თავი 2. ნავთობისა და გაზის ძირითადი მომპოვებელი რაიონები

2.1. ქვეყნები ნავთობის უმსხვილესი მარაგით.

ნავთობის მსოფლიო მოძიებული მარაგები შეფასებულია 1258 მლრდ.ტ. ნავთობის საბადოები განლაგებულია მსოფლიოს სხვადასხვა რაიონში, მაგრამ მათი განაწილება რეგიონებში და ქვეყნებში არის არათანაბარი. ყველაზე მსხვილი ნავთობსაბადოები განლაგებულია ახლო და შუა აღმოსავლეთის არაბეთის რესპუბლიკებში (საუდის არაბეთი, ქუვეითი, ერაყი, ასევე ირანი). ქვემოთ მოყვანილია ქვეყნები ნავთობის უმსხვილესი მარაგით. (ცხრ.2.1.)

ცხრილი 2.1. ქვეყნები ნავთობის უმსხვილესი მარაგით.
(2009 წლის საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს მონაცემებით)

ქვეყანა	მარაგი, მლრდ. ბარელი	% მსოფლიო მარაგიდან
საუდის არაბეთი	264,1	21,0
ირანი	137,6	10,9
ერაყი	115,0	9,1
ქუვეითი	101,5	8,1
ვენესუელა	99,4	7,9
არაბთა გაერთიანებული სამეორეები	97,8	7,8
რუსეთი	79,0	6,3
ლივია	43,7	3,5
ყაზახეთი	39,8	3,2
ნიგერია	36,2	2,9
აშშ	30,5	2,4
კანადა	28,6	2,3
კატარი	27,3	2,2
ჩინეთი	15,5	1,2
ანგოლა	13,5	1,1
ოპეკ-ას წევრები	955,8	76,0
მთელი მსოფლიო	1258,0	100,0

2.2. უმსხვილესი ნავთობმომპოვებლები

ნავთობის სამრეწველო მოპოვება დაიწყო XIX საუკუნეში. მისი ზრდა სწრაფი ტემპით აღინიშნა XX საუკუნის მეორე ნახევარში. 1950-1975 წლებში ნავთობის მსოფლიო მოპოვება ყოველი 10 წლის მანძილზე ორჯერ იზრდებოდა, მაგრამ შემდგომში ნავთობის მოპოვების ტემპების ზრდა შემცირდა.

ქვემოთ მოყვანილია უმსხვილესი ნავთობმომპოვებლები (ცხრ.2.2.)

ცხრილი 2.2. უმსხვილესი ნავთობმომპოვებლები
(2009 წლის საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს მონაცემებით)

ქვეყანა	2008		2006		2003	
	მოპოვება, მლნ. ტ.	მსოფლიო ბაზრის წილი (%)	მოპოვება, მლნ. ტ.	მსოფლიო ბაზრის წილი (%)	მოპოვება, მლნ. ტ.	მსოფლიო ბაზრის წილი (%)
საუდის არაბეთი	480	9,1	507	12,9	470	12,7
რუსეთი	488	9,2	477	12,1	419	11,3
აშშ	294	5,6	310	7,9	348	9,4
ირანი	252	4,8	216	5,5	194	5,2
ჩინეთი	189	3,5	184	4,7	165	4,4
მექსიკა	167,94	3,2	183	4,6	189	5,1
კანადა	173,4	3,3	151	3,8	138	3,7
ვენესუელა	180	3,4	151	3,8	149	4
ყაზახეთი	70	1,3	64,9	1,7	51,3	1,2
დანარჩენი ქვეყნები	2985,56	56	1692,1	43	1589,7	43
ნავთობის მსოფლიო მოპოვება	5280	100	3936	100	3710	100

2.3. უმსხვილესი მსოფლიო გაზმომპოვებლები

ბუნებრივი აირის მოძიებული მარაგები აღემატება 60 ტრლნ. მ³, სავარაუდო მარაგი კი შეფასებულია 200 ტრლნ.მ³. ბუნებრივი აირის მოპოვების ძირითადი ქვეყნებია: აშშ, რუსეთი, ნიდერლანდები, კანადა, გერმანია, ვენესუელა. ქვემოთ მოყვანილია უმსხვილესი მსოფლიო გაზმომპოვებლები (ცხრ. 2.3.)

ცხრილი 2.3. უმსხვილესი მსოფლიო გაზომომპოვებლები

უმსხვილესი მსოფლიო გაზომომპოვებლები					2008		2006		
ქვეყანა	2008		2006		მოპო- ვება, მლრდ მ³	მსოფ- ლიო ბაზ- რის წილი, (%).	მოპო- ვება, მლრდ მ³.	მსოფ- ლიო ბაზ- რის წილი, (%).	
	მოპო- ვება, მლრდ მ³.	მსოფ- ლიო ბაზრის წილი, (%).	მოპო- ვება, მლრდ მ³	მსოფ- ლიო ბაზრის წილი, (%).					
რუსეთის ფედერაცია			673,46	18	მოპო- ვება, მლრდ მ³	მსოფ- ლიო ბაზ- რის წილი, (%).	მოპო- ვება, მლრდ მ³.	მსოფ- ლიო ბაზ- რის წილი, (%).	
აშშ			667	18					
ალჟირი			171,3	5					
ირანი			170	5					
ნორვეგია			143,6	4					
ინდონეზია			88,1	2,4					
საუდის არაბეთი			85,7	2,3					
ნიდერლანდები			77,67	2,1					
მალაზია			69,9	1,9					
ტურქმენეთი			66,2	1,8					
დანარჩენი ქვეყნები			1440,1 7	39,5					
გაზის მსოფლიო მოპოვება		100	3646	100					
ბუნებრივი გაზის მომზადება ტრანსპორტირებისათვის, ქვეყანა									
რუსეთის ფედერაცია							673,46	18	
აშშ							667	18	
ალჟირი							171,3	5	
ირანი							170	5	
ნორვეგია							143,6	4	
ინდონეზია							88,1	2,4	
საუდუს არაბეთი							85,7	2,3	
ნიდერლანდები							77,67	2,1	
მალაზია							69,9	1,9	
ტურქმენეთი							66,2	1,8	
დანარჩენი ქვეყნები							1440,1 7	39,5	
გაზის მსოფლიო მოპოვება							100	3646	100

ქვემოთ მოყვანილია ბუნებრივი გაზის მწარმოებელი ათი წამყვანი ქვეყანა (ცხრ. 2.4.)

ცხრილი 2.4. **გაზის მწარმოებელი ათი წამყვანი ქვეყანა**
(2005 წ. მონაცემები)

ქვეყანა	დამტკიცებული მარაგები (ტრლნ.კუბ.მ.)	მოპოვება (მლრდ. კუბ. მ.)
რუსეთი	47,82	598,0
ირანი	26,74	87,0
კატარი	25,78	43,5
საუდუს არაბეთი	6,9	69,5
არაბთა გაერთიანებული საემიროები	6,04	46,6
აზერბაიჯანი	6,0	უცნობია
აშშ	5,45	525,7
ნიგერია	5,23	21,8
ალჟირი	4,58	87,8
ვენესუელა	4,32	28,9
ერაყი	3,17	1,75

2.4. **ნავთობის ექსპორტიორ ქვეყანათა ორგანიზაცია. ოპეკი** (ინგლ. **Organization of the Petroleum exporting, OPEC**) კარტელი, რომელშიც შედიან ნავთობმწარმოებელი ქვეყნები: ალჟირი, ანგოლა, ინდონეზია, ირანი, ერაყი, ქუვეითი, ლიბია, ნიგერია, კატარი, საუდის არაბეთი, არაბთა გაერთიანებული საემიროები, ეკვადორი და ვენესუელა. 1965 წლიდან ოპეკის საერთაშორისო შტაბბინა ავსტრიაში, კერძოდ ვენაში იმყოფება. ნავთობის მსოფლიო წარმოება წელიწადში დაახლოებით 27 ათასი ბარელია. ეს ნავთობის ის რაოდენობაა, რომელიც დაახლოებით 10 მილიონ საშუალო საცურაო აუზს აავსებდა. ნავთობის თითქმის ნახევარზე მეტს მოიპოვებენ საუდის არაბეთი და ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნები. აშშ 20% მოიპოვებს. ევროპას, რუსეთის ჩათვლით, 15% ეკუთვნის. ნავარაუდებია, რომ ეს მარაგი კიდევ 50 წელიწადს იქნება საყოფი.

თავი 3. ნავთობისა და გაზის მოპოვება

ნავთობისა და გაზის გროვებს მთის ქანების სიღრმეში ეწოდება *ბუდობი* ან *საბადო*. ნავთობის გროვას მის ზემოთ მყოფ გაზთან ერთად ეწოდება *ნავთობგაზიანი* საბადო. თუ ნავთობს არ მოჰყვება თავისუფალი გაზი, საბადოს ეწოდება *ნავთობ-საბადო*. ამ შემთხვევაში ნავთობი შეიცავს გაზს, მაგრამ ის გახსნილია მასში.

მთის ქანების ფენის სტრუქტურაში შეიძლება შედიოდეს ნავთობისა და გაზის რამდენიმე ბუდობი. ბუდობთა ერთობლიობას მთის ქანების რომელიმე ნაოჭში ან სხვა სტრუქტურაში ეწოდება *ნავთობიანი*, *გაზიანი* ან *ნავთობგაზიანი* საბადო, იმის მიხედვით თუ რა თანაფარდობით შედის მასში ნავთობი და გაზი.

თუ სტრუქტურის შედგენილობაში შედის მხოლოდ ერთი ბუდობი, მაშინ ცნება *”ბუდობი”* და *”საბადო”* ერთმანეთს ემთხვევა. მაგრამ ამ შემთხვევაში ცნებას *”საბადო”* აქვს სხვა მნიშვნელობა, ვიდრე ნახშირის ან მეტალური მადნების ან სხვა რომელიმე მყარი სასარგებლო წიაღისეულის შემთხვევაში. ნახშირის ან მადნის გროვები ეს სწორედ ის ადგილებია, სადაც ისინი წარმოიქმნენ, ე.ი. მათი დაბადების ადგილი.

ნავთობისა და გაზის გროვები ყოველთვის წარმოიქმნება მათი თანდათანობითი დაგროვებით ამა თუ იმ, როგორც ამბობენ, დამჭერებში. ამ დამჭერებში, ნავთობისა და გაზის მიგრაციის გამო, შექმნილია ხელსაყრელი პირობები მათ დასაგროვებლად. ამიტომ ნავთობისა და გაზის აღმოჩენა შეიძლება წარმოქმნის ადგილებიდან დიდი მანძილით დაშორებულ დამჭერებში.

ნავთობის მოპოვება ცნობილია უძველესი დროიდან. მაგ., ნავთობს ბუნებრივი ნავთობის წყაროებიდან და მცირე სიღრმის ჭებიდან მოიპოვებდნენ ძვ. წ. V საუკუნეში ასურეთში დიაში, ხოლო ახ.წ. VIII-ში - აფშერონის ნახევარკუნძულზე და სხვა. XIX ს. II ნახევრიდან კი ნედლი ნავთობისა და გაზის აღმოჩენა ხდება სპეციალური საბურღი კომპლექსების საშუალებით. ნავთობის კომპლექსურა ნავთობის ან გაზის აღმისაჩენად მიწაში ღრმა ხვრელს ჭრის და ასე აღწევს საბადომდე. ზღვაში კომპლექსურა სპეციალურ ფეხებზე დგას, რომელიც ზღვის ფსკერამდე ჩადის. თუ წყალი ძალიან ღრმაა, კომპლექსურა ზედაპირზე ტივტივებს, ბურღი წყალში ეშვება და ფსკერის ბურღვას იწყებს. როცა ბურღი საბადოს ხვდება, ნავთობი ან გაზი ხვრელიდან ამოიფრქვევა და იწყება მათი ამოტუმბვა.

3.1. საბადოების ძიება

ნავთობის ძიება ხორციელდება გეოლოგიური, გეოფიზიკური და გეოქიმიური მეთოდების გამოყენებით.

გეოლოგიური მეთოდი ითვალისწინებს დანალექი ქანების სტრუქტურის შესწავლას გეოლოგიური გადაღებებისა და ბურღვის საშუალებით. ბურღვის შედეგების მიხედვით ადგენენ სტრუქტურულ რუკებს, რომლებზეც აღნიშნავენ მთის ქანების, განსაკუთრებით, ფენების რელიეფის შედგენილობას და ასაკს. შემდეგ ნავთობგაზური დამჭერების აღმოსაჩენად ბურღავენ სამძებრო ჭაბურღილებს. საბადოების აღმოჩენის შემდეგ, ნავთობისა და გაზის ზომებისა და მარაგების დადგენის მიზნით, იწყებენ საძიებო ბურღვას.

გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენების დროს სპეციალური ხელსაწყოების გამოყენებით ახდენენ ისეთი მოვლენების და პარამეტრების გაზომვას, როგორცაა გრავიმეტრიული და მაგნიტური ანომალიები, ქანების ელექტროგამტარიანობა, ხელოვნური აფეთქების დროს წარმოქმნილი სეისმური რხევების გავრცელების თავისებურებები. ნავთობისა და გაზის დამჭერების ძიებისას წამყვან მეთოდს წარმოადგენს სეისმოდია.

ნავთობისა და გაზის მოპოვების *გეოქიმიური* მეთოდებს მიეკუთვნება *გაზური გადაღება* და *გაზური კაროტაჟი*. გაზური გადაღების დროს 2-3 მ-დან 10-50 მ. სიღრმეზე იღებენ გაზის (ნიადაგქვეშა ჰაერის) ან ქანების ნიმუშების სინჯებს და ამ სინჯებიდან გამოყოფენ მეთანს, ეთანს, პროპანს და სხვა ნახშირწყალბადებს. ანალიზის შედეგების მიხედვით ხდება "გაზური ანომალიების გამომჟღავნება, რომლებიც საბადოს ქანების სიღრმეში მიაწინებენ ნავთობისა და გაზის შესაძლო არსებობაზე. გაზური კაროტაჟი არის მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს საბურღ ხსნარში ან კერნში აირადი და მსუბუქი თხევადი ნახშირწყალბადების სისტემატურ განსაზღვრას.

ნავთობისა და გაზის გეოლოგიურ-სადაზღვევრო სამუშაოების პროცესი იყოფა სამ ეტაპად: რეგიონალური, სამძებრო და საძიებო.

რეგიონალურ ეტაპზე ახდენენ რეგიონის პროგნოზული რესურსების და ნავთობ-გაზმარაგების შეფასებას; საყრდენი და პარამეტრული ჭაბურღილების ბურღვით და გეოფიზიკური მეთოდებით განისაზღვრება საძიებო სამუშაოების რაიონები.

სამძებრო ეტაპი ითვალისწინებს დეტალურ გეოფიზიკურ კვლევებს და ბურღვისათვის ლოკალური ობიექტების გამომჟღავნებას. ამის შემდეგ ახდენენ სამძებრო ჭაბურღილების ბურღვას. სამძებრო ეტაპის დასრულების შედეგად მტკიცდება საბადოს არსებობის ფაქტი და მიმდინარეობს მარაგების წინასწარი შეფასება.

საძიებო ეტაპის ძირითადი მიზანია - საბადოს კონტურების (გარემოხაზულობის) აღნიშვნა, ფენებისა და ჰორიზონტების სიმძლავრის და ნავთობგაზგაჯერების განსაზღვრა. საძიებო ეტაპის დასრულების შემდეგ მიმდინარეობს ნავთობის სამრეწველო მარაგების დათვლა, ექსპლუატაციაში საბადოს შესვლის რეკომენდაციების შემუშავება.

3.2. საბადოს ბურღვა

ბურღვა ეწოდება დედამიწის ქერქში ვერტიკალური ან დახრილი გამონამუშევრების - ჭაბურღილების გაყვანის ხერხს. ჭაბურღილი წარმოადგენს ცილინდრული ფორმის სამთო გამონამუშევარს, სიგრძესთან შედარებით ძლიერ მცირე დიამეტრის მომრგვალებული განიკვეთით. იგი დედამიწის ქერქში გაჰყავთ ზედაპირზე დაყენებული მექანიზმების საშუალებით.

ბურღვის დროს მიმდინარეობს შემდეგი პროცესები: საბურღ მილებზე დამაგრებული სატეხის ჩაშვება ჭაბურღილში, სანგრევზე ქანების მონგრევა სატეხით და საბურღი ხსნარის საშუალებით მათი ზედაპირზე ამოტანა, მოცვეთილი სატეხის ამოღება ახლით შესაცვლელად. ახალი სატეხის ჩაშვების შემდეგ ბურღვის პროცესი გრძელდება იმავე თანმიმდევრობით, სანამ არ მივაღწევთ ჭაბურღილის საპროექტო სიღრმეს. ბურღვისას ჭაბურღილის კედლების გასამაგრებლად, საჭიროების მიხედვით უშვებენ სამაგრ მილებს (კოლონებს), ხოლო საექსპლუატაციოდ გადაცემის წინ - საექსპლუატაციო კოლონას.

ჭაბურღილის დასაწყისს დედამიწის ზედაპირთან, ჭაბურღილის პირი ეწოდება, ფსკერს - სანგრევი, გვერდით ზედაპირს - კედლები, ხოლო პირიდან სანგრევამდე მანძილს - ჭაბურღილის სიღრმე.

ნავთობისა და აირის ჭაბურღილების ბურღვის სხვადასხვა მეთოდებიდან სამრეწველო გამოყენება პოვა ქანების დაშლის მხოლოდ მექანიკურმა მეთოდმა.

ქანების მექანიკური დაშლა ხორციელდება სოლისებრი იარაღის დარტყმით, ან კბილებიანი საღარავების გადაგორებით სანგრევზე. ქანის ხლეჩა წარმოებს სხვადასხვა ტიპის ბურღებისა და სატეხების ან იმ რგოლისებრი გვირგვინების გამოყენებით, რომელთა მჭრელი ნაწიბურები ბრუნვის დროს დაშლის ქანს ჭაბურღილის სანგრევზე.

ქანების დაშლის ამ სახეობების შესაბამისად არსებობს ბურღვის დარტყმითი, ბრუნვითი და კომბინირებული დარტყმით-ბრუნვითი ხერხები.

ნავთობისა და აირის ჭაბურღილები მხოლოდ ბრუნვითი ხერხით იბურღება. ბრუნვითი ბურღვისას ქანის დაშლა სანგრევზე განუწყვეტლივ მიმდინარეობს მზრუნავი სატეხით, რომელზეც ერთდროულად მოქმედებს ღერძული დაწოლა, ბრუნთა რიცხვი, სანგრევზე მიწოდებული ხსნარის რაოდენობა და წნევა. ამ ძალების მოქმედების შედეგად მიმდინარეობს სანგრევის ჩაღრმავება.

3.3. ნავთობის მოპოვების მეთოდები.

მიწის წიაღიდან ნავთობის მოპოვება ხორციელდება ორი სახის ენერჯის ხარჯზე - ფენის ბუნებრივი ენერჯით და ჭაბურღილებში ამა თუ იმ ხერხით მიწოდებული ენერჯით. ნავთობის ჭაბურღილის ექსპლუატაციის ხერხი, რომლის დროსაც გამოიყენება ფენის ენერჯია ეწოდება *შადრევნული*. შადრევნული ხერხი გამოიყენება ექსპლუატაციის საწყისს პერიოდში, როდესაც საბადოს ფენის წნევა საკმაოდ მაღალია. შადრევნული ხერხი უფრო ეკონომიურია.

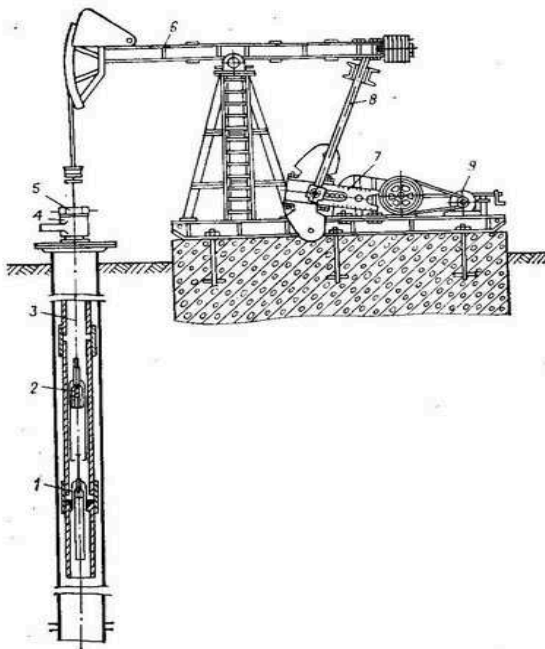
მოპოვების ხერხს, რომლის დროსაც ნავთობი მიწის ზედაპირზე ამოდის გარედან მიწოდებული ენერჯის ხარჯზე, ეწოდება *მექანიზებული*. არსებობს ექსპლუატაციის მექანიზებული ხერხის ორი სახესხვაობა: კომპრესორული და სატუმბი.

კომპრესორული ან *გაზლიფტური* მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში ჭაბურღილში კომპრესორით აწვდიან გაზს, რომელიც შეერევა ნავთობს. ნავთობის სიმკვრივე

მცირდება, სანგრევი წნევა ხდება ფენის წნევაზე უფრო დაბალი, რაც იწვევს სითხის მოძრაობას ზედაპირისაკენ. კომპრესორული მეთოდის ნაკლს წარმოადგენს ჰაერთან შერეული ნავთობის თანმხლები აირების დაწვის აუცილებლობა, მილსადენების გაზრდილი კოროზია.

ექსპლუატაციის *სატუმბო* ხერხის გამოყენების შემთხვევაში გარკვეულ სიღრმეზე ჩაუშვებენ ტუმბოებს, რომლებიც მოქმედებაში მოდიან სხვადასხვა ხერხით გადაცემული ენერგიის ხარჯზე. მსოფლიოს ნავთობმომპოვებელი საბადოების უმეტეს ნაწილში გამოიყენება შტანგიანი ტუმბოები.

შტანგიანი ტუმბოებით (ნახ.3.1) ნავთობის ამოსაღებად ჭაბურღილში ჩაუშვებენ მილებს. მილების შიგნით მოთავსებულია ცილინდრი და შემწოვი სარქველი 1. ცილინდრში ზევით და ქვევით მოძრაობს პლუნჟერი საჭირხნი სარქველით. როდესაც პლუნჟერი მიემართება ზევით, საჭირხნი სარქველი დაკეტილია, რადგან მას აწვება სატუმბო მილებში მყოფი სითხე, შემწოვი სარქველი კი გაღებულია. როდესაც პლუნჟერი მოძრაობს ქვევით, ქვედა შემწოვი სარქველი იკეტება, ზედა საჭირხნი სარქველი კი იღება. ცილინდრიდან სითხე გადადის პლუნჟერის ზევით მყოფ სივრცეში, რის შედეგად ნავთობი თანდათან ამოდის ზედაპირზე.



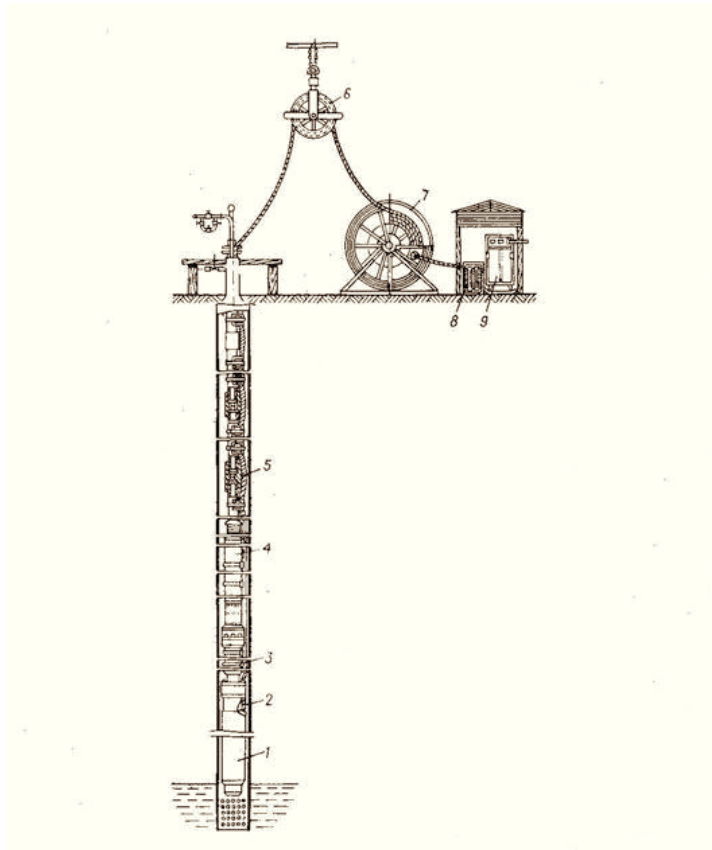
ნახ. 3.1. ნავთობის მოსაპოვებელი დანადგარის სქემა შტანგიანი

სიღრმითი ტუმბოების გამოყენებით

- 1 - შემწოვი სარქველი; 2 - საჭირხნი სარქველი; 3 - სატუმბო შტანგი; 4 - სამკაპი;
5 - ჩოხალი; 6 - ბალანსირი; 7,8 მრუდმხარა - ბარბაცა მექანიზმი; 9. ძრავა.

არსებობს ნავთობის ამოღების ხერხი უშტანგო ტუმბოების გამოყენებით. ამ შემთხვევაში ტუმბოს (სპეციალური კაბელით) ჭაბურღილის ტანის გავლით მიეწოდება ელექტრული ენერგია ან სხვა ენერგომამტარებელი სითხის (შეკუმშული აირი, თბომამტარებელი) ნაკადი.

დანადგარი ჩატვირთული ელექტროტუმბოთი (ნახ.3.2) შეიცავს ჩატვირთულ ელექტროძრავას, მრავალსაფეხურიან ტუმბოს და საკაბელო ხაზს, რომლებიც ჭაბურღილში ჩაეშვებიან სატუმბო მილების დახმარებით. მიწაზე აყენებენ მართვის სადგურს და ტრანსფორმატორს.



ნახ.3.2. ჩასათვრითი ცენტრიდანული ელექტრიკუმბოს დანადგარის სქემა

1-ელექტროძრავა; 2-პროტექტორი; 3-საცრიანი ფილტრი; 4-ჩამტვირთი ტუმბო; 5-კაბელი; 6 - მიმართულების მიმცემი ჭანჭიკი; 7-საკაბელო დოლი; 8 - ტრანსფორმატორი; 9 - მმართველის სადგური.

3.4. ნავთობგაცემის კოეფიციენტი და მისი ამაღლების გზები.

ექსპლუატაციის დროს შეუძლებელია საბადოდან ნავთობის მთლიანი ამოღება. არჩევნ ნავთობგაცემის კოეფიციენტს, რომლის სიდიდე ტოლია მოცემული რეჟიმით დამუშავების პირობებში ნავთობის ამოსაღები მარაგების შეფარდებას საწყის გეოლოგიურ მარაგებთან (მოპოვების შეწყვეტის შემდეგ).

ამ კოეფიციენტის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ საბადოს დამუშავების ეფექტურობის შესახებ. ნავთობის მოპოვების პრაქტიკისა და ექსპერიმენტების საფუძველზე დადგენილია, რომ ნავთობგაცემის კოეფიციენტი სხვადასხვა რეჟიმისათვის ან საბადოსათვის სხვადასხვაა.

არსებობს საბადოს მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმი. საბადოს მუშაობის რეჟიმები დაყოფილია ოთხ ძირითად ჯგუფად:

- I. წყალ-წნევითი რეჟიმი;
- II. გაზ- წნევითი რეჟიმი;
- III. გახსნილი გაზის;
- IV. გრავიტაციული.

I და II რეჟიმებს, უწოდებენ წნევის რეჟიმს, ხოლო III და IV - გამოლექვის რეჟიმს.

წყალ-წნევითი რეჟიმის დროს სითხისა და გაზის გამოდევნა ფენიდან საექსპლუატაციო ჭაბურღილების სანგრევისაკენ მიმდინარეობს მოსაზღვრე წყლების ზემოქმედებით. ამ რეჟიმით მომუშავე საბადოების პროდუქტიულ ფენას კავშირი აქვს მიწის ზედაპირთან.

გაზ-წნევის რეჟიმის დროს ნავთობის გამოდევნა ფენიდან წარმოებს იმ გაზის გაფართოების ხარჯზე, რომელიც მოთავსებულია ნავთობის საბადოს ზედა ნაწილში, თავისუფალი გაზის სახით ე.წ. "გაზის ქუდში".

გახსნილი გაზის რეჟიმი დამახასიათებელია დამრეცი ფენებისათვის. ასეთ შემთხვევაში საბადოში არ არის თავისუფალი გაზი და ნავთობიან ზონაში არ ხდება კონტურის წყლების შემოჭრა.

გრავიტაციული რეჟიმი. ფენის ენერჯის მთლიანად გამოფიტვის შემთხვევაში ნავთობის მთავარ მამოძრავებელ ძალად მოგვევლინება საკუთრივ ნავთობის სიმძიმის ძალა. ამ დროს ფენის ზედა ნაწილიდან ნავთობი ნელ-ნელა ჩაედინება ძირს და გროვდება. ასეთი ფენების მუშაობის რეჟიმს გრავიტაციულს უწოდებენ. ამ რეჟიმს ადგილი აქვს მაშინ, როდესაც ფენის წნევა მინიმუმამდე ეცემა, კონტურის წყლები აღარ მოქმედებენ და გაზის ენერჯია მთლიანად გამოფიტულია.

საბადოებზე ზემოქმედების მიზანია შევინარჩუნოთ საწყისი ფენის წნევა და, რაც უფრო მნიშვნელოვანია, გავზარდოთ ნავთობგაცემის კოეფიციენტის საბოლოო მნიშვნელობა. არსებობს ფენზე ზემოქმედების შემდეგი ძირითადი მეთოდები:

- ა). ფენის წნევის შენარჩუნება წყლის ჩაჭირხვით;
- ბ). ფენის წნევის შენარჩუნება გაზის ჩაჭირხვით;
- გ). ფენის წნევის შენარჩუნება სითბური მეთოდებით.

წყალწნევიანი რეჟიმის გამოყენების დროს ნავთობგაცემის კოეფიციენტი უფრო მაღალია, ამიტომ ფენიდან ნავთობის ამოსაღები მარაგების ასამაღლებლად და ნავთობგაცემის კოეფიციენტის ასამაღლებლად იყენებენ ფენში წყლის ჩაჭირხვის ხერხს.

ასხვავებენ წყლის ჩაჭირხვას კონტურის გარეთ, კონტურთან ახლოს და კონტურის შიგნით.

წყლის ჩაჭირხვა კონტურის გარეთ. ამ შემთხვევაში ფენზე ზემოქმედება წარმოებს სპეციალური ჩასაჭირხნი ჭაბურღილების საშუალებით, რომლებიც განლაგებულია ნავთობის გარე კონტურიდან 300-800 მ-ის დაშორებით. მეთოდი გამოიყენება მცირე ბუდობების შემუშავების შემთხვევაში, როდესაც მოსაპოვებელია არა უმეტესი 3-4 ჭაბურღილი. მეთოდის ნაკლს წარმოადგენს ჩასაჭირხნი წყლის მნიშვნელოვანი დანაკარგები.

წყლის ჩაჭირხვა კონტურთან ახლოს. მეთოდი იძლევა ფენზე უფრო ინტენსიური ზემოქმედების საშუალებას და მას იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც ნავთობის საბადოს ზომები მცირეა და საჭიროა ფენზე ზემოქმედების დაჩქარება.

წყლის ჩაჭირხვა კონტურის შიგნით ფენში. ზემოქმედება ამ შემთხვევაში წარმოებს ჩასაჭირხნი ჭაბურღილების მთელი სისტემით, რომელიც განლაგებულია კონტურის შიგნით ამა თუ იმ სქემის მიხედვით. შიგაკონტურული გაწყლოვანების გამოყენების დროს საბადოს ჭრიან წრფივად ან წრიულად განლაგებული საჭირხნი ჭაბურღილების რიგებით. გაწყლოვანების ბლოკურ სისტემას იყენებენ დიდ საბადოებზე. ფართობრივი გაწყლოვანება ყველაზე უფრო ინტენსიური სისტემაა, რომელიც უზრუნველყოფს ნავთობის ამოღების მაღალ ტემპებს. ფენზე წყლიანი ზემოქმედების მეთოდების გამოყენება არ უზრუნველყოფს ნავთობის გეოლოგიური მარაგების სრულ ამოღებას, ნავთობის მარაგის ნახევარზე მეტი რჩება წიაღში, ბლანტ ნავთობის საბადოებში კი - მოძიებული ნავთობის 85%-მდე. დღესდღეობით ფენის ნავთობგაცემის ამაღლების მიზნით იყენებენ ფენზე ზემოქმედების ახალ მეთოდებს - წყალთან ერთად ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებების (ზან), პოლიმერების, გამხსნელების, ემულსიების და სხვ. ჩატუმბვას. ამ მეთოდების გამოყენება იძლევა ფენების ნავთობგაცემის 10-30%-ით გაზრდის საშუალებას.

ნავთობის ფენში ზან-ის შემცველი წყლის ჩაჭირხვით ზედაპირზე ნავთობი - წყალი მცირდება ზედაპირული დაჭიმულობა, იზრდება ნავთობის მოძრაობის უნარი და უმჯობესდება მისი გამოძევება წყლით. წყალში პოლიმერების, კერძოდ, პოლიაკ-

რილამიდის დამატება იძლევა ფენიდან ნავთობის გამოძევების პირობების გაუმჯობესების საშუალებას.

ფენში *სუსტი ტუტე ხსნარების ჩაჭირხვნა* ძალიან ეფექტურია ისეთი ნავთობების გამოძევების დროს, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ ნაფტენურ მჟავებს. ნავთობის ხსნარებთან კონტაქტის შედეგად საზღვარზე ნავთობი - ტუტე ხსნარი არსებითად მცირდება ზედაპირული დაჭიმულობა.

ნავთობგაცემის ამალლების ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ ხერხად ითვლება ფენში *ნახშირბადის დიოქსიდის ჩაჭირხვნა*. ნავთობში CO₂-ის გახსნა ამცირებს მის სიბლანტეს, ზრდის მოცულობას, რაც ხელს უწყობს ნავთობით დაკავებული ფორების მოცულობის ზრდას, ქმნის მისი მოძრაობისათვის ხელსაყრელ პირობებს.

მაღალი სიბლანტის მქონე ნავთობის საბადოების შემუშავების ეფექტურობის ასამალლებლად დიდ როლს ასრულებს საბადოებზე ზემოქმედების თბური მეთოდები: ფენში *ცხელი წყლის, ორთქლის ჩატუმბვა* და *შიგაფენური წვა*. ძირითად ფაქტორს, რომელიც განსაზღვრავს ფენიდან ნავთობის გამოძევების ეფექტურობას მიეკუთვნება ნავთობისა და წყლის თანაფარდობა; რაც უფრო დიდია ეს თანაფარდობა, მით უფრო მაღალია ნავთობგაცემა. სითბური ზემოქმედება მაღალი სიბლანტის მქონე ნავთობზე ამ თანაფარდობას 30-50 ჯერ ზრდის.

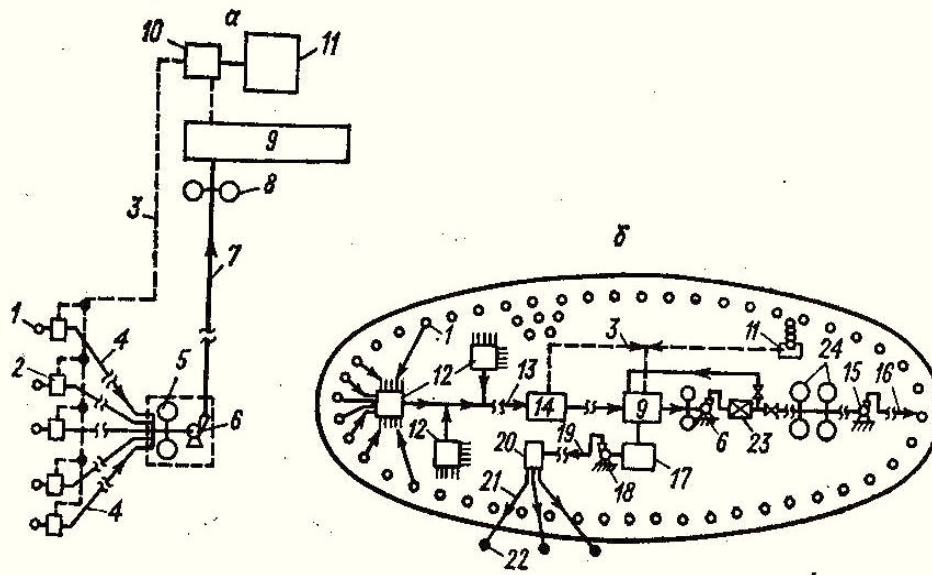
უშუალოდ ბუდობზე ზემოქმედებასთან ერთად ნავთობის მოპოვების ინტენსიფიკაციისათვის იყენებენ სანგრევ ზონაზე ზემოქმედების სხვადასხვა *ქიმიურ, ფიზიკურ* და *თბურ* ხერხებს. სანგრევი ზონის მჟავით დამუშავების შემთხვევაში ფენში შეღწეული მჟავა ურთიერთქმედებს კარბონატულ ქანებთან, რომლებიც აკავშირებენ სილის ნაწილაკებს, ხსნიან ქანებს, რაც იწვევს ფორების არხების დიამეტრის გადიდებას და ფოროვანი ქანების შეღწევადობის ზრდას. მეტად ეფექტური გამოდგა ჭაბურღილების დამუშავების აირმჟავური მეთოდები, ასევე სანგრევ ზონებზე თერმოქიმიური და თერმოაირქიმიური ზემოქმედების მეთოდები.

ფიზიკურ მეთოდების რიცხვს მიეკუთვნება ფენის ჰიდრავლიკური გარღვევის მეთოდი, რომელსაც ატარებენ ახალი ბზარების წარმოქმნის მიზნით და სანგრევი ზონის შეღწევადობის ასამალლებლად. ფენის ჰიდრავლიკურ გარღვევას იწვევს მასში მაღალი წნევის ქვეშე მყოფი სითხის ჩაჭირხვნა.

3.5. ნავთობის შეკრება და მომზადება ტრანსპორტირებისათვის.

წიალიდან მიწის ზედაპირზე ამოსული ნავთობი შეიცავს ნავთობის თანმხლებ აირებს (50-100მ³/ტ, წყალს (200-300 კგ/ტ), მინერალურ მარილებს (10-15 კგ/ტ), მექანიკურ მინარევებს. ტრანსპორტირების და გადასამუშავებლად მიწოდების წინ აირები, მექანიკური მინარევები, წყლის ძირითადი ნაწილი ნავთობიდან უნდა იყოს მოცილებული.

არსებობს ნავთობის შიგასარეწაო შეკრებისა და ტრანსპორტირების სხვადასხვა სისტემა, რომელიც განსხვავდება ნავთობისა და გაზის გადაადგილების პირობებით, ნავთობიდან გაზის მოცილების სქემით. უძველესია - *თვითდინებადი სისტემა*, რომელშიც ნავთობი გადაადგილდება იმის ხარჯზე, რომ ჭაბურღილის პირის ნიშნული აღემატება საზომი დანადგარის ნიშნულს. (ნახ.3.3,ა). ჭაბურღილი 1-დან ნავთობი, გაზი და წყალი მიეწოდება ჭაბურღილთან ახლოს მდებარე ინდივიდუალურ საზომ დანადგარს (ისდ) 2. ისდ-ზე ნავთობს აცილებენ გაზს და წყალს, რომლებიც თვითდინებადი ხაზებით 4 ტრანსპორტირდება საუბნო არაპერმეტიზებულ რეზერვუარებ 5-ში. რეზერვუარებიდან ნავთობს ტუმბო 6-ით, კოლექტორ 7-ით აწვდიან ნავთობის მომზადების დანადგარ 9-ზე, წყალს კი დაწვდომის შემდეგ ასხამენ კანალიზაციაში. ისდ-დან გამოყოფილ აირს გადაცემენ გაზის გადამამუშავებელ ქარხანას (გგქ).



ნახ.3.3. ნავთობის სარეწაოზე ნავთობის, გაზისა და წყლის შეკრების თვითდინებადი (ა) და ჰერმეტიზებული (ბ) სისტემები.

1 - ჭაბურღილი; 2 - ინდივიდუალური გამზომი დანადგარი (იგდ); 3 -გაზსადენი; 4 - თვითდინებადი ხაზი; 5 - შემკრები პუნქტის უზნის რეზერვუარები; 6,15,18 - ტუმბოები; 7 - შემკრები კოლექტორი; 8 - ნედლეულის რეზერვუარები; 9 - ნავთობის მომზადების დანადგარები(ნმდ); 10 - კომპრესორული სადგური; 11 - გაზის გადამამუშავებელი ქარხანა (გგქ); 12 - ჯგუფური საზომი დანადგარები (ჯგსდ); 13 - ნავთობის, გაზისა და წყლის შემკრები კოლექტორი; 14 - საბოლოო დაწნევის სადგური; 16 - მაგისტრალური ნავთობსადენი; 17 - წყლის გაწმენდის დანადგარი; 19,21 - წყლისმამტარები; 20 - ძელაკიანი სატუმბი სადგური; 22 - საჭირხნი ჭაბურღილები; 23 - ავტომატიზებული დანადგარი; 24 - მომზადებული ნავთობის სასაქონლო რეზერვუარები.

ნავთობის შეკრების თვითდინებად სისტემებს აქვს მთელი რიგი ნაკლი: სითხის ნაკადის მცირე სიჩქარით მოძრაობის გამო სისტემებში წარმოიქმნება მექანიკური მინარევების, მარილების, პარაფინის დანალექები; ღია საზომებისა და რეზერვუარების გამო მაღალია გაზისა და მსუბუქ ფრაქციათა დანაკარგები, რომლებიც შეადგენს ნავთობის საერთო მოცულობის 3%.

ნავთობის ახალ საბადოებზე მოქმედებს ნავთობის, გაზისა და წყლის *ჰერმეტიზებული მაღალი დაწნევის სისტემები*, რომელთა ტექნოლოგიური სქემა განისაზღვრება საბადოს სიდიდით და ფართის ფორმით, ადგილის რელიეფით, ნავთობის ფიზიკო-ქიმიური თვისებებით. ნახ. 3.3 ბ-ზე ნაჩვენებია ერთ-ერთი ასეთი სისტემა, რომელიც დამახასიათებელია დიდი საბადოსათვის.

ჭაბურღილის პირიდან საკუთარი წნევის ქვეშ ნედლი ნავთობი მიემართება ჯგუფურ მზომ დანადგარებზე 12 (ჯმდ). ჯმდ-ზე ნავთობიან გაზს მოაცილებენ სითხეს და ახდენენ პროდუქტების რაოდენობის ავტომატურ გაზომვას. შემდეგ გაზს კვლავ შეურევნ წყალს და ნავთობს; კოლექტორ 13-ით ნარევი გადაადგილდება დასაწნებ სატუმბ სადგურ 14-ში, რომლის შედგენილობაში შედის ნავთობისა და გაზის დასაყოფი პირველი საფეხურის სეპარატორები. სეპარატორიდან საკუთარი წნევით გაზი მიეწოდება გაზის გადამამუშავებელ ქარხანა 11-ს, ნაწილობრივ დეგაზირებული ნავთობი კი მიეწოდება ნავთობის მომზადების დანადგარ 9-ს (ნმდ). ნმდ-ზე ხორციელდება ნავთობიდან გაზის სეპარაციის მეორე და მესამე საფეხურები, ნავთობის გაუწყლოება და გაუმარილება. ნმდ-დან გაზს აწვდიან გაზის გადამამუშავებელ ქარხანა 11-ს, წყალი - წყლის გაწმენდ დანადგარ 17-ს, გაწმენდილ წყალს ძელაკიანი სატუმბი სადგურ 20-ის ტუმბოებით საჭირხნი ჭაბურღილების გავლით ჩაჭირხნიან ფენში.

ნმდ-ზე გაუწყლოებულ და გაუმარილებულ ნავთობს აწვდიან ჰერმეტიზებულ რეზერვუარებში, შემდეგ ტუმბოებით 6 - ავტომატიზებულ დანადგარ 23-ში, რომელიც განკუთვნილია ნავთობის ხარისხისა და რაოდენობის შესაფასებლად. დანადგარიდან ნავთობს აწვდიან სასაქონლო რეზერვუარებ 24-ში, საიდანაც ტუმბოებით აგზავნიან მაგისტრალურ ნავთობსადენ 16-ში, მაგისტრალური ნავთობსადენებიდან ნავთობი ტრანსპორტირდება ნავთობგადამამუშავებელ ქარხნებში.

მრავალსაფეხურიანი სეპარაციის შემდეგ ნავთობში მაინც რჩება C₁-C₄ ნახშირწყალბადების მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომელიც შეიძლება დაიკარგოს რეზერვუარიდან რეზერვუარში ნავთობის გადაქაჩვის, შენახვისა და ტრანსპორტირების დროს. ნახშირწყალბადების შესაძლო დანაკარგების, აირებით და მსუბუქი ფრაქციებით ჰაერის გაჭუჭყიანების საშიშროების აცილების მიზნით, ზოგიერთ სარეწაოში, სპეციალური სარეკტიფიკაციო სვეტების გამოყენებით, ახდენენ ნავთობის სტაბილიზაციას. სტაბილურ ნავთობში შედის არა უმეტესი 1% C₁-C₄ ნახშირწყალბადი, არასტაბილურში კი - 2-3%. გაუწყლოებული და გაუმარილებული ნავთობი მაგისტრალური ნავთობსადენებით ან რკინიგზით გადადის ნავთობგადამამუშავებელ ქარხნებში.

3.6. ბუნებრივი აირების მოპოვება.

ბუნებრივი აირების უმსხვილესი მარაგები თავმოყრილია დედამიწის ქერქის დანალექ საფარში. ბიოგენური (ორგანული) თეორიის თანახმად ისინი წარმოიქმნება ცოცხალი ორგანიზმების ნეშთის ხრწნის შედეგად. დადგენილია, რომ ბუნებრივი აირი წარმოიქმნება უფრო მაღალ ტემპერატურებზე და წნევებზე, ვიდრე ნავთობი. ამას ადასტურებს ის ფაქტი, რომ გაზის საბადოები ხშირად განლაგებულია უფრო ღრმად, ვიდრე ნავთობის საბადოები.

საწვავი აირების მოპოვება ითვალისწინებს მიწიდან მათ გამოყოფას, შეკრებას, დათვლას, მომზადებას ტრანსპორტირებისათვის.

მიწის წიაღში ბუნებრივი აირი იმყოფება 1000 მ-დან რამდენიმე კილომეტრის სიღრმეში. წიაღში აირი იმყოფება ღრუბლებში, რომლებსაც ფორები ეწოდება. ფორები ერთმანეთთან დაკავშირებულია მიკროსკოპიული არხებით - ბზარებით (ნაპრალებით). ამ არხებით აირი ამოდის წიაღიდან იმის ხარჯზე, რომ ფენში ის იმყოფება ატმოსფერულ წნევაზე ბევრად უფრო მაღალი წნევის ქვეშ.

საწვავი აირების საბადოები იყოფა *საკუთრივ გაზის* საბადოებად, რომლებშიც აირების გროვები არ არის დაკავშირებული სხვა სასარგებლო წიაღისეულთან; *გაზნავთობურ* საბადოებად, სადაც აირადი ნახშირწყალბადები გახსნილია ნავთობში ან ნავთობის საბადოსთან წარმოქმნიან ე. წ. *გაზურ ქუდს*; *გაზკონდენსატის* საბადოებად, სადაც გაზი გამდიდრებულია თხევადი ნახშირწყალბადებით. გაზკონდენსატის საბადოები გვხვდება დაახლოებით 1კმ სიღრმეში, სადაც წნევა 100 ატმ აღწევს.

გაზკონდენსატის საბადოებში, ჭაბურღილიდან მიწის ზედაპირზე გაზის ამოსვლის შედეგად, გამოიყოფა კონდენსატი, ე.ი. გაზში შემავალი თხევადი ფრაქცია. კონდენსატის შედგენილობაში, ჩვეულებრივ, შედის მსუბუქი თხევადი ნახშირწყალბადები - პენტანები, ჰექსანები, ჰეპტანები და სხვ. ზოგიერთ შემთხვევაში კონდენსატი წარმოადგენს მსუბუქ ბენზინს, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას ავტომობილებსა და სხვა შიგაწვის ძრავებში. ძალიან მაღალი წნევის პირობებში აირმა შეიძლება გახსნას ნავთობის უფრო მძიმე ნავთისა და ზეთის ფრაქციები. მაღალი წნევის პირობებში შეკუმშული გაზის ამ თვისებასთან დაკავშირებულია გაზკონდენსატის საბადოს შემუშავების თავისებურებები.

ისევე, როგორც ნავთობპროდუქტი, კონდენსატი წარმოადგენს ფასეულ ღირებულებას, ამიტომ გაზკონდენსატის საბადოების შემუშავების დროს ძირითადი ყურადღება ეთმობა გაზიდან კონდენსატის მიღებას. კონდენსატის გამოყოფის შედეგად მიღე-

ბული გაზი გაზსადენებით გადაიგზავნება გასაწმენდად და გამოსაყენებლად როგორც საწვავი, ან სხვა მიზნებისათვის.

ისევე, როგორც ნავთობს, გაზს მიწიდან იღებენ ჭაბურღილების ქსელის გავლით. რადგან მიწის წიაღში გაზი იმყოფება მაღალი წნევის ქვეშ, მის მოსაპოვებლად, როგორც წესი, იყენებენ შადრევნულ ხერხს. ზედაპირზე გაზის ამოსასვლელად საკმარისია გაზისმამტარ ფენში გაბურღული ჭაბურღილის გახსნა. გაზის თავისუფალი ამოსვლის დროს არარაციონალურად იხარჯება ფენის ენერჯია, შესაძლებელია ჭაბურღილის დაშლა. ამიტომ ჭაბურღილის თავზე აყენებენ შტუცერს (მილის ადგილობრივი შევიწროება), რომელიც ზღუდავს გაზის მიწოდებას. გაზის საბადოს შემუშავება გრძელდება 15-20 წელი, ამ ხნის განმავლობაში ამოიღება მარაგების 80-90 %.

ჭაბურღილებიდან ამოსულ გაზს უშუალოდ სარეწაოებზე ამზადებენ ტრანსპორტირებისათვის. მას მოაცილებენ მექანიკურ მინარევებს, წყლის ორთქლს, მძიმე ნახშირწყალბადებს, აუცილებლობის შემთხვევაში კი - გოგირდოვან ნაერთებს.

3.7. ბუნებრივი აირის მომზადება ტრანსპორტირებისათვის

ტრანსპორტირებისათვის გაზის მომზადების აუცილებლობა გამოწვეულია იმით, რომ მასში არსებობს მინარევები, რომლებიც ქმნიან სიძნელეებს ტრანსპორტირებისა და გამოყენების დროს. ასე, მაგალითად, აირში შემავალმა წყლის ორთქლმა გარკვეულ პირობებში შეიძლება წარმოქმნას ჰიდრატები ან, კონდენსირების შედეგად ის შეიძლება დაგროვდეს სხვადასხვა ადგილებში (მაგალითად, მილსადენის ხვეულში) და ხელი შეუშალოს გაზის გადაადგილებას; გოგირდწყალბადი იწვევს მოწყობილობის ძლიერ კოროზიას (მილების, თბომცველების და ა.შ.).

გაზს ამზადებენ სხვადასხვა სქემების გამოყენებით. ერთ-ერთი სქემის მიხედვით უშუალოდ საბადოსთან შენდება გაზის კომპლექსური დამუშავების დანადგარი (გკდ), რომელზეც ახდენენ გაზის გაწმენდას და გაშრობას. იმ შემთხვევაში, თუ გაზი დიდი რაოდენობით შეიცავს ჰელიუმსა და გოგირდწყალბადს, მისი დამუშავება ხდება გაზის გადამამუშავებელ ქარხანაში, სადაც გამოყოფენ ჰელიუმს და გოგირდს.

3.8. ბუნებრივი აირის ტრანსპორტირება

ცნება "აირის ტრანსპორტი" გულისხმობს აირების ტრანსპორტირებას თხევად და აირად მდგომარეობაში. აირების ტრანსპორტის ხერხები არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. შეკუმშული ნახშირწყალბადური აირები (პროპანის, ბუთანის, იზობუთანის ნარევი) გამოირჩევა იმით, რომ მცირე წნევისა და ნორმალური ტემპერატურის პირობებში მათი შენახვა და ტრანსპორტირება შეიძლება თხევად მდგომარეობაში. თხევადი აირი იკავებს თავიანთი საწყისი მოცულობის დაახლოებით 1/250, ამიტომ მისი ტრანსპორტირება შესაძლებელია ყველა სახის ტრანსპორტით: რკინიგზით, წყლით, საავტომობილო, მილსადენებით.

აირად მდგომარეობაში მყოფი ბუნებრივი გაზი ტრანსპორტირდება მხოლოდ მილსადენებით. ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირებისათვის კონტინენტთა შორის, რომლებიც დაშორებულია ზღვებით და ოკეანეებით, გამოიყენება მისი თხევადი სახით ტრანსპორტირება 160C⁰ ტემპერატურაზე, სპეციალური მეთანმზიდი ტანკერებით.

მაგისტრალური გაზსადენები და მაგისტრალური ნავთობსადენები ერთმანეთის მსგავსი არიან. აფეთქებისა და ჰიდრატული საცობების წარმოქმნის აცილების მიზნით მაგისტრალური გაზსადენებისათვის საჭიროა სპეციალური ღონისძიებების ჩატარება.

დღეისათვის გაზის ტრანსპორტის ძირითად სახეობას წარმოადგენს ტრანსპორტირება მილსადენებით. 75 ატმ. წნევის ქვეშ გაზი მიემართება 1,4 მეტრის დიამეტრის მქონე მილებით. მილსადენებში გადაადგილების შედეგად გაზი კარგავს ენერჯიას, ამიტომ გარკვეული მონაკვეთის შემდეგ საჭიროა კომპრესორული სადგურის აშენება,

სადაც გაზი იჭირხნება 75 ატმ-მდე. გარდა მილსადენური ტრანსპორტირებისა იყენებენ სპეციალურ ტანკერებს - გაზმამტარებს. გაზმამტარი წარმოადგენს სპეციალურ გემს, რომელშიც გარკვეულ თერმობარულ პირობებში ხდება გაზის გადაზიდვა თხევად მდგომარეობაში.

თავი 4. ნავთობის საერთო თვისებები და კლასიფიკაცია.

4.1. ნავთობის ფრაქციული და ქიმიური შედგენილობა

ნავთობის ქიმიური თვისებების განხილვის დროს ასხვავებენ მისი შედგენილობის სამ სახეს: ფრაქციულს, ჯგუფურ ქიმიურსა და ელემენტურს.

ნავთობის ფრაქციული შედგენილობა

ატმოსფერულ წნევაზე და მაღალი ტემპერატურების პირობებში ნავთობიდან თანმიმდევრულად ორთქლდებიან სხვადასხვა ინდივიდუალური ნახშირწყალბადები.

ნახშირწყალბადების დუღილის სხვადასხვა ტემპერატურა გამოიყენება ნავთობის ფრაქციებად დაყოფისათვის. *ფრაქცია* წარმოადგენს ნახშირწყალბადების ჯგუფს, რომელიც დულს ტემპერატურების გარკვეულ ინტერვალში.

როგორც წესი, ნედლი ნავთობი შეიცავს შემდეგ ფრაქციებს, საიდანაც მიიღება ნავთობის ძირითადი პროდუქტები:

დუღილის ტემპერატურა	ფრაქციები
430° C-ზე ზემოდ	მაზუთი
230-430° C	გაზოილი (დიზელის საწვავი)
160-230° C	ნავთი
105-160° C	ლიგროინი (ნავთა)
32-105° C	ბენზინი
32° C -ზე ქვემოთ	ნახშირწყალბადური აირები

გაზის ფრაქცია. ნავთობის გადამუშავების შედეგად მიღებული აირების შედგენილობაში შედის ალკანები: ეთანი, პროპანი და ბუტანები. ამ ფრაქციის სამრეწველო დასახელებაა - ნავთობქარხნული (ნავთობიანი) აირები ან გაზები. ნავთობქარხნული გაზი გამოიყენება აირად საწვავად ან, თხევადი გაზის მიღების მიზნით, მას წნევის ქვეშ ათხევადებენ. უკანასკნელი გამოიყენება როგორც თხევადი საწვავი, ან ნედლეული ეთილენის მისაღებად.

ბენზინის ფრაქცია. ეს ფრაქცია გამოიყენება სხვადასხვა სახის ძრავის საწვავის მისაღებად. ის წარმოადგენს სხვადასხვა ნახშირწყალბადის ნარევს, რომელსაც ხშირად იყენებენ თერმული რიფორმინგის დროს.

ბენზინის, როგორც ძრავის საწვავის, ხარისხი განისაზღვრება მისი ოქტანური რიცხვით. დაბალი ხარისხის ძრავის საწვავს აქვს ნულოვანი ოქტანური რიცხვი, მაღალი ხარისხის ძრავის საწვავის ოქტანური რიცხვი 100-ის ტოლია. ნედლი ნავთობიდან მიღებული ბენზინის ოქტანური რიცხვი არ აღემატება 60. ოქტანის რიცხვის ამაღლების მიზნით მას უმატებენ სხვადასხვა ანტიდეტონაციურ მისართს. ამ მიზნით იყენებენ ტეტრამეთილტყვიისა და 1,2-დიბრომეთანის ნარევს.

ლიგროინი (ნავთა). ნავთობის გადამუშავების ამ ფრაქციას ებულოობენ ბენზინისა და ნავთის ფრაქციების შუალედში. ლიგროინის ფრაქცია შეიცავს, ძირითადად, ალკანებს.

რიფორმინგის გამოყენებით ლიგროინიდან ებულოობენ ბენზინს. მისი ძირითადი ნაწილი გამოიყენება ნედლეულად სხვადასხვა ქიმიური ნაერთის მისაღებად.

ნავთი. ნავთობის გადამუშავების შედეგად მიღებული ნავთის ფრაქციის შედგენილობაში შედიან ალიფატური ალკანები, ნაფტალინები და არომატული ნახშირწყალბადები. ნავთს იყენებენ ნაჯერი ნახშირწყალბადების - პარაფინების მისაღებად. კრეკინგის გამოყენებით ნავთიდან ლებულობენ ბენზინს. მაგრამ მისი ძირითადი ნაწილი გამოიყენება საწვავად რეაქტიულ თვითფრინავებში.

გაზოილი. ნავთობის გადამუშავების ეს ფრაქცია ცნობილია დიზელის საწვავის სახელწოდებით. კრეკინგით მისგან ლებულობენ ნავთობქარხნულ აირებსა და ბენზინს. მაგრამ, ძირითადად, გაზოილს იყენებენ საწვავად დიზელის ძრავებში და სამრეწველო ღუმელებში.

მაზუთი. ეს ფრაქცია რჩება ნავთობიდან ყველა დანარჩენი ფრაქციის მოცილების შემდეგ. მისი ძირითადი ნაწილი გამოიყენება როგორც თხევადი საქვაბე საწვავი. მაზუთი ასევე გამოიყენება ორთქლის მისაღებად სამრეწველო დაწესებულებებში, ელექტროსადგურებში და გემის ძრავებში. მაზუთის ვაკუუმური გამოხდით ლებულობენ საცხეებს და პარაფინულ ცვილებს. ვაკუუმური გამოხდის შედეგად დარჩენილ მუქი ფერის მასალას ეწოდება "ბიტუმი", ან "ასფალტი". ის გამოიყენება საგზაო საფარის დასამზადებლად.

350°C-ზე დაბალმდულარე ფრაქციებს უწოდებენ *ნათელ* ფრაქციას, მაზუთს და მისგან მიღებულ პროდუქტებს - *ბნელ* ფრაქციას.

სხვადასხვა ნავთობში ნათელი და ბნელი ფრაქციები სხვადასხვა რაოდენობითაა. საქართველოს ნავთობში ნათელი ფრაქციის რაოდენობა ჭარბობს მაზუთს, რომლის შემცველობა 42-48%-ს შორის მერყეობს. გარდა ამისა, ნავთობები ერთმანეთისაგან განსხვავდება ნახშირწყალბადების ნაირსახეობით. საქართველოს ნავთობები, მიუხედავად იმისა, რომ მცირე ტერიტორიაზე არიან განლაგებული, დიდი რაოდენობით შეიცავენ ყველა რიგის ნახშირწყალბადებს (პარაფინულს, არომატულსა და ნაფტენურს).

4.2. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჯგუფური ქიმიური შედგენილობა

ნავთობის ჯგუფური ქიმიური შედგენილობის ქვეშ იგულისხმება გარკვეული ჯგუფის ნახშირწყალბადების შემცველობა, რომელშიც ნახშირბადისა და წყალბადის ატომები გარკვეული თანაფარდობით და სტრუქტურით არსებობენ.

ნავთობის შედგენილობაში შედის დაახლოებით 425 ნახშირწყალბადოვანი ნაერთი. ნავთობის ძირითად ნაწილს შეადგენს ნახშირწყალბადების სამი ჯგუფი: პარაფინული, ციკლოპარაფინული და არომატული.

პარაფინული ნავთობის შედგენილობაში დიდი რაოდენობითაა პარაფინები. პარაფინულია პენსილვანიის (ამერიკა), გროზნოს, ქუვეითის და სხვ. ნავთობი.

ციკლოპარაფინული ნავთობის შედგენილობაში დიდი რაოდენობითაა ციკლოპარაფინები, - ძირითადად, ციკლოპენტანი და ციკლოჰექსანი და მათი ჰომოლოგები. ციკლოპარაფინულია ბაქოს ნავთობი. მისი შედგენილობის თითქმის 90% ციკლოპარაფინებია.

არომატული ნავთობის შედგენილობაში დიდი რაოდენობითაა არომატული ნახშირწყალბადები (არენები). არომატულია კუნძულ ბორნეოს, ნორიოს (საქართველო) და სხვა ნავთობები. ბორნეოს ნავთობის შედგენილობაში 30-40% ბენზოლი და ტოლუოლი შედის.

4.3. ნავთობის ელემენტური შედგენილობა

ნავთობის გადამუშავების მეთოდის შერჩევა, ზოგიერთი პროცესის მატერიული ბალანსის შედგენა მოითხოვს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ელემენტური შედგენილობის ცოდნას.

ნავთობის *ელემენტური* შედგენილობა გულისხმობს მასში ცალკეული ქიმიური ელემენტის პროცენტულ შემცველობას.

ნავთობის შედგენილობაში, ძირითადად, შედის ნახშირბადი - 79,5- 87,5% და წყალბადი - 11,0-14,5%. მათი შემცველობის, და ზოგჯერ კი თანაფარდობის ცოდნა სასარგებლოა ზოგიერთი პროცესის გაანგარიშებისათვის. ასე, მაგალითად, საწვავზე საწვავების წვის სითბო წარმოადგენს მნიშვნელოვან მაჩვენებელს, რომელზედაც დამოკიდებულია საწვავის ხარჯი. საწვავის ხარჯი კი დამოკიდებულია მის ელემენტურ შედგენილობაზე. თხევადი საწვავების წვის სითბო განპირობებულია მასში წყალბადისა და ნახშირბადის მაღალი შემცველობით და მცირე ნაცრიანობით. საწვავში შემავალი ჟანგბადი, აზოტი, ტენი და არაწვადი მინერალური ნივთიერებები წარმოქმნიან ბალასტს.

წყალბადის პროცენტული შემცველობის შეფარდება ნახშირბადის პროცენტულ შემცველობასთან (100H/C) აჩვენებს, თუ რამდენი წყალბადი უნდა დაემატოს ნედლეულს ჰიდროკრეკინგის პროცესში სასურველი პროდუქტების მისაღებად. ბენზინში ეს თანაფარდობა 100H/C 17-18-ის ტოლია, ნავთობში 13-15, მძიმე ფრაქციებში 9-12.

გარდა ამისა, ნავთობის შედგენილობაში შედის კიდევ სამი ელემენტი - გოგირდი, ჟანგბადი და აზოტი. მათი საერთო რაოდენობა შეადგენს 0,5- 8%. ნავთობის შედგენილობაში მცირე რაოდენობით შედიან ელემენტები: ვანადიუმი, ნიკელი, რკინა, ალუმინი, სპილენძი, მაგნიუმი, ბარიუმი, სტრონციუმი, მანგანუმი, ქრომი, კობალტი, მოლიბდენი, ბორი, დარიშხანი, კალიუმი. მათი საერთო რაოდენობა არ აღემატება ნავთობის მასის 0,02-0,63%. აღნიშნული ელემენტები წარმოქმნიან ორგანულ და არაორგანულ ნაერთებს, რომლებიც შედიან ნავთობის შედგენილობაში.

4.4. ნავთობის ფიზიკო-ქიმიური თვისებები

ნავთობი და ნავთობპროდუქტები წარმოადგენენ ნახშირწყალბადებისა და მათი ჰეტეროწარმოებულების საკმაოდ რთულ ნარევს. ასეთი ნარევების ანალიზი, ინდივიდუალური ნაერთების გამოყოფის მიზნით, მოითხოვს დიდ დროს. ამიტომ ტექნოლოგიურ გამოთვლებში ნედლეულის, ნავთობგადამუშავებისა და ნავთობქიმიის პროდუქტების ხარისხის განსაზღვრის დროს ხშირად იყენებენ ტექნიკური ანალიზის მონაცემებს. უკანასკნელი ითვალისწინებს ნავთობპროდუქტების ზოგიერთი ფიზიკო-ქიმიური და საექსპლუატაციო თვისებების განსაზღვრას. ამ მიზნით გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

1). *ქიმიური*, რომლებიც ითვალისწინებენ ანალიზური ქიმიის კლასიკური მეთოდების გამოყენებას;

2). *ფიზიკური* - სიმკვრივის, სიბლანტის, დნობის, გაყინვისა და დუდილის ტემპერატურების, წვის სითბოს, მოლეკულური მასის, ასევე ზოგიერთი პირობითი მაჩვენებლების განსაზღვრა;

3). *ფიზიკო-ქიმიური* - კოლორიმეტრია, პოტენციომეტრიული გატიტვრა, ნეფელომეტრია, რეფრაქტომეტრია, სპექტროსკოპია, ქრომატოგრაფია.

4). *სპეციალური* - საანალიზო პროდუქტების შედგენილობისა და საექსპლუატაციო თვისებების სპეციალური გამოცდა (ძრავის საწვავის ოქტანური და ცეტანური რიცხვების, საწვავებისა და ზეთების ქიმიური სტაბილურობის, კოროზიული აქტიურობის, აფეთქებისა და აალების ტემპერატურების განსაზღვრა).

4.5. ნავთობის კლასიფიკაცია

რადგან ნავთობის თვისებები განსაზღვრავენ გადამუშავების მიმართულებას და გავლენას ახდენენ მიღებული ნავთობპროდუქტების ხარისხზე, მიზანშეწონილი გახდა ნავთობის კლასიფიკაციის შემუშავება, რომელიც გამოსახავდა მის ქიმიურ ბუნებას და განსაზღვრავდა გადამუშავების შესაძლო მიმართულებას. არსებობს ნავთობის სხვადასხვა კლასიფიკაცია, რომლებსაც საფუძვლად უდევს ნავთობის ფრაქციული და ქიმიური შედგენილობა და ფიზიკო-ქიმიური თვისებები.

კლასიფიკაციის შემოღებით თავდაპირველად ნავთობი იყოფოდა სიმკვრივის მიხედვით: მსუბუქი, სადაც $\rho_{15}^{15} < 0,828$; საშუალო - როცა $\rho_{15}^{15} = 0,828-0,884$ და მძიმე, როცა $\rho_{15}^{15} > 0,884$.

მსუბუქ ნავთობში სჭარბობს ბენზინის ფრაქცია, სადაც შედარებით ცოტაა ფისები და გოგირდი. ასეთი ნავთობებიდან მიიღება მაღალი ხარისხის ზეთი.

მძიმე ნავთობი დიდი რაოდენობით შეიცავს ფისებს; მისგან ზეთების მიღება არ არის მიზანშეწონილი, რადგან საჭირო ხდება სპეციალური გაწმენდა გამხსნელებით, ადსორბენტებით და ა.შ. ამავე დროს მძიმე ნავთობი საუკეთესო ნედლეულია ბიტუმების მისაღებად. ნავთობის კლასიფიკაცია სიმკვრივის მიხედვით არ არის ზუსტი, ცნობილია შემთხვევები, როდესაც ზემოაღნიშნული კანონზომიერება არ სრულდება.

აშშ-ის მთის ბიუროს მიერ შემოთავაზებულ იქნა ნავთობის ქიმიური კლასიფიკაცია, რომელსაც საფუძვლად დაედო ნავთობის სიმკვრივესა და მასში შემავალ ნახშირწყალბადების შედგენილობას შორის დამოკიდებულება. ასხვავებენ პარაფინულ, პარაფინ-ნაფტენურ, ნაფტენურ, პარაფინ-ნაფტენურ-არომატულ, ნაფტენურ-არომატულ, არომატულ ნავთობებს. დაყოფა მიუთითებს, თუ რომელი რიგის ნახშირწყალბადია მეტი; მაგრამ იქ, სადაც ორი ან სამივე რიგის ნახშირწყალბადია დასახელებული, პროპოციულადაა დაყოფილი მათი რაოდენობა.

არსებობს ნავთობის ტექნოლოგიური კლასიფიკაცია, რომელიც გულისხმობს ნავთობის დაყოფას არსებული გოგირდშენაერთების რაოდენობის მიხედვით.

მცირე გოგირდიანი ნავთობი შეიცავს არა უმეტეს 0,2% გოგირდს. *საშუალო გოგირდიანად* ითვლება 0,2-0,5%-მდე, ხოლო *მაღალგოგირდიანად*, როდესაც გოგირდის შემცველობა 0,5%-ზე მეტია. საქართველოს ნავთობები ყველა დაბალგოგირდიანია - 0,2%-ს არ აღემატება.

თავი 5. ნავთობისა და გაზის წარმოშობის თეორია

ძველ ბერძენ ფილოსოფოს არისტოტელეს ეკუთვნის სიტყვები: "მხოლოდ მაშინ შეიძლება ჩაწვდე საგნის არსს, როდესაც იცი მისი წარმოშობა და განვითარება". ეს გამონათქვამი სრულად შეიძლება გამოყენებული იყოს ნავთობის მიმართ.

ნავთობის წარმოშობის საკითხი თანამედროვე ბუნებისმეტყველების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი და ამოუხსნელი საკითხია. გამოჩენილი რუსი მეცნიერი - მენავთობის ი.გუბკინის სიტყვებით "ნავთობის წარმოშობის სწორ ახსნას ბუნებაში აქვს არა მარტო სამეცნიერო-ტექნიკური ინტერესი, არამედ პირველყოფლისა პრაქტიკული მნიშვნელობა. იმის ცოდნა, თუ რა პირობებში წარმოიქმნა ნავთობი და გაზი, და რა პროცესები მიმდინარეობს ამ სასარგებლო წიაღისეულის ფორმირების დროს, მენავთობებს მისცა საშუალება მიზანმიმართულად და კვალიფიციურად წარემართად მისი მოპოვება და კვლევა.

ნავთობისა და ბუნებრივი აირების წარმოშობის საკითხის გადაწყვეტის სირთულე დაკავშირებულია მათ განუწყვეტილ გარდაქმნებთან და გადაადგილებებთან. ტემპერატურისა და წნევის ზეგავლენით მიმდინარეობს ნავთობში შემავალი ნახშირწყალბადების მრავალჯერადი გადასვლა ერთი ფიზიკური მდგომარეობიდან მეორეში.

მაგალითად, ტემპერატურის ზრდა იწვევს სითხის გადასვლას აირში, წნევის გადიდება კი აირის გადასვლას თხევად ან მყარ მდგომარეობაში, და პირიქით, რაც საბოლოოდ მთავრდება ახალი ნაერთების წარმოქმნით.

აირად ან თხევად ფაზაში მყოფ ნივთიერებებს აქვთ გადაადგილების უნარი, ამიტომ მათი აღმოჩენა არ ხერხდება იმ ქანებში, სადაც ისინი წარმოიქმნენ. ამრიგად, ნავთობისა და გაზის საბადოებიდან მოპოვებულმა ნივთიერებებმა გაიარა გარდაქმნების რთული და გრძელი გზა. ყველაფერმა ამან გამოიწვია ნავთობისა და ბუნებრივი აირის წარმოშობის მრავალრიცხოვანი სქემების ჩამოყალიბება.

ნახშირის წარმოქმნის თეორია დამტკიცებულია - ის წარმოიქმნა და აგრძელებს წარმოქმნას მარადმწვანე მცენარეული ნარჩენებისაგან, რომლითაც ოდებზღა დაფარული იყო პლანეტა, ამჟამად არსებული მარად ყინულოვანი რაიონების ჩათვლით.

ლოგიკური იქნება ვივარაუდოთ, რომ ნავთობიც დედამიწაზე წარმოიქმნა ანალოგიური სქემით. XIX საუკუნის დამდეგს კამათი ნავთობის წარმოქმნის საკითხის ირგვლივ, ძირითადად, მიმართული იყო იმაზე, თუ რომელი საწყისი მასალისა ან ნედლეულსაგან წარმოიქმნა ნავთობი - მცენარეების თუ ცხოველების ნარჩენებისაგან.

დღეისათვის არსებობს ნავთობის წარმოშობის სამი ჰიპოთეზა.

5.1. ნავთობის არაორგანული (აბიოგენური) - კარბიდული წარმოშობის ჰიპოთეზა.

ნავთობის *არაორგანული* წარმოშობის ჰიპოთეზა პირველად გამოთქვა დ.მენდელეევი (1877წ). ის ვარაუდობდა, რომ ნავთობი მაღალი წნევისა და ტემპერატურების პირობებში წარმოიქმნა დედამიწის ქერქში ლითონთა კარბიდებისა და წყლის ორთლის ურთიერთქმედებით. შედეგად წარმოიქმნა მეთანი, ეთილენი, აცეტილენი, რომლებმაც ბუნებრივი რადიაციის მოქმედებით განიცადა პოლიმერიზაცია ნავთობის უმაღლესი ნახშირწყალბადების წარმოქმნით.

5.2. ნავთობის წარმოშობის კოსმოსური ჰიპოთეზა.

ნავთობის წარმოშობის მეორე - სოკოლოვის ე. წ. *კოსმოსური* ჰიპოთეზა (1892წ), რომელსაც ნავთობის ნახშირწყალბადების წარმოქმნა ნახშირისა და წყალბადისაგან გადააქვს დედამიწის და მზის სისტემის სხვა პლანეტების ფორმირების ეპოქაში. დედამიწის კონსოლიდაციის დროს წარმოქმნილი ნახშირწყალბადები შთაინთქმებოდა მაგმით, შემდგომში კი მისი გაცივებისას ნაპრალებითა და ნანგრევებით შეიღწეოდა დედამიწის ქერქის დანალექ ქანებში. მაშასადამე, ამ ჰიპოთეზის თანახმად, ნავთობი წარმოადგენს კოსმოსის პირველადი ნახშირწყალბადების გარდაქმნის პროდუქტს, რომელიც დედამიწაზე მოხვდა კოსმოსური მატერიის სხვა ფორმებთან ერთად.

კოსმოსური ჰიპოთეზა არ ეყრდნობა არანაირ ფაქტს, თუ არ ჩავთვლით ზოგიერთი პლანეტის ატმოსფეროში მეთანის არსებობას, რომელიც აღმოჩენილი იყო ამ პლანეტების შთანთქმის სპექტრების მიხედვით.

ნავთობის წარმოშობის არაორგანული ჰიპოთეზის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ ჰიპოთეზები ვერ ხსნიან ნავთობსაბადოების გეოგრაფიულ და გეოლოგიურ განლაგებას.

5.3. ნავთობის ორგანული (ბიოგენური) წარმოშობის ჰიპოთეზა.

უფრო თანამედროვე და გავრცელებულია *ორგანული (ბიოგენური)* წარმოშობის ჰიპოთეზა, რომლის თანახმად ნავთობი წარმოიქმნა ზღვებისა და ოკეანეების დანალექ ქანებში დაგროვილი მცენარეებისა და ცხოველების ნეშთისაგან (საპროპელი).

კლასიკური ბიოგენური ჰიპოთეზით, ნავთობის წარმოქმნის პროცესის საწყის სტადიას წარმოადგენს უმდაბლესი ცხოველებისა და მცენარეების ნეშთის (პლანქტო-

ნი და ბენტოსი) ხრწნა, რის შედეგად მცენარეებისა და ცხოველების ნარჩენები იძირებიან ზღვებისა და ოკეანეების ფსკერზე და წარმოქმნიან შლამს. ამის შემდეგ იწყება ნავთობის წარმოქმნის ბიოქიმიური სტადია. ჟანგბადის არასაკმარისი მიწოდების შედეგად მიკროორგანიზმები იწყებენ ცილების, ნახშირწყლების, ცხიმების, ლიპიდების გადამუშავებას. შედეგად წარმოიქმნება მეთანი, ნახშირორჟანგი, წყალი და მცირე რაოდენობით ნახშირწყალბადები. აღნიშნულ სტადიას ადგილი აქვს ზღვის ფსკერიდან რამდენიმე მეტრში. შემდეგ ნალექი განიცდის შემჭიდროებას: მიმდინარეობს დიაგენეზი. ტემპერატურისა და წნევის ქვეშ ნივთიერებებს შორის მიმდინარეობს ქიმიური რეაქციები. რთული ნივთიერებები იშლება უფრო მარტივ ნივთიერებებად. შემდეგ ბიოქიმიური პროცესები ნელდება. გაღრმავებასთან ერთად იზრდება გაფანტული ნავთობის რაოდენობა. ასე, მაგალითად 1,5კმ სიღრმეში მიმდინარეობს აირების წარმოქმნა, 1,5-დან-8,5-მდე კმ-ზე 60-160°C-ტემპერატურებზე მიმდინარეობს თხევადი ნახშირწყალბადების - მიკრონავთობის წარმოქმნა. უფრო ღრმად 150-200°C-ტემპერატურებზე წარმოიქმნება მეთანი. შლამის შემჭიდროებასთან ერთად მიკრონავთობი იწყებს გაჟონვას ზემოთ განლაგებულ ქვიშაქვაში. ეს პირველადი მიგრაციის პროცესია. შემდეგ სხვადასხვა ძალის მოქმედებით მიკრონავთობი დაქანებით გადაადგილდება ზემოთ. ეს მეორადი მიგრაციაა, რომელიც წარმოადგენს თვით ნავთობსაბადოს ფორმირების პერიოდს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნავთობის ორგანული გენეზისის მომხრეები წარმოადგენენ უმრავლესობას. ისინი თვლიან, რომ დედამიწის ქერქში ნავთობისა და გაზის მარაგის უმეტესი ნაწილი წარმოიქმნა ორგანული გზით. მაგრამ, სავარაუდოდ, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ნახშირწყალბადების მცირე ნაწილი წარმოიქმნა აბიოგენური გზით.

ამრიგად, ნავთობისა და გაზის წარმოშობის საკითხი ჯერ კიდევ საბოლოოდ არ არის ამოხსნილი, და საჭიროებს შემდგომი კვლევების ჩატარებას. მიუხედავად იმისა, რომ ორგანული თეორია პრაქტიკულად დამტკიცებულია, რიგი საკითხებისა ჯერ კიდევ მოითხოვს დამუშავებას. ნავთობის არაორგანული წარმოშობის ჰიპოთეზის მიმართ საჭიროა ახალი ექსპერიმენტების ჩატარება, მოდელირების ჩათვლით.

თავი 6. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ფიზიკური თვისებები

ნავთობი ბლანტი, ზეთოვანი სითხეა დამახასიათებელი სუნით. ნავთობის ფერი დამოკიდებულია მასში გახსნილი ფისების შემცველობაზე: მუქი-მურა, მურა-მწვანე, ზოგჯერ ღია, თითქმის უფერო. სინათლეზე ოდნავ განიცდის ფლუორესცენციას. ულტრაიისფერი შუქის მოქმედებით ნავთობი ანათებს ცისფერი ან მოყვითალო-მურა ფერის შუქით. ეს თვისება გამოიყენება ნავთობის მოპოვების დროს.

6.1. სიმკვრივე

სიმკვრივე წარმოადგენს ნივთიერების ერთეული მოცულობის მასას და გამოიხატება გ/სმ³-ში.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისათვის, ჩვეულებრივისამებრ საზღვრავენ ფარდობით სიმკვრივეს 20°C-ზე და აფარდებენ 4°C-ზე გაზომილი იმავე მოცულობის წყლის მასასთან. ასეთი ტემპერატურა ითვლება სტანდარტულ ტემპერატურად. ინგლისში და აშშ-ში სტანდარტულ ტემპერატურად ითვლება 15,56°C (60°F). სიმკვრივე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\rho_4^{20} = \rho_4' + \gamma(t - 20)$$

სადაც ρ_4' არის სიმკვრივე, განსაზღვრული ცდის ტემპერატურაზე, γ – მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი (მისი მნიშვნელობები მოყვანილია ლიტერატურაში); t -სიმკვრივის განსაზღვრის ტემპერატურა.

ეს ფორმულა კარგ შედეგებს იძლევა 0-50°C ტემპერატურის ფარგლებში.

სიმკვრივის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე ითვალისწინებს სპეციალური ცხრილების და ფორმულების გამოყენებას.

ნავთობის სიმკვრივე ფართო ზღვრებში იცვლება. მსუბუქ ნავთობში სიმკვრივე მერყეობს 0,65-0,70 გ/სმ³, მძიმე ნავთობებში - 0,98-1,05 გ/სმ³. იგი გარკვეულ როლს ასრულებს ნავთობისა და მისი პროდუქტების დახასიათებისას. ნავთობის სიმკვრივესა და სხვა თვისებებს შორის გარკვეული დამოკიდებულება არსებობს. ინდივიდუალური ნივთიერებების შემთხვევაში სიმკვრივე მისი ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია და ცნობილ ნივთიერებათა შემთხვევაში მათი სისუფთავის დასადგენად გამოიყენება. ნავთობისა და მისი პროდუქტების სიმკვრივე დამოკიდებულია ნავთობის ელემენტურ შედგენილობაზე. რაც მეტია ნავთობში ნახშირბადის, ჟანგბადისა და გოგირდის შემცველობა, მით მეტია მისი სიმკვრივე. ნავთობს, რომელშიც ბევრია ალკანები (და შესაბამისად იგი მდიდარია წყალბადით), აქვს შედარებით დაბალი სიმკვრივე, ციკლანებით მდიდარ ნავთობებს სიმკვრივის მიხედვით საშუალო ადგილი უჭირავთ მძიმე და მსუბუქ ნავთობებს შორის. გარდა ქიმიური შედგენილობისა, ნავთობის სიმკვრივე დამოკიდებულია ნავთობის ფრაქციულ შედგენილობაზე, მასში გახსნილი ნივთიერებების, კერძოდ, ფისოვანი ნივთიერებების, მარილების და სხვ. შემცველობასა და ნავთობის ფენის განლაგების სიღრმეზე; როგორც წესი, ნავთობის სიღრმის ზრდასთან ერთად სიმკვრივე მცირდება.

ნავთობის სიმკვრივეზე დამოკიდებულია მისი ფერი: ღია ფერის ნავთობებს აქვს უფრო დაბალი სიმკვრივე, ვიდრე მუქი ფერის ნავთობებს. რაც უფრო მაღალია ნავთობში ფისებისა და ასფალტენების შემცველობა, მით უფრო დიდია ნავთობის სიმკვრივე.

სიმკვრივე განსაზღვრავს საწვავებისა და ზეთების საექსპლუატაციო თვისებებს, ამიტომ მათთვის წარმოადგენს მანორმირებელ მაჩვენებელს.

სხვა მაჩვენებლებთან ერთად (გარდატეხის კოეფიციენტი, მოლეკულური მასა) სიმკვრივე გამოიყენება ნავთობური ფრაქციების ნახშირწყალბადოვანი ან სტრუქტურულ-ჯგუფური შედგენილობის განსაზღვრისათვის.

6.2. სიბლანტე

ისევე როგორც სიმკვრივე, სიბლანტე მნიშვნელოვანი ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებელია, რომელიც გამოიყენება ნავთობის მარაგების გაანგარიშების, საბადოების შემუშავების, ნავთობის გადამუშავების სქემების და ტრანსპორტირების მეთოდის შემუშავების დროს, ასევე ქიმოტოლოგიაში.

ნავთობის ან მისი პროდუქტების სიბლანტე დამოკიდებულია მათი შემადგენელი ნაწილების ბუნებაზე, ურთიერთშეფარდებაზე, და სხვა მაჩვენებლებთან ერთად ახასიათებს ნავთობის ბუნებას.

ნავთობის სიბლანტეს კიდევ უფრო დიდი მნიშვნელობა აქვს საცხი ზეთებისა და მძიმე სათბობის დახასიათების დროს. სიბლანტე ანუ შიგა ხახუნი, ეს ის თვისებაა, რომელიც განსაზღვრავს მისი დენადობის (მოძრაობის) ხარისხს ამა თუ იმ ტემპერატურაზე, რაც გამოწვეულია ნაწილაკების შინაგანი შეკავშირების უნარით. ყველაზე დიდი სიბლანტით ხასიათდება ისეთი ნავთობი, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავს ფისოვან ნივთიერებებს. ნავთობი, ძირითადად, სამი ჯგუფის ნახშირწყალბადებისაგან შედგება (ალკანები, ციკლანები, არენები). მათ შორის ყველაზე მეტ სიბლანტეს იჩენენ არენები და ყველაზე ნაკლებს ალკანები. ციკლანებს ამ მხრივ შუალედური მდგომარეობა უკავია.

ასხვავებენ დინამიკურ, კინემატიკურ და პირობით სიბლანტეს.

დინამიკური სიბლანტე - სითხის თვისებაა გაუწიოს წინააღმდეგობა ერთი ნაწილის გადაადგილებას მეორეს მიმართ.

დინამიკური სიბლანტის განსაზღვრის ერთეულია პასკალი/წამი (პა/ს). პრაქტიკაში ჩვეულებრივ იყენებენ მპა/ს. დინამიკური სიბლანტის შეზღუდვებულ სიდიდეს ეწოდება დენადობა.

ფენის პირობებში დინამიკური სიბლანტის მიხედვით ნავთობები იყოფა სამ კლასად; ნავთობები მცირე (5მპა.ს-ზე ნაკლები), გაზრდილი (5-30 მპა.ს) და მაღალი (30 მპა.-ზე ზევით) სიბლანტით. ნავთობები 30-50 მპა.ს სიბლანტით ეფექტურად მოიპოვება ტრადიციული მეთოდებით (ბუნებრივი რეჟიმი, ჩვეულებრივი გაწყლოვანება). მაღალი სიბლანტის მქონე ნავთობების მოსაპოვებლად აუცილებელია თბური, ფიზიკო-ქიმიური და ნავთობიან ფენზე ზემოქმედების სხვა მეთოდების გამოყენება (მაგალითად, ორთქლის ჩატუმბვა, შიგაფენური წვის, გოგირდმჟავას ჩაჭირხვნის). მაღალი სიბლანტის მქონე ნავთობების სიბლანტის ზედა ზღვარია 10 000 მპა.ს. სიბლანტის ამ მნიშვნელობის მიხედვით XI მსოფლიო კონგრესმა (1984 წ.) გადაწყვიტა ნახშირწყალბადოვანი ნედლეულის დაყოფა ნავთობებად და ბუნებრივ ბიტუმებად.

კინემატიკური და პირობითი სიბლანტის განსაზღვრის აუცილებლობა დაკავშირებულია იმასთან, რომ დინამიკური სიბლანტის განსაზღვრა მოითხოვს სითხეზე მუდმივი წნევის (მუდმივად მიღებული ძაბვის) წყაროს. ეს პირობა ქმნის დამატებით ტექნიკურ სირთულეებს და ზრდის ანალიზის შრომატევადობას.

კინემატიკური სიბლანტე ν წარმოადგენს დინამიკური სიბლანტის ფარდობას სითხის სიმკვრივესთან იმავე ტემპერატურაზე:

$$\nu = \eta / \rho$$

კინემატიკური სიბლანტის ერთეულია მ²/ს, პრაქტიკაში ჩვეულებრივ იყენებენ მმ²/ს.

კინემატიკური სიბლანტის განსაზღვრა აუცილებელია ისეთი სასაქონლო პროდუქტებისათვის, როგორცაა დიზელის საწვავი და საცხი ზეთები (ნიუტონის სითხეები).

ნავთობისა და მისი პროდუქტების სიბლანტე განისაზღვრება პირობითი ერთეულით.

პირობითი სიბლანტე (პს), გამოხატავს გარკვეული მოცულობის ნავთობისა ან მისი პროდუქტის გამოდინების დროის ფარდობას (აღებულ ტემპერატურაზე) იმავე მოცულობის წყლის გამოდინების დროსთან 20°C ტემპერატურაზე. გაზომვის ერთეულია - (° სპ). პირობითი გრადუსები გამოიყენება მაღალი სიბლანტის მქონე ნავთობპროდუქტებისათვის (მაზუთებისათვის).

სიბლანტე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, ამიტომ ყოველთვის მითითებული უნდა იყოს სიბლანტის განსაზღვრის ტემპერატურა. ტექნიკურ მოთხოვნებში ჩვეულებრივ ნორმირდება ნავთობპროდუქტების სიბლანტე 50 და 100, იშვიათად 20°C-ზე.

მძიმე საწვავ ფრაქციებს და განსაკუთრებით საქვაზე საწვავებს 100°C ტემპერატურაზე აქვს ძალიან დაბალი სიბლანტე, მაგრამ ტემპერატურის შემცირებით მათი სიბლანტე საგრძნობლად იზრდება. ამიტომ დაბალი ტემპერატურების პირობებში უარესდება საცხისი მასალების თვისებები და საქვაზე საწვავების ფორსუნკებთან მიწოდების პირობები.

სიბლანტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების შესაფასებლად გამოიყენება შემდეგი მაჩვენებლები: სიბლანტის ინდექსი -(სი) და სიბლანტის ტემპერატურული კოეფიციენტი - (სტკ)

სიბლანტის ინდექსი (სი) წარმოადგენს ნავთობპროდუქტის კინემატიკური სიბლანტის ფარდობას 50 და 100°C-ზე.

$$s_i = \frac{L - X}{L - H} \cdot 100,$$

მსოფლიო პრაქტიკაში ზეთების სიბლანტურ-ტემპერატურული დამოკიდებულების შესაფასებლად ფართოდ გამოიყენება *დინისა და დევისის სიბლანტის ინდექსი*. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს 37,8°C (100°F) და 98,9°C (210°F) ტემპერატურებზე გაზომილი საკვლევი ზეთის სიბლანტის ფარდობას ეტალონური ზეთის სიბლანტესთან ამავე ტემპერატურებზე. ეტალონად შერჩეულია ისეთი ზეთი, რომლის სიბლანტე 98,9°C-ზე უტოლდება საკვლევი ზეთის სიბლანტეს პირობით ერთეულში (სეისბოლტის წუთებში). თუ ერთი ზეთის სიბლანტის ინდექსი 100-ის ტოლია, ხოლო მეორეს - 0-ის, ცხრილების საშუალებით უნდა მოიმეზნოს ამ ეტალონების სიბლანტეები 37,8°C -ზე და განისაზღვროს სიბლანტის ინდექსი დინისა და დევისის ფორმულის მიხედვით:

$$s_i = \{L - X / (L - H)\} \cdot 100,$$

სადაც L - ეტალონური ზეთის სიმკვრივეა 37,8°C, რომლის სი = 0.

H - " _____ " , რომლის სი = 100

X " _____ "საკვლევი ზეთის.

ნავთობების უმრავლესობა, ასევე ზოგიერთი ზეთი, გარკვეულ ტემპერატურამდე გაცივებისას, მასში შემავალი კომპონენტების კრისტალიზაციისა ან კოაგულაციის შედეგად წარმოქმნის დისპერსულ სისტემას. ამ შემთხვევაში სითხის დენადობა აღარ არის დატვირთვის ძალის პროპორციული (არ ემორჩილება ნიუტონის კანონს), რადგან სითხის სტრუქტურაში წარმოიქმნება რომელიღაც კომპონენტის (ასფალტენების, პარაფინების, ცერეზინების და სხვ.) კოაგულანტები. ასეთი სისტემის სიბლანტეს *სტრუქტურულ სიბლანტეს* უწოდებენ. სტრუქტურის დასარღვევად საჭირო ხდება ძალა, რომელსაც *დრეკადობის ზღვარს* უწოდებენ. სტრუქტურის დარღვევის შედეგად სითხე ემორჩილება ნიუტონის კანონს და მისი დენადობა მოდებული ძალის პროპორციული ხდება.

ზოგჯერ სივრცითი სტრუქტურების წარმოქმნა ნავთობპროდუქტებში სასურველია, მაგ., ბიტუმებში ისინი იწვევენ სიმტკიცის გაზრდას, ასევე ექსპლუატაციის ტემპერატურებზე ხელს უწყობენ კონსისტენციური საცხების დენადობის შემცირებას.

სიბლანტის ტემპერატურული კოეფიციენტი (სტკ) ახასიათებს სიბლანტის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე 0-100 ან 20-100°C-ის ინტერვალში. ჯერ განსაზღვრავენ სიბლანტეს 0, 50°C-სა და 100°C-ზე. შემდეგ მოცემული ფორმულის მიხედვით აღნიშნულ ტემპერატურულ ინტერვალში გამოთვლიან სიბლანტის ტემპერატურული კოეფიციენტის მნიშვნელობას:

$$s_{\text{ტკ}0-100} = \frac{V_0 - V_{100}}{V_{50}(100 - 0)} \cdot 100 = \frac{V_0 - V_{100}}{V_{50}},$$

$$s_{\text{ტკ}20-100} = \frac{V_{20} - V_{100}}{V_{50}(100 - 20)} \cdot 100 = 1,25 \frac{V_{20} - V_{100}}{V_{50}}.$$

6.3. მოლეკულური მასა

მოლეკულური მასა (M) - ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისათვის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. ეს მახასიათებელი წარმოადგენს ნავთობში შემავალი ვიწრო ფრაქციების მოლეკულათა მასების საშუალო სიდიდეს და გვამღევს საშუალებას გავაკეთოდ დასკვნა ნავთობპროდუქტების შედგენილობაზე. მოლეკულური მასა ახასიათებს ნავთობპროდუქტების მიახლოებით სტრუქტურულ-ჯგუფურ შედგენილობას და ფართოდ გამოიყენება ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნების საჭირო აპარატურის გაანგარიშების დროს. M ასევე დაკავშირებულია ნავთობპროდუქტების დუდილის ტემპერატურასთან და გამოიყენება მოლეკულური რეფრაქციის და სხვ. სიდიდეების განსაზღვრისათვის.

სხვა ინდივიდუალურ ნივთიერებათა მსგავსად, ნავთობპროდუქტების მოლეკულური მასის განსაზღვრას ატარებენ სხვადასხვა მეთოდებით, რაც აიხსნება ამ პროდუქტების სხვადასხვა თვისებებით. ძალიან ხშირად ერთი პროდუქტისათვის განკუთვნილი მოლეკულური მასის განსაზღვრის მეთოდი გამოუსადეგია სხვა პროდუქტისათვის. ანალიზურ პრაქტიკაში იყენებენ კრიოსკოპიულ, ებულიოსკოპიურ და იშვიათად ოსმომეტრიულ მეთოდებს. გარდა ამისა არსებობს მოლეკულური მასის განსაზღვრის დაახლოებითი ემპირიული ფორმულები.

ყველაზე მეტად გავრცელებულია ნავთობპროდუქტების მოლეკულური მასის განსაზღვრის *ვოინოვის* მიერ მოწოდებული ემპირიული ფორმულა:

$$M_{საშ.} = a + bt_{საშ.} + ct_{საშ.}^2,$$

სადაც a , b , c მუდმივებია, რომლებიც განსაზღვრულია სხვადასხვა რიგის ნახშირწყალბადებისათვის; $t_{საშ.}$ - ნავთობპროდუქტების საშუალო დუდილის ტემპერატურაა, რომელიც განისაზღვრება სპეციალური ცხრილებით ან ნომოგრამებით.

ალკანებისათვის ვოინოვის ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$M_{საშ.} = 60 + 0,3t_{საშ.} + 0,001t_{საშ.}^2,$$

ციკლოალკანებისათვის:

$$M_{საშ.} = (7K - 21,5) + (0,76 - 0,04K) + (0,0003 - 0,00245)t_{საშ.}^2,$$

სადაც K მახასიათებელი ფაქტორია, რომელიც 10,0-12,5 ზღვრებში მერყეობს.

მოლეკულური მასა დაკავშირებულია დუდილის ტემპერატურასთან და გარდატეხის მაჩვენებელთან:

$$\lg M = 1,939436 + 0,0019764 + \lg(2,1500 - n_D^{20})$$

სადაც $t_{დუდ.}$ - ფრაქციათა საშუალო დუდილის ტემპერატურაა.

ამ განტოლებით გაანგარიშება იძლევა საკმაოდ ზუსტ შედეგებს.

6.4. კრისტალიზაციის, შემღვრევისა და გამყარების ტემპერატურა

სივრცითი სტრუქტურის წარმოქმნისა ან უბრალოდ გაცივებისას შესაძლებელია მოხდეს ნავთობპროდუქტის ცალკეული კომპონენტის გამოლექვა (მაგალითად, პარაფინების კრისტალიზაცია დიზელის საწვავებში და საცხ ზეთებში), რაც ძალიან არასასურველია, რადგან დაბალ ტემპერატურაზე მუშაობისას ხდება ფილტრების გაჭედვა, საწვავის გამტარ მილებში საცობების წარმოქმნა და სხვა, რაც იწვევს ძრავის მუშაობის დაბრკოლებას.

საწვავებისა და ზეთების გაცივების დროს პარაფინების (ცერეზინების) კრისტალიზაციის პროცესი დამოკიდებულია კრისტალიზაციური ცენტრების ჩასახვის სიჩქარესა და კრისტალების ზრდის სიჩქარეზე. რაც უფრო დაბალია ტემპერატურა, მით მეტია კრისტალების ცენტრების ჩასახვის სიჩქარე და დაბალია კრისტალების ზრდის სიჩქარე. ამიტომ შედარებით მაღალ ტემპერატურებზე უფრო ნაკლები რაოდენობით წარმოიქმნება მსხვილი კრისტალები, დაბალ ტემპერატურებზე კი მეტი რაოდენობით წარმოიქმნება წვრილი კრისტალები. კრისტალიზაციის პროცესზე გავლენას ახდენენ შემდეგი ფაქტორები: კრისტალიზებადი პარამეტრების (ტემპერატურა და დნობის სითბო) და გარემოს თვისებები (სიბლანტე); მოცემული ნავთობის ფრაქციაში კრისტალების ხსნადობა; ნავთობპროდუქტების შედგენილობაში შემავალი ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებათა და სხვადასხვა მინარევების არსებობა; ნავთობპროდუქტის გაცივების სიჩქარე და სხვ.

როგორც წესი, ნახშირწყალბადების *კრისტალიზაციის ტემპერატურა* იზრდება მოლეკულური მასებისა და დუდილის ტემპერატურების ზრდასთან ერთად.

ყველაზე მაღალი კრისტალიზაციის ტემპერატურა აქვს სიმეტრიული აღნაგობის მოლეკულების მქონე ნახშირწყალბადებს. ძლიერ განშტოებული და ასევე რამდენიმე ალკილის რადიკალის შემცველი ალკანები არ კრისტალდებიან. ისინი გადადიან ამორფულ მდგომარეობაში.

პარაფინების და ცერეზინების კრისტალიზაცია უფრო მაღალ ტემპერატურებზე მიმდინარეობს იმ ტემპერატურებთან შედარებით, რომლებზეც ნავთობპროდუქტი კარგავს მოძრაობის უნარს. ეს იმით აიხსნება, რომ ამ ტემპერატურებზე პარაფინებით (ცერეზინებით) წარმოქმნილი სტრუქტურა ჯერ კიდევ არ არის მტკიცე. მაგრამ ამ პირობებშიც პარაფინების კრისტალებს შეუძლია ფილტრების გაჭედვა და მილსადენებში საცობების შექმნა. ამიტომ საექსპლუატაციო მიზნებისათვის მნიშვნელოვანია არა მარტო პარაფინების გაყინვის, არამედ კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურის ცოდნა.

პარაფინების კრისტალიზაციას თან ახლავს ნავთობპროდუქტის შემღვრევა. ნავთობპროდუქტის მასაში წვრილი კრისტალების "ღრუბლების" გამოჩენა ითვლება შემღვრევის მომენტად. ამ დროს დაფიქსირებულ ტემპერატურას ეწოდება *შემღვრევის ტემპერატურა*. შემღვრევის ტემპერატურა საექსპლუატაციო მახასიათებელია. მას განსაზღვრავენ ვიზუალურად, გამოსაკვლევი ნავთობპროდუქტის გამჭვირვალე ეტალონთან შედარებით.

გამყარების ტემპერატურად ითვლება ტემპერატურა, რომლის დროსაც სინჯარაში მოთავსებული გამაცივებელი ფრაქცია არ იცვლის დონეს სინჯარის 45⁰-ით დახრის შედეგად.

6.5. აფეთქების ტემპერატურა

აფეთქების ტემპერატურა ეწოდება იმ ტემპერატურას, რომლის დროსაც ნავთობპროდუქტი გარკვეულ პირობებში გაცხელებით გამოყოფს ორთქლის ისეთ რაოდენობას, რომელიც ჰაერთან წარმოქმნის ადვილად ფეთქებად ნარევს და ფეთქდება მასთან ალის მიახლოებისას.

ამ განსაზღვრას გარკვეული მნიშვნელობა აქვს ნავთობის წინასწარი დახასიათებისათვის. აფეთქების დაბალი ტემპერატურა ნავთობის ადვილად აქროლადობისა და მასში ზევრი მსუბუქი ფრაქციის არსებობის მაჩვენებელია. აფეთქების მაღალი ტემპერატურა კი, პირიქით, გვიჩვენებს ნავთობიდან მსუბუქი შემადგენელი ნაწილის მოცილებას. ამ ფაქტორის განსაზღვრას დიდი მნიშვნელობა აქვს ცეცხლსაშიშროების თვალსაზრისითაც. აფეთქების ტემპერატურას განსაზღვრავენ დახურული ტიპის ხელსაწყოებში.

6.6. აალების ტემპერატურა

აალების ტემპერატურად ითვლება ტემპერატურა, რომლის დროსაც პროდუქტის ზედაპირზე ალის გატარებით პროდუქტი იწვის არანაკლებ ხუთი წამისა. ამისათვის აფეთქების ტემპერატურის განსაზღვრის შემდეგ პროდუქტს კიდევ აცხელებენ და ყოველი ორი გრადუსის შემდეგ სინჯავენ აალების ტემპერატურას ტიგელის ზედაპირთან ჰორიზონტალურად ალის გატარებით.

აფეთქებისა და აალების ტემპერატურებით ახდენენ ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ცეცხლ- და ფეთქებადსაშიშროების განსაზღვრას.

6.7. ოპტიკური თვისებები

პრაქტიკაში ნავთობპროდუქტის შედგენილობის სწრაფი განსაზღვრისა და წარმოების პროცესში ხარისხის კონტროლისათვის ხშირად იყენებენ ისეთ ოპტიკურ თვისებას, როგორცაა გარდატეხის მაჩვენებელი.

გარდატეხის მაჩვენებელი - ძალიან მნიშვნელოვანი სიდიდეა არა მხოლოდ ინდივიდუალური ნივთიერებებისათვის, არამედ ნავთობპროდუქტებისათვის, რომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა ნივთიერების ნარევს. გარდატეხის მაჩვენებელი აბსოლუტურად ნავთობპროდუქტის უნარს გარდატეხოს მასზე დაცემული სინათლის შუქი. გარდატეხის მაჩვენებელი წარმოადგენს სხივის დაცემის კუთხის სინუსის ფარდობას სხივის გარდატეხის კუთხის სინუსთან $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$, სადაც n - გარდატეხის

მაჩვენებელია, α - სხივის დაცემის კუთხე, β - გარდატეხის კუთხე. თითოეული ნივთიერებისათვის გარდატეხის მაჩვენებელი მუდმივი სიდიდეა. ის დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და სინათლის ტალღის სიგრძეზე. რაც უფრო დიდია სინათლის ტალღის სიგრძე, მით უფრო დაბალია გარდატეხის მაჩვენებელი. ამიტომ განსაზღვრას ატარებენ მუდმივი ტემპერატურისა და მონოქრომატული სხივის გამოყენებით.

გარდატეხის მაჩვენებლის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$n_4^{20} = n_D^t - \alpha(20 - t),$$

სადაც t - ანალიზის ჩატარების ტემპერატურაა C⁰-ში, α - შესწორების კოეფიციენტი, რომელიც 1C⁰ - ზე 0,0004 - ის ტოლია.

ცნობილია, რომ რაც უფრო დიდი რაოდენობით შეიცავს ნახშირწყალბადი წყალბადს, მით უფრო დაბალია მისი გარდატეხის მაჩვენებელი, გარდატეხის მაჩვენებლის მიხედვით განსაზღვრავენ ნავთობური ფრაქციის ნახშირწყალბადოვან შედგენილობას. ციკლური ნაერთების გარდატეხის მაჩვენებელი უფრო მაღალია, ვიდრე ალიფატურის. ციკლანები შუალედურ ადგილს იკავებენ არენებსა და ალკანებს შორის. (ჰექსანის - 1,3749, ციკლოჰექსანის - 1,4262, ბენზოლის - 1,5011). ჰომოლოგიურ მწკრივში გარდატეხის მაჩვენებელი იზრდება ნახშირბადატომების რიცხვის ზრდასთან ერთად.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისათვის გარდატეხის მაჩვენებელთან ერთად მნიშვნელოვან მახასიათებელ სიდიდეს წარმოადგენს *ხვედრითი რეფრაქცია*:

$$R_1 = (n_D - 1) / \rho = const \quad (\text{გლადსტონ - დალის ფორმულა})$$

$$R_2 = \frac{n_D^2 - 1}{n_D^2 + 2} \cdot \frac{1}{\rho} = const \quad (\text{ლორენც-ლორენცის ფორმულა})$$

სადაც ρ – პროდუქტის სიმკვრივეა, განსაზღვრული იმავე ტემპერატურაზე, რომელზედაც გარდატეხის მაჩვენებელი.

ხვედრითი რეფრაქციის ნამრავლს მოლეულ მასაზე ეწოდება *მოლეული რეფრაქცია*:

$$R_M = (n_D - 1) \frac{M}{\rho} = (n_D - 1)V;$$

$$R_M = \frac{n_D^2 - 1}{n_D^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{n_D^2 - 1}{n_D^2 + 2} V ;$$

სადაც M – საკვლევი ნივთიერების მოლეკულური მასაა, V – მოლეკულური მოცულობა. ლაბორატორიაში გარდატეხის მაჩვენებელი გამოიყენება ნივთიერების იდენტიფიკაციისათვის, მისი სისუფთავისა და ხსნარში ნივთიერებათა კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის.

სხვადასხვა ნავთობი სხვადასხვა ოპტიკური თვისებებით ხასიათდება. ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებით ნავთობი ანათებს. ამ დროს მსუბუქი ნავთობი ანათებს ცისფერი ნათებით, მძიმე – მურა და მოყვითალო მურა ფერით. ნავთობის ეს თვისება გამოიყენება მისი მოპოვების დროს.

6.8. ნედლი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მოცულობის გაზომვა

ამჟამად მსოფლიოში არსებობს ნავთობის რაოდენობის გაზომვის ორი სტანდარტი: *ბარელი* (barrel-კასრი) - აშშ-ში და *ტონა* ევროპაში. ძველად ნავთობის ტრანსპორტირებას ახორციელებდნენ კასრებსა ან ცისტერნებში, ამიტომ მისი რაოდენობის გაზომვა მოსახერხებელი იყო მოცულობის მიხედვით. ევროპაში, სადაც ნავთობის ტრანსპორტირება ხორციელდებოდა, ძირითადად, ზღვით, უფრო მოსახერხებელი იყო მისი წონის გაზომვა.

$$1 \text{ ბარელი ნავთობი} = 159 \text{ ლ} = 0,159 \text{ მ}^3$$

ტონების ბარელში გადაანგარიშების მექანიზმს საფუძვლად უდევს ნავთობის ფარდობითი სიმკვრივის გაზომვა ვაკუუმში 20°C-ზე. ერთ ტონაში საშუალოდ 6,7- 7,6-მდე ბარელია იმის მიხედვით, თუ როგორია მისი სიმკვრივე.

ქვემოთ მოცემულია გადაანგარიშების კოეფიციენტები ძირითადი ნავთობპროდუქტებისათვის:

ნავთობპროდუქტები	ბარელი ტონაში
ბენზინი	8,5
დისტილატები	7,2
ნავთი	7,8
მაზუთი, ნარჩენი საწვავი ზეთები	6,6
მინერალური და საცხისი ზეთები	7
ნავთობური გამხსნელები	8,6

თავი 7. ნავთობისა და გაზის დაყოფის მეთოდები

ნავთობი ცვლადი შედგენილობის უაღრესად რთული ნარევი. ამიტომ ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ანალიზის გამარტივების მიზნით სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებით ახდენენ მათ წინასწარ დაყოფას მოლეკულური მასებისა და ქიმიური შედგენილობის მიხედვით.

ნავთობის ქიმიური შედგენილობის შესწავლას იწყებენ მისი ფრაქციებად დაყოფით და შემდეგ თითოეული ფრაქციის შედგენილობისა და თვისებების შესწავლით.

ნავთობის ფრაქციებად დაყოფისათვის, ძირითადად, იყენებენ გამობდა - რეკტიფიკაციას, ხოლო შემდეგ, უფრო ზუსტი დაყოფისათვის მიმართავენ ისეთ მეთოდებს, როგორცაა: ზუსტი რეკტიფიკაცია, ქრომატოგრაფია, ექსტრაქცია, ადსორბცია, კრისტალიზაცია, კომპლექსების წარმოქმნა და სხვ.

7.1. გამობდა - რეკტიფიკაცია

ნახშირწყალბადების ნაზავი ანუ ნედლი ნავთობი სუფთა სახით თითქმის სრულიად უსარგებლოა. იმისათვის, რომ რამეში გამოვიყენოთ, ნახშირწყალბადები ერთმანეთისგან უნდა გამოვყოთ. მათი განცალკავება დისტილაციით ანუ გამობდით შეიძლება. გამობდის მიზანია სხვადასხვა აქროლადობის მქონე სითხეთა ნარევის დაყოფა კომპონენტებად. თვით გამობდა წარმოადგენს ფიზიკურ პროცესს, რომლის დროსაც ნარევი შემავალი ნივთიერებები გაცხელებით თანმიმდევრულად გადადიან ორთქლის მდგომარეობაში, ორთქლი კი - მაცივარში, სადაც იგი სითხედ კონდენსირდება, და შემდეგ მიმღებში გროვდება. ცხადია, რომ ნარევის გაცხელება საჭიროა იმ ტემპერატურამდე, რომელზეც შესაბამისი ნივთიერების ორთქლის დრეკადობა გარეთა წნევას გაუთანაბრდება, ე.ი. დაიწყება ნარევის დუღილი.

გამობდა - ნავთობის ფრაქციებად დაყოფის უძველესი მეთოდია. ასე, მაგალითად XIX საუკუნის ბოლოს წილადური გამობდით გამოყოფილი და იდენტიფიცირებული იყო პენტანი, იზოპენტანი, 2-მეთილპენტანი, 2- და 3-მეთილჰექსანები და სხვა მრავალი დაბალმოლეკულური ნახშირწყალბადი.

ჩვეულებრივი გამობდით შეიძლება ისეთი ნარევების დაყოფა, რომელთა კომპონენტების დუღილის ტემპერატურები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდება (80°C) და ერთმანეთთან აზეოტროპულ ნარევს არ წარმოქმნის. (აზეოტროპულია ორი ან მეტი კომპონენტისაგან შემდგარი ნარევი, რომელიც დულს მუდმივ ტემპერატურაზე, ამიტომ კონდენსატი ისევ საწყისი კომპონენტებისაგან შედგება).

გამობდისა და რეკტიფიკაციის სხვადასხვა სახეებს დღესაც ფართოდ იყენებენ - ნავთობის ანალიზის არცერთი სქემა არ ხორციელდება ატმოსფერულ წნევაზე ან ვაკუუმის ქვეშ ფრაქციონირების გარეშე.

ნავთობის ფრაქციულ შედგენილობას განსაზღვრავენ ატმოსფერულ წნევაზე გამობდით. ამ დროს განსაზღვრავენ 300°C-მდე მდულარე ფრაქციების გამოსავალს; უფრო მაღალმდულარე ნავთობური ფრაქციების და ნავთობპროდუქტების გამობდა ატმოსფერული წნევის პირობებში არ არის რეკომენდებული, რადგან ასეთ პირობებში ისინი იშლება.

გამობდა რეკტიფიკაციით. ნავთობის უფრო სრული დაყოფისათვის იყენებენ ზუსტ რეკტიფიკაციას - გამობდას სარეკტიფიკაციო სვეტების გამოყენებით. რეკტიფიკაცია ფართოდ გამოიყენება ასევე ბენზინის ფრაქციიდან ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების გამოსაყოფად. რეკტიფიკაციის დროს ადგილი აქვს ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრავი სითხისა და ორთქლის მრავალჯერად კონტაქტს, რაც იწვევს ორთქლის ფაზის გამდიდრებას დაბალმდულარე კომპონენტებით და ნარევის ეფექტურ დაყოფას.

ნარევი შემაჯავლი კომპონენტების დაყოფის ეფექტურობა დამოკიდებულია სვეტის სიმაღლესა და მასში ჩაყრილი წყობურის რაოდენობაზე. ეფექტური სვეტების გამოყენებით შესაძლებელია ისეთი ნივთიერებების დაცილება, რომელთა დუდილის ტემპერატურებს შორის განსხვავება 1-0,5°C. სვეტის ეფექტურობა დამოკიდებულია ასევე მასში ჩაყრილი წყობურების ზედაპირსა და ფლეგმის რიცხვზე. ფლეგმის რიცხვი წარმოადგენს უკუმაცივირიდან სვეტში დაბრუნებული სითხის ფარდობას დროის იმავე მონაკვეთში მიმდებში გადასულ დისტილატთან.

აღსანიშნავია, რომ გამოხდა უნდა ხორციელდებოდეს ადიაბატურ პირობებში, ე.ი. სვეტსა და გარემომცველ ჰაერს შორის ადგილი არ უნდა ჰქონდეს სითბოს მიმოცვლას.

დეფლეგმატორებისა და სარეკტიფიკაციო სვეტების გამოყენებით გამოხდას აწარმოებენ როგორც ჩვეულებრივ ატმოსფერულ წნევაზე, ასევე შემცირებული წნევის პირობებში.

ატმოსფერული წნევის პირობებში გამოყოფენ ნივთიერებებს, რომელთა დუდილის ტემპერატურა 200°C-მდეა. მას იყენებენ შედარებით ადვილადაქროლად ნივთიერებათა ნარევის დასაყოფად.

ნავთობიდან მაღალმდულარე ზეთოვანი ფრაქციების გამოსაყოფად მიმართავენ *ვაკუუმში* გამოხდას, ე.ი. გამოხდას შემცირებული წნევის პირობებში. ვაკუუმური გამოხდის დროს იზრდება სხვაობა ნარევი შემაჯავლი კომპონენტების დუდილის ტემპერატურებს შორის და შესაძლებელი ხდება მათი დაცილება.

ასე, მაგალითად, შემცირებული წნევის პირობებში ყველაზე მეტად მცირდება არომატული ნახშირწყალბადების დუდილის ტემპერატურა, შემდეგ ციკლოალკანების და ბოლოს - ალკანების. ამიტომ შემცირებული წნევის პირობებში შესაძლებელია მათი დაცილება.

7.2. მოლეკულური გამოხდა, წყლის ორთქლით გამოხდა

ზოგიერთ შემთხვევაში მაღალმდულარე ზეთოვანი ფრაქციების გამოყოფის მიზნით გამოიყენება *მოლეკულური გამოხდა*, რომელსაც აწარმოებენ ღრმა ვაკუუმში (ნარჩენი წნევა < 0,1 პა). ასაორთქლებელი სითხისა და კონდენსატის ზედაპირებს შორის მანძილი უფრო მცირეა, ვიდრე მოლეკულის თავისუფალი გარბენის სიგრძე, ამიტომ აორთქლებული მოლეკულები არ ეჯახებიან ერთმანეთს და კონდენსატში ენერჯის მინიმალური დანაკარგებით აღწევენ. მოლეკულური გამოხდით შესაძლებელია დაშლის გარეშე გამოიხადოს ფრაქცია 650°C-მდე დუდილის ტემპერატურით.

ნავთობის ზეთოვანი ფრაქციისა და ფისების დასაყოფად გამოიყენება *წყლის ორთქლით გამოხდა*, რომელიც ამცირებს გამოსახდელი ნივთიერების დუდილის ტემპერატურას და ამით ნარევის დაყოფის შესაძლებლობას იძლევა.

გამოხდა და რეკტიფიკაცია საფუძვლად უდევს ისეთ პროცესებს, როგორცაა ნავთობის პირველადი გადამუშავება, ბენზინის ფრაქციების მეორადი გადამუშავება და აირების დაყოფა. არანაკლები როლი აკისრია გამოხდას ნავთობური ნედლეულის გადამუშავების პრაქტიკულად ყველა ქიმიურ პროცესში, ასეთებია: კრეკინგი, რიფორმინგი, პიროლიზი, ჰიდროგაწმენდა, ალკილირება, იზომერიზაცია და ა.შ. ამიტომ ნავთობგადამუშავების თანამედროვე ტექნოლოგია გამოხდას და რეკტიფიკაციას მკაცრ მოთხოვნებს უყენებს, განსაკუთრებით ისეთი პროდუქტების წარმოებაში, როგორცაა: ვიწრო საწვავი ფრაქციები, რომლებიც გამოიყენება არომატული ნახშირწყალბადებისა და გამხსნელების მისაღებად; ზეთოვანი ფრაქციები საცხისი ზეთების მისაღებად; სპეციალური საწვავები ცილოვან-ვიტამინური კომპლექსების მისაღებად და სხვ.

7.3. აზეოტროპული და ექსტრაქციული რეკტიფიკაცია, ექსტრაქცია, აბსორბცია.

ხშირად ნავთობქიმიური სინთეზის პროდუქტები წარმოქმნიან აზეოტროპულ ნარევეს. აზეოტროპების არსებობა პრაქტიკულად გამორიცხავს ჩვეულებრივი რეკტიფიკაციით შესაბამისი ნარევეების ზუსტი დაყოფის საშუალებას. აზეოტროპული ნარევეების დაყოფის ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს *აზეოტროპული რეკტიფიკაცია*.

აზეოტროპული რეკტიფიკაცია დაბალმდუღარე გამხსნელების, ისეთების, როგორცაა მეთანოლი, აცეტონი, აცეტონიტრილი, გამოიყენება არენების (ბენზოლის, ტოლუოლის, ქსილოლების) გამოსაყოფად ნაჯერი ნახშირწყალბადების ნარევეებიდან, ასევე არენების გასაწმენდად. აზეოტროპულ რეკტიფიკაციას უფრო მაღალმდუღარე გამხსნელებით - ბუთილცელოზოლოფით, დიეთილენგლიკოლის მონომეთილის ეთერით, ტეტრაეთილენგლიკოლის დიმეთილეთერით, ტრიეთილენგლიკოლით იყენებდნენ ვიწრო ნავთობური ფრაქციებიდან C₉-C₁₀ არენების პრეპარატიული გამოყოფისათვის, ასევე არენების - ბენზოლის, ტეტრალინისა და ნაფტალინის წარმოებულების გამოსაყოფად.

აზეოტროპული რეკტიფიკაციის დროს გამოხდით დაუყოფავ ნივთიერებათა ნარევეს უმატებენ სპეციალურ ნივთიერებებს - დაბალმოლეკულურ სპირტს ან მჟავას, რომლებიც ერთ-ერთ ნივთიერებასთან თვითონ წარმოქმნიან აზეოტროპულ ნარევეს და ამით ათავისუფლებს მეორე კომპონენტს.

ზოგიერთ შემთხვევაში აზეოტროპული რეკტიფიკაცია გამოიყენება ისეთ ნივთიერებათა ნარევის დასაყოფად, რომლებიც არ წარმოქმნიან აზეოტროპულ ნარევეს. ამ შემთხვევაში აზეოტროპული რეკტიფიკაცია გამოიყენება ვიწრო, მაგალითად, ბენზინის ფრაქციებში შემავალი კომპონენტების დასაყოფად.

ზოგიერთ ტექნოლოგიურ პროცესში წარმოიქმნება მსგავსი ქიმიური ბუნების მქონე კომპონენტების ნარევეები. მიუხედავად იმისა, რომ ამ ნარევეების კომპონენტები სხვადასხვა კლასში შედიან, ისინი ხასიათდებიან დუდილის ტემპერატურების ვიწრო დიაპაზონით. ასეთი ნარევეების ტიპიურ მაგალითს წარმოადგენს ნ-ბუთანის დივინილში ან იზოპენტანის იზოპრენში გადასვლის კატალიზური დეჰიდრირების პროდუქტები. ასეთი ნარევეების დასაყოფად გამოიყენება *ექსტრაქციული რეკტიფიკაცია*.

ექსტრაქციული რეკტიფიკაცია განსხვავდება შედარებით მაღალმდუღარე გამხსნელების გამოყენებით, რომლებიც გასაყოფ კომპონენტებთან, როგორც წესი, აზეოტროპებს არ წარმოქმნიან. ამისათვის გამხსნელების დუდილის ტემპერატურები 50°C და უფრო მეტად უნდა აღემატებოდეს ნარევის კომპონენტების დუდილის ტემპერატურებს.

აზეოტროპულთან შედარებით, ექსტრაქციული რეკტიფიკაციის ერთ-ერთ უპირატესობას წარმოადგენს სარეკტიფიკაციო სვეტში გამხსნელის მაღალი კონცენტრაციის (75-90%) უზრუნველყოფა, რაც ზრდის დაყოფის სელექტიურობასა და ეფექტურობას.

ექსტრაქციული რეკტიფიკაცია იშვიათად გამოიყენება ნავთობური ფრაქციების დასაყოფად მათი შემდგომი ანალიზისათვის, მაგრამ ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში ალკენების, ალკადიენების (ბუთადიენის, იზოპრენის) გამოსაყოფად და გასაწმენდად, ასევე არენების (ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგების, სტიროლის) გამოსაყოფად ნავთობური ფრაქციების პიროლიზისა და კატალიზური რიფორმინგის პროდუქტებიდან.

ბენზინის და ნავთის ფრაქციებისაგან კომპონენტების გამოსაყოფად ფართოდ გამოიყენება *ექსტრაქცია ანუ ცივი ფრაქციონირება*.

ექსტრაქცია ფართოდ გამოიყენება ნავთობგადამამუშავებელ მრეწველობაში მსუბუქი არომატული ნახშირწყალბადების (ბენზოლის, ტოლუოლისა და ქსილოლების) გამოსაყოფად რიფორმინგის კატალიზატებიდან, ასევე სხვა სახის ნავთობური ნედლეულიდან. მრეწველობაში სელექციურ გამხსნელებად გამოიყენება პოლიგლი-

კოლები (დი-, ტრი-, ტეტრაეთილენგლიკოლი), დიეთილენგლიკოლის ნარევი პროპილენგლიკოლთან, სულფოლანი, დიმეთილსულფოქსიდი, N-მეთილპიროლიდონი და სხვ.

ექსტრაქცია პოლარული გამხსნელებით შეიძლება გამოყენებული იყოს მონო-, ბი- და ტრიციკლური არენების დასაყოფად,

ექსტრაქცია გამოიყენება როგორც პრეპარატიული დაყოფისათვის, ასევე ნაფთობური ფრაქციების ანალიზისათვის.

ექსტრაქციის დროს საკვლევ ნარევს ამუშავებენ ისეთი გამხსნელით, რომელიც შერჩევითად ახდენენ ნარევიდან გარკვეული რიგის ნახშირწყალბადების ამოწვლილვას, მაგ., თხევადი SO₂ ხსნის ფისოვან ნივთიერებებს, არენულ და უჯერ ნახშირწყალბადებს, მაშინ როდესაც ალკანები და ციკლოალკანები მასში თითქმის არ იხსნება. ამიტომ ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების თხევადი SO₂-ით დამუშავების დროს მიმდინარეობს ფისოვანი ნივთიერებების, არენული და უჯერი ნახშირწყალბადების ექსტრაქცია და მათი დაცილება ალკანებისა და ციკლოალკანებისაგან.

ხშირ შემთხვევაში იყენებენ გამხსნელთა წყვილებს, რომელთაგან ერთი ხასიათდება მაღალი ხსნადობისუნარიანობით - ხსნის ყველა კომპონენტს, ხოლო მეორე - კომპონენტთა ნაწილს, დანარჩენს კი გამოლექავს ხსნარიდან. გამხსნელთა ასეთ წყვილებად გამოიყენება: 1. ამილის სპირტი - ეთილის სპირტი, 2. ბენზოლი - აცეტონი, 3. ბენზოლი - SO₂ და სხვ.

აბსორბცია შერჩევითი გამხსნელებით (N-მეთილპიროლიდონით, დიმეთილფორმამიდით) გამოიყენება მრეწველობაში აცეტილენის გამოსაყოფად ბუნებრივი გაზის ჟანგვითი პირობის პროდუქტებიდან. მანამდე ამ მიზნით იყენებდნენ ნაკლებად სელექციურ გამხსნელებს - აცეტონს, მეთანოლს, ამიაკს, მაგრამ აბსორბციის პროცესის ჩასატარებლად სელექტიურობის ამაღლების მიზნით საჭირო იყო გამაცივებელი აგენტების გამოყენება.

ნავთობის თანმხლები აირებიდან და ბუნებრივი აირებიდან ბენზინის გამოსაყოფად გამოიყენება აბსორბცია არაპოლარული აბსორბენტებით - ნახშირწყალბადოვანი ფრაქციებით. პროცესს ატარებენ ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ან -40°C-ზე გამაცივებელი აგენტების გამოყენებით. დაბალტემპერატურული აბსორბციის უპირატესობა მდგომარეობს უფრო დაბალმოლეკულური, მცირე სიბლანტის მქონე ბენზინის ფრაქციების გამოყენების შესაძლებლობით, რაც ზრდის დაყოფის პროცესის ეფექტურობას და ამცირებს აბსორბენტის ხარჯს.

7.4. კრისტალიზაცია. ექსტრაქციული კრისტალიზაცია

ნავთობის შედგენილობაში შედიან მაღალმდულარე ნახშირწყალბადები: მყარი ალკანები (პარაფინები და ცერეზინები), ნაფტალინი, ფენანტრენი და სხვა კონდენსირებული არომატული ნახშირწყალბადები. მათ გამოსაყოფად იყენებენ *კრისტალიზაციის* მეთოდს.

განასხვავებენ კრისტალიზაციას ჩვეულებრივი გამოყინვით და კრისტალიზაციას შესაბამისი გამხსნელის დამატებით.

იმ შემთხვევაში, თუ ნავთობის ამა თუ იმ ვიწრო ფრაქციაში მაღალია გამოყინვით კრისტალიზებადი კომპონენტების შემცველობა, მათი გამოყოფა შეიძლება განმეორებითი გამოყინვით. თუ მოცემულ ნარევში ასეთი კომპონენტების რაოდენობა დაბალია, ჩვეულებრივი გამოყინვით ვერ მივიღებთ სასურველ შედეგს. ამ შემთხვევაში ნარევს წინასწარ აზავებენ შესაბამისი გამხსნელით და მხოლოდ შემდეგ ახორციელებენ გამოყინვას და კრისტალიზაციას. გამხსნელი ისე უნდა შეირჩეს, რომ მისი შემდგომი მოცილება არ იყოს გართულებული, მაგალითად, ჩვეულებრივი აორთქლებით. გამხსნელად იყენებენ მეთანს, ეთანს, პროპანს, ეთილენს, დიეთილეთერს და სხვ.

მაგალითად, ნავთობპროდუქტებიდან მყარი ალკანების (პარაფინების) გამოსაყოფად იყენებენ ბენზოლის ნარევის აცეტონთან და მეთილეთილკეტონთან.

ექსტრაქციული კრისტალიზაცია წარმოადგენს კრისტალიზაციის მეთოდს სელექციური გამხსნელების გამოყენებით. გამხსნელი ასრულებს რამდენიმე ფუნქციას: სელექციურად ხსნის დაბალდნობად კომპონენტებს; ევტიკტიკური ნარევის გამყარების ტემპერატურის უფრო დაბალ ტემპერატურაზე უზრუნველყოფს თხევადი ფრაქციის არსებობას, რაც იძლევა საშუალებას გავზარდოთ მაღალდნობადი კომპონენტის გამოსავალი; ამცირებს ძირითადი ხსნარის სიბლანტეს, რაც გაფილტვრის სტადიაზე განაპირობებს თხევადი ფაზის უფრო სრულ მოცილებას.

ექსტრაქციული კრისტალიზაციის გამოყენება შეიძლება პრეპარატიული მიზნებისათვის მაღალდნობადი ციკლოალკანების, არენების, ნ-ალკანების გამოსაყოფად.

ნავთობგადამამუშავებელ მრეწველობაში ექსტრაქციულმა კრისტალიზაციამ მოიპოვა გამოყენება ზეთოვანი ფრაქციების დეპარაფინიზაციისათვის. შედარებით დაბალი კრისტალიზაციის ტემპერატურების მქონე ნ-ალკანების მოცილება აუცილებელია ზეთების გაყინვის ტემპერატურების შემცირებასა და ოპტიმალური დენადობის უზრუნველყოფისათვის. გამხსნელი ამ პროცესისათვის უნდა იყოს საკმარის სელექტიური, ე, ი. ნ-ალკანების მიმართ მას უნდა ჰქონდეს დაბალი ხსნადობა და ზეთოვანი ფრაქციის სხვა კომპონენტების მიმართ - მაღალი ხსნადობა. გარდა ამისა, გამხსნელს უნდა ჰქონდეს დაბალი სიბლანტე და გაყინვის ტემპერატურა. ყველაზე უფრო ფართოდ გამხსნელად გამოიყენება კეტონების (მეთილეთილკეტონის, აცეტონის) ნარევეები არენებთან, მაგალითად, ტოლუოლთან, რომლის დამატება ზრდის ზეთოვანი ფრაქციების ხსნადობას და ზეთის გამოსავალს.

ზოგიერთ უცხოურ დანადგარებზე გამოიყენება ნაკლებად სელექციური გამხსნელი - თხევადი პროპანი, ამ შემთხვევაში სელექტიურობის ასამაღლებლად დეპარაფინიზაციის პროცესის ჩატარება უნდა მოხდეს უფრო დაბალ ტემპერატურაზე. უკანასკნელ დროს გამოიყენება მოიპოვა პროპილენისა და აცეტონის ნარევემა, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალ სელექტიურობას და ამასთან დაკავშირებით ზეთების გაყინვის დაბალ ტემპერატურას.

7.5. ქრომატოგრაფია, ადსორბციული ქრომატოგრაფია

ქრომატოგრაფია - ორგანულ ნივთიერებათა იდენტიფიკაციის, გაწმენდისა და დაყოფის ფიზიკო-ქიმიური მეთოდია, რომელიც დამყარებულია ნარევეში შემავალი კომპონენტების განაწილებაზე ორ - უძრავ და მოძრავ ფაზებს შორის. უძრავ ფაზად შეიძლება იყოს მყარი ნივთიერება ან სითხე. მოძრავ ფაზად - სითხის ან აირის ნაკადი. თუ უძრავ ფაზას მყარი ნივთიერება წარმოადგენს, ხოლო მოძრავს აირი, ქრომატოგრაფიას *აირად-ადსორბციული ქრომატოგრაფია* ეწოდება. თუ მოძრავ ფაზას სითხე წარმოადგენს, მაშინ ქრომატოგრაფიას *თხევად - ადსორბციული ქრომატოგრაფია* ეწოდება. თუ უძრავ ფაზას წარმოადგენს სითხე, მოძრავს კი აირი *აირად-თხევადი ქრომატოგრაფია*, ხოლო თუ მოძრავ ფაზასაც სითხე წარმოადგენს *თხევად-თხევადი ქრომატოგრაფია* ეწოდება.

ნავთობის სხვადასხვა ფრაქციის ანალიზისათვის გამოიყენება ქრომატოგრაფიის სხვადასხვა მეთოდი.

ნავთობში გახსნილი აირებისა და დაბალმდულარე ფრაქციების ანალიზისათვის წარმატებით გამოიყენება აირად-ადსორბციული და აირად-თხევადი ქრომატოგრაფია.

ლაბორატორიულ პრაქტიკაში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ანალიზისათვის გამოიყენება სვეტიანი ქრომატოგრაფია.

ადსორბციულ ქრომატოგრაფიაში გახსნილი ნივთიერებების ნარევის კომპონენტების დაყოფა დამყარებულია მათ განსაზღვრულ წვრილად დაქუცმაცებულ მყარ

ნივთიერებებთან - ადსორბენტებთან ადსორბციული ნათესაობის ხარისხში განსხვავებაზე.

პირველად ადსორბციული ქრომატოგრაფია გამოიყენა მ.ცვეტმა XIX საუკუნეში. ნავთობური ფრაქციების დასაყოფად და საანალიზოდ ამ მეთოდმა ფართო გამოყენება XX საუკუნის 40-იან წლებში მოიპოვა. ამჟამად ადსორბციული ქრომატოგრაფია ძირითადი ანალიზური და პრეპარატიული მეთოდია არენების გამოსაყოფად ალკანებისა და ციკლოალკანებისაგან, ასევე მონო- და პოლიციკლური ნახშირწყალბადების დასაყოფად.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ზოგიერთი ნაერთის გამოყოფა ადსორბენტებზე უფრო მაღალი შერჩევითობით ხორციელდება, ვიდრე სელექციური გამხსნელების გამოყენებით.

ნავთობპროდუქტების დასაყოფად გამოიყენება ორი ტიპის ადსორბენტი:

1. მოუწესრიგებელი კრისტალური სტრუქტურისა და არაერთგვაროვანი ფორიანობის მქონე ადსორბენტები (სილიკაგელი, აქტიური ალუმინის ოქსიდი, აქტიური ნახშირი).
2. ერთგვაროვანი ფორიანობის მქონე ადსორბენტები - ცეოლითები ან მოლეკულური საცრები.

ამოცანის შესასრულებად დიდი მნიშვნელობა აქვს ადსორბენტისა და დესორბენტის სწორად შერჩევას.

ნავთობის ფრაქციების დაყოფა მოუწესრიგებელი ფორიანობის მქონე ადსორბენტებზე.

ამ ჯგუფის ადსორბენტებიდან ყველაზე ფართო გამოყენება მოიპოვა სილიკაგელმა.

სილიკაგელი წარმოადგენს სილიციუმმჟავას გამომშრალ გელს. არსებობს წვრილფორიანი და მსხვილფორიანი სილიკაგელები. მათ კლასიფიკაციას ახდენენ მარცვლების ზომების მიხედვით. მსხვილფორიანი სილიკაგელების შედგენილობაში შედის 94% SiO_2 და მინარევების სახით ისინი შეიცავენ Al_2O_3 , Fe_2O_3 , ტუტე და ტუტე-მიწათა ლითონების ოქსიდებს. წვრილფორიან სილიკაგელებში SiO_2 -ის შემცველობა 89%-ია; განმამტკიცებელი დანამატის სახით ისინი შეიცავენ 7-8% Al_2O_3 -ს.

სილიკაგელზე მაღალი სორბციული თვისებებით ხასიათდება ნავთობში შემავალი ჰეტეროატომების შემცველი კომპონენტები, ასევე პოლიციკლური არენები, ნაკლებად - მონოარომატული ნახშირწყალბადები და კიდევ უფრო სუსტად - ალკანები და ციკლოალკანები.

სილიკაგელების მარკის შერჩევა დამოკიდებულია საადსორბციო მოლეკულების ზომებზე. მაგალითად, ნავთ-გაზოილის და ზეთოვანი ფრაქციების დასაყოფად და საანალიზოდ იყენებენ მსხვილფორიან სილიკაგელებს, ნახშირწყალბადების გამოსაშრობად კი წვრილფორიანს.

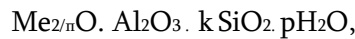
პოლარულ ადსორბენტებს მიეკუთვნება ალუმინის ოქსიდიც. ალუმინის ოქსიდის საშუალებით შესაძლებელია არენების დაყოფა მონო-, ბი- და პოლიციკლურ ნაერთებად და უფრო ეფექტურად - ნახშირწყალბადების გამოყოფა გოგირდოვანი ნაერთებისაგან.

სილიკაგელის და ალუმინის ოქსიდის შედარებამ ცხადყო, რომ სილიკაგელზე უფრო ეფექტურად მოხდება ალკანო-ციკლოალკანების დაყოფა არენებისაგან, ალუმინის ოქსიდზე კი მონო-, ბი- და პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების დაყოფა ერთმანეთისაგან, ასევე ნახშირწყალბადების გამოყოფა - გოგირდოვანი ნაერთებისაგან. ამიტომ მიზანშეწონილია ორმაგი სორბენტის გამოყენება - სვეტის ქვემოთ - ალუმინის ოქსიდისა, ზემოდ კი - სილიკაგელის.

არაპოლარული ადსორბენტები - აქტიური ნახშირები - არასპეციფიკურად ურთიერთქმედებენ გასაყოფ კომპონენტებთან. მათი გამოყენება შეიძლება აირთა ნარევეების საანალიზოდ, ასევე თხევადი ალკანების, იზოალკანების და ციკლოალკანების დასაყოფად. აქტიური ნახშირების ფორიანობა ძალიან არაერთგვაროვანია, ამიტომ მათი დაყოფის სელექტიურობა დაბალია.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დაყოფა ცეოლითების გამოყენებით. ცეოლითები - განსაკუთრებულ სელექციურ ადსორბენტებს წარმოადგენენ. ცეოლითებს აქვთ მოწესრიგებული კრისტალური სტრუქტურა და შემაერთებელი ფანჯრების გარკვეული ზომები. მოქმედების მიხედვით ეს ადსორბენტები განსხვავდებიან აქტიური ნახშირებისა და ალუმინის ოქსიდების ტიპის ადსორბენტებისაგან. თუ ალუმოსილიკატები და აქტიური ნახშირები ნახშირწყალბადებს ყოფენ ქიმიური ბუნებასა და კრისტალიზაციის უნარის მიხედვით, ნახშირწყალბადების დაყოფა ცეოლითების მეშვეობით ხდება მოლეკულათა ფორმისა და ზომების მიხედვით. აქედან წარმოიშვა მათი სახელწოდება - "მოლეკულური საცრები". ამ ადსორბენტის თავისებურებას წარმოადგენს ერთნაირი ზომის ფორები. ამ ფორებში შეღწევისა და შეკავების უნარი აქვთ მხოლოდ იმ მოლეკულებს, რომელთა კრიტიკული დიამეტრი ფანჯრების ეფექტურ დიამეტრზე ნაკლებია.

არსებობს როგორც ბუნებრივი, ისე სინთეზური ცეოლითები. ქიმიური შედგენილობით ცეოლითები ალუმოსილიკატებია. სინთეზური ცეოლითები მიიღება ტუტე წყალხსნარების ალუმოსილიკატებთან გაცხელებით. ცეოლითებს აქვთ შემდეგი შედგენილობა:



სადაც Me - ერთვალენტიანი ტუტე ($n = 1$) ან ორვალენტიანი ტუტემიწათა ($n = 2$) ან სხვა სპეციალურად შეყვანილი ლითონია; k - სიდიდე, რომელიც განსაზღვრავს ცეოლითის ტიპს (სილიკატური მოდული).

k -ს მნიშვნელობების მიხედვით არსებობს შემდეგი ტიპის ცეოლითები:

1,8-2,0	A
2,3-3,0	X
3,0-6,0	Y
4,5-5,0	შაბაზიტი (D, R, S ცეოლითები)
6,0-7,0	ერიონიტი (T ცეოლითი)
8,3-10,7	მორდენიტი
10,0-35,0	L

ცეოლითების კრისტალური მესერი წარმოქმნილია $[(\text{Si}, \text{Al}) \text{O}_4]$ ტეტრაედრების ჯაჭვებით, რომლებიც შეერთებულია ჟანგბადის ხიდებით. კრისტალური მესრის ზომები და ფორმები სხვადასხვა ტიპის ცეოლითისათვის მკაცრად არის განსაზღვრული.

ცეოლითების ტიპებს აღნიშნავენ ორგვარად: 4A, 5A, 10X, 13X, სადაც ციფრები მიუთითებენ ფანჯრების დიამეტრს ანგსტრემებში. (A და X ცეოლითის ტიპებს) ან ციფრის ნაცვლად მითითებულია კათიონები NaA, CaA, NaX, CaX და ა.შ.

ქვემოთ მოყვანილია ზოგიერთი ცეოლითის ღრმულებისა და შემაერთებელი ფანჯრების ზომები:

	ღრმულების დიამეტრი ,ნმ	ფანჯრების ზომები, ნმ
LiA	1,2	0,44
NaA	1,1 – 1,2	0,40
KA	1,1	0,33
CaA	1,1	0,50
NaX (NaY)	1,1 – 1,3	0,90
CaX (CaY)	1,1 – 1,3	0,80
Ca – მორდენიტი	0,7	0,40
H - მორდენიტი	0,7	0,66

გარკვეული სტრუქტურის ცეოლიტებს მხოლოდ შესაბამისი ზომის მოლეკულეების ადსორბციის უნარი გააჩნია, რაც ადსორბციის პროცესში განაპირობებს მათ მაღალ სელექტიურობას. ამაში მდგომარეობს ცეოლიტების "საცრების ეფექტი". ამიტომ, მაგალითად, KA პრაქტიკულად ადსორბირებს მხოლოდ წყალს; NaA – H₂O, CO₂, H₂S, NH₃, CH₃OH, ეთანს, ეთილენს, პროპილენს და ალკინებს; CaA – 20 ატომამდე ნახშირბადის შემცველ ნ-აღნაგობის ნახშირწყალბადებსა და სპირტებს, ასევე მეთილ- და ეთილთიო-სპირტებს. CaX ცეოლიტი ადსორბირებს განშტოებული აღნაგობის ალკანებსა და სპირტებს, ბენზოლს, ციკლოპექსანსა და მათ დაბალ ჰომოლოგებს. CaX -ზე არ ადსორბირდება არომატული ნაერთები განშტოებული რადიკალებით ან მაღალი მოლეკულური მასით. მაგალითად, 1,3,5-ტრიეთილბენზოლი, 1,3-დიქლორბენზოლი.

ცეოლიტები პოლარული ადსორბენტებია, ამიტომ ნივთიერებათა ადსორბციული დაყოფა ცეოლიტებზე შეიძლება მოხდეს არა მარტო მოლეკულათა ზომების მიხედვით, არამედ უჯერობისა და პოლარობის ხარისხის მიხედვითაც.

ნახშირწყალბადებისა და ნავთობური ფრაქციების დაყოფა ცეოლიტებზე ფართოდ გამოიყენება არა მარტო ლაბორატორიულ პრაქტიკაში პრეპარატულ-ანალიზური მიზნებისათვის, არამედ მრეწველობაშიც. ამჟამად, პარაფინების გამოყოფის მიზნით მოლეკულურ საცრებს იყენებენ ნავთობგადამუშავების აირებისა და მსუბუქი ბენზინის ფრაქციების დასაყოფად. CaA - ცეოლიტზე ადსორბციით ნავთ-გაზოილის ფრაქციიდან (200-320°C) გამოიყოფა C₁₀-C₁₈ შედგენილობის ალკანები, რომლებიც გამოიყენება ცილების მიკრობიოლოგიური სინთეზისათვის, ასევე ბიოლოგიურად არამდგრადი სარეცხი საშუალებების წარმოებაში.

ადსორბცია ცეოლიტებზე გამოიყენება არაგანშტოებული ალკანების C₁₆ -C₁₈ გამოსაყოფად ალკანთა ნარევებიდან.

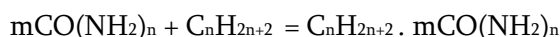
ცეოლიტები, როგორც უძრავი ფაზა გამოიყენება აირ-ადსორბციულ ქრომატოგრაფიაში ნავთობური ფრაქციების ანალიზის დროს.

7.6. ნახშირწყალბადების დაყოფა კომპლექსნაერთთა წარმოქმნით

ნახშირწყალბადების დაყოფის ამ მეთოდს საფუძვლად უდევს განსხვავებული აღნაგობის ნახშირწყალბადებისა და სხვადასხვა ნივთიერებათა ურთიერთქმედების შედეგად მიღებული კომპლექსნაერთთა წარმოქმნის უნარი.

მრეწველობაში კომპლექსწარმოქმნის პროცესებს იყენებენ ნ-პარაფინების გამოსაყოფად.

ნ- პარაფინების კარბამიდთან (შარდოვანასთან) კომპლექსწარმოქმნის რეაქცია აღმოჩენილია 1940 წელს გერმანელი ქიმიკოსის ფ.ბენგენის მიერ. ფ.ბენგერმა დაადგინა, რომ წრფივი აღნაგობის ალიფატური ნახშირწყალბადები, კერძოდ, ნ- ალკანები, რომლებიც შეიცავენ ნახშირბადის 6 და მეტ ატომს, კარბამიდთან წარმოქმნიან კრისტალურ კომპლექსებს, მაშინ, როდესაც იზოალკანები, ციკლოალკანები და არენები ასეთ კომპლექსებს არ იძლევა. მოგვიანებით დადგინდა, რომ კარბამიდთან კომპლექსის წარმოქმნა შეუძლია გარკვეული აღნაგობის იზოალკანებსაც. ზოგადად კარბამიდთან კომპლექსწარმოქმნის რეაქცია შეიძლება შემდეგნაირად გამოვსახოთ:



მიღებული კომპლექსები (კლატრატები, ადუქტები) მყარი, კრისტალური ნივთიერებებია, რომლებიც არ იხსნება ნავთობურ ფრაქციებში. რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით დადგინდა, რომ კომპლექსებში კარბამიდის მოლეკულები წყალბადური ბმებით არიან შეერთებული და სპირალს წარმოქმნიან. წყალბადური ბმები წარმოიქმნება კარბამიდის მეზობელ მოლეკულათა ჟანგბადსა და ამინოჯგუფებს შორის.

სპირალის შიგნით წარმოიქმნება არხი, რომლის ეფექტური დიამეტრი 0,49 ნმ. ნ-ალკანების მოლეკულების ზომები მერყეობს ზღვრებში 0,38 -0,42 ნმ, ამიტომ ვან-დერ-ვაალსის ძალების ხარჯზე ისინი ადვილად თავსდება და მაგრდება არხში. იზოალკანების, ციკლოალკანებისა და არენების მოლეკულების კრიტიკული დიამეტრი აღემატება 0,49ნმ, ამიტომ მათ არ შეუძლია კარბამიდთან კომპლექსების წარმოქმნა.

აღსანიშნავია, რომ ნახშირწყალბადებთან კომპლექსებს წარმოქმნის თიოკარბამიდიც $H_2N - C(S) - NH_2$. S-ის ატომების მონაწილეობით დამყარებული წყალბადური ბმები ნაკლებად სტაბილურია, ვიდრე კარბამიდის შემთხვევაში, მაგრამ თიოკარბამიდში მოლეკულათაშორისო მანძილი და შესაბამისად არხის დიამეტრიც (0,6 -0,7) მეტია. ამიტომ ამ ტიპის კომპლექსების წარმოქმნა შეუძლია იზოაგებულების ალკანებს, ციკლოალკანებსა და ზოგიერთ არენს.

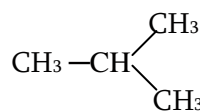
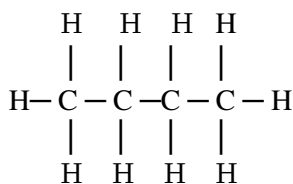
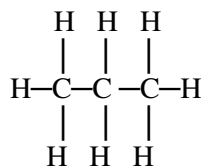
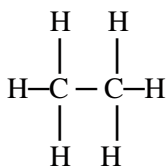
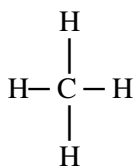
თავი 8. ნავთობის ალკანები

ქიმიური ბუნებით და წარმოშობით ნავთობი ახლოსაა ბუნებრივ საწვავ აირებთან, ოზოკერიტთან, ასევე ასფალტთან. ზოგჯერ ამ საწვავ წიაღისეულებს აერთიანებენ საერთო სახელწოდების - *პეტროლატუმის* ქვეშ და მიაკუთვნებენ უფრო ფართო ე.წ. *კაუსტობიოლიტების* - ბიოგენური წარმოშობის საწვავი მინერალების ჯგუფს, რომლის შედგენილობაში ასევე შედის *მყარი საწვავი წიაღისეული* - ტორფი, მურა და ქვა ნახშირები, ანტრაციტი, ფიქლები. ორგანულ სითხეებში (გოგირდწყალბადში, ქლოროფორმა და სპირტბენზოლურ ნარევიში) ხსნადობის მიხედვით, ნავთობი, ისევე როგორც სხვა პეტროლიტები და ის ნივთიერებები, რომლებიც გამოიყოფა ტორფიდან, წიაღისეული ნახშირებიდან, ან მათი გადამუშავების პროდუქტებიდან, მიეკუთვნება *ბიტუმების* ჯგუფს.

ნავთობის ნახშირწყალბადოვანი შედგენილობა წარმოადგენს მისი ხარისხის მნიშვნელოვან მაჩვენებელს, რომელიც განსაზღვრავს გადამუშავების მეთოდს, მისაღები ნავთობპროდუქტის ასორტიმენტსა და საექსპლუატაციო თვისებებს. ნედლი ნავთობის შედგენილობაში სხვადასხვა თანაფარდობით შედიან ალკანები, ციკლოალკანები, არენები, ასევე ჰეტეროატომური ნაერთები.

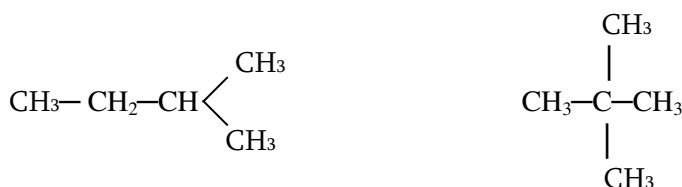
8.1. ალკანების შემცველობა ნავთობსა და თანმხლებ აირებში.

ალკანების ზოგადი ფორმულაა C_nH_{2n+2} . ნავთობის ალკანები გვხვდება აირად, თხევად და მყარ მდგომარეობაში - შესაბამისად (C_1-C_4), (C_5-C_{15}), C_{16} და ზევით.



ბუთანი

იზობუთანი



იზოპენტანები

ნახ 8.1. აიროვანი ნახშირწყალბადების აგებულება

ალკანების რაოდენობა ნავთობში, ძირითადად, 25-30%-ია, მაგრამ არის ნავთობები, სადაც ალკანების რაოდენობა 50-70%-ს აღწევს, ან პირიქით, 10-15%-ს.

ალკანები შეადგენენ ნავთობის, ბუნებრივი აირების მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს. ნავთობის თანმხლები და ბუნებრივი აირები პრაქტიკულად მთლიანად, პირდაპირნახადი ბენზინები კი მხოლოდ 60-70%-ით შედგება ალკანებისაგან. ზეთის ფრაქციაში მათი რაოდენობა მცირდება 5-20%-მდე.

ნავთობის გაზოილის ფრაქციების (200-350C°) შედგენილობაში შედიან ალკანები დოდეკანიდან ეიკოზანამდე. ტემპერატურის გაზრდით ალკანების შემცველობა ნავთობის ფრაქციებში მცირდება.

ალკანები ნავთობში გვხვდება როგორც ნორმალური, ისე განშტოებული აგებულებით. მათი თანაფარდობა განისაზღვრება ნავთობის სახეობით. იზოალკანები, ძირითადად, გვხვდება ნაფტენურ ნავთობებში.

8.2. აიროვანი ალკანები

აიროვანი ალკანები, ძირითადად, შედიან ბუნებრივი აირების შედგენილობაში. ბუნებრივი აირები იყოფა: გაზის საბადოს, ნავთობის თანმხლებ და გაზკონდენსატის საბადოს აირებად. აიროვან ალკანებს ასევე შეიცავს სინთეზური აირებიც. სინთეზური აირები მიიღება თხევადი წიაღისეულის გადამუშავების დროს (მაგალითად, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების თერმული და თერმოკატალიზური გადამუშავება, მყარი და თხევადი საწვავის თერმული დაშლა - გაზიფიკაცია, ასევე მყარი საწვავის დაკოქსვა - კოქსის აირი). ალკანებთან ერთად სინთეზური აირების შედგენილობაში შედის უჯერი ნახშირწყალბადები, წყალბადი და სხვ.

8.3. თხევადი ალკანები.

C₅-C₁₅ შედგენილობის ნახშირწყალბადები თხევადი ნივთიერებებია. ისინი შედიან ძრავის (ბენზინების, გაზოტურბინული და დიზელის) საწვავების შედგენილობაში. ნავთობის C₅-C₉ შედგენილობის თხევად პარაფინებს, ძირითადად, ნორმალური ან სუსტად განშტოებული აგებულება აქვთ.

C₁₁-C₁₆ შედგენილობის ნახშირწყალბადები: უნდეკანი, დოდეკანი, ტრიდეკანი, ტეტრადეკანი, პენტადეკანი და ჰექსადეკანი (ცეტანი) გამოხდის დროს გადადიან ნავთის ფრაქციაში.

8.4. მყარი პარაფინები

მყარი პარაფინებია C_{16} -დან ზევით. ისინი იყოფიან ნავთობის პარაფინებად და ცერეზინებად, რადგან განსხვავებული კრისტალური და შესაბამისად განსხვავებული ფიზიკო-ქიმიური თვისებები აქვთ.

ქიმიური თვალსაზრისით ცერეზინები, პარაფინებთან შედარებით, უფრო გაზრდილი რეაქციისუნარიანობით ხასიათდებიან. ცერეზინები, იმავე ლღობის ტემპერატურის მქონე პარაფინებისგან განსხვავებით, ენერგიულად შედიან რეაქციაში მხოლოდ გოგირდმჟავასთან, ქლორსულფომჟავასთან.

ხანგრძლივი დაყოვნების შედეგად ცერეზინები ნავთობიდან გამოიყოფიან შავი ნალექის სახით, რომელიც მინარევების სახით შეიცავენ მინერალურ და ფისოვან ნივთიერებებს.

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ნავთობის პარაფინებში 25-35% იზოპარაფინია, ხოლო ცერეზინებში გაცილებით მეტია. შესაბამისად, ცერეზინებს მაღალი აქვთ როგორც სიმკვრივე, ისე სიბლანტე და ლღობის ტემპერატურა. ნავთობის პარაფინების შედგენილობაში, ძირითადად, სხვადასხვა მოლეკულური მასის მქონე ალკანები შედიან, ცერეზინებში კი ნაფტენები, როგორც ალკანების და იზოალკანების გრძელი ჯაჭვით.

მყარი პარაფინები ნავთობში იმყოფება გახსნილ ან შეწონილ კრისტალურ მდგომარეობაში. მაზუთის გამოხდის დროს ზეთოვან ფრაქციაში გადადიან C_{18} - C_{25} შედგენილობის პარაფინები. გუდრონებში კი თავს იყრის უფრო მაღალდნობადი C_{36} - C_{53} -ის შედგენილობის ნახშირწყალბადები.

პარაფინებს და ცერეზინებს ფართო გამოყენება აქვთ მრეწველობაში: ელექტრო- და რადიოტექნიკურ, ქაღალდის, ასანთის, ქიმიურ, ტყავის, პარფიუმერულ და სხვა. პარაფინი, როგორც შემასქელებელი, გამოიყენება პლასტიკური საცხისების წარმოებაში. ნ-ალკანებიდან (ძირითადად C_{10} - C_{30}) ღებულობენ პროტინებს, ცილა-ვიტამინურ კონცენტრატებს (ცვკ); თხევადი და მყარი პარაფინები გამოიყენება როგორც ნედლეული სინთეზური ცხიმოვანი მჟავების, სპირტების და ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებების მისაღებად.

მეორეს მხრივ, მყარი ნახშირწყალბადების არსებობა საცხ და სპეციალური დანიშნულების ზეთებში დაუშვებელია, რადგან ისინი ზრდიან გამყარების ტემპერატურას და დაბალი ტემპერატურების პირობებში ამცირებენ ზეთების მოძრაობის უნარს. ამიტომ ზეთები საჭიროებს სპეციალურ გაწმენდას პარაფინებისაგან - დეპარაფინიზაციას.

8.5. ალკანთა თვისებები

8.5.1. ფიზიკური თვისებები

ალკანები გაჯერებულია წყალბადით და სხვა კლასის ნახშირწყალბადებთან შედარებით მათ აქვს სიმკვრივისა და გარდატეხის მაჩვენებლების მინიმალური მნიშვნელობები, რაც გამოიყენება ანალიზური მიზნებისათვის.

ნორმალურ ნახშირწყალბადებს, რომელთა მოლეკულები უკეთ არიან ჩალაგებულნი თხევად ფაზაში, აქვს დუდილის მაქსიმალური ტემპერატურები და მაღალი სიმკვრივე, უფრო განშტოებულს - დუდილის ტემპერატურებისა და სიმკვრივის უმცირესი მნიშვნელობები (ცხრილი 8.5.1.).

მყარი ალკანები კრისტალური აგებულებისაა. დნობის ტემპერატურაზე მნიშვნელოვნად მოქმედებს კრისტალურ მესერში მოლეკულების ჩაწყობის გეომეტრიული ფაქტორები. რაც უფრო სიმეტრიულია მოლეკულა, მით უფრო ადვილად და მტკიცედ არის ის ჩაწყობილი კრისტალში და უფრო მაღალია მისი დნობის ტემპერატურა.

8.5.2. ქიმიური გარდაქმნები.

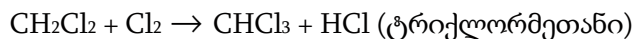
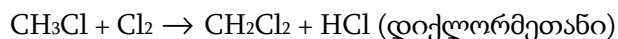
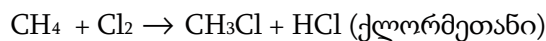
ალკანები ქიმიურად საკმაოდ პასიური ნაერთებია, მათი პასიურობა გამოწვეულია ნახშირბადის ვალენტობის გაჯერებულობით და C-C და C-H ბმათა შედარებითი სიმტკიცით. ამიტომ ალკანებმა მიიღეს სახელწოდება - *პარაფინები* (ლათ. parum affinis - პასიური).

ალკანების ძირითადი ქიმიური გარდაქმნა მიმდინარეობს მათზე საკმაოდ დიდი ენერჯის მიწოდებით (გაცხელებით ან ულტრაიისფერი სხივებით დასხივებისას). ამ დროს შეიძლება მოხდეს C-H ბმების გახლეჩა და წყალბადის ატომის ჩანაცვლება სხვა ატომით ან ატომთა ჯგუფით, ან მოლეკულის გახლეჩა C-C ბმებზე. რადგან ალკანები არაპოლარული ნაერთებია, ბმების გახლეჩის შედეგად წარმოიქმნება არა იონები, არამედ რადიკალები, ე.ი. ეს პროცესი მიმდინარეობს ჰომოლიზური მექანიზმით.

ამრიგად, ალკანებისათვის დამახასიათებელია ქიმიური რეაქციის ორი ტიპი:
 1). წყალბადის ჩანაცვლების რეაქციები (C-H ბმის გახლეჩით);
 2). დაშლის რეაქციები (C-C და C-H ბმათა გახლეჩით).

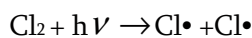
ნავთობქიმიისათვის მნიშვნელოვანია შემდეგი რეაქციები:
ჰალოგენირება. ჰალოგენებიდან ფართოდ გამოიყენება ქლორი, რადგან ის არის ხელმისაწვდომი, იაფი და ხასიათდება მაღალი ქიმიური აქტიურობით.

ალკანების ქლორირება მიმდინარეობს რადიკალური მექანიზმით. ჰალოგენირება - ჩანაცვლების ერთ-ერთი რეაქციაა. ალკანების ჰალოგენირება მიმდინარეობს ეტაპობრივად - ერთ ეტაპზე ჰალოგენირდება წყალბადის არაუმეტეს ერთი ატომისა:



ქლორირების პროცესი შეიძლება განხორციელდეს სამი ხერხით: ფოტოქიმიური, კატალიზური და თერმული.

ფოტოქიმიური ხერხის გამოყენების დროს შთანთქმული სინათლის ენერჯის მოქმედებით მიმდინარეობს ქლორის მოლეკულის დისოციაცია:



ენერჯია, რომელიც გადაეცემა ქლორის მოლეკულას ძალიან დიდია. დადგენილია, რომ ქლორზე ულტრაიისფერ სხივებს ისეთივე გავლენა აქვს, როგორც 1500°C-მდე გაცხელებას. ფოტოქიმიურ პროცესს იყენებენ თხევადი ნახშირწყალბადების ქლორირების დროს. აირადი ნახშირწყალბადების ქლორირება მიზანშეწონილია კატალიზური ან თერმული გზით.

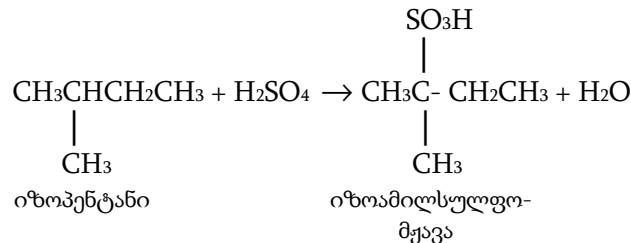
დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მეთანისა და პარაფინის ქლორწარმოებულებს. მეთილქლორიდს და მეთილენქლორიდს ღებულობენ მეთანის ქლორირებით 500-550°C-ზე. ქლოროფორმსა და ნახშირბადის ტეტრაქლორიდს - მეთილენქლორიდის ფოტოქიმიური ქლორირებით თხევად ფაზაში. ეთილქლორიდს ღებულობენ ეთანის ქლორირებით აირად ფაზაში 450-500°C ტემპერატურაზე.

კატალიზური ქლორირება გამოიყენება აირადი და თხევადი ალკანებისათვის. თხევად ფაზაში ქლორირებისას გამოიყენება იოდის, ფოსფორის, რკინის, თუთიის, გოგირდისა და სხვა ქლორიდები.

ჰეტეროგენული კატალიზი უმთავრესად გამოიყენება აირფაზური ქლორირებისას ქლორის გადამტანი კატალიზატორების თანაობისას, მაგალითად, გააქტიურებული ნახშირის, კიზელგურის, პემზის, თიხამიწის, სილიკაგელის, რომლებიც გაჟღენთილია ლითონთა, კერძოდ, სპილენძის მარილებით.

თერმული ქლორირება მიმდინარეობს სინათლისა და კატალიზატორების გარეშე.

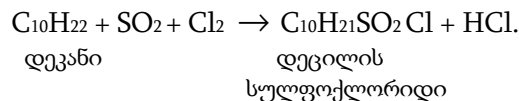
სულფირება. ოლეუმი გაცხელებისას ახდენს იზოალკანების სულფირებას, შედეგად ვიღებთ სულფომჟავებს. მაგალითად:



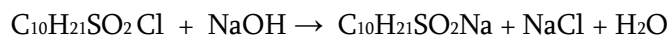
ამ რეაქციაში წყალბადის ატომი ალკანის მოლეკულაში ჩაინაცვლება სულფოჯგუფით - SO₃H.

სულფომჟავების მარილები (ალკილსულფონატები) C₁₂-C₁₈-ით ფართოდ გამოიყენება სარეცხი საშუალებების დასამზადებლად.

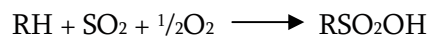
სულფოქლორირება. ალკილსულფონატების მიღება შეიძლება ასევე სულფოქლორირების რეაქციით - ალკანებზე ერთდროულად გოგირდის ოქსიდისა (IV) და ქლორის მოქმედებით:



სულფოქლორიდისა და ტუტის ურთიერთქმედებით წარმოიქმნება ალკილსულფონატი:



სულფოჟანგვა. გოგირდის ოქსიდისა (IV)(70%) და ჟანგბადის (30%) ერთდროული მოქმედებით ულტრაიისფერი სხივებით დასხივებისას ნორმალური ალკანები განიცდიან სულფოჟანგვას სულფომჟავების წარმოქმნით:

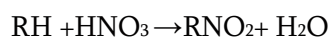


სულფომჟავებს არ აქვთ შემდგომი ქიმიური გარდაქმნის უნარი, რადგან მალალ ტემპერატურებზე ისინი იშლებიან.

n-ალკანები სულფოჟანგვას განიცდიან მხოლოდ C₁₀-ის ზევით. ალკენები და არენები არა მარტო არ შედიან ამ რეაქციაში, არამედ აფერხებენ კიდევაც მას.

n-ალკანები ასევე ნიტრირდება, ფოსფორირდება.

ნიტრირება. ალკანები რეაგირებენ 10%-იან აზოტმჟავასთან ან აზოტის ოქსიდთან N₂O₄ აირად ფაზაში 140°C-ზე ნიტროწარმოებულების მიღებით. რეაქცია ემორჩილება მარკოვნიკოვის წესს:



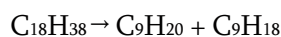
ფოსფორირება. ფოსფორირება დამყარებულია ფოსფორის ქლორიდისა (III) და ჟანგბადის ერთდროულ მოქმედებაზე, რომლის შედეგად წარმოიქმნება ალკილფოსფინმჟავას ქლორანჰიდრიდები:



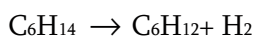
ალკანების თერმული გარდაქმნები. ალკანების დაშლა მიმდინარეობს მხოლოდ მაღალ ტემპერატურებზე. ტემპერატურის გაზრდა იწვევს ნახშირბადოვანი ბმების გახლეჩას და რადიკალების წარმოქმნას.

ალკანების დაშლის მექანიზმს აქვს რადიკალური ხასიათი და ის დამყარებულია C—C და C—H ბმების სხვადასხვა ენერგიაზე (შესაბამისად, 335 და 394 კჯ/მოლი). C—C ბმების ენერგია ნაკლებია, ამიტომ ნორმალური ალკანების დესტრუქცია, როგორც წესი, მიმდინარეობს C—C ბმების გახლეჩის ხარჯზე. გახლეჩის ადგილი დამოკიდებულია წნევაზე და ტემპერატურაზე. რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა და დაბალია წნევა, მით უფრო ახლოს იმყოფება გახლეჩის ადგილი მოლეკულის ბოლოსთან. ამრიგად, შეიძლება დესტრუქციის პროცესის წარმართვა.

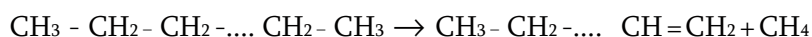
450°C ტემპერატურაზე ალკანების დესტრუქცია წარიმართება ჯაჭვის შუაში. მაგალითად, ოქტადეკანი C₁₈H₃₈, რომლის დუდილის ტემპერატურაა 317,5°C, იშლება ნონანად 150,8°C დუდილის ტემპერატურით და ალკენად (ნონილენად) 146,95°C დუდილის ტემპერატურით. ამ პროცესს ეწოდება კრეკინგი:



500°C -ზე მაღალ ტემპერატურაზე ნახშირწყალბადები იშლება წყალბადის წარმოქმნით. ეს მიმდინარეობს ნახშირბადსა და წყალბადს შორის არსებული ბმების გახლეჩის ხარჯზე. კერძოდ, ჰექსანი გარდაიქმნება უჯერ ნახშირწყალბად ჰექსილენში, და თავისუფალი სახით გამოიყოფა წყალბადი:



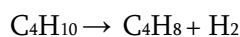
ასევე მიმდინარეობს ნახშირწყალბადების დაშლის რეაქცია მეთანის წარმოქმნით.



დეჰიდრირება - ორი C-H ბმის გახლეჩის ხარჯზე ნახშირბადის ორ ატომს შორის წარმოიქმნება C=C ორმაგი ბმა. შედეგად მიიღება ალკენები. რეაქციის კატარების პირობაა: 400-600°C, კატალიზატორები - Pt, Ni, Al₂O₃, Cr₂O₃.



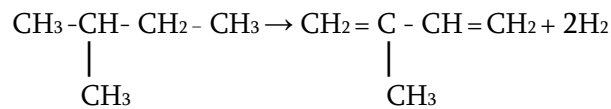
ბუთანის დეჰიდრირებით მიიღება ბუთილენი და ბუთადიენი:



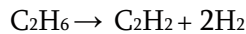
მიღებული იზომერული ბუთილენების ნარევი ფართოდ გამოიყენება პოლიმერბენზინის მისაღებად და ალკილატების სინთეზში, რომლებიც წარმოადგენს ბენზინების მაღალმოქტანურ კომპონენტებს.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ბუთანის დეჰიდრირების პროცესი ბუთადიენის მიღების მიზნით, რომელიც გამოიყენება კაუჩუკის სინთეზში.

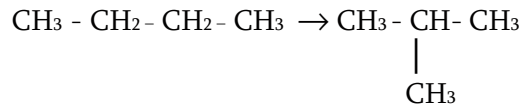
აირადი ბენზინისა და ნავთობგადამუშავების აირიდან გამოყოფილი იზოპენტანის დეჰიდრირებით ლებულობენ იზოპრენს, რომელიც ასევე წარმოადგენს მნიშვნელოვან ნახევარპროდუქტს კაუჩუკის სინთეზში:



უმდაბლესი ალკანების დეჰიდრირებით მაღალ ტემპერატურებზე ლებულობენ აცეტილენს:

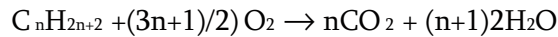


იზომერიზაცია. კატალიზატორის (AlCl_3) მოქმედებით მიმდინარეობს ალკანის იზომერიზაცია, მაგალითად, ალუმინის ქლორიდთან ურთიერთქმედების შედეგად ნ-ბუთანი გარდაიქმნება 2-მეთილპროპანად.



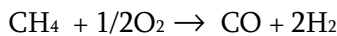
იზომერიზაციის რეაქცია გამოიყენება ბენზინების ოქტანური რიცხვის ასამაღლებლად.

ჟანგვა. ჭარბი ჟანგბადისა (ან ჰაერის) და მაღალი ტემპერატურების პირობებში ალკანები მთლიანად იწვიან და წარმოქმნიან წყალსა და ნახშირბადის დიოქსიდს:

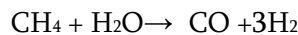
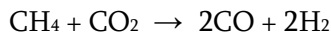


ეს რეაქცია გამოიყენება, ძირითადად, ბუნებრივი აირებიდან და ნავთობპროდუქტებიდან სითბური ენერჯის მისაღებად.

მეთანის არასრული წვა ჰაერის ჟანგბადით იძლევა ნახშირბადის ოქსიდისა და წყალბადის ნარევს, რომელსაც ეწოდება სინთეზ-გაზი:



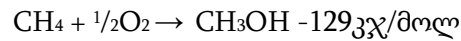
სინთეზ-გაზს ლებულობენ ასევე მეთანის კონვერსიით ნახშირბადის დიოქსიდთან ან წყლის ორთქლთან:



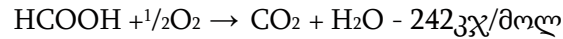
სინთეზ-გაზი გამოიყენება მრავალი ორგანული პროდუქტის მისაღებად.

უფრო რბილ პირობებში ჰაერის ჟანგბადით ალკანების დაჟანგვა გვაძლევს კარბონმჟავების, სპირტების, ალდეჰიდების, კეტონების ნარევს.

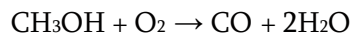
მეთანის და მისი ჟანგვის პროდუქტების დაჟანგვით შეიძლება მივიღოთ მეთილის სპირტი, ფორმალდეჰიდი, ჭიანჭველმჟავა:



პლატინისა ან პალადიუმის კატალიზატორების გამოყენების შემთხვევაში მეთანის დაჟანგვით, ძირითადად, ვიღებთ ჭიანჭველმჟავას:



მეთანის არაკატალიზური დაჟანგვით ატმოსფერული წნევის პირობებში, მეთანოლის წარმოქმნის სტადიის გავლით, ვიღებთ, ძირითადად, ნახშირბადის ოქსიდს (II):



მეთილის სპირტი გამოიყენება როგორც საწვავი, გამხსნელი, ასევე მილსადენებში გაზური ჰიდრატების ასაცილებლად.

ფორმალდეჰიდი გამოიყენება მრავალ ორგანულ სამრეწველო სინთეზში, დიდი რაოდენობით მას იყენებენ პლასტმასების, პლასტიფიკატორების, ასაფეთქებელი ნივთიერებების მისაღებად, ასევე ლითონების ბაქტერიული კოროზიის ასაცილებლად.

8.6. ალკანთა გამოყენება.

ალკანები ბენზინის, ნავთის, სოლარის ზეთის, მაზუტის შედგენილობაში გამოიყენება საწვავად. უმაღლესი ალკანები შედიან საცხი ზეთების, ვაზელინისა და პარაფინების შედგენილობაში. იზომერული პენტანებისა და ჰექსანების ნარევი პეტროლეინის ეთერის სახელწოდებით გამოიყენება გამხსნელად.

ალკანები გამოიყენება მრავალი ორგანული ნაერთის მისაღებად, მათ შორის სპირტების, ალდეჰიდებისა და მჟავების. ალკანების ქლორწარმოებულები, მაგალითად, ტრიქლორმეთანი (ქლოროფორმი) CH_2Cl_2 , ტეტრაქლორმეთანი CCl_4 გამოიყენება გამხსნელად. უმაღლესი ალკანების ნარევი - პარაფინი არ არის ტოქსიკური და გამოიყენება კვების მრეწველობაში ტარისა და შემფუთავი მასალის (მაგალითად, რძის პაკეტების), ფანქრების, ასანთის გასაჟღერებლად, საღებავი რეზინის წარმოებაში. გაცხელებულ პარაფინს იყენებენ მედიცინაში (პარაფინოთერაპია). პარაფინი გარკვეულ პირობებში კატალიზატორის თანაობისას იჟანგება და წარმოქმნის ჟანგბადმემცველ პროდუქტებს, ძირითადად, მჟავებს.

საშუალო მოლეკულური მასის ალკანები გამოიყენება, ძირითადად, პროტეინების ბიოლოგიურ სინთეზში - ცილა-ვიტამინური კონცენტრატების (ცვკ) მისაღებად. ასეთი ხერხით მიღებული ცილა დოზირებულად შეყავთ ცხოველების რაციონში, რაც ზრდის ხორცისა და რძის გამოსავალს.

თავი 9. ნავთობის ციკლოალკანები

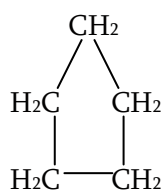
9.1. ციკლოალკანთა შემცველობა ნავთობში

ციკლოალკანების ზოგადი ფორმულაა C_nH_{2n} . ნავთობში შემავალ ნახშირწყალბადებს შორის ციკლოალკანებს (ე.წ. ნაფტენებს, ციკლანებს) განსაკუთრებული ადგილი უკავია. ციკლანები შეადგენენ ნავთობის დიდ ნაწილს, მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი

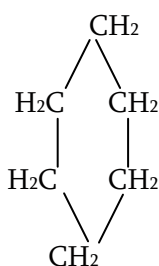
ნავთობის გადამუშავების დროს გადადის დისტილატურ ნაწილში. ციკლოალკანების მასური წილი ნავთობში 25-75% შეადგენს.

ციკლოალკანები გვხვდება ნავთობის ყველა ფრაქციაში, გარდა აირებისა. მათი რაოდენობა მაღალ ფრაქციებში თანდათან იზრდება, ხოლო სულ მაღალ ფრაქციებში კლებულობს არომატული სტრუქტურების გაზრდასთან დაკავშირებით. საქართველოს ნავთობიდან ციკლოალკანებით მდიდარია სამგორის სამხრეთი თაღის ნავთობები, რომლებიც უფრო ზედაპირულია.

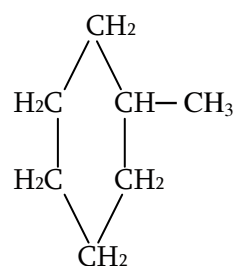
ბენზინისა და ნავთის ფრაქციები წარმოდგენილია, ძირითადად, ციკლოპენტანისა და ციკლოჰექსანის ჰომოლოგებით. მაღალმდუღარე ფრაქციები უპირატესად შეიცავენ ციკლოპენტანის პოლიციკლურ ჰომოლოგებს.



ციკლოპენტანი



ციკლოჰექსანი

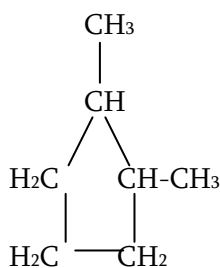
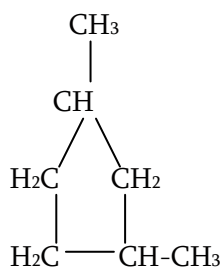
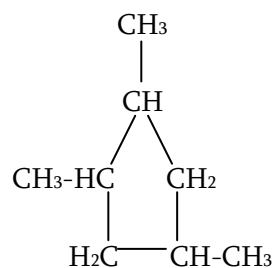
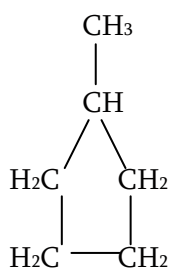


მეთილციკლოჰექსანი

უმარტივესი ციკლოპენტანი - ციკლოპროპანი, ციკლობუტანი და მათი ჰომოლოგები ნავთობში არ არიან აღმოჩენილი.

125°C-მდე გამოხდით ფრაქციაში შედის C₅-C₈ ციკლოალკანები. აღსანიშნავია, რომ თვით ციკლოპენტანის შემცველობა ნავთობში შედარებით მცირეა, მაქსიმალური რაოდენობა 3%-ია.

ნავთობში, ძირითადად, შედიან ციკლოპენტანის ჰომოლოგები, განსაკუთრებით 1,2- და 1,3-დიმეთილციკლოპენტანები, ტრიმეთილციკლოპენტანები და მეთილციკლოპენტანები:

1,2-დიმეთილციკლო-
პენტანი1,3-დიმეთილციკლო-
პენტანიტრიმეთილციკლო-
პენტანი

მეთილციკლოპენტანი

ციკლოჰექსანის შემცველობა სხვადასხვა ნავთობში ფართო ზღვრებში იცვლება 1-18%-მდე. ასევე დიდია მეთილ-, დიმეთილ- და ტრიმეთილციკლოჰექსანების შემცველობა.

შედარებით დაბალმდუღარე ფრაქციებში, ძირითადად, გვხვდება მონოციკლური ნაფტენები, 160⁰-350⁰C-მდე - ბიციკლური, ხოლო 350⁰-400⁰C-მდე და ზევით გამოხდილ ფრაქციებში - ტრიციკლური და პოლიციკლური ციკლოალკანები. გარდა ამისა, ნავთობში აღმოჩენილია ეგრეთ წოდებული ჰიბრიდული ნახშირწყალბადები, რომელთა შედგენილობაში შედის ხუთ- და ექვსწევრა ციკლების სხვადასხვა კომბინაცია, რომელიც ხშირად არომატულ რგოლებს შეიცავს.

გრძელი გვერდითი ჯაჭვების მქონე მონოციკლური ციკლოალკანები, ასევე რთული კონდენსირებული სტრუქტურის მქონე ციკლოალკანები ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე მყარი ნივთიერებებია. ისინი წარმოადგენენ პარაფინებისა და ცერეზინების კომპონენტებს.

ციკლანები ძრავის საწვავისა და საცხი ზეთების მაღალხარისხიანი შემადგენელი კომპონენტებია. რიფორმინგის პროცესში მონოციკლური ციკლანები საავტომობილო ბენზინებს, რეაქტიულ და დიზელის საწვავებს ანიჭებენ მაღალ საექსპლუატაციო თვისებებს. მონო- და ბიციკლური ციკლოალკანები გრძელი გვერდითი ჯაჭვით სასურველ კომპონენტებს წარმოადგენენ საცხი ზეთებისათვის. მათ აქვს კარგი სიბლანტე, საცხუნარიანობა, დაბალი გაყინვის ტემპერატურა.

ნავთობში შემავალი ციკლოალკანები მთელი რიგი ნაერთების, მაგალითად, არომატული ნახშირწყალბადების, კაპროლაქტამის, ადიპინმჟავას და სხვათა მისაღებად უტყუარ წყაროს წარმოადგენენ.

ამჟამად ნავთობიდან გამოყოფენ მხოლოდ ციკლოჰექსანს, რომელიც გამოიყენება ნავთობქიმიურ სინთეზში, და ადამანტანის წარმოებულებს, რომლებიც სხვადასხვა დარგში გამოიყენება (სამკურნალო ნივთიერებები, პოლიმერები და სხვ.). ნავთობის სხვა ციკლოალკანები გამოიყენება როგორც დანამატი ბენზინებში, ან გადამუშავდება არომატული ნახშირწყალბადების მისაღებად.

9.2. ციკლოალკანთა თვისებები

9.2.1. ფიზიკური თვისებები.

ციკლანებს, ნახშირბადატომების იმავე შემცველობის ალკანებთან შედარებით, აქვს უფრო მაღალი სიმკვრივე, და, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, უფრო დაბალი გამყარების ტემპერატურა.

ნაფტენების დუღილის ტემპერატურა უფრო მაღალია, ვიდრე იმავე ნახშირბადატომის შემცველი ალკენებისა და ალკანების. საცხი ზეთების შედგენილობაში ციკლანები უზრუნველყოფენ სიბლანტის უმნიშვნელო ცვლილებას ტემპერატურასთან დამოკიდებულებით.

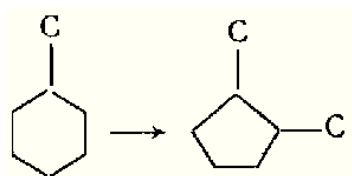
ცხრილი 9.2.1. ზოგიერთი ციკლოალკანის ფიზიკური თვისებები

სახელწოდება	დნობის ტემპერატურა, °C	დუღილის ტემპერატურა, °C	სიმკვრივე, ρ_4^{20}
ციკლოპენტანი	-94,4	49,3	0,7454
მეთილციკლოპენტანი	-142,7	71,8	0,7488
ეთილციკლოპენტანი	-138,4	103,4	0,7657
1,1-დიმეთილციკლოპენტანი	-69,7	87,8	0,7523
ცის 1,2-დიმეთილციკლოპენტანი	-53,8	99,5	0,7723
ტრანს 1,2-დიმეთილციკლოპენტანი	-117,6	91,9	0,7519
პროპილციკლოპენტანი	-120,3	130,8	0,7756
ბუთილციკლოპენტანი	-108,2	156,8	0,7843
იზოპენტილციკლოპენტანი	-	169,0	0,4840
ციკლოჰექსანი	6,6	80,9	0,7781
მეთილციკლოჰექსანი	-126,6	100,8	0,7692
ეთილციკლოჰექსანი	-114,4	132,0	0,7772
1,1-დიმეთილციკლოჰექსანი	-33,5	119,5	0,7840
ცის-1,2-დიმეთილციკლოჰექსანი	-50,1	128,0	0,7965
ტრანს-1,2-დიმეთილციკლოჰექსანი	-89,4	125,0	0,7760
პროპილციკლოჰექსანი	-94,5	154,7	0,7932
ბუთილციკლოჰექსანი	-78,6	179,0	0,7997
პენტილციკლოჰექსანი	-	204,0	0,8040

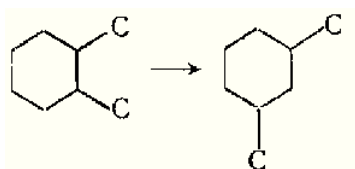
9.2.2. ქიმიური გარდაქმნები.

იზომერიზაციის რეაქციები: ბიფუნქციონალურ მეტალურ, მათ შორის პლატინის კატალიზატორებზე, ექვსწევრა ნაფტენებს შეუძლია განიცადონ შემდეგი გარდაქმნები:

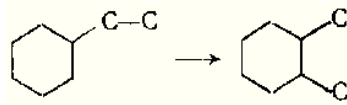
- ექვსწევრა ციკლის იზომერიზაცია ხუთწევრიანში:



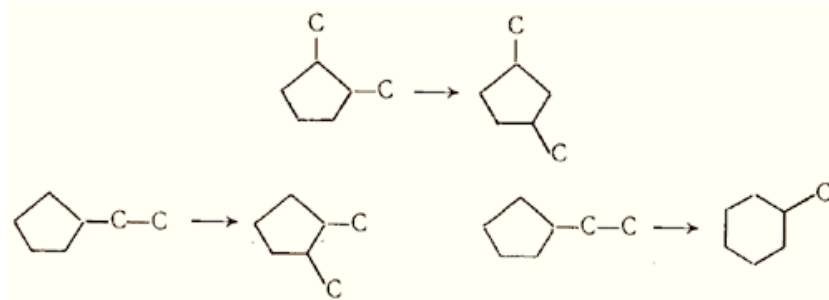
- ბირთვში ალკილური ჩამნაცვლებლების გადაადგილება:



3. ბირთვში ალკილური ჩამნაცვლებლების რაოდენობის შეცვლა:

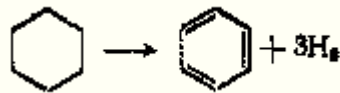


იზომერიზაციის რეაქციებს შეიძლება თან ახლდეს ალკილური რადიკალების გადაჯგუფება, ან ხუთწევრა ნაფტენების გარდაქმნა ექსწევრიანში:

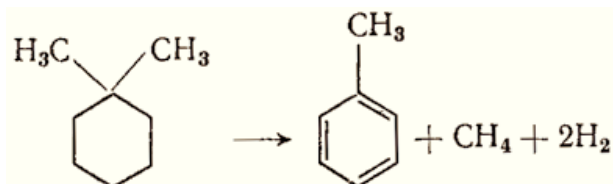


ნავთობის ფრაქციაში შემავალი ალკილციკლოპენტანების იზომერიზაციის რეაქციები შეიძლება გამოვიყენოთ ღირებული ნავთობქიმიური ნედლეულის - ციკლოპექსანის მისაღებად.

დეჰიდრირება. ციკლოალკანები განიცდიან ასევე დეჰიდრირებას და ვლებულობთ მონო-, ბი-, და პოლიციკლურ არენებს პლატინის კატალიზატორის გამოყენებისას და გაცხელებისას. მაგალითად, ციკლოპექსანის დეჰიდრირებით მიიღება ბენზოლი:



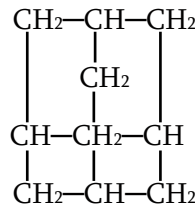
ანალოგიურად მეთილციკლოპექსანის დეჰიდრირებით წარმოიქმნება ტოლუოლი, ეთილციკლოპექსანიდან - ეთილბენზოლი, დიმეთილციკლოპექსანიდან - ქსილოლი.



ალკილციკლოპენტანების და ალკილციკლოპექსანების არომატიზაცია მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად უმჯობესდება. ციკლოალკანების დეჰიდრირების რეაქციას ფართო გამოყენება აქვს ნავთობის სხვადასხვა ფრაქციებში ციკლოალკანების ინდივიდუალური და ჯგუფური შედგენილობის დასადგენად. იგი საფუძვლად უდევს ისეთ დიდ საწარმოო პროცესს, როგორცაა ბენზინების გაკეთილშობილება, ანუ

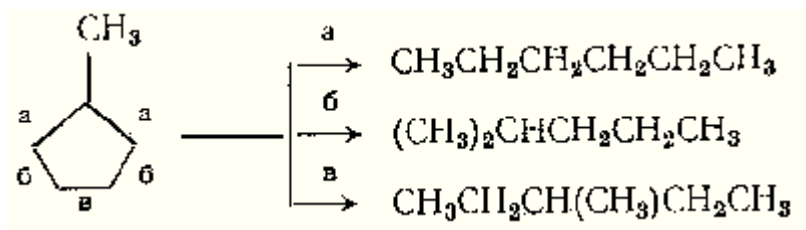
რიფორმინგი, რომლის დროსაც ერთდროულად მიმდინარეობს ციკლოპექსანის დეჰიდროგენიზაცია, ნ-ალკანების დეჰიდროციკლიზაცია და ალკილხუთწევრა ნაფტენების გადასვლა ექვსწევრიანებში.

თერმული დესტრუქცია და ჰიდროგენოლიზი. საწარმოო პირობების დროს ნავთობის ფრაქციებში შემავალი ციკლოპექსანები განიცდიან თერმულ დესტრუქციას. შედეგად მრავალ ნივთიერებასთან ერთად ეთილენის, პროპილენის, ბუთადიენისა და სხვათა გვერდით მიიღება ბენზოლიც, რომელიც შემდგომი გადამუშავებით გვამღევს ციკლოპექსანს კაპროლაქტამის მისაღებად. მაღალი თერმომდგრადობით გამოირჩევა ადამანტანი ან ტრიციკლოდეკანი - ტრიციკლური ციკლოალკანი, რომელსაც აქვს შემდეგი გამარტივებული სტრუქტურა:



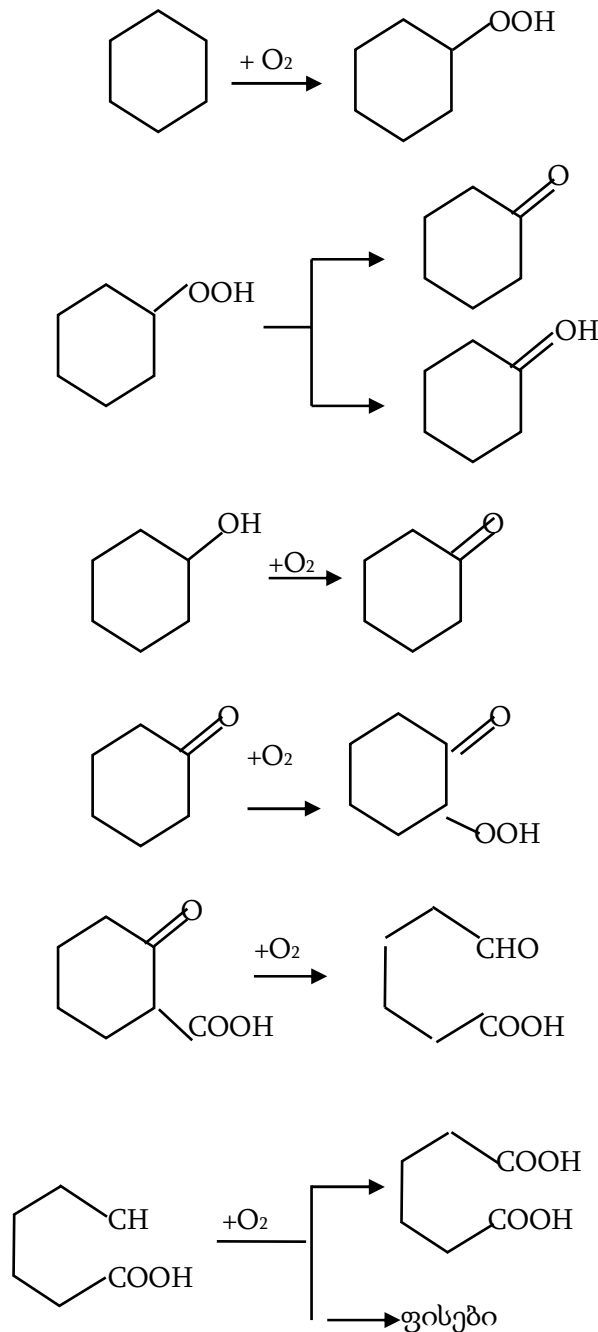
ადამანტანის თერმული დესტრუქცია იწყება 660°C-ზე და 94%-ით მთავრდება 675°C-ზე ალკენების და არენების წარმოქმნით. წყალბადის გარემოში კატალიზატორების თანაობისას მიმდინარეობს ადამანტანის ჰიდროგენოლიზი: ნიკელის კატალიზატორზე 300-500°C ტემპერატურებზე, ირიდიუმის ან პლატინის კატალიზატორზე 500-550°C ტემპერატურებზე წარმოიქმნება აირადი ნივთიერებები, ბენზოლი, ნაფტალინი და სხვა.

ციკლოპენტანების ჰიდროგენოლიზის რეაქცია იყო აღმოჩენილი 1934 წელს, ზელინსკის, კაზანსკისა და პლატეს მიერ. პლატინა - ერთ-ერთი ლითონთაა, რომელიც ახდენს ნახშირწყალბადების ჰიდროგენოლიზს. რეაქციას თან ახლავს C-C ბმების გახლეჩა და C-H ბმების წარმოქმნა. პლატინის კატალიზატორებზე ხუთწევრა ნაფტენების ჰიდროგენოლიზის დროს შეიძლება მოხდეს ხუთწევრა ციკლის ბმების გაწყვეტა. ასე, მაგალითად, მეთილციკლოპექსანის შემთხვევაში წარმოიქმნება ნ-ჰექსანი, 2-მეთილ- და 3-მეთილპენტანი.



ჟანგვა. დღესდღეობით ნაფტენების დაჟანგვის ძირითად სამრეწველო პროცესს წარმოადგენს ციკლოპექსანის დაჟანგვა ციკლოპექსანონსა და ადიპინმჟავაში.

ციკლოპექსანის ჟანგვა მიმდინარეობს ჯაჭვური რეაქციით. ძირითადი პროდუქტების წარმოქმნის თანმიმდევრობა გამოისახება სქემით:



ციკლოჰექსანის ჟანგვის პროცესის ინიცირება ხორციელდება სხვადასხვა ხერხით: კატალიზატორების (ძირითადად, კობალტის მარილების) და ინიცირებადი დანამატების (HBr , NO_2) გამოყენებით, ასევე თერმულად და ფოტოქიმიურად.

ამრიგად, ციკლოჰექსანის ჟანგვის პროცესში კატალიზატორი ახდენს პროდუქტთა შედგენილობის ინიცირებას, ინგიბირებასა და რეგულირებას. ამიტომ არსებობს კატალიზატორის ოპტიმალური კონცენტრაციები: მცირე კონცენტრაციის შემთხვევაში კატალიზატორი არასაკმარისი სიჩქარით ახდენს პროცესის ინიცირებას, მაღალ კონცენტრაციებზე კი ვლინდება მისი ინგიბირებადი თვისებები. ოპტიმალური კონცენტრაციის სიდიდე დამოკიდებულია პროცესის პირობებზე.

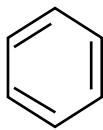
საინტერესო ფიზიოლოგიური თვისებებით ხასიათდება ნაფტალანის ნავთობი, რომელიც მოიპოვება აზერბაიჯანში და დიდი რაოდენობით შეიცავს ნაფტენურ და შერეული ტიპის პოლიციკლურ ნახშირწყალბადებს. ეს ნავთობი ერთდართი სამკურნალო ნავთობია მსოფლიოში. ის ხასიათდება ტკივილგამაყუჩებელი და შემწოვი თვისებებით და ამიტომ გამოიყენება კანის, სახსრებისა და კუნთების დაავადებების

მკურნალობის დროს. ეს ნავთობი არ შეიცავს მსუბუქ ფრაქციებს და პარაფინებს, მისი სიმკვრივე უახლოვდება ერთს. ყულიევის და მისი თანამშრომლების კვლევებმა აჩვენა, რომ სწორედ ნაფტალანის ნავთობის ნაფტენური ნაწილი სამკურნალო თვისებებით ხასიათდება, მაშინ როდესაც მისგან გამოყოფილი ფისები და პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები კონცენტრირებულ მდგომარეობაში ტოქსიკურნი არიან.

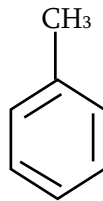
თავი 10. ნავთობის არენები

10.1. არენების შემცველობა ნავთობსა და ნავთობურ ფრაქციებში.

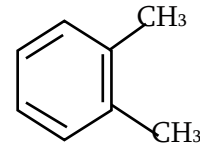
არენების შემცველობა სხვადასხვა ნავთობებში ფართო ზღვრებში იცვლება (15-50%-მდე). ისინი ნავთობში გვხვდება ბენზოლის (მცირე რაოდენობით) და მისი ჰომოლოგების სახით (ტოლუოლი, ქსილოლები), ასევე ბი- და პოლიციკლური და არაკონდენსირებული ნახშირწყალბადების სახით. გვხვდება აგრეთვე ჰიბრიდული ბირთვები არომატული ბირთვით ალკანებთან ან ციკლოალკანებთან.



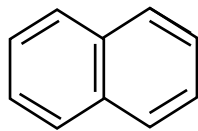
ბენზოლი C_6H_6



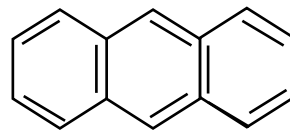
ტოლუოლი C_7H_8



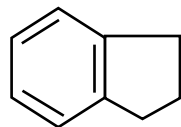
ქსილოლი C_8H_{10}



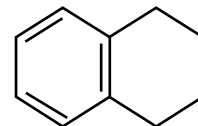
ნაფტალინი



ანტრაცენი



ინდანი



ტეტრალინი

ნავთობის სხვადასხვა ფრაქცია განსაკუთრებული შედგენილობის და აღნაგობის არენებს შეიცავს.

ბენზინის ფრაქცია, ძირითადად, შეიცავს ბენზოლს, ტოლუოლსა და C_8-C_9 არენების ყველა თეორიულად შესაძლო იზომერს. ბენზინის ფრაქციების შედგენილობაში, ძირითადად, შედის ტოლუოლი, მ-ქსილოლი და ჰსევედოკუმოლი (1,2,4-ტრიმეთილ-ბენზოლი). ინდივიდუალური არენების თანაფარდობა სხვადასხვა ტიპის ნავთობისათვის დაახლოებით ერთნაირია.

ბენზოლის ჰომოლოგები C_{10} და ზევით, ძირითადად, შედის $180-200^{\circ}C$ -ის ფრაქციაში. ეს ფრაქციები დიდი რაოდენობით შეიცავენ ტეტრამეთილ- და დიმეთილეთილბენზოლებს.

საშუალო მოლეკულურ ფრაქციაში, მაგალითად, ნავთში შედის ტეტრალინი და მისი მეთილწარმოებულები; გაზოილის ფრაქციიდან $230-235^{\circ}C$ -ზე გამოყოფილია მონო- და ბიციკლური არენები.

$255-275^{\circ}C$ -იანი ფრაქციიდან გამოყოფილია ბიციკლოარენები, დიმეთილნაფტალინები.

ძმომე გაზოილისა და მსუბუქი ზეთის ფრაქციიდან გამოყოფილია სხვადასხვა რაოდენობით ტრიციკლური არენები $C_{18} - H_{25}$ -ის ჩათვლით.

ულტრაიისფერი სპექტრის მეშვეობით დამტკიცებულია ანტრაცენის, ფენანტრენის, ბენზოფენანტრენის, ბენზანტრაცენის, ქრიზენის, პირენის, კორონენის და სხვათა ალკილწარმოებულების არსებობა.

10.2. არენების თვისებები

10.2.1. ფიზიკური თვისებები.

ალკანებთან და ციკლოალკანებთან შედარებით ნავთობის არენებს აქვთ უფრო მაღალი სიმკვრივე და გარდატეხის მაჩვენებელი. გარდა ამისა, მოლეკულებისთვის დამახასიათებელია ძალოვანი ველი, რომელიც მას მაღალი აორთქლების სიძლიერის ანიჭებს. ეს უკანასკნელი კი ალკანებთან და ციკლოალკანებთან შედარებით არენებს პოლარულ ადსორბენტებზე უადვილებს ადსორბციის უნარს.

არენების ლღობის ტემპერატურა დამოკიდებულია არა მარტო მოლეკულურ მასაზე, არამედ მათი მოლეკულის ფორმაზეც. მაგალითად, სხვა ქსილოლებთან შედარებით β -ქსილოლს უფრო მაღალი აქვს კრისტალიზაციის ტემპერატურა.

სიბლანტე და სიმკვრივე იზრდება მეთილის ჯგუფების გაზრდასთან ერთად, მაგრამ სიბლანტის ინდექსი კლებულობს. ცნობილია, რომ ზეთის ფრაქციის ჰიდრირების დროს ფრაქციის სიბლანტე კლებულობს და იზრდება სიბლანტის ინდექსი. ეს კი მიუთითებს ფრაქციაში დიდი რაოდენობით კონდენსირებული არენების არსებობაზე.

არენებს გააჩნია მაღალი დეტონაციური სიმტკიცე - მაღალი ოქტანური რიცხვები. მათი ოქტანური რიცხვების მნიშვნელობები აღემატება 100. მოლეკულური მასის ზრდა უმნიშვნელოდ მოქმედებს მათ დეტონაციურ თვისებებზე. მეთილური ჯგუფების არსებობა მეტა- და პარა-მდგომარეობაში იწვევს ოქტანური რიცხვის ზრდას, ორთო-მდგომარეობაში კი მის შემცირებას.

არენები ხასიათდებიან ცუდი აალების ტემპერატურით, დაბალი ცეტანური რიცხვებით. ასე, მაგალითად 1-მეთილნაფტალინის ცეტანური რიცხვი ნულის ტოლია. ამიტომ მაღალი არენების შემცველ საწვავებს სწრაფმავალ დიზელებში არ იყენებენ.

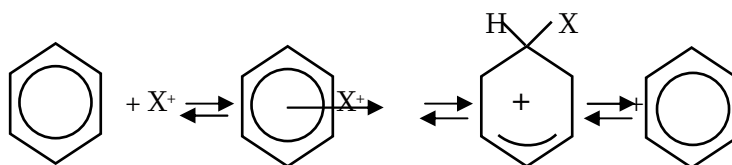
ნავთობის არენების ძირითადი ფიზიკური თვისებები მოცემულია 10.2.1. ცხრილში:

ცხრილი 10.2.1. ზოგიერთი არენის ფიზიკური თვისებები

სახელწოდება	დნობის ტემპერატურა, °C	დუღილის ტემპერატურა, °C	სიმკვრივე, ρ_4^{20}	გარდატეხის მაჩვენებელი, n_d^{20}
ბენზოლი	+5,5	80,1	0,8789	1,5012
ტოლუოლი	-95,0	110,6	0,8760	1,4969
ეთილბენზოლი	-94,4	136,1	0,8669	1,4959
ო-ქსილოლი	-25,2	144,4	0,8801	1,5055
მ-ქსილოლი	-47,9	139,1	0,8641	1,4970
პ-ქსილოლი	+13,3	138,3	0,8610	1,4962
იზოპროპილბენზოლი (ქუმოლი)	-96,9	152,4	0,8581	

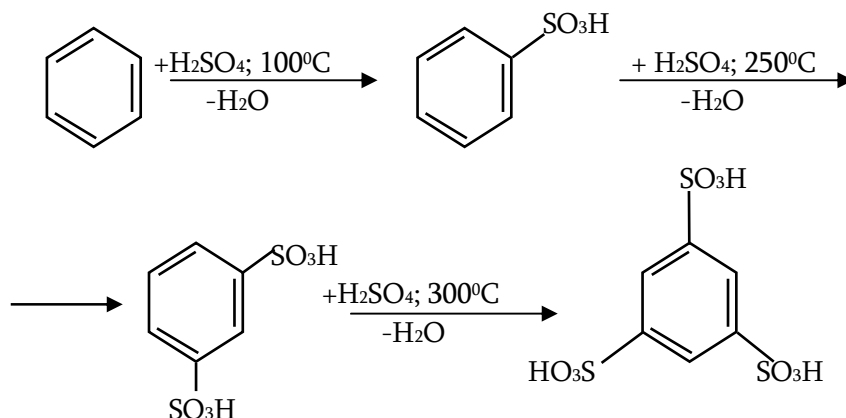
10.2.2. ქიმიური გარდაქმნები

არენებისათვის უფრო დამახასიათებელია ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციები: ნიტრირების, სულფირების, ჰალოგენირების, ალკილირების, აცილირების, ნიტროზირებისა და სხვ.

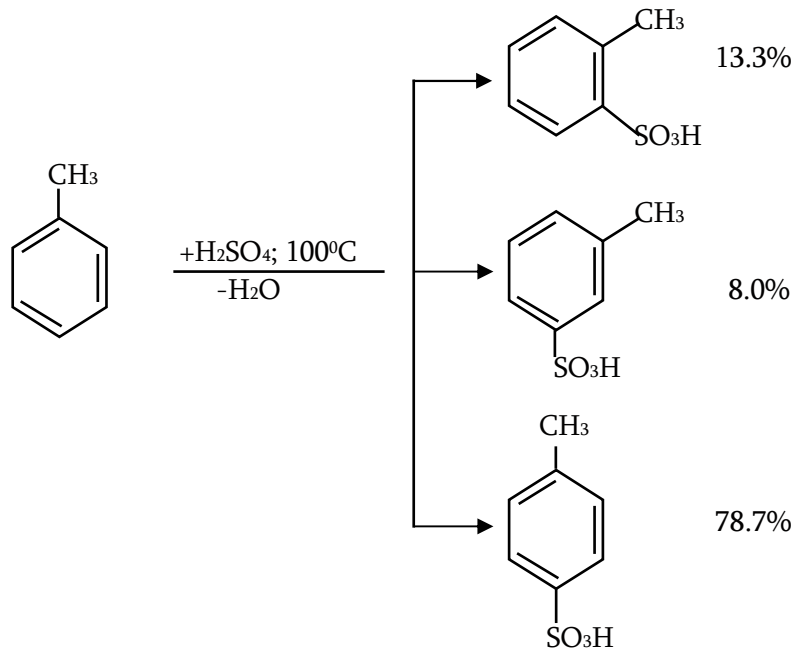


სულფირება. არომატული ნახშირწყალბადებისა და მათი წარმოებულების სულფირებას ახორციელებენ შედარებით რბილ პირობებში 65%-იანი გოგირდმჟავით, ოლეუმით, ან სხვა სულფირებადი აგენტებით.

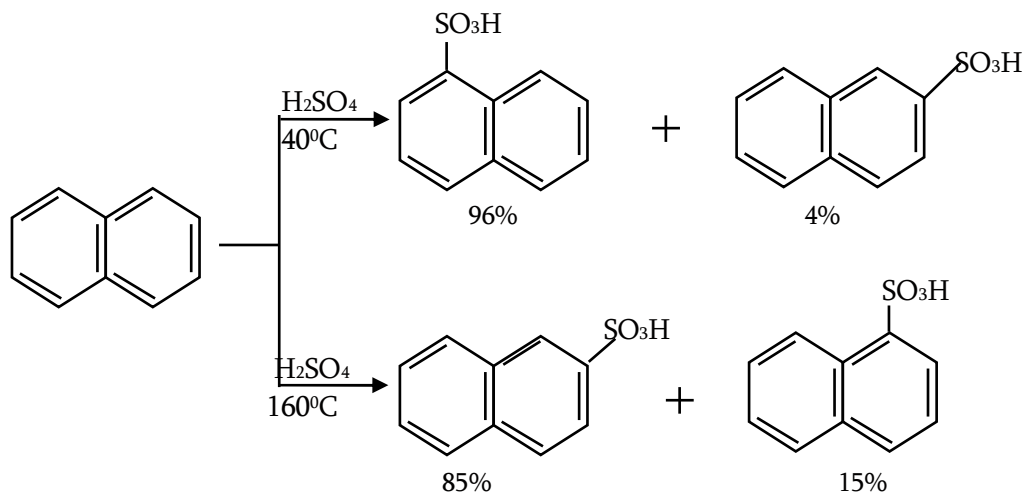
ბენზოლის სულფირებას ახდენენ 98%-იანი გოგირდმჟავით 80-100°C ტემპერატურაზე. მიღებული ბენზოსულფომჟავას შემდგომი სულფირება შეიძლება 200-250°C-ზე. მეორე სულფოჯგუფი უერთდება მეტა-მდგომარეობაში პირველის მიმართ, და წარმოიქმნება მეტა-ბენზოდისულფომჟავა. უკანასკნელის სულფირებას ახდენენ უფრო მაღალ ტემპერატურაზე (300°C), და მიიღება 1,3,5-ბენზოტრისულფომჟავა. რეაქციათა თანმიმდევრობა შეიძლება შემდეგნაირად გამოვსახოთ:



ტოლუოლის სულფირება გოგირდმჟავით 100°C-ზე გვამღევს ო-, მ-, და პ-ტოლუოლისსულფომჟავებს:



ნაფტალინის სულფირებით წარმოიქმნებიან იზომერული სულფომჟავები, რომლებსაც, როგორც ნედლეულს, იყენებენ აზოსაღებავების წარმოების დროს. ბირთვში სულფოჯგუფების რაოდენობა და იზომერების თანაფარდობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, სულფირებადი აგენტის კონცენტრაციაზე და პროცესის ხანგრძლიობაზე. დაბალ ტემპერატურებზე 98%-იანი გოგირდმჟავით სულფირება გვამღევს, ძირითადად, გოგირდმჟავა α-ნაფტალინსულფომჟავას, მაღალ ტემპერატურებზე - β-ნაფტალინსულფომჟავას:

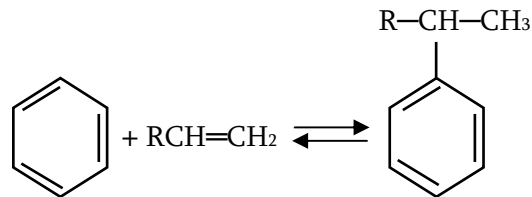


უფრო მაღალ ტემპერატურებზე და ხანგრძლივი დროის განმავლობაში წარმოიქმნება ტრი- და ტეტრასულფომჟავები.

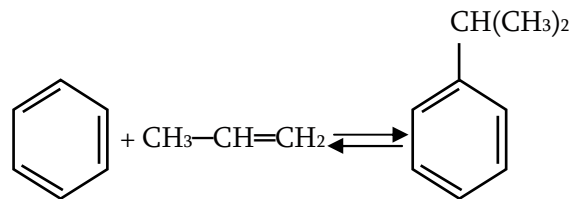
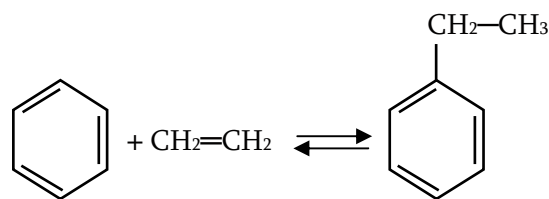
ალკილირება. არსებობს ბენზოლსა და სხვა არომატულ ნახშირწყალბადებში წყალბადატომების ჩანაცვლების სხვადასხვა მეთოდი. ამ მიზნით გამოიყენება ალკილების სხვადასხვა აგენტი და კატალიზატორი.

ალკილირების კატალიზატორების ძირითად ჯგუფს შეადგენს აპროტონული მჟავები (ლუისის მჟავები) - ზოგიერთი მეტალების ჰალოგენიდები. სამრეწველო მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ ალუმინის ქლორიდს.

ბენზოლის ალკილირების რეაქცია ოლეფინებით გამოისახება განტოლებით:



ბენზოლის ალკილირება ეთილენით და პროპილენით გვამღევს, შესაბამისად, ეთილბენზოლსა და იზოპროპილბენზოლს (ქუმოლი).

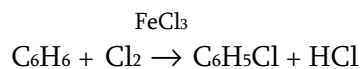


ეთილბენზოლი ფართოდ გამოიყენება სტიროლის წარმოებაში, იზოპროპილბენზოლი - ფენოლის წარმოებაში, ასევე α -მეთილსტიროლის მისაღებად.

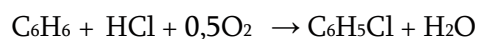
ჰალოგენირება. არომატული ნახშირწყალბადების ერთ-ერთ ტიპურ რეაქციას წარმოადგენს ურთიერთქმედება თავისუფალ ჰალოგენებთან, რომელსაც თან ახლავს წყალბადის ჩანაცვლება ბირთვში.

არომატული ბირთვის პირდაპირი ქლორირების დროს კატალიზატორად შეიძლება გამოყენებულ იქნას თავისუფალი იოდი, რკინის, ალუმინის, თუთიის, სტიბიუმისა და სელენის ჰალოგენიდები, ასევე ლიუსის მჟავები.

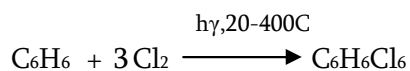
მრეწველობაში თხევად ფაზაში ბენზოლის პირდაპირი ქლორირებით ღებულობენ ქლორბენზოლს $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$:



ქლორბენზოლი ასევე მიიღება ბენზოლის ჟანგვითი ქლორირებით ქლორწყალბადისა და ჰაერის ნარევით:

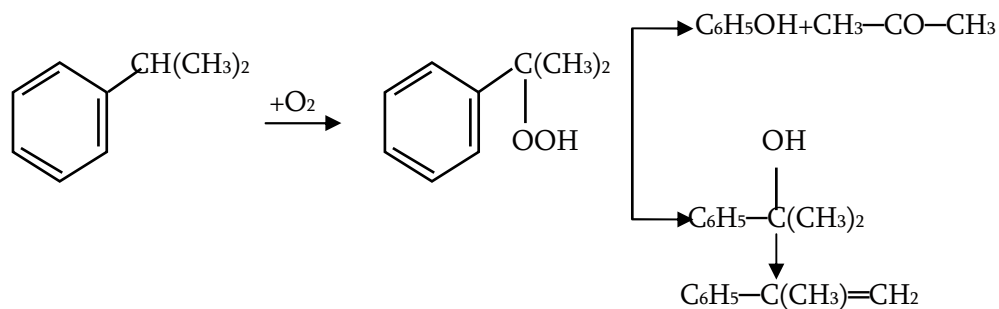


ბენზოლის ქლორირების რეაქცია შეიძლება განხორციელდეს ფოტოქიმიურადაც, კატალიზატორის გარეშე. ამ შემთხვევაში წარმოიქმნება ჰექსაქლორციკლოჰექსანი:

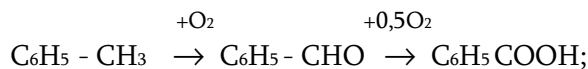


ჟანგვა. არომატული და ალკილარომატული ნახშირწყალბადების ჟანგვას ფართო გამოყენება აქვს მრეწველობაში მთელი რიგი ღირებული ნაერთების მისაღებად. ეს პროცესები შეიძლება დავეოთ შემდეგნაირად:

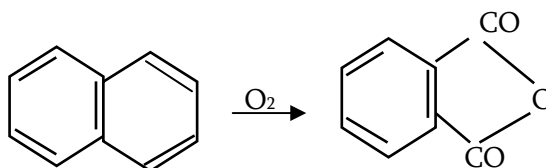
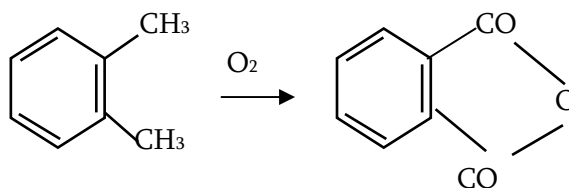
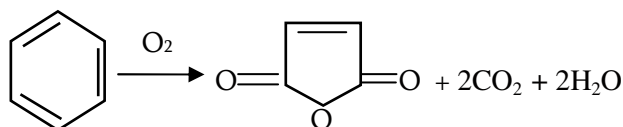
- მეორეული ალკილბენზოლების, ასევე ეთილბენზოლის ჟანგვა ჰიდროპეროქსიდებში და მათი შემდგომი გარდაქმნა ფენოლებად, კეტონებად, სტიროლად და მის ჰომოლოგებად:



- არომატული ნაერთების გვერდითი ჯაჭვების ჟანგვა არომატული მჟავების მიღებით:



- არომატული ბირთვების დესტრუქციული ჟანგვა მალეინისა- და ფტალანჰიდრიდის მიღებით:



ბენზინებში არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობა სასურველია, რადგან ისინი ხასიათდებიან მაღალი ოქტანური რიცხვებით. დიზელის საწვავებში (ნავთობის საშუალო ფრაქციები) კი, პირიქით, ისინი ხელს უშლიან საწვავის წვის პროცესს.

ბენზოლი, ტოლუოლი, ეთილბენზოლი, იზოპროპილბენზოლი, ქსილოლები, ნაფტალინი - ძვირფასი ნედლეულია ნავთობქიმიური და ორგანული სინთეზის მრავალი პროცესისათვის, ქიმიური მრეწველობის ისეთი უმნიშვნელოვანესი დარგების ჩათვლით, როგორცაა სინთეზური კაუჩუკების, პლასტიკური მასების, სინთეზური ბოჭკოების, ასაფეთქებელი, ანილინსაღებავი და ფარმაცევტული ნივთიერებების წარმოება.

თავი 11. ნავთობის გადამუშავების შედეგად წარმოქმნილი უჯერი ნახშირწყალბადები

11.1. ზოგადი ცნობები

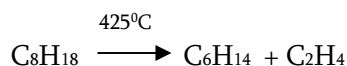
უჯერი ნახშირწყალბადები (ალკენები, დი-, ტრი- და პოლიენები, ალკინები) ნედლი ნავთობისა და ბუნებრივი აირების შედგენილობაში არ შედიან. ისინი წარმოიქმნებიან ნავთობის გადამუშავების პროცესში და წარმოადგენენ მნიშვნელოვან ნედლეულს ნავთობქიმიური და ძირითადი ორგანული სინთეზისათვის.

არსებობს ნავთობიდან უჯერი ნახშირწყალბადების მიღების სხვადასხვა პროცესები:

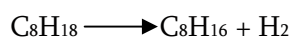
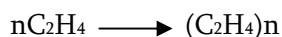
1). პროცესები, რომლებშიც უჯერი ნახშირწყალბადები მიიღება როგორც თანაური პროდუქტები;

2). სპეციალური პროცესები, რომლებიც მიმართულია მათ მაქსიმალურ მიღებაზე.

პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება თერმული და კატალიზური კრეკინგი, რიფორმინგი და ნავთობური ნარჩენების დაკოქსვა.



მეორე ჯგუფში შედის პიროლიზი, დაბალმოლეკულური ალკენების პოლიმერიზაცია, ალკანების დეჰიდრირება და უმაღლესი ალკენების სინთეზი მეტალორგანული კატალიზატორების მონაწილეობით.



11.2. თვისებები

ფიზიკური თვისებები. უმდაბლესი ალკენები ($\text{C}_1 - \text{C}_4$) ჩვეულებრივ პირობებში - აირებია. ($\text{C}_5 - \text{C}_{16}$) ალკენები - სითხეებია, უფრო მაღალმოლეკულური ალკენები - მყარი ნივთიერებებია. უმდაბლესი ალკენების ზოგიერთი თვისებები მოცემულია 11.2.1. ცხრილში. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ეთილენის გარდაქმნა შეიძლება მხოლოდ

დაბალ ტემპერატურებზე მაღალი წნევის პირობებში, სხვა ალკენები სითხეში გადადიან წნევის ქვეშ წყლით გაცივებისას.

ცხრილი 11.2.1. აირადი ალკენების ფიზიკური თვისებები.

ნახშირწყალბადი	$t_{კრ.}^{\circ C}$	$t_{დუღ.}^{\circ C}$	$\rho_{კრ.}$ მკა	ჰაერთან ფეთქებადსაშიში მოცულობითი კონცენტრაციების ზღვრები, %.
ეთილენი	9,9	-103,7	5,05	3,0-31
პროპილენი	91,8	-47,7	4,56	2,2-10,3
1-ბუთენი	146,2	-6,3	3,97,	1,6-9,4
ცის-2-ბუთენი	157,0	3,7	4,10	1,6-9,4
ტრანს-2-ბუთენი	-	0,9	-	1,6-9,4
იზობუთილენი	144,7	-7,0	3,95	1,8-9,6

ნავთობგადამუშავების სამრეწველო პროცესებში ალკენები მიიღება ალკანებთან ნარევიში. მათი თვისებები მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, რაც გამოიყენება ნარევის დასაყოფად და ინდივიდუალური ნაერთების გამოსაყოფად. ნორმალური აგებულების 1-ალკენები ხასიათდებიან უფრო დაბალი დუღილისა და დნობის ტემპერატურებით და უფრო მაღალი სიმკვრივით და გარდატეხის მაჩვენებლებით, ვიდრე შესაბამისი ალკანები. ეს ჩანს პენტანისა და 1-პენტენის მაგალითიდან (ცხრ. 11.2.2.).

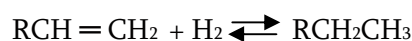
ცხრილი 11.2.2. თხევადი ალკენების ფიზიკური თვისებები.

ნახშირწყალბადი	ρ , კგ/მ ³	$t_{კრ.}^{\circ C}$	$t_{დუღ.}^{\circ C}$
პენტანი	626,0	-129	36
1-პენტენი	641,0	-165	30
2,3-დიმეთილ-2-ბუთენი	708,8	-75	73
1-ჰექსენი	674,0	-140	63

განშტოებული ალკენები ხასიათდებიან დუღილისა და დნობის უფრო მაღალი ტემპერატურებით, ასევე უფრო მაღალი სიმკვრივით, ვიდრე დანარჩენი იზომერი. ტრანს-იზომერებთან შედარებით, ალკენების ცის-იზომერებს აქვთ დუღილის უფრო მაღალი ტემპერატურა.

ალკენების ქიმიური თვისებები. ალკენები ხასიათდებიან მაღალი რეაქციისუნარიანობით. ქვემოთ მოყვანილია ძირითადი რეაქციები, რომლებშიც ისინი ლებულობენ მონაწილეობას:

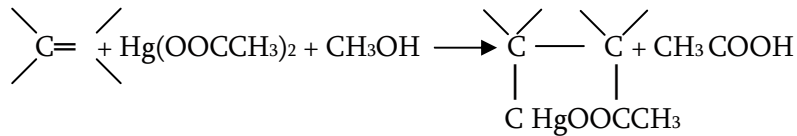
წყალბადის მიერთება:



წყალბადი უერთდება ალკენებს ოთახის ტემპერატურაზე წვრილად დაქუცმაცებული პლატინის ან პალადიუმის კატალიზატორის მონაწილეობისას. რეაქციას აქვს ანალიზური მნიშვნელობა. ამ გზით შეიძლება ალკენების განსაზღვრა, მაგალითად, კრეკინგ-ბენზინებში.

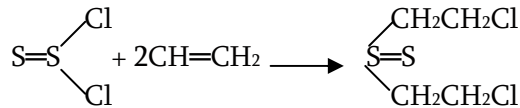
ანალიზური მნიშვნელობა აქვს ასევე ალკენების ურთიერთქმედების რეაქციას ვერცხლისწყლის აცეტატთან (II) და გოგირდის ქლორიდთან (I).

ვერცხლის აცეტატის მიერთება:



მეთოდი იძლევა ალკენების სხვა ნახშირწყალბადებიდან გამოყოფის შესაძლებლობას.

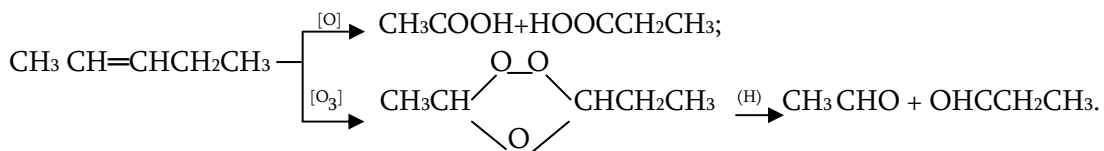
გოგირდის ქლორიდის (I) მიერთება:



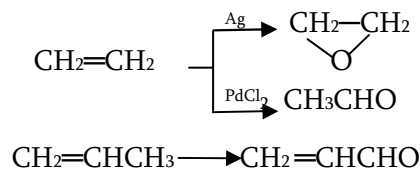
ეს რეაქცია იძლევა საშუალებას ნავთობპროდუქტებიდან რაოდენობრივად გამოვყოთ ალკენები.

ალკენების ჟანგვა და ოზონირება.

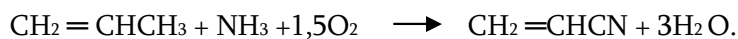
ამ რეაქციით, წარმოქმნილი პროდუქტების შედგენილობის მიხედვით, შესაძლებელია ოლეფინებში ორმაგი ბმების ადგილმდებარეობის დადგენა:



გარდა ამისა, ამ რეაქციებს დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვს ეთილენოქსიდის, აცეტალდეჰიდისა და აკროლენის მისაღებად:



პროპილენისა და ამიაკის ნარევის ჟანგვის დროს (*ჟანგვითი ამონოლიზი*) წარმოიქმნება აკრილონიტრილი - მნიშვნელოვანი მონომერი სინთეზური კაუჩუკისა და ქიმიური ბოჭკოების მისაღებად:

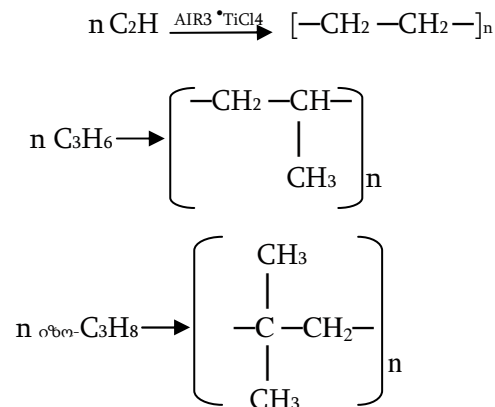


ალკენების გადამუშავების სამრეწველო პროცესებიდან აღსანიშნავია ასევე პოლიმერიზაცია, დეჰიდრირება, ქლორირება, ჰიდროქლორირება, ჰიდრატაცია, ალკილირება, სულფატირება, ოქსოსინთეზი.

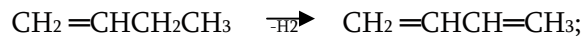
ალკენების *პოლიმერიზაცია* დაბალმოლეკულური ოლიგომერების მიღებით (დიმერები, ტრიმერები, ტეტრამერები) წარმოადგენს C₆ - C₁₅ ალკენების, ასევე ბენზინის მაღალმოლეკულური კომპონენტის წარმოების სამრეწველო მეთოდს:



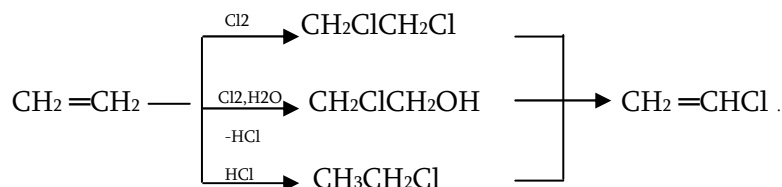
ალკენების პოლიმერიზაცია მაღალმოლეკულური პოლიმერების წარმოქმნით გვამღევს ძვირფას პოლიმერულ მასალას - პოლიეთილენს, პოლიპროპილენსა და პოლიიზობუთილენს:



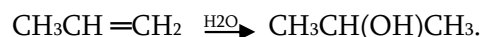
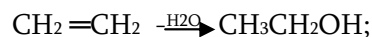
ბუთენისა და იზოამილენების *დეჰიდრირებით* წარმოიქმნება 1,3-ბუთადიენი და იზოპრენი - ძირითადი მონომერები კაუჩუკის სინთეზისათვის:



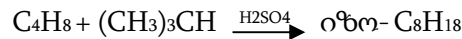
ეთილენისა და პროპილენის *ქლორირებისა და ჰიდროქლორირების* პროცესები გამოიყენება ზოგიერთი გამხსნელისა და შუალედური პროდუქტის მისაღებად.



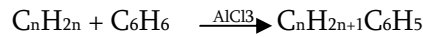
ალკენების *ჰიდრატაციით* მყავა კატალიზატორების მონაწილეობით ღებულობენ სპირტებს:



განშტოებული ალკანების ალკილირება ალკენებით გამოიყენება მაღალოქტანური ძრავის საწვავის მისაღებად:

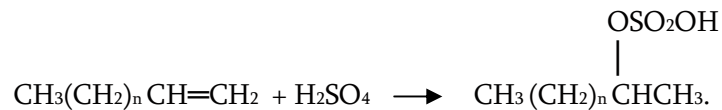


მონოციკლური არენების ალკილირება ალკენებით გვამღევს ალკილბენზოლებს:

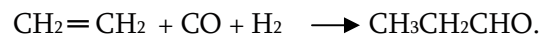


ალკილბენზოლები წარმოადგენს ძვირფასს ნედლეულს ძირითადი ორგანული სინთეზის მრეწველობისათვის.

უმალესი ალკენებისა და გოგირდმჟავას ურთიერთქმედებით (*სულფატირებით*) მიიღება გოგირდმჟავას მჟავა ეთერები - ალკილსულფატები, რომლებიც გამოიყენება სინთეზური სარეცხი საშუალებების მისაღებად:

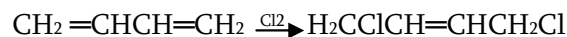


ალკენების ურთიერთქმედების რეაქციას ნახშირბადის ოქსიდთან (CO) და წყალბადთან კობალტის კატალიზატორზე (*ოქსოსინთეზი*) დიდი მნიშვნელობა აქვს ალდეჰიდების წარმოების დროს:

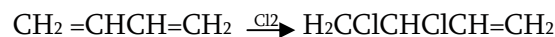


ალდეჰიდების შემდგომი აღდგენით მიიღება შესაბამისი პირველადი სპირტები. *ალკადიენების ქიმიური თვისებები.*

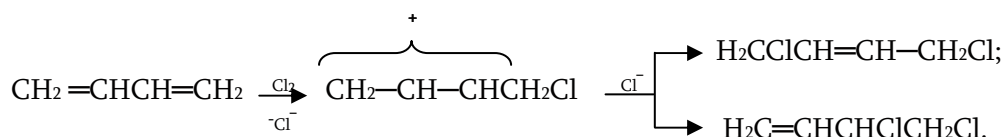
იზოლირებული ორმაგი ბმების მქონე ნაერთებთან შედარებით, შეუღლებული ბმების მქონე ნაერთების თავისებურებას წარმოადგენს მათი უფრო მაღალი რეაქციის უნარიანობა. ორი შეუღლებული ორმაგი ბმა ზოგიერთ შემთხვევაში ამჟღავნებს ისეთივე თვისებებს, როგორც ერთიანი უჯერი სისტემა; მაგალითად, 1,4- ბუთადიენის ქლორირების დროს შეუღლებულ ბმებთან ქლორის მიერთება მიმდინარეობს 1,4 კიდურა მდგომარეობაში. ამ დროს 2-3 მდგომარეობაში წარმოიქმნება ახალი ორმაგი ბმა:



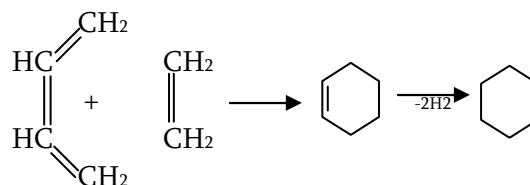
ბუთადიენის მხოლოდ მცირე ნაწილი რეაგირებს ალკენების მსგავსად:



რეაქცია მიმდინარეობს ორ სტადიად, სადაც როგორც შუალედური პროდუქტი მიიღება ალილის იონი:



შეუღლებული ბმების მქონე ალკადიენებისათვის სპეციფიკურ რეაქციას წარმოადგენს *დიენური სინთეზი* (დილს -ალდერის რეაქცია). ვარაუდობენ, რომ დიენური სინთეზი საფუძვლად უდევს არენების წარმოქმნას ალკენების თერმული გადამუშავების დროს:



შეუღლებული ორმაგი ბმების მქონე დიენებისათვის დამახასიათებელია *პოლიმერიზაციის რეაქციები*.



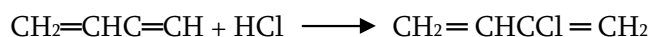
ამ ტიპის რეაქციები საფუძვლად უდევს სინთეზური კაუჩუკის წარმოებას.

ალკინების ქიმიური რეაქციები. მაღალი რეაქციის უნარიანობის გამო ალკინები შედიან მრავალრიცხოვან ქიმიურ რეაქციაში - პოლიმერიზაციის, მიერთების, კონდენსაციისა და სხვა.

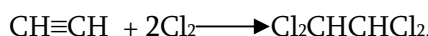
პირობების მიხედვით აცეტილენის პოლიმერიზაციის რეაქციები სხვადასხვაგვარად მიმდინარეობენ. აცეტილენის გატარებით CuCl და NHCl_4 მარილმჟავა ხსნარში წარმოიქმნება ვინილაცეტილენი:



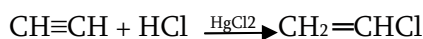
ამ რეაქციას დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვს. ვინილაცეტილენი ადვილად იერთებს HCl და გარდაიქმნება ქლოროპრენში (სინთეზური კაუჩუკის მონომერში):



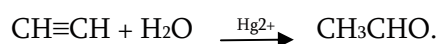
ჰალოგენების მიერთება აცეტილენთან გამოიყენება გამხსნელების სინთეზის დროს:



მრეწველობაში აცეტილენის *ჰიდროქლორირებით* ღებულობენ ვინილქლორიდს - მონომერს, რომელიც ნედლეულად გამოიყენება პლასტიკური მასების მისაღებად:

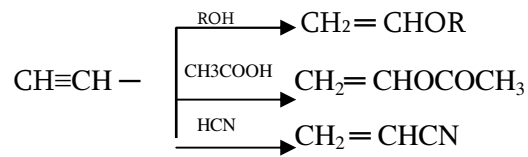


აცეტილენის *ჰიდრატაციით* მიიღება აცეტალდეჰიდი. რეაქცია მიმდინარეობს ვერცხლისწყლის მარილების კატალიზური მოქმედების დროს (კუჩეროვის რეაქცია):



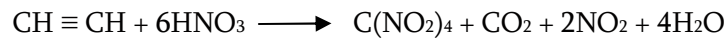
აცეტალდეჰიდი, როგორც ნედლეული, გამოიყენება ძმარმჟავას, მისი ეთერებისა და სხვა ძვირფასი პროდუქტების მისაღებად.

ვინილირების რეაქცია - აცეტილენთან წყალბადის მოძრავი ატომების მქონე ნაერთების მიერთება - გამოიყენება როგორც ვინილის ეთერების, ვინილაცეტატის, აკრილონიტრილის მიღების ხერხი:



ვინილის ჯგუფის არსებობა რეაქციის პროდუქტებში მათ ანიჭებს პოლიმერიზაციის უნარს, ამიტომ ისინი, როგორც მონომერები, გამოიყენება პლასტიკური მასების წარმოებაში.

აცეტილენის ნიტრირება აზოტმჟავით მიმდინარეობს სამმაგი ბმების გახლეჩით და გვაძლევს ტეტრანიტრომეთანს:



11.3. გამოყენება ნავთობქიმიურ სინთეზში

ნავთობქიმიურ სინთეზში ფართო გამოყენება პოვა ოთხმა ნახშირწყალბადმა: ეთილენმა, პროპილენმა, ბუთადიენმა და ბენზოლმა. მათ საფუძველზე აწარმოებენ ნავთობქიმიური პროდუქტების უმეტეს ნაწილს.

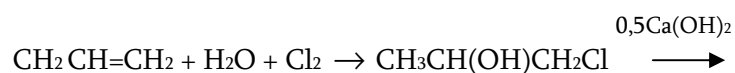
წარმოებისა და მოხმარების მასშტაბების მიხედვით ეთილენი პირველ ადგილს იკავებს. ეთილენის წარმოების ძირითადი ხერხია - ნახშირწყალბადური ნედლეულის პიროლიზი.

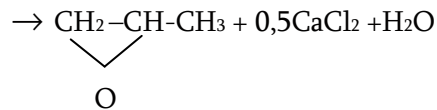
ეთილენის ყველაზე მსხვილი მომხმარებელია - პოლიეთილენის წარმოება.

ეთილენის მნიშვნელოვანი რაოდენობა იხარჯება ეთილენოქსიდის წარმოებაზე. განვითარებულ ქვეყნებში ეთილენოქსიდს ღებულობენ ეთილენის კატალიზური ჟანგით. ეთილენოქსიდის ძირითადი ნაწილი იხარჯება ეთილენგლიკოლის წარმოებაში, რომელიც გამოიყენება ანტიფრიზების, პოლიეთერული ბოჭკოებისა და სხვა პროდუქტების მისაღებად. ეთილენოქსიდი, როგორც საწყისი მასალა, გამოიყენება მაღალი მოლეკულური მასის გლიკოლების, რთული ეთერების, ეთანოლამინისა და ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებების წარმოებაში. ეთილენის ჰიდრატაციით ღებულობენ ეთილის სპირტს, რომელიც გამოიყენება ბუთადიენის წარმოებაში. ეთილის სპირტის გამოყენების პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს ცილოვან-ვიტამინური კონცენტრატების (ცკკ) წარმოება.

ისევე როგორც ეთილენის, პროპილენის წარმოების ძირითად ხერხს წარმოადგენს პიროლიზი. პროპილენის დიდი ნაწილი გამოიყენება პოლიპროპილენის მისაღებად. მეორე მნიშვნელოვან პროდუქტს, რომელიც მიიღება პროპილენისაგან წარმოადგენს - აკრილონიტრილი - მონომერი სინთეზური ბოჭკოსა და კაუჩუკის მისაღებად. მისი მიღების პრაქტიკულად ერთდაერთ ხერხს წარმოადგენს პროპილენის ჟანგვითი ამონოლიზი.

პროპილენოქსიდს ღებულობენ ქლორჰიდრინული მეთოდით:





ფართო გამოყენება პოვა ეთილბენზოლისა და პროპილენის შეუღლებული ჟანგვის მეთოდმა, პროპილენოქსიდი გამოიყენება პოლიურეტანების, პროპილენგლიკოლის, ზედაპირულ-აქტიური და სხვა ნივთიერებების წარმოებაში.

პროპილენის გოგირდმჟავა ჰიდრატაციით მიიღება იზოპროპილის სპირტი, რომელიც გამოიყენება პერჰიდროლის, აცეტონის, მეორეული ალკილსულფატების წარმოებაში. პროპილენიდან ღებულობენ ბუთილის სპირტს, რომელიც გამოიყენება პლასტიფიკატორების (დიბუთილფტალატი), ლაქების, საღებავების, გამხსნელების წარმოებაში. პროპილენისგან ოქსოსინთეზით მიღებული ერბომჟავა ალდეჰიდი წარმოადგენს საწყის მასალას 2-ეთილჰექსანოლის მისაღებად, რომელიც თავის მხრივ გამოიყენება პლასტიფიკატორებისა და სინთეზური ზეთების წარმოებაში.

C₄-C₅ ალკენებს ღებულობენ პიროლიზის დანადგარებზე ალკანების დეჰიდრირებით ან გამოყოფენ კატალიზური კრეკინგის აირებიდან. *ბუთენების* საფუძველზე აწარმოებენ ბუთადიენს, მეთილეთილკეტონსა და პოლიმერიზაციის და თანაპოლიმერიზაციის პროდუქტებს. იზობუთილენისგან ღებულობენ ბუთილკაუჩუკს, იზოპრენს, მეთილ-მესამელ-ბუთილის ეთერს, პოლიიზობუთილენს, ალკილფენოლურ მისართებსა და სხვა პროდუქტს.

ალკადიენები - 1,3-ბუთადიენი და 2-მეთილ-1,3-ბუთადიენი (იზოპრენი) მნიშვნელოვანი მონომერებია სხვადასხვა პოლიმერული მასალების, განსაკუთრებით სინთეზური კაუჩუკის მისაღებად.

ბუთადიენის წარმოების ძირითადი ხერხებია: ბუთანის ერთ- და ორსტადიანი დეჰიდრირება, ბუთენების დეჰიდრირება, პიროლიზის ფრაქციიდან C₄-ის გამოყოფა და ლებედვის მეთოდი (ეთილის სპირტის საფუძველზე).

ბუთადიენის მიღების პერსპექტიულ მეთოდს ასევე წარმოადგენს ეთილენის დიმერიზაცია, პროპილენის დისპროპორციონირება (ბუთილენად და ეთილენად), ბუთანის ერთსტადიანი ჟანგვითი დეჰიდრირება.

იზოპრენს, ძირითადად, ღებულობენ იზოპენტანის ორსტადიანი დეჰიდრირებით, იზობუთილენისა და ფორმალდეჰიდის კონდენსაციით (პრინსის რეაქცია), პიროლიზის C₅ ფრაქციის კომპლექსური გადამუშავებით, ეთილენის თანადიმერიზაციით პროპილენთან, ასევე სინთეზით აცეტონისა და აცეტილენის საფუძველზე. უმაღლესი ალკენები (C₅-ის ზევით) წარმოადგენს ბენზინის მაღალოქტანურ კომპონენტებს, ასევე გამოიყენება ნავთობქიმიურ სინთეზში - ბენზოლის ალკილირებისათვის სარეცხი საშუალებების მიღების მიზნით, ასევე ნედლეულად ოქსოსინთეზში და სხვა მიზნებისათვის.

თავი 12. ნავთობის ჰეტეროატომური ნაერთები და მინერალური კომპონენტები

12.1. ზოგადი ცნობები

ნახშირწყალბადებთან ერთად ყველა ნავთობის შედგენილობაში შედის ჰეტეროატომები (ბერძნ. "ჰეტეროს" - სხვა), კერძოდ, გოგირდი, ჟანგბადი და აზოტი. ამ ელემენტების შემცველობა დამოკიდებულია ნავთობის ასაკსა და წარმოშობაზე.

გოგირდის შემცველობა ნავთობში 0,02-7,0%-მდე მერყეობს, რაც შეესაბამება გოგირდოვანი ნაერთების შემცველობას 0,2-70%.

ჟანგბადის შემცველობა ნავთობში 0,05-3,3%-მდე მერყეობს. ეს რაოდენობა ჟანგბადოვანი ნაერთების დაახლოებით 0.5-40%-ს შეესაბამება.

აზოტის შემცველობა ნავთობში 1,7% არ აღემატება.

ფრაქციების მიხედვით ჰეტეროატომების განაწილება ნავთობში არათანაბარია. ჩვეულებრივ მათი დიდი ნაწილი შეკრებილია მძიმე ფრაქციებში და განსაკუთრებით ფისოვან-ასფალტენურ ნარჩენებში. 400-450°C-ზე ზემოთ გამოხდილი ფრაქციები შეიძლება მთლიანად შეიცავდეს ჰეტეროატომურ ნაერთებს. ფისოვან-ასფალტენური ნაერთების შემცველობა უფრო მაღალია ახალგაზრდა ნავთობებში, ამიტომ ისინი დიდი რაოდენობით შეიცავენ ჰეტეროატომურ ნაერთებს.

ნავთობის მინერალურ ნაწილს მიეკუთვნება ნავთობში შემავალი მარილები, რომლებსაც წარმოქმნიან ლითონები და მჟავები, მეტალური კომპლექსები, ასევე კოლოიდურ-დისპერგირებული მინერალური ნივთიერებები. ამ ნივთიერებების შედგენილობაში შემავალ ელემენტებს ხშირად ეწოდება მიკროელემენტები. მათი რაოდენობა 10^{-8} - 10^{-9} % ზღვრებში მერყეობს.

ფისებისა და ზოგიერთი ჟანგბადოვანი ნაერთების შემცველობა ნავთობპროდუქტებში იზრდება მაღალმდულარე ფრაქციებზე გადასვლისას, და მაქსიმალურ მნიშვნელობებს დაჟანგულ ფრაქციებში აღწევს.

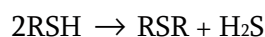
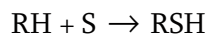
12.2. გოგირდოვანი ნაერთები. ელემენტარული გოგირდი, გოგირდწყალბადი და დისულფიდები.

გოგირდი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ჰეტეროატომია. გოგირდოვანი ნაერთები ისევე, როგორც ჟანგბადოვანი ნაერთები, ნავთობში ფრაქციების მიხედვით არათანაბრად არიან განაწილებული. მათი შემცველობა ჩვეულებრივ იზრდება ტემპერატურის გაზრდით. ნავთობის ფისოვან-ასფალტენურ ნაწილში შემავალ სხვა ჰეტეროატომთან შედარებით, გოგირდი მნიშვნელოვანი რაოდენობით შედის დისტილატური ფრაქციების შემადგენლობაში.

ელემენტარული გოგირდი, გოგირდწყალბადი და დისულფიდები. ელემენტარული გოგირდი, გოგირდწყალბადი და დისულფიდები ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შედგენილობაში შედიან მცირე კონცენტრაციით.

ელემენტარული გოგირდი და გოგირდწყალბადი ნედლი ნავთობის შედგენილობაში არ შედის, ისინი, ძირითადად, როგორც, გოგირდორგანული ნაერთების დაშლის მეორადი პროდუქტები, წარმოიქმნება ნავთობური ფრაქციების გამოხდის, დესტრუქციული გადამუშავებისა და ჰიდროგაწმენდის დროს.

გოგირდწყალბადი გამოიყოფა ნავთობის 180-260°C-მდე გაცხელებისას, ელემენტარული გოგირდის თანაობისას გოგირდწყალბადის რაოდენობა იზრდება შემდეგი რეაქციების თანახმად:



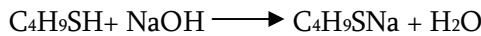
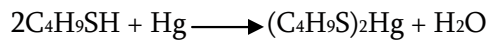
როგორც ჩანს, მაღალი ტემპერატურის პირობებში ნავთობურ ფრაქციებში ადგილი აქვს ელემენტარული გოგირდის, მერკაპტანებისა და გოგირდწყალბადის ურთიერთგადასვლას.

დისულფიდები შედიან უმერკაპტანო ნავთობების მსუბუქ და საშუალო ფრაქციებში, სადაც მათი შემცველობა შეიძლება 7-25% აღწევდეს. გაცხელების შედეგად დისულფიდები გამოყოფენ გოგირდს, მერკაპტანებს და გოგირდწყალბადს. ქიმიური თვისებებით დისულფიდები ემსგავსებიან სულფიდებს.

მცირე კონცენტრაციების გამო ნავთობსა და ნავთობპროდუქტებში შემავალ ელემენტარულ გოგირდს, გოგირდწყალბადსა და დისულფიდებს, როგორც ქიმიური ნედლეულის წყაროს, პრაქტიკული მნიშვნელობა არ აქვს.

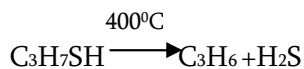
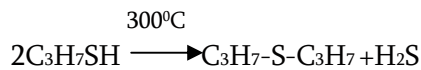
მერკაპტანები (თიოლები). მერკაპტანების ზოგადი ფორმულაა - RSH. მერკაპტანები ხასიათდება ძალიან არასასიამოვნო სუნით. ამიტომ, როგორც ოდორანტებს, კერძოდ, ეთილმერკაპტანს, უმატებენ საყოფაცხოვრებო აირში. მათი ეს თვისება გამოიყენება ქალაქების გაზომომარაგებაში. მერკაპტანები, ძირითადად, თავმოყრილია ნავთობის მსუბუქ ფრაქციებში, სადაც მათი შემცველობა იცვლება 40-50-დან 70-75%-მდე გოგირდოვანი ნაერთების საერთო რაოდენობასთან შედარებით. თითქმის ყველა გოგირდოვანი ნაერთი წარმოდგენილია მერკაპტანებით და თავმოყრილია ბენზინურ ფრაქციაში.

მერკაპტანები ხასიათდებიან სუსტი მჟავა ბუნებით. ისინი შედიან რეაქციაში მძიმე ლითონების ოქსიდებთან და ტუტეებთან მერკაპტიდების წარმოქმნით:



ეს რეაქცია უდევს საფუძვლად ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისგან მერკაპტანების გამოყოფას.

მერკაპტანები თერმულად არასტაბილურია, განსაკუთრებით მაღალმოლეკულური ჰომოლოგები, რომლებიც 100°C-ზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე იშლებიან დაბალი მერკაპტანები 300°C-მდე გაცხელებისას იშლებიან სულფიდისა და გოგირდწყალბადის წარმოქმნით, უფრო მაღალ ტემპერატურაზე კი წარმოიქმნება შესაბამისი ალკენი და გოგირდწყალბადი:



მერკაპტანები სასაქონლო პროდუქტების მავნე მინარევებია, რადგან იწვევენ კოროზიას, განსაკუთრებით, ფერადი ლითონების, რაც განაპირობებს კრეკინგ-ბენზინში ფისების წარმოქმნას და ნავთობპროდუქტებს ანიჭებს საშინელ სუნს.

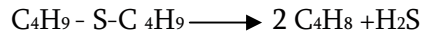
ელემენტარული გოგირდი, გოგირდწყალბადი და მერკაპტანები, როგორც აგრესიული ნივთიერებები, ნავთობის არასასურველი კომპონენტებია, ამიტომ გაწმენდის პროცესში საჭიროა მათი სრული მოცილება.

სულფიდები. სულფიდების ზოგადი ფორმულაა - RSR'. ისინი წარმოადგენენ სითხეებს არასასიამოვნო სუნით. C₂ - C₇ სულფიდებს აქვთ დუდილის დაბალი ტემპერატურები (37-150°C) და გამოხდის დროს ისინი გადადიან ბენზინის დისტილატებში.

სულფიდები შეადგენენ გოგირდოვანი ნაერთების ძირითად ნაწილს. გამოხდის შედეგად ისინი გადადიან ნათელ დისტილატებში - ბენზინებში, ნავთსა და დიზელის საწვავებში. მძიმე გაზოილის ფრაქციებში მათი შემცველობა მცირდება არომატული სტრუქტურების წარმოქმნასთან დაკავშირებით.

ქიმიური თვალსაზრისით სულფიდები ნეიტრალური თვისებებით ხასიათდებიან, ტუტეებთან ისინი არ რეაგირებენ, კარგად იხსნებიან გოგირდმჟავაში.

400°C-ზე და ზემოთ სულფიდები იშლებიან გოგირდწყალბადისა და უჯერი ნახშირწყალბადების წარმოქმნით:



თიოფენი და მისი ჰომოლოგები - სითხეებია დამახასიათებელი სუნით, რომლებიც ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით ემსგავსება არომატულ ნახშირწყალბადებს. ისინი, ძირითადად, შედიან ნავთობის საშუალო და მაღალმდუღარე ფრაქციებში და გოგირდოვანი ნაერთების 45-84% შეადგენენ. გოგირდმჟავაში თიოფენი კარგად იხსნება. ამ თვისებაზეა დამყარებული ქვანახშირიანი ბენზოლიდან თიოფენის მოცილება.

პოლიციკლოური გოგირდოვანი ნაერთები გამოხდის შედეგად გადადიან ნავთისა და ზეთოვან ფრაქციებში.

გოგირდოვანი ნაერთები არიან მავნე როგორც ნავთობპროდუქტების გადამუშავების, ასევე მათი გამოყენების დროს. ისინი უარყოფით გავლენას ახდენენ ნავთობპროდუქტების საექსპლუატაციო თვისებებზე. გოგირდოვანი ნაერთების წვის შედეგად გამოიყოფა SO_2 და SO_3 , რომლებიც წყალთან წარმოქმნიან კოროზიულად აგრესიულ გოგირდოვან- და გოგირდმჟავებს. გოგირდოვან ანჰიდრიდთან შედარებით, გოგირდის ანჰიდრიდი უფრო ძლიერ მოქმედებს ძრავაში ნამწვის წარმოქმნაზე, ცვეთასა და კოროზიაზე, ასევე ზეთის ხარისხზე. ზეთებზე გოგირდმჟავას მოქმედების შედეგად გამოიყოფა ფისოვანი პროდუქტები, რომლებიც შემდგომში წარმოქმნიან ნამწვს.

გოგირდოვანმა ნაერთებმა შეიძლება გამოიწვიოს როგორც შექცევადი, ასევე შეუქცევადი მოწამვლები, რომლებიც ამცირებენ კატალიზატორების აქტიურობას. გოგირდოვანი ნაერთების მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეა პოლიმეტალური რენიუმ-შემცველი კატალიზატორები.

არსებული ლაბორატორიული და სამრეწველო დაყოფის მეთოდები, როგორცაა ადსორბციული ქრომატოგრაფია, ექსტრაქცია, კომპლექსწარმოქმნა, რეკტიფიკაცია და სხვა, სამრეწველო გამოყენებისთვის არ არის ეფექტური და მიღებელი. ამიტომ ნავთობური ფრაქციებისაგან გოგირდოვანი ნაერთების მოსაცილებლად იყენებენ ჰიდრირებას.

ამრიგად, ყველა გოგირდოვანი ნაერთის მოცილება ხდება ჰიდრირების გზით გოგირდწყალბადის მიღებით. ამავე დროს მათი დიდი ნაწილი წარმოადგენს ძვირფას პროდუქტს. მაგალითად, მერკაპტანები მიეკუთვნება კაუჩუკის პოლიმერიზაციის სიჩქარის რეგულატორებს, ასევე ისინი გამოიყენება ნედლეულად ანტიდამჟანგველი მისართების წარმოებაში. სულფიდები გამოიყენება კომპონენტებად საღებავების სინთეზში, მათი ჟანგვის პროდუქტებს - სულფოქსიდებს, სულფონებს და სულფომჟავებს იყენებენ ლითონების გამხსნელებად და არენების ექსტრაგენტებად. ამასთან ერთად სულფიდები და სულფოქსიდები მიეკუთვნებიან ლითონების კოროზიის ეფექტური ინჰიბიტორებს, ზეთების ანტიმჟანგავ მისართებს, ფლოტორეაგენტებს, ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებებს, ინსექტიციდებს, ჰერბიციდებს და ფუნგიციდებს. თიოფენების წარმოებულებს იყენებენ სამკურნალო ნივთიერებების, მცენარეთა ზრდის სტიმულატორების სინთეზში, მაღალი დიელექტრიკული თვისებების მქონე პოლიმერული მასალების, აგრეთვე ფლუოროსცენციის უნარის მქონე მათეთრებლების წარმოებაში და ა.შ.

12.3. ჟანგბადოვანი ნაერთები

ნავთობში ჟანგბადი, ძირითადად, მჟავების, ფენოლების, კეტონების, ეთერების, ლაქტონებისა და სხვა ნაერთების სახით შედის. ყველაზე გავრცელებულ ჟანგბადოვან ნაერთებს მიეკუთვნება მჟავები და ფენოლები. მათი ჯამური შემცველობა განისაზღვ-

რება მჟავური რიცხვით - 1 გრ ნავთობპროდუქტის გატიტვრაზე დახარჯული KOH-ის რაოდენობით.

ნავთობში შემავალ ყველა მჟავა ბუნების მქონე ჟანგბადოვან ნივთიერებას, რომელთა გამოყოფა ნავთობიდან შეიძლება ტუტის ხსნარით, ნავთობის მჟავებს უწოდებენ.

ნავთობის მჟავების შესწავლას დიდი ყურადღება ეთმობა, რაც განპირობებულია მათი გავლენით სასაქონლო ნავთობპროდუქტების თვისებებსა და მათ ღირებულებაზე როგორც ქიმიური ნედლეული.

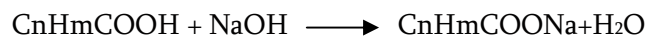
ნავთობის მჟავები - ნავთობის ჟანგბადნაერთთა ჯერჯერობით ერთდაერთი კლასია, რომელსაც დიდი გამოყენება აქვს სახალხო მეურნეობაში. ნავთობის მჟავების ბაზაზე დებულობენ რთულ ეთერებს, მჟავების ოქსიეთილირებულ ნაწარმს, ნაფტენურ სპირტებს, ანჰიდრიდებს, ქლორანჰიდრიდებს, ამიდებს, ნიტრილებს, ამინებსა და სხვ.

ნავთობის მჟავები (ზოგჯერ მათ ნაფტენურ მჟავებს უწოდებენ) წარმოადგენენ სხვადასხვა მოლეკულური მასის მქონე ორგანულ მჟავათა ნარევის, რომლის მოლეკულები შეიცავენ ალიფატურ, ციკლოალკანურ და არენულ რადიკალებს.

ნავთობის მჟავების შემცველობა დამოკიდებულია ნავთობის ბუნებაზე. ნავთობის მჟავებით მდიდარია ბაქოს და გროზნოს საბადოს ნავთობები.

ფიზიკური თვისებებით ნავთობის მჟავები წარმოადგენენ სითხეს ან კრისტალურ ნივთიერებას, რომელიც სუნით მოგვაგონებს ცხიმოვან მჟავებს. მათი სიმკვრივე ერთს უახლოვდება.

ქიმიური თვისებებით ისინი ცხიმოვან კარბომჟავებს ემსგავსება. ასე, მაგალითად, ტუტეებთან წარმოქმნიან მარილებს:



ეს რეაქცია იძლევა საშუალებას ნავთობის ფრაქციიდან გამოვყოთ მჟავები. ნავთობის მჟავები წარმოქმნიან მარილებს არა მხოლოდ მწვავე ტუტეებთან, არამედ ლითონების ოქსიდებთან. წყლის თანაობისას და მაღალ ტემპერატურაზე ისინი უშუალოდ ურთიერთქმედებენ ლითონებთან და ასევე წარმოქმნიან მარილებს, რაც იწვევს ლითონური აპარატურის კოროზიას. ამ დროს ყველაზე ადვილად ისინი აზიანებენ ტყვიას, თუთიას, სპილენძს, ნაკლებად - რკინას, და უფრო ნაკლებად - ალუმინს. აქედან გამომდინარე ყველა ნავთობის მჟავა წარმოადგენს მავნე მინარევს და ამიტომ ნავთობპროდუქტების გაწმენდის დროს საჭიროა მათი მოცილება. ნავთობის მჟავები შედიან ყველა ნავთობის შემადგენლობაში, მაგრამ მათი შემცველობა, როგორც წესი, უმნიშვნელოა. ყველაზე უფრო მდიდარია ამ მჟავებით (1,0-1,9%-მდე) აზერბაიჯანის და გროზნოს ნავთობები. ნავთობურ ფრაქციებში მჟავების განაწილება არათანაბარია. ბენზინის ფრაქციებში, როგორც წესი, ისინი არ მოიპოვება. ნავთის დისტილატებში მათი რაოდენობა ზეთოვან ფრაქციებთან შედარებით ნაკლებია.

ნავთობის მჟავების ტუტე მარილები კარგი სარეცხი თვისებებით ხასიათდება. ამიტომ მათი ტუტე გაწმენდის ნარჩენები - ეგრეთ წოდებული მილონავთი- გამოიყენება საფეიქრო წარმოებაში სარეცხი საშუალებების დასამზადებლად.

ნავთის და მსუბუქი ზეთოვანი დისტილატებიდან გამოყოფილ ტექნიკურ ნავთობის მჟავებს (ასიდოლს) სხვადასხვაგვარი გამოყენება აქვს: მათ იყენებენ ფისების, კაუჩუკის და ანილინის საღებავების გამხსნელად; შპალების გასაჟღერთად, ფერადი ლაქების წარმოებაში; ანტისეპტიკად საფეიქრო მრეწველობაში და ა.შ. არა ნაკლები გამოყენება აქვს ნავთობის მჟავების სხვადასხვა მარილებს. კალციუმის, ბარიუმის, ტყვიის და ალუმინის მარილები გამოიყენება როგორც შემასქელებელი კონსისტენციური საცხისების დამზადების დროს. ბარიუმის, თუთიის. კალას და ნიკელის მარილები საცხი ზეთებისათვის წარმოადგენს მისართებს. ქრომის ნაფტენატი კარგი მწე-

ბავი თვისებებით ხასიათდებიან. მანგანუმის ნაფტენატი - ცნობილი კატალიზატორია პარაფინების ჟანგვის პროცესში.

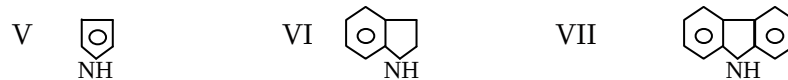
12.4. აზოტოვანი ნაერთები

ნავთობში აზოტის შემცველობა იშვიათად აღემატება 1%-ს. მისი შემცველობა ნავთობის საბადოში სიღრმის ზრდასთან ერთად მცირდება. აზოტის უმეტესი ნაწილი მძიმე ფრაქციებსა და ნარჩენ პროდუქტებში გროვდება. ნავთობის აზოტოვანი ნაერთებს ყოფენ ორ ჯგუფად; ფუძე და ნეიტრალურ ნაერთებად.

ფუძე ხასიათის ნაერთები ადვილად გამოიყოფა მინერალური მჟავებით და ამიტომ ისინი უფრო კარგად არიან შესწავლილი. ნავთობის აზოტოვანი ნაერთები მიეკუთვნება ჰეტეროციკლურ ნაერთებს, რომლებშიც ერთ-ერთი ბირთვი შეიცავს აზოტის ატომს, ბირთვების საერთო რაოდენობა კი ერთიდან სამამდეა. ძირითადად, ისინი პირიდინის (I), ქინოლინის (II), იზოქინოლინის (III), ასევე აკრიდინის (IV) ჰომოლოგებია:



ნეიტრალური ნივთიერებები შეადგენენ ნავთობის აზოტოვანი ნაერთების უდიდეს ნაწილს (80%-მდე) და კონცენტრირდებიან მის მაღალმოლეკულურ ნაწილში. მათი აგებულება და თვისებები ნაკლებად არის შესწავლილი. ზოგიერთ ნავთობში დამტკიცებულია პიროლის (V), ინდოლის (VI), კარბაზოლის (VII) არსებობა:



აზოტოვანი ნაერთების განსაკუთრებულ ჯგუფს წარმოადგენს ნავთობის პორფირინები. პორფირინები ორგანული წარმოშობის აზოტოვანი ნაერთებია. მათი მოლეკულები შეიცავენ ოთხ პიროლის რგოლს და ისინი შედიან ვანადიუმთან ან ნიკელთან კომპლექსში. ნავთობის პორფირინები ხასიათდებიან კატალიზური აქტიურობით.

აზოტოვანი ნაერთები როგორც ფუძე, ასევე ნეიტრალური, საკმაოდ სტაბილურია, განსაკუთრებით უჟანგბადო გარემოში, ისინი გავლენას არ ახდენენ ნავთობპროდუქტების საექსპლუატაციო თვისებებზე. ამავე დროს აღნიშნულია, რომ დიზელის საწვავების და მაზუტების შენახვის დროს ზოგიერთი აზოტოვანი ნაერთი იწვევს ფისის გაძლიერებულ წარმოქმნას. მათი მოლეკულური მასა მერყეობს 420-დან 560 მდე (C₂₇N₄-C₃₃N₄). აღნაგობით ისინი ემსგავსება ქლოროფილის შედგენილობაში შემავალ პორფირინულ კომპლექსს - ქლოროფილინს და სისხლის მღებავ ნივთიერებას - ჰემინს.

ნავთობის აზოტოვანი ნაერთების კიდევ ერთ ტიპს წარმოადგენს მჟავათა ამიდები და ამინომჟავების სხვა წარმოებულები. ეს ნაერთები აღმოჩენილია მრავალ ნავთობში, მაგრამ ინდივიდუალური ამიდების აღმოჩენა ჯერჯერობით ვერ მოხერხდა. ნავთობის გენეზისის თვალსაზრისით მჟავათა ამიდების შესწავლა წარმოადგენს დიდ ინტერესს, რადგან მცენარეთა და ცხოველების ამინომჟავების გარდაქმნის პროდუქტების

ცოდნა შასადლებლობას მოგვცემს უფრო არგუმენტირებულად წარმოვიდგინოთ ცოცხალი ორგანიზმების ორგანული ნივთიერებების ნავთობში გარდაქმნის გზები.

ნავთობის აზოტოვან ნივთიერებებს არ აქვთ სამრეწველო გამოყენება.

12.5. ფისები და ასფალტენები

ფისები და ასფალტენები მიეკუთვნება ნავთობის მაღალმოლეკულურ ჰეტერო-ორგანულ ნივთიერებებს, რომელთა შემადგენლობაში ერთდროულად შედის ნახშირბადი, წყალბადი, ჟანგბადი, გოგირდი, და ხშირად აზოტი და ლითონები. ფისებისა და ასფალტენების აქროლადობა დაბალია, ამიტომ ისინი კონცენტრირდება მძიმე ნავთობურ ნარჩენებში - გუდრონებსა და ბიტუმებში. ბენზინურ ფრაქციებში ისინი არ გადადიან. რაც უფრო მაღალია ფრაქციების გამოხდის ზღვრები, მით მეტი რაოდენობით გადადიან მათთან ერთად ფისები. მაგრამ ყველა დისტილატში მათი წილი, ნავთობში შემავალ საერთო რაოდენობასთან შედარებით, არ აღემატება 15%-ს.

ფისები და ასფალტენები მუქი ფერის, მაღალმოლეკულურ ნივთიერებათა რთულ ნარევეს წარმოადგენს, რომელიც ნავთობში გახსნილ ან კოლოიდურ მდგომარეობაში იმყოფება.

ფისები მუქი მურა, ყავისფერი ბლანტი მცირედმომრავი სითხეები ან ამორფული მყარი ნივთიერებებია, რომლებიც მნიშვნელოვანი პლასტიკურობით ხასიათდებიან. მათი სიმკვრივე დაახლოებით 1-ის ტოლია, ხოლო მოლეკულური მასა - 700-დან 1000-მდე მაე-ის. ნეიტრალური ფისები კარგად იხსნება მსუბუქ ბენზინში, ნავთობურ ზეთებში, ბენზოლში, ეთერსა და ქლოროფორმში. ნავთობის დისტილატებიდან გამოყოფილ ფისებს აქვთ თხევადი ან ნახევრად თხევადი კონსისტენცია; გუდრონიდან გამოყოფილი ფისები წარმოადგენენ მყარ, მაგრამ მნიშვნელოვანი პლასტიკურობის მქონე ნივთიერებებს. ისინი ნ-ალკანებში ($C_5 - C_8$) იხსნებიან. ფისები არასტაბილურია, ნავთობიდან ან მისი მძიმე ფრაქციებიდან გამოყოფის შედეგად მათ შეუძლია ასფალტენებში გარდაქმნა, ე.ი, $C_5 - C_8$ ნ-ალკანებში ისინი აღარ იხსნებიან. აღსანიშნავია, რომ ფისები აუცილებლად შეიცავენ ჰეტეროატომებს, კერძოდ, თიოფენს, პიროლისა ან პირიდინის ბირთვს.

ფისები ხასიათდებიან ძლიერი მღებავი თვისებებით. დისტილატების მუქი შეფერილობა, ისევე როგორც ნედლი ნავთობის, ძირითადად, განპირობებულია ნეიტრალური ფისების არსებობით. ნეიტრალური ფისების დამახასიათებელ თვისებებზეა წარმოადგენს - შემჭიდროების უნარი ისეთი ფაქტორების ზემოქმედებით, როგორცაა გაცხელება, დამუშავება ადსორბენტებით ან გოგირდმჟავით. განსაკუთრებით ადვილად ეს პროცესი მიმდინარეობს ერთდროულად გაცხელებასა და ჰაერით ჩაბერვის შედეგად.

საყოველთაოდ ცნობილია ფისოვან-ასფალტენური ნივთიერებების ოთხ ჯგუფად დაყოფის სქემა:

- 1). კარბოიდები - გოგირდნახშირბადში უხსნადი ნივთიერებები;
- 2). კარბენები - გოგირდნახშირბადში ხსნადი, მაგრამ ოთხქლორიან ნახშირბადში უხსნადი ნივთიერებები;
- 3). ასფალტენები - ზემოთ დასახელებულ ორივე გამხსნელში ხსნადი, მაგრამ დაბალმდულარე ალკანებში უხსნადი ნივთიერებები;
- 4). მალტენები - დაბალმდულარე ალკანებში ხსნადი ნივთიერებები. კარბენები და კარბოიდები პრაქტიკულად არ შედიან ნავთობისა და ბიტუმის შედგენილობაში, ისინი შედიან ბუნებრივი ასფალტების შედგენილობაში.

თანამედროვე წარმოდგენებით, ასფალტენები კეროგენის ნარჩენებია, რომლებიც არ გარდაიქმნება ნავთობად. (კეროგენი - ორგანული მოლეკულების დანალექ ქანებად გარდაქმნის პროდუქტებია).

ასფალტენები - მოშავო-მოყავისფრო ფერის ამორფული მყარი ნივთიერებებია. გაცხელებისას ისინი არ ლღვებიან, 300°C-ზე გადადიან პლასტიკურ მდგომარეობაში, უფრო მაღალ ტემპერატურაზე იშლებიან აირადი და თხევადი ნივთიერებების და მყარი ნარჩენის - კოქსის წარმოქმნით.

ასფალტენების საშუალო მოლეკულური მასა 5000-6000 მაე-ს შეადგენს. საერთოდ კი მათი მოლეკულური მასა 2000-დან 14000 მაე-ის ტოლია, რაც აიხსნება ასფალტენების მოლეკულების ასოციაციით. ელემენტური შედგენილობით ასფალტენები ნეიტრალური ფისებისაგან განსხვავდებიან წყალბადის ნაკლები შემცველობით (1-2%-ით) და შესაბამისად ნახშირბადისა და ჰეტეროატომების მაღალი შემცველობით. ასფალტენები იხსნებიან ბენზოლში, გოგირდნახშირბადში, ქლოროფორმში, ოთხქლორთან ნახშირბადში, მაღალმოლეკულურ არომატულ ნახშირწყალბადებსა და ფისებში, მაგრამ არ იხსნებიან მსუბუქ ბენზინში, სპირტსა და ეთილეთერში. ასფალტენები ბენზოლის, ფისების და ა.შ. მიმართ წარმოადგენენ ლიოფილურ კოლოიდებს, მსუბუქი ბენზინის და სპირტის მიმართ კი ლიოფობულ კოლოიდებს. ამიტომ ისინი კარგად იხსნებიან პირველი ჯგუფის ნივთიერებებში, და ხსნარებიდან გამოილექებიან მეორე ჯგუფის ნივთიერებებით. აქედან გამომდინარეობს, რომ ასფალტენები ნავთობებში იმყოფებიან კოლოიდური სისტემების სახით.

აღმოჩნდა, რომ გუდრონსა და ბიტუმებში შემავალი ასფალტენები ქიმიურად ნაკლებად აქტიური და თერმულად მდგრადი სისტემებია. თვით ასფალტენები ადვილად წარმოიქმნება ჰაერის ჟანგბადით გუდრონის დაჟანგვის შედეგად 180-280°C-ზე. ამ დროს მიმდინარეობს ზეთებისა და ფისების ჟანგვითი დეჰიდრირება.

ნავთობიდან გამოყოფილი ასფალტენები შედარებით მაღალი რეაქციისუნარიანობით გამოირჩევიან, ადვილად იჟანგებიან, ჰიდრირდებიან, შედიან ჰალოგენირების, ქლორმეთილირების რეაქციებში, ასევე რეაქციაში PCl₅-თან, ფორმალდეჰიდთან, რის შედეგად მიიღება ფისები და ზეთები. აღნიშნული რეაქციების საფუძველზე ასფალტენებიდან შესაძლებელია სორბენტების, იონგაცვლითი ნივთიერებებისა და სხვა პროდუქტების მიღება, მაგრამ ასფალტენების ამ თვისებებმა ჯერჯერობით არ მოიპოვა სამრეწველო გამოყენება.

ყველა ფისოვანი ნივთიერება და განსაკუთრებით ასფალტენები, კარბენები და კარბოიდები უარყოფით გავლენას ახდენენ საცხი ზეთების თვისებებზე. ისინი აუარესებენ ზეთების ფერს, ზრდიან ნაძვის წარმოქმნას, ამცირებენ საცხუნარიანობას და ა.შ. ამიტომ ზეთოვანი დისტილატების გაწმენდის დროს ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა ასფალტ-ფისოვანი ნივთიერებების მოცილება. ამასთან ერთად ფისოვანი ნივთიერებები ტექნიკურად ძვირფასი თვისებებით ხასიათდებიან. ისინი შედიან ნავთობური ბიტუმების შედგენილობაში და მათ ანიჭებენ ისეთ თვისებებს, რომლებიც იძლევა ნარჩენი პროდუქტების გამოყენების საშუალებას სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში. მათი გამოყენების მთავარი მიმართულებებია: საგზაო საფარის, ჰოდროსაიზოლაციო მასალების, გადასახურავი მასალების წარმოება.

12.6. ნავთობის მინერალური კომპონენტები

ნავთობის მინერალურ კომპონენტებს მიეკუთვნება ნავთობში შემავალი მარილები, ლითონური კომპლექსები, ასევე კოლოიდურ-დისპერგირებული მინერალური ნივთიერებები. ამ ნივთიერებების შედგენილობაში შემავალ ელემენტებს ხშირად უწოდებენ მიკროელემენტებს, მათი რაოდენობა მერყეობს 10⁻⁸-10⁻² % ფარგლებში.

ამჟამად სხვადასხვა სახადოს ნავთობებში აღმოჩენილია 30-ზე მეტი ელემენტი - მეტალები და დაახლოებით 20 ელემენტი - არამეტალი.

ნავთობის შედგენილობაში შედის: ტუტე და ტუტემიწათა (Li, Na, K, Ba, Ca, Sr, Mg), სპილენძის ქვეჯგუფის (Cu, Ag, Au), თუთიის ქვეჯგუფის (Zn, Cd, Hg), ბორის ქვეჯგუფის (B, Al, Ga, In, Tl), ვანადიუმის ქვეჯგუფის (V, Nb, Ta) ლითონები;

ცვალებადი ვალენტობის მრავალი ლითონი (Ni, Fe, Mo, Co, W, Cr, Mn, Sn და სხვ.); ასევე ზოგიერთი არალითონი: S, P, As, Cl, Br, J და სხვ.

შიგამოლეკულური კომპლექსები შედარებით კარგად არის შესწავლილი ვანადილისა და ნიკელის პორფირინული კომპლექსების მაგალითზე. გარდა პორფირინული ნაერთებისა ნავთობში აღმოჩენილია პსევდოპორფირინული და სხვა უფრო რთული შიგამოლეკულური კომპლექსები, სადაც კომპლექსწარმოქმნაში აზოტთან ერთად სხვადასხვა შეფარდებით მონაწილეობს ჟანგბადისა და გოგირდის ატომები.

ლითონების ძირითადი ნაწილი იმყოფება ფისოვან-ასფალტენურ ნივთიერებებში. ვანადიუმი მთლიანად შედის ფისოვან - ასფალტენურ ნივთიერებებში, ზეთოვანი ფრაქციების შედგენილობაში კი საერთოდ არ შედის. ნიკელი ასევე შედის ნავთობის მაღალმოლეკულურ ფრაქციებში, მაგრამ მცირე რაოდენობითაა მძიმე ნავთობური ნარჩენების ზეთოვან ნაწილში.

ნავთობის შედგენილობაში ვანადიუმი და ნიკელი უფრო მაღალი კონცენტრაციით შედის, ვიდრე სხვა ელემენტები. ჩვეულებრივ, გოგირდოვანი ნავთობი შეიცავს უფრო მეტ ვანადიუმს, მცირეგოგირდოვანი (აზოტის მაღალი შემცველობით) ნავთობი კი - ნიკელს.

ვანადიუმი ყველაზე აგრესიულ კომპონენტს წარმოადგენს. გოგირდოვან ნაერთებთან ერთად, ვანადიუმის ნაერთები, წარმოქმნიან მჭიდრო დანალექებს, რომლებიც იწვევენ ლითონის კოროზიას.

ყველა მიკროელემენტის ძირითადი ნაწილი თავმოყრილია ნავთობების მაღალ-მდულარე ფრაქციებში.

მიუხედავად მცირე შემცველობისა, მიკროელემენტები დიდ გავლენას ახდენენ ნავთობის გადამუშავების პროცესებსა და ნავთობპროდუქტების შემდგომ გამოყენებაზე. მიკროელემენტების ძირითადი ნაწილი წარმოადგენს კატალიზურ შხამებს, რომლებიც ახდენენ სამრეწველო კატალიზატორების სწრაფ დეზაქტივირებას. ამიტომ ტექნოლოგიური პროცესების სწორი წარმართვა და კატალიზატორის ტიპის შერჩევა მოითხოვს მიკროელემენტების რაოდენობისა და შედგენილობის შესწავლას. მათი ძირითადი ნაწილი მოთავსებულია ფისოვან ნარჩენებში, ამიტომ მაზუთების წვის შედეგად წარმოქმნილი ვანადიუმის ოქსიდი ახდენს საწვავი აპარატურის ძლიერ კოროზიას და წამლავს გარემოს.

თავი 13. ნავთობის გადამუშავება

13.1. ნავთობის, გაზისა და წყლის სარეწაო შეკრება და მომზადება გადასამუშავებლად

ჭაბურღილებიდან მიღებულ ნავთობს ეწოდება ნედლი. სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში გამოიყენება როგორც ნედლი, ასევე მისი გადამუშავების შედეგად მიღებული სხვადასხვა პროდუქტი.

ნედლი ნავთობი, გარდა მასში გახსნილი აირებისა, მცირე რაოდენობით შეიცავს მინარევებს - სილას, თიხის ნაწილაკებს, მარილების კრისტალებსა და წყალს. გადასამუშავებლად მიწოდებულ ნავთობში წყლის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,3%.

თანმხლები აირების, მექანიკური მინარევების, წყლისა და მარილების მოცილების მიზნით, ნავთობს ამზადებენ ორ ეტაპად - სარეწაოებში და ნავთობგადამამუშავებელ ქარხანაში.

ნავთობში მექანიკური მინარევების არსებობა ართულებს მის ტრანსპორტირებას მილსადენებში, იწვევს მილსადენებისა და მოწყობილობების ცვეთას, ხელს უწყობს მტკიცე ემულსიების წარმოქმნას, რაც საბოლოოდ ამცირებს თბოგადაცემის კოეფიციენტს და ნავთობის გამოხდის ნარჩენებში (მაზუთსა და გუდრონში) ზრდის ნაცრიანობას. ამასთან ერთად, ნავთობის მოპოვებისა და ტრანსპორტირების პროცესში ეს

მინარევეები იწვევენ ნავთობის მსუბუქი კომპონენტების (მეთანის, ეთანის, პროპანის და ა.შ. ბენზინის ფრაქციების ჩათვლით) მნიშვნელოვან დანაკარგებს.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, გაუმარილების, გაუწყლოებისა და დეგაზაციის მიზნით, მაგისტრალურ ნავთობსადენებში მიწოდების წინ ნავთობმა უნდა განიცადოს სპეციალური მომზადება.

მსუბუქი კომპონენტების დანაკარგების შემცირების მიზნით ახდენენ ნავთობის სტაბილიზაციას, ასევე გამოიყენება ნავთობის შენახვის სპეციალური ჰერმეტიკული რეზერვუარები. წყლისა და მყარი ნაწილაკების ძირითადი ნაწილი ნავთობს სცილდება რეზერვუარებში დაყოვნებით სიცივეზე ან გაცხელებით. ნავთობის საბოლოო გაუწყლობა და გაუმარილება მიმდინარეობს სპეციალურ დანადგარებზე.

მაგრამ ნავთობი და წყალი ხშირად წარმოქმნის ძნელად გამყოფ ემულსიას, რაც ანელებს და აფერხებს ნავთობის გაუწყლობას. არსებობს ორი ტიპის ნავთობური ემულსია: ნავთობი წყალში, ან ჰიდროფილური ემულსია, და წყალი ნავთობში, ან ჰიდროფობული ემულსია. უფრო ხშირად წარმოიქმნება ნავთობური ემულსიის ჰიდროფობული ტიპი. მტკიცე ემულსიის წარმოქმნას წინ უსწრებს გამყოფ ფაზათა ზედაპირზე ზედაპირული დაჭიმულობის შემცირება და დისპერსული ფაზის ნაწილაკების ირგვლივ მტკიცე ადსორბციული შრის შექმნა.

ასეთ შრეს წარმოქმნის მესამე ნივთიერებები - ემულგატორები. ჰიდროფილურ ემულგატორებს მიეკუთვნება ტუტე საპნები, ჟელატინი, სახამებელი. ჰიდროფობულს - ნავთობპროდუქტებში ხსნადი ორგანული მჟავების ტუტემიწათა მარილები, ფისები, ჭვარტლის, თიხის, ლითონების ოქსიდების წვრილადდისპერსული ნაწილაკები და ა.შ.

არსებობს ნავთობური ემულსიის დაშლის სამი ტიპი:

-*მექანიკური*: დაწვდომა - გამოიყენება ადვილად გამყოფი ემულსიების დასაყოფად. წყლისა და ნავთობის დაყოფას საფუძვლად უდევს ემულსიის კომპონენტების სხვადასხვა სიმკვრივე. პროცესი ჩქარდება ემულსიის გაცხელებით 2-3 საათის განმავლობაში 120-160°C-ზე 8-15 ატმოსფერო წნევის ქვეშ. ემულსიის დაშლის მექანიკურ მეთოდს მიეკუთვნება ასევე ცენტრიფუგირება - ნავთობის მექანიკური მინარევეების მოცილება ცენტრიდანული ძალის გამოყენებით. ეს ხერხი იშვიათად გამოიყენება მრეწველობაში.

-*ქიმიური*: ემულსიების დაშლა მიმდინარეობს ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებების - დეემულგატორების გამოყენებით. ქიმიური მეთოდი, ელექტრულ მეთოდთან ერთად, უფრო ხშირად გამოიყენება.

-*ელექტრული*: ნავთობური ემულსიების ცვლად ელექტრულ ველში მოხვედრის დროს, წყლის ნაწილაკები იწყებენ რხევებს, ეჯახებიან ერთმანეთს, რაც საბოლოოდ იწვევს მათ შეერთებას, გამსხვილებას და ნავთობიდან გამოყოფას. დანადგარებს, სადაც ხდება ნავთობიდან წყლის მოცილება, ელექტროდეჰიდრატორები ეწოდება.

13.2. ნავთობის დახარისხება და შერევა

სხვადასხვა ნავთობი და მისგან გამოყოფილი ფრაქციები ერთმანეთისგან განსვავდებიან ფიზიკო-ქიმიური და სასაქონლო თვისებებით. ასე, მაგალითად, ზოგიერთი ნავთობის ბენზინის ფრაქციებში მაღალია არომატული, ნაფტენური ან იზოპარაფინული ნახშირწყალბადების შემცველობა, ამიტომ მათ აქვს მაღალი ოქტანური რიცხვი, მაშინ, როდესაც სხვა ნავთობის ბენზინის ფრაქციებში მაღალია პარაფინული ნახშირწყალბადების შემცველობა და შესაბამისად დაბალია მათი ოქტანური რიცხვები. ამიტომ გადამუშავებამდე სარეწაოებში ახდენენ მსგავსი ფიზიკო-ქიმიური და სასაქონლო თვისებების მქონე ნავთობის შერევას.

13.3. ნავთობის გადამუშავების მიმართულების შერჩევა

ნავთობის გადამუშავების მიმართულება და მისაღები ნავთობპროდუქტის ასორტიმენტი განისაზღვრება ნავთობის ფიზიკო-ქიმიური თვისებებით, ნავთობგადამამუშავებელ ქარხნებში არსებული ტექნოლოგიებით და სასაქონლო პროდუქტებზე მოთხოვნილებით.

ნედლი ნავთობის გადამუშავება, ძირითადად, სამი მიმართულებით მიმდინარეობს: *საწვავი, საწვავ-ზეთოვანი და ნავთობქიმიური*.

საწვავი მიმართულებით ნედლი ნავთობი გადამუშავდება, ძირითადად, ძრავისა და საქვაბე საწვავებად. გადამუშავების საწვავი მიმართულება განსხვავდება მონაწილე ტექნოლოგიური დანადგარების სიმცირით და მცირე დანახარჯებით. განასხვავებენ ღრმა და არაღრმა საწვავ გადამუშავებას. ნავთობის არაღრმა გადამუშავება ხასიათდება საქვაბე საწვავის მიღების მაღალი გამოსავალით.

ნავთობის ღრმა გადამუშავების დროს ცდილობენ მაქსიმალური რაოდენობით მიიღონ მაღალხარისხიანი საავტომობილო ბენზინები, ზამთრისა და ზაფხულის დიზელის საწვავები და ასევე საწვავები რეაქტიული ძრავებისათვის. საქვაბე საწვავების გამოსავალი ამ შემთხვევაში დაიყვანება მინიმუმამდე. ამრიგად, ნავთობის მეორადი გადამუშავება ითვალისწინებს პროცესების ისეთი ერთობლიობას, რომელშიც მძიმე ნავთობური ფრაქციებისა და ნარჩენებისაგან ლებულობენ მსუბუქ მაღალხარისხიან ძრავის საწვავებს. ამ პროცესებს მიეკუთვნება კატალიზური პროცესები - კატალიზური კრეკინგი, კატალიზური რიფორმინგი, ჰიდროკრეკინგი და ჰიდროგაწმენდა, ასევე თერმული პროცესები, მაგალითად თერმული კრეკინგი, დაკოქსვა და პიროლიზი. საქარხნო აირების გადამუშავება ამ შემთხვევაში მიმართულია მაღალხარისხიანი ბენზინების გამოსავლიანობის გაზრდაზე.

ნედლი ნავთობის გადამუშავების *საწვავ-ზეთოვანი* მიმართულება, ძრავის საწვავებთან ერთად, ითვალისწინებს სხვადასხვა ტიპის საცხი ზეთების მიღებას. საცხი ზეთების წარმოებისათვის შეარჩევენ მაღალი ზეთოვანი ფრაქციების მქონე ნავთობს. ამ შემთხვევაში მაღალხარისხიანი ზეთების გამომუშავებისათვის საჭიროა ტექნოლოგიური დანადგარების მინიმალური რაოდენობა. ნავთობიდან გამოყოფილ ზეთოვან ფრაქციებს (350°C-ის ზემოთ მდუღარე ფრაქციებს), ფისოვანი ნაერთების და დაბალინდექსიანი ნახშირწყალბადების მოცილების მიზნით, ასუფთავებენ შერჩევითი გამხსნელებით: ფენოლით ან ფურფუროლით. შემდეგ, გამყარების ტემპერატურის შემცირების მიზნით, ახდენენ ზეთების დეპარაფინიზაციას მეთილეთილკეტონის ან აცეტონის ტოლუოლთან ნარევის გამოყენებით. ზეთოვანი ფრაქციების დამუშავება მთავრდება საბოლოო გაწმენდით მათეთრებელი თიხებით.

ზეთების მიღების უკანასკნელი ტექნოლოგიები, სელექციური გაწმენდისა და მათეთრებელი თიხების მაგივრად, ითვალისწინებენ ჰიდროგაწმენდის პროცესებს. ასეთი ხერხით ლებულობენ დისტილატურ ზეთებს (მსუბუქ და საშუალო ინდუსტრიულ, ავტოტრაქტორულ და სხვ.). ნარჩენ ზეთებს (ავიაციურ, ცილინდრულ) გამოყოფენ გუდრონის დეასფალტიზაციით. ამ დროს მიიღება დეასფალტიზატი და ასფალტი. დეასფალტიზატი განიცდის შემდგომ დამუშავებას, ასფალტი კი გადამუშავდება ბიტუმიად ან კოქსად.

წინა ვარიანტებთან შედარებით, ნავთობის გადამუშავების *ნავთობქიმიური* მიმართულება ხასიათდება ნავთობქიმიური პროდუქტის ფართო ასორტიმენტით, შესაბამისად ტექნოლოგიური დანადგარების მაქსიმალური რაოდენობით და მაღალი კაპიტალდაბანდებებით. უკანასკნელ დროს ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნები მიმართულია ნავთობქიმიურ გადამუშავებაზე. ნავთობის გადამუშავების ნავთობქიმიური ვარიანტი წარმოადგენს წარმოებების რთულ ერთობლიობას, რომელშიც, გარდა მაღალხარისხიანი ძრავის საწვავებისა და ზეთებისა, ამზადებენ ნედელს (ოლეფინებს, არომატულ, ნორმალურ და იზოპარაფინულ ნახშირწყალბადებს და სხვ.) მძიმე ორგა-

ნული სინთეზისათვის და ასევე ტარდება ურთულესი ფიზიკო-ქიმიური პროცესები, რომლებიც დაკავშირებულია აზოტოვანი სასუქების, სინთეზური კაუჩუკის, პლასტმასების, სინთეზური ბოჭკოების, სარეცხი საშუალებების, ცხიმოვანი მჟავების, ფენოლის, აცეტონის, სპირტების, ეთერებისა და მრავალი სხვა ქიმიური ნაერთების წარმოებასთან.

13.4. ნავთობგადამამუშავებელი წარმოების არსი.

ნავთობის გადამამუშავების პროცესი შეიძლება დავეყოს სამ ძირითად ეტაპად:

1. ნავთობური ნედლეულის დაყოფა ფრაქციებად, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან დუდილის ტემპერატურების ინტერვალებით (ნავთობის პირველადი გამოხდა).

2. ნავთობის მეორადი გადამამუშავება, რომელსაც თან ახლავს ნახშირწყალბადების თერმოკატალიზური დესტრუქცია.

3. კომპონენტების შერევა, საჭიროების შემთხვევაში, სხვადასხვა მისართების შეყვანა, საჭირო ხარისხის მაჩვენებლების მქონე სასაქონლო ნავთობპროდუქტების მიღება (სასაქონლო წარმოება).

13.5. ნავთობის პირველადი გადამამუშავება

ნავთობის გადამამუშავება იწყება პირველადი გამოხდით. პირველადი გამოხდის დროს ნავთობი განიცდის მხოლოდ ფიზიკურ გარდაქმნას. მას სცილდება მსუბუქი ფრაქციები და სხვადასხვა სიდიდის ნახშირწყალბადების მქონე ფრაქციები. ნავთობის პირველად გამოხდას მიეკუთვნება *ნავთობის ატმოსფერული გამოხდა* და *მაზუთის ვაკუუმური გამოხდა*. მათი დანიშნულებაა - ნავთობის დაყოფა ფრაქციებად სასაქონლო ნავთობპროდუქტების მიღებისა ან შემდგომი გადამამუშავების მიზნით. თხევად ნახშირწყალბადებს აქვთ დუდილის სხვადასხვა ტემპერატურა. ამ თვისებაზეა დამყარებული გამოხდა. ნავთობის ატმოსფერული გამოხდის დროს იხდება ნათელი ფრაქცია.

ვაკუუმური გამოხდა - მაზუთიდან ისეთი ფრაქციების მიღების პროცესია, რომელიც გამოიყენება ძრავის საწვავების, ზეთების, პარაფინებისა და ცერეზინების, ასევე ნავთობგადამამუშავების და ნავთობსინთეზის სხვა პროდუქტების მისაღებად. ვაკუუმური გამოხდის შედეგად მიიღება მძიმე ნარჩენი, რომელსაც გუდრონი ეწოდება.

თავი 14. ნავთობის მეორადი გადამამუშავება

14.1. ნავთობის გადამამუშავების თერმული პროცესები.

ზოგადი ცნობები

მაღალი ტემპერატურების პირობებში ბმები ნახშირწყალბადების მოლეკულებსა და ატომებს შორის სუსტდება, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მათი გახლეჩა და მაშინ წარმოიქმნება ახალი ნაერთები. ამ პროცესს ეწოდება *თერმული*.

ნავთობგადამამუშავებელ მრეწველობაში გამოიყენება შემდეგი თერმული პროცესები: თერმული კრეკინგი, დაკოქსვა და პიროლიზი.

კრეკინგი არის მეთოდი, რომლის საშუალებითაც დიდი ზომის მოლეკულების მქონე ნაერთები გარდაიქმნება მცირე ზომის მოლეკულების მქონე ნაერთებად, რომლებიც უფრო გამოსადეგია, რადგან საწვავად ან ქიმიურ მრეწველობაში იხმარება.

ბენზინზე მზარდი მოთხოვნილების გამო დაისვა მისი დამატებითი მიღების საკითხი, რომელიც გადაწყდა ნავთობის მეორადი გადამუშავებით. ეს უკანასკნელი გულისხმობს ნავთობპროდუქტების კრეკინგს.

კრეკინგი (ინგლ. craching, გახლეჩა) ნავთობისა და მისი ფრაქციების მაღალტემპერატურული გადამუშავების პროცესია, რომელიც მიზნად ისახავს ნაკლები მოლეკულური მასის მქონე პროდუქტების, - ძრავის საწვავების, საცხი ზეთებისა და სხვა ქიმიური და ნავთობქიმიური ნედლეულის მიღებას. კრეკინგის დროს მიმდინარეობს C-C ბმების გახლეჩა და რადიკალების, ან კარბანიონების წარმოქმნა. C-C ბმების გახლეჩასთან ერთად მიმდინარეობს საწყისი ნივთიერებებისა ან შუალედური პროდუქტების დეჰიდრირება, იზომერიზაცია, პოლიმერიზაცია და კონდენსაცია.

არსებობს კრეკინგის ორი სახე: თერმული და კატალიზური.

თერმული კრეკინგის დროს ნახშირწყალბადების დაშლა მიმდინარეობს შედარებით მაღალ ტემპერატურაზე (470 - 550°C) რამდენიმე მეგაპასკალი წნევის პირობებში.

კატალიზური კრეკინგის ატარებენ შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე (450 - 500°C) ალუმინსილიკატების, როგორც კატალიზატორების, თანაობისას. თერმულ კრეკინგთან შედარებით, კატალიზური კრეკინგი უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, რასაც თან სდევს კრეკინგის პროდუქტების იზომერიზაცია და ალკანების შემცირება. განშტოებული ნახშირწყალბადების წარმოქმნა ზრდის ბენზინის დეტონაციურ მდგრადობას, ხოლო ალკანების შემცირება იწვევს შენახვისას ბენზინის სტაბილურობის გაზრდას.

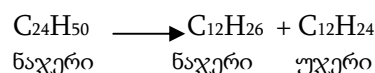
ნავთობური ნარჩენების *დაკოქსვას* ატარებენ 445-460°C-დან 485-540°C ტემპერატურების პირობებში. ნედლეულის ხარისხის, პროცესის ტიპისა და ტექნოლოგიური რეჟიმის მიხედვით საწყისი ნედლეულიდან ღებულობენ 15-38% სასაქონლო კოქსს, 49-77,5% თხევად პროდუქტებს და 5-12% გაზს, C₄-ის ჩათვლით.

აირადი ალკანების მისაღებად კრეკინგს ახორციელებენ 650-750°C ტემპერატურაზე, რასაც *პიროლოზი* ეწოდება. პიროლოზის ძირითადი დანიშნულებაა ეთილენისა და პროპილენის მიღება.

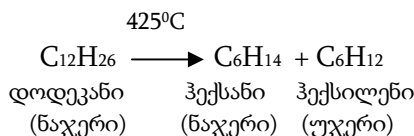
14.2. ნახშირწყალბადების თერმული გარდაქმნები

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ თერმული კრეკინგის დროს, ძირითადად, მიმდინარეობს დაშლის რეაქციები. ამ დროს უფრო ადვილად განიცდიან კრეკინგს პარაფინული ნახშირწყალბადები, შემდეგ ნაფტენური, და ბოლოს, უფრო მტკიცე არომატული ნახშირწყალბადები. თითოეულ ჰომოლოგიურ მწკრივში უფრო ადვილად განიცდიან კრეკინგს მაღალმოლეკულური ნახშირწყალბადები. ამრიგად, ნავთობური პროდუქტების უფრო მძიმე ფრაქციები ნაკლებად სტაბილურია და მსუბუქ ფრაქციებთან შედარებით უფრო ადვილად განიცდიან კრეკინგს. ქვემოთ მოყვანილია ძირითადი ნახშირწყალბადების კრეკინგის პროცესის ქიმიზმი და მექანიზმი.

პარაფინული ნახშირწყალბადები. ტექნიკური პარაფინის (ძირითადად, C₂₄H₅₀, C₂₅H₅₂ და C₂₆H₅₄ შედგენილობის) კრეკინგის დროს წარმოიქმნება პარაფინული ნახშირწყალბადები და ოლეფინები 12, 13 და 14 ნახშირბად ატომით, ე.ი. საწყისი პარაფინის დაახლოებით ნახევარი ნახშირბად ატომით. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ მაღალმოლეკულური პარაფინების კრეკინგის დროს C - C ბმების გახლეჩა მიმდინარეობს მოლეკულის შუა ნაწილში:



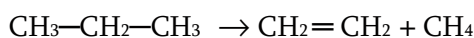
კრეკინგის შედეგად ახლადწარმოქმნილი პარაფინული ნახშირწყალბადები, თავის მხრივ, იშლება უფრო მარტივ მოლეკულებად და ასევე წარმოიქმნება ერთი მოლეკულა პარაფინული და ერთი მოლეკულა უჯერი ნახშირწყალბადი - ოლეფინი. მაგალითად:



500°C-ზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე უპირატესობა აქვს ნახშირწყალბადების დაშლას წყალბადის წარმოქმნით. ეს ხდება C-H ბმების გაწყვეტის შედეგად. კერძოდ, ჰექსანი გარდაიქმნება უჯერ ნახშირწყალბად - ჰექსილენად, და თავისუფალი სახით გამოიყოფა აირადი წყალბადი:



მიმდინარეობს ასევე ნახშირწყალბადების დაშლის რეაქცია მეთანის წარმოქმნით:



ამავე დროს კრეკინგის შედეგად წარმოქმნილი უჯერი ნახშირწყალბადები განიცდიან შემჭიდროების რეაქციებს - ისინი ერთმანეთს უერთდებიან პოლიმერების წარმოქმნით, ასევე უერთდებიან არომატულ ნახშირწყალბადებს და წარმოქმნიან კონდენსაციის პროდუქტებს.

თერმული ზემოქმედების დროს, კატალიზატორების თანაობისას, ძირითადად, მიმდინარეობს იზომერიზაციის რეაქციები - ნორმალური ალკანებიდან მიიღება მათი იზომერები.

ნორმალური აგებულების პარაფინულ ნახშირწყალბადებთან შედარებით, იზო-პარაფინული ნახშირწყალბადები თერმულად ნაკლებად მდგრადია.

უჯერი ნახშირწყალბადები. უჯერი ნახშირწყალბადები არ შედიან ნავთობის ფრაქციებში. ისინი წარმოიქმნება ალკანებისა და ციკლოალკანების დესტრუქციის დროს; მათი თერმული გარდაქმნები განსაზღვრავენ რეაქციის საბოლოო პროდუქტების შედგენილობას.

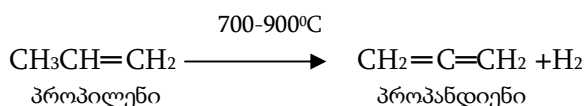
ოლეფინები ძირითადი უჯერი ნახშირწყალბადებია, რომლებიც წარმოიქმნება კრეკინგის პროდუქტებში. ისინი შედიან აირადი ოლეფინების - (ეთილენიდან C_2H_4 ბუთილენამდე C_4H_{10}) და თხევადი ოლეფინების (ამილენიდან C_5H_{10} პენტადეკანამდე $\text{C}_{15}\text{H}_{30}$) შედგენილობაში. ციკლური ოლეფინები და დიოლეფინები კრეკინგის დროს წარმოიქმნება შედარებით მცირე რაოდენობით.

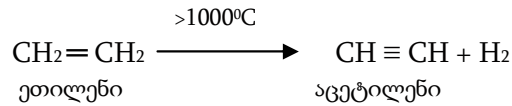
პარაფინულ ნახშირწყალბადებთან შედარებით, ოლეფინების კრეკინგის რეაქციები უფრო მრავალრიცხოვანია.

თერმული პროცესების პირობებში 450°C -550°C ტემპერატურაზე ალკენები იშლებიან და წარმოქმნიან უმდაბლეს ალკენებს, ალკადიენებს, ალკანებს, ასევე არენებს, უფრო მაღალ ტემპერატურაზე კი წარმოქმნიან აცეტილენს.

უმდაბლესი ალკენები (ეთილენი, პროპილენი) თერმული კრეკინგისა და პიროლიზის პირობებში განიცდიან შემდეგ გარდაქმნებს:

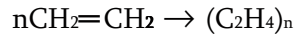
1. დეჰიდრირება



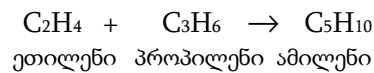


2. პოლიმერიზაცია.

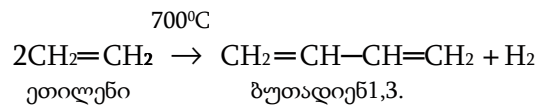
ატმოსფერულ წნევაზე რეაქცია თერმოდინამიკურად შესაძლებელია 500°C ტემპერატურაზე, წნევის ქვეშ კი უფრო მაღალ ტემპერატურებზე:



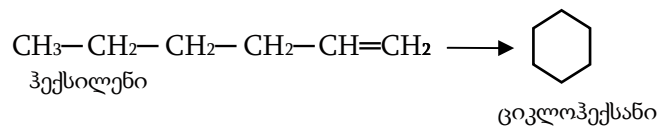
პოლიმერიზაცია შესაძლებელია ასევე ოლეფინების სხვადასხვა მოლეკულებს შორის.



3. დეჰიდროკონდენსაცია:



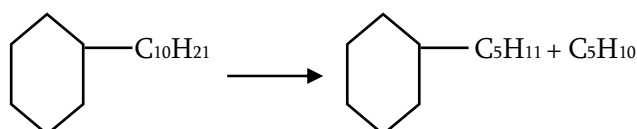
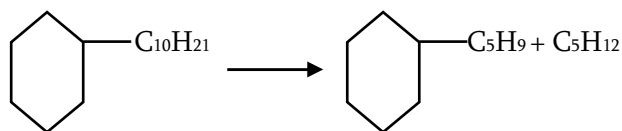
ოლეფინებს შეუძლია გარდაიქმნას ნაფტენებად:



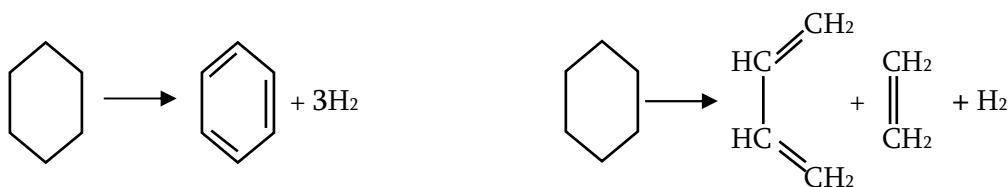
ციკლოალკანთა გარდაქმნები. ნავთობის შედგენილობაში შედიან ნაფტენური ნახშირწყალბადები, ძირითადად, ციკლოპენტანი, ციკლოჰექსანი და მათი ჰომოლოგები, ე.ი. ციკლოპენტანი და ციკლოჰექსანი პარაფინული გვერდითი ჯაჭვით.

ძირითად რეაქციებს, რომლებიც მიმდინარეობენ ნაფტენური ნახშირწყალბადების კრეკინგის დროს მიეკუთვნება დეალკილირება (პარაფინული გვერდითი ჯაჭვის გახლეჩა) და ექვსწევრა ნაფტენური ნახშირწყალბადების დეჰიდროგენიზაცია არომატული ნახშირწყალბადების მიღებით; ეს რეაქციები შეიძლება ერთდროულად მიმდინარეობდეს.

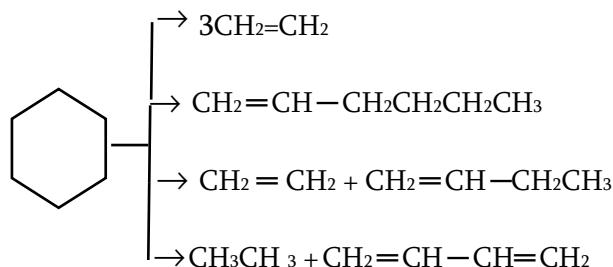
დეალკილირების რეაქციის დროს წარმოიქმნება დაბალმოლეკულური პარაფინი და ნაფტენი ოლეფინური გვერდითი ჯაჭვით, ან ოლეფინი და ნაფტენი პარაფინული გვერდითი ჯაჭვით:



უფრო მაღალ ტემპერატურებზე (575-650°C) მიმდინარეობს დეჰიდროგენიზაციის რეაქციები. ამ დროს ნაფტენური რგოლები განიცდიან ღრმა ცვლილებებს. რეაქციის შედეგად გამოიყოფა წყალბადი, წარმოიქმნება არომატული ნახშირწყალბადები, რგოლის გახლეჩის შედეგად წარმოიქმნება უჯერი ნახშირწყალბადები:



შიშველბირთვიანი ციკლოალკანები მაღალ ტემპერატურებზე იშლება შემდეგი მიმართულებით:

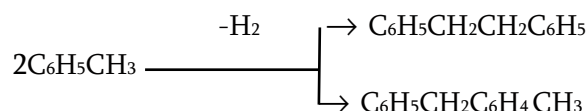


არომატული ნახშირწყალბადები. არომატული ნახშირწყალბადები, განსაკუთრებით ბენზოლი, ტოლუოლი და ქსილოლები, მაღალ ტემპერატურებზე უფრო მტკიცეა. ბენზოლი 600°C-ზე იშლება უმნიშვნელოდ. ნაფტალინი იწყებს დაშლას 750°C ტემპერატურაზე.

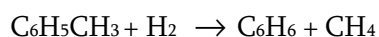
თერმული პროცესების პირობებში ბენზოლი განიცდის დეჰიდროკონდენსაციას დიფენილისა და წყალბადის წარმოქმნით:



ტოლუოლი, ისევე, როგორც ბენზოლი, განიცდის დეჰიდროკონდენსაციას:

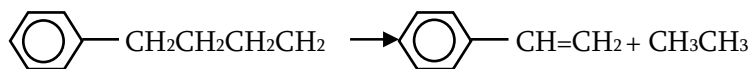


დეჰიდროკონდენსაციის დროს გამოყოფილი წყალბადის ხარჯზე მიმდინარეობს დემეთანიზაცია:



თუ არომატული ნახშირწყალბადი შეიცავს გვერდით ჯაჭვს, პირველ რიგში ის იშლება.

თერმული პროცესების პირობებში გრძელი გვერდითი ჯაჭვების მქონე არენების გადასვლა ალკილწარმოებულებში მიმდინარეობს ალკილური ჯაჭვების გახლეჩით:



ნახშირწყალბადების კრეკინგის შედეგად შეიძლება გავაკეთოდ შემდეგი დასკვნები:

1. პარაფინული მაღალმოლეკულური ნახშირწყალბადები გამოირჩევა დაბალი თერმული მდგრადობით - მათი დაშლა იწყება 400°C - 450°C ტემპერატურიდან. ნაფტენური ნახშირწყალბადები და არომატული ნახშირწყალბადები უფრო მტკიცეა.
 2. პარაფინული ნახშირწყალბადების და პარაფინული გვერდითი ჯაჭვების თერმომდგრადობა მცირდება ჯაჭვის სიგრძის ზრდასთან ერთად.
- პარაფინული ნახშირწყალბადებს შორის თერმულად ყველაზე მდგრადია მეთანი.

14.3. ნავთობის პიროლიზი

ნახშირწყალბადოვანი ნედლეულის პიროლიზი წარმოადგენს უმდაბლესი ოლეფინების - ეთილენისა და პროპილენის მიღების ძირითად ხერხს.

პიროლიზი მიეკუთვნება ნავთობის მეორადი გადამუშავების პროცესს. კრეკინგთან და დაკოქსვასთან შედარებით, ნავთობის პიროლიზს ატარებენ უფრო მაღალ ტემპერატურებზე (650 – 700°C) და უფრო დაბალ წნევაზე. ეს ხელს უწყობს აირის გამოსავალის გაზრდას და არომატული ნახშირწყალბადების - ბენზოლის, ტოლუოლის და სხვ. წარმოქმნას.

პიროლიზის ქიმიური რეაქციები იყოფა პირველად და მეორად რეაქციებად. პირველადს მიეკუთვნება პარაფინული და ნაფტენური ნახშირწყალბადების მოლეკულების გახლეჩის (კრეკინგის) რეაქციები, შედეგად წარმოიქმნება უფრო ნაკლები მოლეკულური მასის მქონე პარაფინებისა და ოლეფინების მოლეკულები. პირველადი რეაქციების პროდუქტებს მიეკუთვნება მეთანი, ეთანი, ეთილენი, პროპილენი, წყალბადი. ნაფტენების პიროლიზის დროს, გარდა ამისა, მიიღება დიოლეფინიც (მაგალითად, ბუთადიენი).

მეორადი რეაქციები - ძირითადად, კონდენსაციისა და პოლიმერიზაციის ტიპის გარდაქმნებია (უჯერი ნახშირწყალბადებიდან წარმოიქმნება დიოლეფინები, შემდეგ კი - არომატული ნახშირწყალბადები). კონდენსაციის, პოლიმერიზაციისა და არომატიზაციის თანმიმდევრულად მიმდინარე პროცესების შედეგად წარმოიქმნება ნახშირბადით გამდიდრებული ნაერთები (პიროლიზური კოქსი). ისევე, როგორც პირველადი, მეორადი რეაქციების დროს მიმდინარეობს დეჰიდრირების რეაქციები.

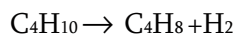
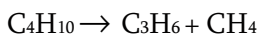
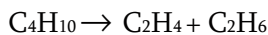
პიროლიზის რეაქციის დროს მიმდინარე ყველა რეაქციას აქვს თავისუფალ-რადიკალური და ჯაჭვური მექანიზმი. ქვემოთ მოყვანილია ნ-ჰექსანისა და ციკლოჰექსანის პიროლიზის დროს მიმდინარე რეაქციები:

1. ნ-ჰექსანის დაშლა. პირველადი რეაქციები:

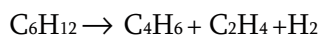




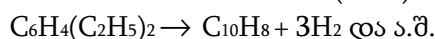
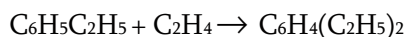
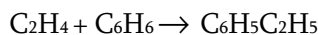
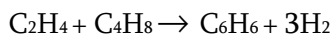
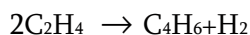
მიღებული ნაჯერი ნახშირწყალბადები შემდეგ ასევე იშლებიან:



2. ციკლოჰექსანის დაშლა. პირველადი რეაქციები:



მეორადი რეაქციები (საერთო ორივე საწყისი ნახშირწყალბადისათვის):



თავი 15. კატალიზური პროცესები ნავთობქიმიურ მრეწველობაში

ნავთობპროდუქტებზე მზარდმა მოთხოვნილებამ, ასევე ქიმიური და ნავთობქიმიური მრეწველობის მკვეთრმა განვითარებამ, გამოიწვია კატალიზური პროცესების ფართო დანერგვა.

კატალიზური პროცესები ნავთობგადამამუშავებელ მრეწველობაში გამოიყენება საწვავის, ასევე მაღალხარისხიანი ნავთობური ზეთებისა და პარაფინების მისაღებად.

კატალიზურ პროცესებს მიეკუთვნება: კატალიზური კრეკინგი, კატალიზური რიფორმინგი, ჰიდროკრეკინგი, ჰიდროგაწმენდა, ალკილირება, იზომერიზაცია.

კატალიზური პროცესების თავისებურებას წარმოადგენს კატალიზატორების გამოყენება, ე.ი. ისეთი ნივთიერებების, რომლებიც აჩქარებენ (ან ანელებენ) რეაქციის მსვლელობას.

15.1. კატალიზური პროცესების მოკლე დახასიათება

კატალიზური კრეკინგი წარმოადგენს მაღალმდულარე ნავთობური ფრაქციების გარდაქმნის პროცესს საავიაციო და საავტომობილო ბენზინების ბაზურ მაღალოქტანურ კომპონენტებად და საშუალო დისტილატებად.

კატალიზური რიფორმინგი - დაბალოქტანური ბენზინური ფრაქციებიდან მაღალოქტანური ბენზინების მიღების პროცესია. რიფორმინგი იძლევა არომატული

ნახშირწყალბადების (ბენზოლის, ტოლუოლის, ქსილოლების) მიღების საშუალებას, რომლებიც გამოიყენება ნავთობქიმიურ და ქიმიურ მრეწველობაში.

ნავთობური დისტილატების *ჰიდროგაწმენდის* ძირითადი მიზანია - გოგირდოვანი და სხვა მავნე მინარევების შემცირება.

ნავთობური დისტილატების ჰიდროგაწმენდისაგან განსხვავებით, *ჰიდროკრეკინგი* მიმდინარეობს მნიშვნელოვანი დესტრუქციით (დაშლით). ამ დროს მძიმე ნედლეულიდან მიიღება უფრო მსუბუქი ნედლეული. მაგალითად, ვაკუუმური დისტილატიდან შეიძლება საავტომობილო ბენზინის კომპონენტის, ნავთის, დიზელის საწვავის მიღება. ჰიდროკრეკინგით ასევე შეიძლება ნავთობის გადამუშავების ნარჩენი პროდუქტების გაუგოგირდოება ან მათგან ბენზინის, ნავთისა და დიზელის საწვავის მიღება.

ჰიდროკრეკინგის ნაირსახეობას წარმოადგენს ჰიდროიზომერიზაცია, რომელიც გვამძლევეს სპეციალურ საწვავებს და მაღალინდექსიან ზეთებს, ასევე შუალედურ პროდუქტებს ნავთობქიმიის სხვადასხვა პროცესისათვის.

პოლიმერიზაცია. საწყისი ნედლეულის, კატალიზატორისა და პროცესის რეჟიმის მიხედვით მისაღები პოლიმერიზატის რაოდენობა შეიძლება ფართო ზღვრებში შეიცვალოს; ასე, მაგალითად, პროპან-პროპილენის ფრაქციის გამოყენების დროს პოლიმერ-ბენზინის გამოსავალი შეადგენს 35%.

ალკილირება. ალკილირება წარმოადგენს პროცესს, რომლის დროსაც იზოპარაფინული ნახშირწყალბადი უერთება ოლეფინურს. ამ დროს წარმოიქმნება უფრო მაღალმდულარე იზოპარაფინული ნახშირწყალბადები, რომლებიც შეადგენენ საავიაციო და საავტომობილო ბენზინების მაღალოქტანურ კომპონენტებს. გამოიყენება ასევე ალკილირების სხვა სახეობები, მათ შორის არომატული ნახშირწყალბადების ალკილირება ოლეფინებით. (მაგალითად, ბენზოლის ალკილირება ეთილენით ეთილბენზოლის მიღებით).

იზომერიზაცია - დაბალოქტანური პარაფინული ნახშირწყალბადების, ძირითადად, C₅ და C₆ ან მათი ნარევების გარდაქმნის პროცესია უფრო მაღალი ოქტანური რიცხვის მქონე იზოპარაფინულ ნახშირწყალბადებად.

15.2. კატალიზური კრეკინგი

კატალიზური კრეკინგი - სხვადასხვა ნავთობური ფრაქციების დესტრუქციული გარდაქმნების პროცესია, რომლის დროსაც კატალიზატორების მოქმედებით მძიმე დისტილატური ნავთობური ფრაქციები გარდაიქმნება ძრავის საწვავად და ნედლეულად ნავთობქიმიისათვის. კატალიზური კრეკინგით ასევე ლებულობენ ტექნიკურ ნახშირბადასა და კოქსს.

კატალიზატორად კატალიზურ კრეკინგის პროცესში იყენებენ ალუმოსილიკატურ ნაერთებს. უკანასკნელ დროს ფართო გამოყენება მოიპოვა ცეოლითშემცველმა კატალიზატორებმა. კატალიზური კრეკინგის გამოყენებით ნებისმიერი ნავთობიდან შესაძლებელია მაქსიმალური რაოდენობით ნათელი ნავთობპროდუქტების მიღება.

15.3. კატალიზური კრეკინგის ძირითადი რეაქციები

კატალიზური კრეკინგის დროს მიმდინარეობს შემდეგი ძირითადი რეაქციები:

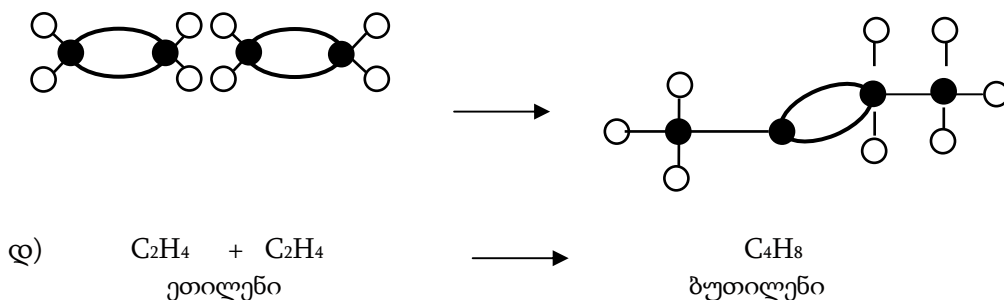
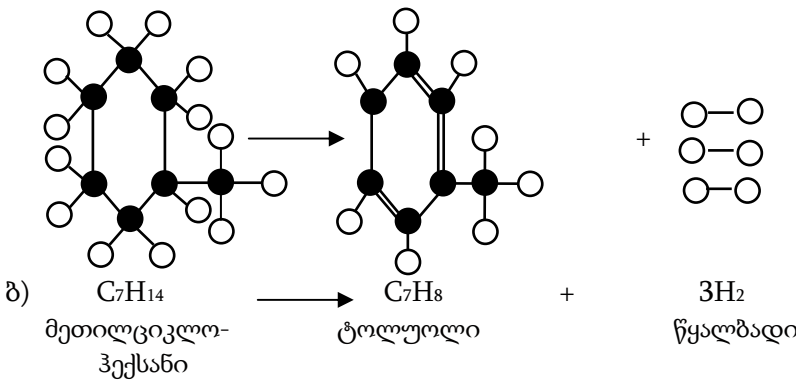
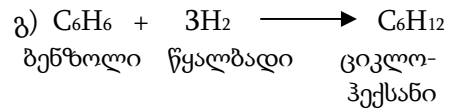
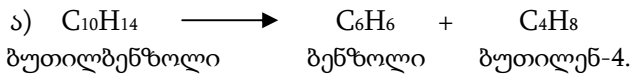
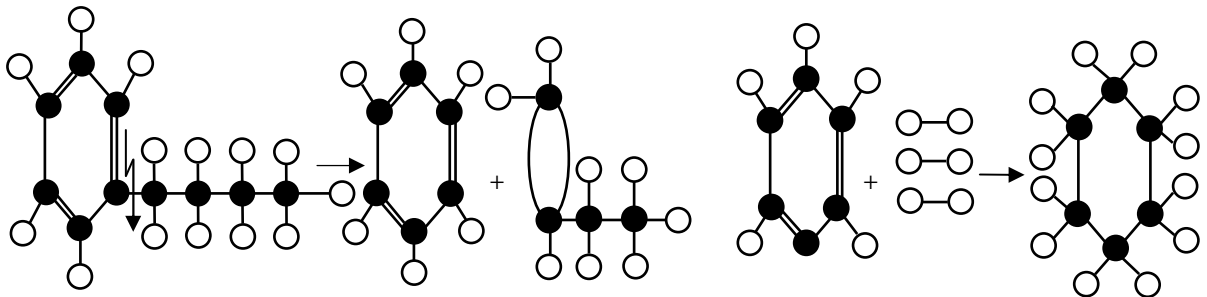
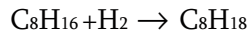
ნახშირწყალბადების გახლეჩა უფრო მსუბუქი მოლეკულების წარმოქმნით. მაგალითად, ნორმალური ბუთილბენზოლის მოლეკულას სცილდება გვერდითი ჯაჭვი (ნახ.15.1.ა) და წარმოიქმნება ბენზოლი და ბუთილენი. ცეტანის C₁₆H₃₄ მოლეკულის დაშლის შედეგად, სხვა ნახშირწყალბადებთან ერთად, წარმოიქმნება C₈H₁₈ და C₈H₁₆.

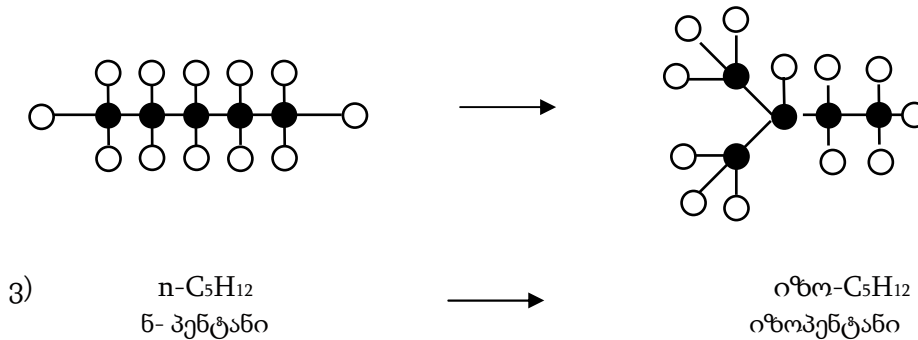
დეჰიდროგენიზაცია. ამ რეაქციებში ნახშირწყალბადების მოლეკულებს სცილდება მხოლოდ წყალბადის მოლეკულები. ამის მაგალითს წარმოადგენს ნაფტენური ნახშირწყალბადის - მეთილციკლოპროპანის C₇H₁₄ დეჰიდროციკლიზაციის კატალი-

ზური რეაქცია. რეაქციის შედეგად მეთილციკლოპექსანს სცილდება წყალბადის სამი მოლეკულა და წარმოიქმნება ტოლუოლის მოლეკულა (ნახ.15.1. ბ). კატალიზური კრეკინგის პროცესში დეჰიდროგენიზაციის დროს გამოყოფილი წყალბადის ერთი ნაწილი უერთდება ოლეფინურ ნახშირწყალბადებს, შედეგად კატალიზური კრეკინგის ბენზინებში მცირდება უჯერი ნახშირწყალბადების შემცველობა.

იზომერიზაცია. პარაფინული ნახშირწყალბადების იზომერიზაციას თან ახლავს ნორმალური აგებულების ნახშირწყალბადების გარდაქმნა განშტოებული აგებულების ნახშირწყალბადებად. ასე, მაგალითად გარკვეულ პირობებში ნორმალური პენტანიდან შესაძლებელია იზოპენტანის მიღება (ნახ.15.1.ვ). იზოპენტანი თვისებებით განსხვავდება ნორმალური პენტანისაგან, რაც აიხსნება მათი მოლეკულების სხვადასხვა აგებულებით.

ჰიდროგენიზაცია. ჰიდროგენიზაციის დროს უჯერ ნახშირწყალბადებს უერთდება წყალბადი და წარმოიქმნება ახალი, წყალბადით უფრო გაჯერებული ნაერთი. ამის მაგალითს შეიძლება წარმოადგენდეს შემდეგი რეაქცია: ოლეფინური ნახშირწყალბადი ოქტილენი წყალბადის მოლეკულის მიერთებით გარდაიქმნება ოქტანად:





ნახ. 15. 1. კატალიზური კრეკინგის ძირითადი რეაქციები:

ა - დაშლის; ბ - დეჰიდროგენიზაციის; გ - იზომერიზაციის; დ - ჰიდროგენიზაციის; ვ - პოლიმერიზაციის; (შავი ბურთულებით არნიშნულია ნახშირბადის ატომები, თეთრით - წყალბადის)

ჰიდროგენიზაციის რეაქცია დამახასიათებელია არა მხოლოდ ოლეფინებისათვის, არამედ სხვა ნახშირწყალბადებისათვის. მაგალითად, ბენზოლის ჰიდროგენიზაციის შედეგად მიიღება ციკლოჰექსანი (15.1.გ).

პოლიმერიზაცია. პოლიმერიზაციის დროს ორი ან რამდენიმე მოლეკულა უერთდება ერთმანეთს და წარმოიქმნება უფრო მსხვილი მოლეკულა. მაგალითად, ეთილენის პოლიმერიზაციის შედეგად C_2H_4 ორი მოლეკულა გვამლევს უფრო მაღალმდულარე ნახშირწყალბად - ბუთილენს - C_4H_8 (15.1.დ). პოლიმერიზაციის შედეგად აქროლადი ოლეფინური ნახშირწყალბადების - ეთილენის-, პროპილენის-, ბუთილენისაგან წარმოიქმნება უფრო მაღალი მოლეკულური მასების მქონე ნახშირწყალბადები.

პარაფინული ნახშირწყალბადების კატალიზური კრეკინგის შესწავლამ აჩვენა, რომ დაშლის სიჩქარე იზრდება მოლეკულური მასების ზრდასთან ერთად. კატალიზური კრეკინგისათვის დამახასიათებელ ტემპერატურაზე - $450\text{-}500\text{C}^\circ$ კატალიზატორები პრაქტიკულად არ მოქმედებენ მსუბუქ პარაფინულ ნახშირწყალბადებზე - პროპანსა და ბუთანზე, მაღალმდულარე პარაფინული ნახშირწყალბადები კი განიცდიან სიღრმისეულ გარდაქმნებს. ასე, მაგალითად, ცეტანის $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ კრეკინგის სიჩქარე, რომლის დუდილის ტემპერატურაა 287C° , დაახლოებით 13 ჯერ აღემატება ჰექსანის C_7H_{16} კრეკინგის სიჩქარეს, რომელიც დულს 98C° ტემპერატურაზე.

მაღალმდულარე პარაფინული ნახშირწყალბადების კატალიზური კრეკინგის თხევად პროდუქტებში მაღალია იზოაგებულების ალაკანების შემცველობა, რომლებიც ღირებულ კომპონენტებს წარმოადგენენ საავტომობილო და საავიაციო ბენზინებისათვის.

ნორმალური პარაფინების დაშლის შედეგად მიღებული ოლეფინები განიცდიან იზომერიზაციას, მათი ნაწილი იერთებს წყალბადს და გარდაიქმნება იზოპარაფინებად უფრო დაბალი მოლეკულური მასით, ვიდრე საწყისი პარაფინი. ოლეფინები უფრო ადვილად განიცდიან კატალიზურ კრეკინგს, ვიდრე პარაფინები. მათთვის დამახასიათებელია დაშლის, იზომერიზაციის, პოლიმერიზაციის და წყალბადის მიერთების რეაქციები. კრეკინგის დროს ასევე მიმდინარეობს რეაქციები, რომლებსაც თან ახლავს ოლეფინებიდან არომატული ნახშირწყალბადებისა და მაღალმდულარე ნაერთების მიღება.

ნაფტენური ნახშირწყალბადები, პარაფინულთან შედარებით, უფრო სწრაფად განიცდიან გარდაქმნას, და ამ შემთხვევაში მიიღება უფრო მეტი თხევადი პროდუქტი და ნაკლები გაზი. მიმდინარეობს ასევე ნაფტენების რგოლების გახლეჩა, შედეგად მიიღება აირები და იზომერიზაციის პროდუქტები.

არომატული ნახშირწყალბადების კრეკინგს თან ახლავს დეალკილირებისა და კონდენსაციის რეაქციები. ალკილარომატული ნახშირწყალბადების დეალკილირების დროს მიიღება პარაფინები, ოლეფინები და უფრო მოკლე გვერდითი ჯაჭვის მქონე ალკილარომატული ნახშირწყალბადები. ამ შემთხვევაში C-C ბმის გახლეჩა მიმდინარეობს უშუალოდ რგოლთან.

პარაფინული, ნაფტენური და არომატული ნახშირწყალბადების კრეკინგის შედეგად მიღებული ოლეფინების, ასევე თვით ოლეფინების კრეკინგი მიეკუთვნება მეორად რეაქციებს.

ოლეფინების პოლიმერიზაცია წარმოადგენს მნიშვნელოვან რეაქციას. კრეკინგთან ერთად ის განაპირობებს ოლეფინებისა და პარაფინების მიღებას. მაგრამ ღრმა პოლიმერიზაციის შედეგად მიიღება მძიმე პროდუქტები, რომლებიც ადსორბირდებიან კატალიზატორზე და წარმოქმნიან კოქსს და აირებს.

თერმულ კრეკინგთან შედარებით, კატალიზური კრეკინგის უპირატესობა მდგომარეობს მიღებული პროდუქტების მაღალ ღირებულებაში. თერმული კრეკინგის ბენზინებთან შედარებით, კატალიზური კრეკინგის ბენზინების ანტიდეტონაციური თვისებები უფრო მაღალია.

15.4. რიფორმინგი

რიფორმინგი - (ინგლის. reforming – გადაკეთება, გაუმჯობესება) ნავთობის ბენზინისა და ლიგროინის ფრაქციების გადამუშავების სამრეწველო პროცესია, რომელიც მიზნად ისახავს მაღალხარისხიანი ბენზინების და არომატული ნახშირწყალბადების მიღებას. სხვა ნახშირწყალბადებთან შედარებით არომატულ ნახშირწყალბადებს აქვთ უფრო მაღალი ოქტანური რიცხვი, ამიტომ თანამედროვე მაღალოქტანური ბენზინების წარმოებისათვის უფრო მიზანშეწონილია მათი გამოყენება. რიფორმინგის პროცესში წრფივი და აციკლური ნახშირწყალბადები გარდაიქმნიებიან ბენზოლისმაგვარ არომატულ ნახშირწყალბადებად. ნედლეულად რიფორმინგის პროცესში გამოიყენება ნავთობის ბენზინ-ლიგროინის ფრაქცია.

კატალიზური რიფორმინგის თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ ამ პროცესის შედეგად მიიღება წყალბადის ჭარბი რაოდენობა. ეს წყალბადი ბევრად უფრო იაფია, ვიდრე სპეციალურ დანადგარზე მიღებული წყალბადი. ამიტომ ჰიდროგაწმენდის პროცესში კატალიზური რიფორმინგის დროს მიღებული წყალბადის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამცირებს საექსპლუატაციო ხარჯებს ამ დანადგარებზე.

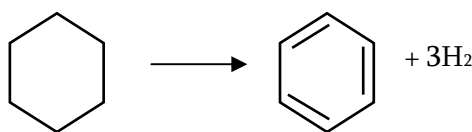
არსებობს ორი სახის რიფორმინგი - თერმული და კატალიზური. პირველ შემთხვევაში ნავთობის პირველადი გადამუშავების შესაბამისი ფრაქციები გადადიან მაღალ-ოქტანურ ბენზინში მხოლოდ მაღალი ტემპერატურების ზემოქმედებით; მეორე შემთხვევაში საწყისი პროდუქტის გარდაქმნა მიმდინარეობს ერთდროულად მაღალი ტემპერატურებისა და კატალიზატორების ზემოქმედებით.

რიფორმინგს ატარებენ 350-520°C ტემპერატურებზე სხვადასხვა კატალიზატორის თანაობისას: პლატინის და პოლიმეტალურის, რომლებიც შეიცავენ პლატინას, რენიუმს, ირიდიუმს, გერმანიუმსა და სხვ. კატალიზატორის დეზაქტივაციის აცილების მიზნით რიფორმინგს ახორციელებენ წყალბადის მაღალი წნევის პირობებში. ნავთობის ბენზინის ფრაქციების რიფორმინგის შედეგად მიიღება 80-85% ბენზინი, რომლის ოქტანური რიცხვი 90-95% და რომელიც შეიცავს 1-2% წყალბადს, დანარჩენი ნაწილი კი შეადგენს აირად ნახშირწყალბადებს.

ნავთობის ბენზინის ფრაქციების თვისებების გაუმჯობესების მიზნით ატარებენ კატალიზურ რიფორმინგს, რომელიც მიმდინარეობს კატალიზატორების - პლატინის ან პლატინისა და რენიუმის მონაწილეობით.

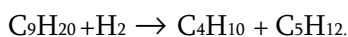
რეაქციებს, რომლებშიც კატალიზური რიფორმინგის დროს იზრდება ოქტანური რიცხვი მიეკუთვნება:

1. *ნაფტენური ნახშირწყალბადების დეჰიდრირების რეაქცია* (არომატიზაცია), რის შედეგად მიიღება არომატული ნახშირწყალბადები და გამოიყოფა წყალბადი. მაგალითად, ციკლოჰექსანი გარდაიქმნება ბენზოლად და წყალბადად:

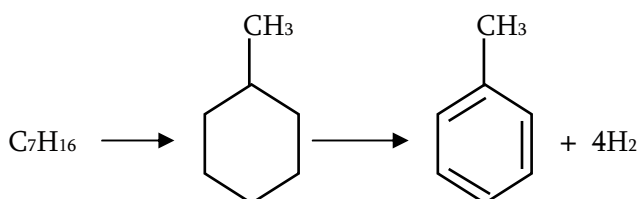


ნაფტენური ნახშირწყალბადების დეჰიდრირების რეაქციას მნიშვნელოვანი როლი აკისრია არომატული ნახშირწყალბადების წარმოქმნაში. უფრო სრულად და სწრაფად მიმდინარეობს ექვსწევრა ნაფტენური ნახშირწყალბადების დეჰიდრირება. ნაფტენური ნახშირწყალბადების მაღალი შემცველობა ნედლეულში კატალიზური რიფორმინგის პროდუქტებში (რიფორმატში) იწვევს არომატული ნახშირწყალბადების გამოსავალის მკვეთრ ზრდას.

1. *ჰიდროკრეკინგის რეაქციები*. ამ რეაქციებში მაღალმოლეკულური, განსაკუთრებით პარაფინული ნახშირწყალბადები, ურთიერთქმედებენ წყალბადთან, შედეგად მიიღება ორი ან რამდენიმე ნახშირწყალბადი. მაგალითად, ნონანი გარდაიქმნება ბუთანად და პენტანად:

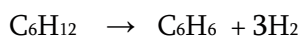


2. *პარაფინული ნახშირწყალბადების დეჰიდროციკლიზაციის (არომატიზაციის) რეაქციები*. პარაფინული ნახშირწყალბადების დეჰიდროციკლიზაციის რეაქციის დროს დასაწყისში მიმდინარეობს ციკლიზაციის რეაქცია, ე.ი. მიიღება ციკლური (ნაფტენური) ნახშირწყალბადები, რომლებიც შემდგომი დეჰიდრირებით გარდაიქმნებიან არომატულ ნახშირწყალბადებად. მაგალითად, ჰეპტანიდან ჯერ მიიღება მეთილციკლოჰექსანი, რომელიც შემდეგ განიცდის დეჰიდრირებას ტოლოლისა და წყალბადის წარმოქმნით:



დეჰიდროციკლიზაცია - რიფორმინგის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი რეაქციაა, რომელშიც ალკანები გარდაიქმნებიან არენებად.

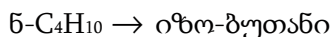
ანალოგიურად მიმდინარეობს ნ-ჰექსანის დეჰიდროციკლიზაციის რეაქცია ბენზოლისა და წყალბადის წარმოქმნით:



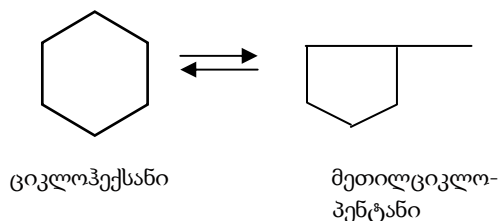
3. *იზომერიზაციის რეაქციები*. ნახშირწყალბადების იზომერიზაცია, ე.ი. წრფივი აგებულების პარაფინული ნახშირწყალბადების გარდაქმნა მათ განშტოებულ იზომერებად;

იზომერიზაციის შედეგად წარმოიქმნება მცირედ განშტოებული იზომერები, რომლებიც რიფორმინგის პირობებში თერმოსტაბილურია. ალკანების მოლეკულური

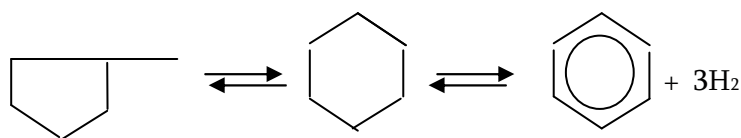
მასების ზრდასთან ერთად იზომერიზაციის სიჩქარე მატულობს. იზომერიზაციას უფრო ხშირად განიცდიან ალკანები - $n-C_4H_{10}$ და $n-C_5H_{12}$, ასევე ხუთ- და ექვსწევრა ნაფტენები:



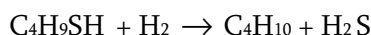
ექვსწევრა ციკლოალკანები რიფორმინგის დროს გარდაიქმნიებიან ხუთწევრიანად:



2. ხუთწევრა ციკლოალკანების დეჰიდროიზომერიზაცია.



გოგირდოვანი ნერთების ჰიდრირების რეაქციები, რომლებშიც ისინი ურთიერთქმედებენ წყალბადთან. შედეგად გოგირდის შემცველობა პროდუქტში მცირდება და წარმოიქმნება გოგირდწყალბადი:



ამრიგად, კატალიზური რიფორმინგის პროცესში მიმდინარეობს დეჰიდრირების, ციკლიზაციის, ჰიდრირების, იზომერიზაციისა და ჰიდროკრეკინგის რეაქციები.

თავი 16. ჰიდროგენიზაციური პროცესები ნავთობგადამუშავებაში

16.1. პროცესების კლასიფიკაცია

ჰიდროგენიზაციურმა პროცესებმა ფართო გამოყენება მოიპოვა ნავთობგადამუშავებასა და ნავთობქიმიაში. მათ იყენებენ სტაბილური მაღალმოქტანური ბენზინების მისაღებად, დიზელის და საქვაზე საწვავების, ასევე საცხი ზეთების ხარისხის გასაუმჯობესებლად. ნავთობგადამამუშავებელ მრეწველობაში ჰიდროგენიზაციური პროცესების დახმარებით ღებულობენ ციკლოჰექსანს და მის ნაწარმს, ამინებს, სპირტებს და სხვადასხვა მონომერს.

უკანასკნელ წლებში ჰიდროგენიზაციური პროცესების სწრაფი განვითარება აიხსნება სასაქონლო ნავთობპროდუქტების ხარისხისადმი მზარდი მოთხოვნებით, წყალ-

ბადის წარმოების ღირებულების მკვეთრი შემცირებით და მაღალეფექტური კატალიზატორების წარმოებით.

ჰიდროგენიზაციური პროცესები, ისევე როგორც კატალიზური კრეკინგი, მიეკუთვნება კატალიზურ პროცესებს, მაგრამ ამ შემთხვევაში კატალიზური გარდაქმნები ხორციელდება წყალბადისა ან წყალბადმემცველი აირების თანაობისას.

როგორც ცნობილია, კრეკინგის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს კოქსის წარმოქმნა, რაც იწვევს კრეკინგ-ბენზინის გამოსავლის შემცირებას. კოქსის წარმოქმნის ასაცილებლად საჭიროა წყალბადის შეყვანა, რომელიც ავსებს წყალბადით გამდიდრებული მსუბუქი პროდუქტების დაშლით გამოწვეულ დანაკარგებს. ამიტომ ჩვეულებრივი კრეკინგის ლოგიკურ გაგრძელებას წარმოადგენს კრეკინგი წყალბადის თანაობისას. ამ ტიპის საწარმოო პროცესებს ეწოდება *ჰიდროგენიზაციური*.

ნავთობგადამამუშავებელ მრეწველობაში ჰიდროგენიზაციური პროცესები გამოიყენება გადასამუშავებელი ნავთობური ფრაქციებიდან გოგირდოვანი და აზოტოვანი ნაერთების მოსაცილებლად, ნავთობური საწვავების, ზეთებისა და ნავთობქიმიური ნედლეულის საექსპლუატაციო მახასიათებლების გასაუმჯობესებლად.

ძირითად ჰიდროგენიზაციურ პროცესებს მიეკუთვნება:

1). ნავთობური ფრაქციების ჰიდროგაწმენდა გოგირდ-, აზოტ- და ჟანგბადორგანული ნაერთებისაგან.

2). ნავთობის ფრაქციებში ალკენებისა და არენების ჰიდრირება;

3). ნავთობის ფრაქციების ჰიდროკრეკინგი.

გადამამუშავების მასშტაბებით წამყვანი ადგილი უკავია ჰიდროგაწმენდას.

16.2. ჰიდროგაწმენდა

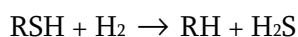
ჰიდროგაწმენდა წყალბადის არეში ნავთობპროდუქტებიდან ჰეტეროატომური, უჯერი ნაერთების და ნაწილობრივ პოლიციკლური არენების მოცილების პროცესია, რომელიც მიმდინარეობს კატალიზატორების თანაობისას.

ნედლეულად გამოიყენება ბენზინის, ნავთის, დიზელის ფრაქციები, ვაკუუმური გაზოილი, მაზუთი, საცხი ზეთები, რომლებიც შეიცავს გოგირდს, აზოტს, უჯერ ნახშირწყალბადებს.

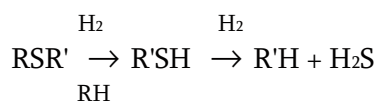
მრეწველობაში ჰიდროგაწმენდის დანადგარებზე გამოიყენება ალუმოკობალტ-მოლიბდენის კატალიზატორები.

ჰეტეროატომების მოცილება მიმდინარეობს C-S, C-N, და C-O ბმების გახლეჩისა და მიღებული ნაშთების წყალბადით გაჯერების შედეგად. ამ დროს გოგირდი, აზოტი და ჟანგბადი გამოიყოფა შესაბამისად H₂S, NH₃ და H₂O სახით. ალკანები ორმაგ ბმებზე იერთებენ წყალბადს. ნაწილობრივ ჰიდრირდება პოლიციკლური არენები.

გოგირდოვანი ნაერთების გარდაქმნა. მერკაპტანები გარდაიქმნება ნახშირწყალბადსა და გოგირდწყალბადში:



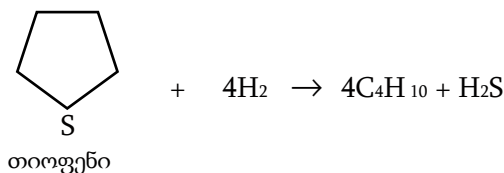
სულფიდები ჰიდრირდებიან მერკაპტანების წარმოქმნის სტადიის გავლით:



დისულფიდების ჰიდრირების შედეგად, ასევე, მერკაპტანების წარმოქმნის სტადიის გავლით, მიიღება გოგირდწყალბადი და შესაბამისი ნახშირწყალბადები:

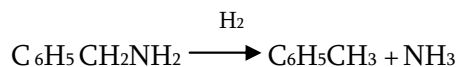


ციკლურ სულფიდებში, მაგალითად, თიოფენში, ჯერ მიმდინარეობს ბირთვის გახლეჩა, შემდეგ კი მას სცილდება გოგირდწყალბადი და წამოიქმნება შესაბამისი ნახშირწყალბადი:

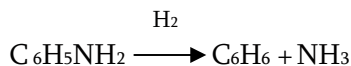


აზოტოვანი ნაერთების გარდაქმნა. აზოტი ნავთობპროდუქტებში იმყოფება, ძირითადად, ჰეტეროციკლებში - პიროლისა და პირიდინის წარმოებულების სახით.

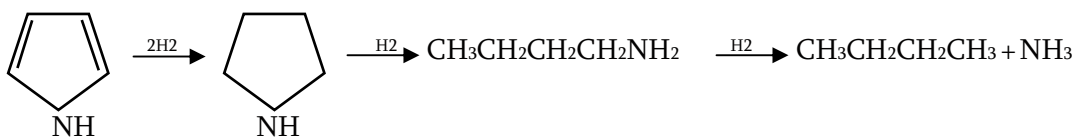
C-N ბმების ჰიდროგენოლიზი უფრო ძნელად მიმდინარეობს, ვიდრე C-S ბმების, ამიტომ ჰიდროგაწმენდის პროცესებში აზოტის მოცილება, გოგირდთან შედარებით, უფრო ძნელად მიმდინარეობს. ყველაზე ადვილად ჰიდრირდებიან ამინები;



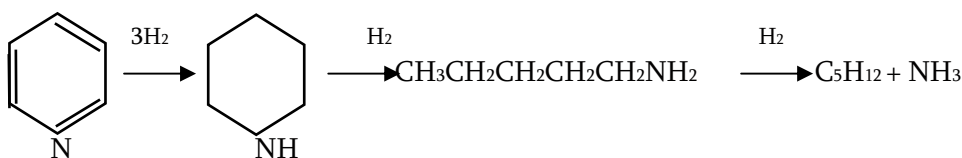
ანილინი, რომელიც შეიცავს არომატულ რგოლთან მიერთებულ ამინოჯგუფს უფრო ძნელად ჰიდრირდება:



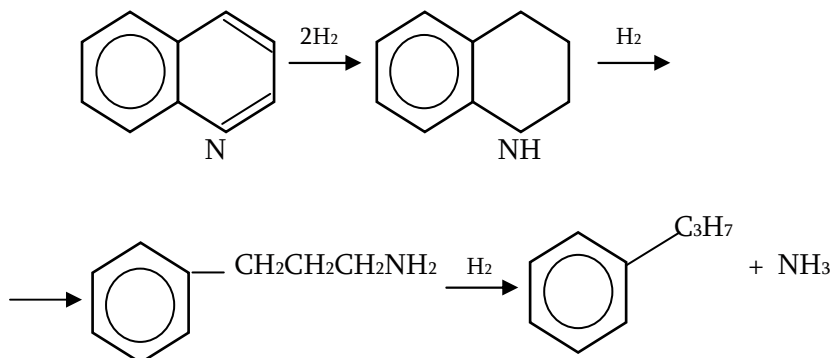
ყველაზე უფრო ძნელად აზოტი სცილდება ციკლურ სტრუქტურებს. პიროლის ჰიდრირებით მიიღება ბუტანი და ამიაკი:



პირიდინი გარდაიქმნება პენტანად და ამიაკად შემდეგი სქემის მიხედვით:



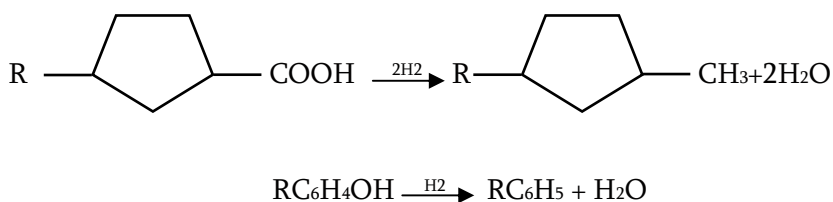
ბიციკლური და პოლიციკლური არენების ჰიდრირება იწყება იმ რგოლიდან, რომელიც შეიცავს ჰეტეროატომს:



ჰიდროგაწმენდის კატალიზატორების თანაობისას მიმდინარეობს აზოტოვანი ნაერთების პრაქტიკულად მთლიანი მოცილება.

ჟანგბადოვანი და ლითონორგანული ნაერთების გარდაქმნა. ნავთობპროდუქტების საშუალო დისტილატურ ფრაქციებში ჟანგბადი წარმოდგენილია სპირტების, ეთერების, ფენოლებისა და ნაფტენური მჟავების სახით. ჟანგბადოვანი ნაერთების დიდი ნაწილი იმყოფება ფისებსა და ასფალტენებში.

ჟანგბადოვანი ნაერთების ჰიდროგენიზაციის დროს წარმოიქმნება შესაბამისი ნახშირწყალბადი და წყალი:

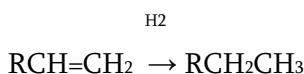


ფისები და ასფალტენები გარდაიქმნებიან უფრო დაბალმოლეკულურ ნაერთებად.

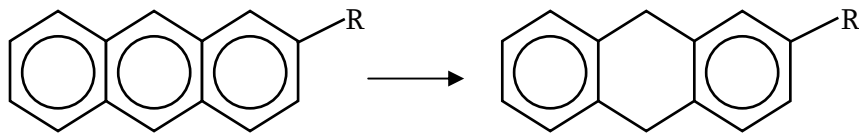
ჰიდროგაწმენდა ჟანგბადოვანი ნაერთებისაგან მიმდინარეობს იგივე პირობებში, რაც გოგირდოვანი მინარევების მოცილება. ჰიდროგაწმენდის ჩვეულებრივი კატალიზატორების გამოყენების დროს პრაქტიკულად მთლიანად მიმდინარეობს ჟანგბადოვანი ნაერთების მოცილება.

აქტიურ კატალიზატორებზე ნავთობის ფრაქციებში შემავალი ლითონორგანული ნაერთები იშლება თავისუფალი ლითონის წარმოქმნით, რომელიც წარმოადგენს კატალიზურ შხამს. ჰიდროგაწმენდა ხელს უწყობს ლითონორგანული ნაერთების დიდი ნაწილის მოცილებას.

ნახშირწყალბადების გარდაქმნები. ჰიდროგაწმენდის პროცესის პირობებში ალკანები და ციკლოალკანები არ რეაგირებენ. ალკენები, ალკადიენები და ნაწილობრივ პოლიციკლური არენები განიცდიან ჰიდრირებას. ჰიდროგაწმენდის კატალიზატორების თანაობისას 300-350°C ტემპერატურაზე და 0,5-2 მპა წნევის ქვეშ ჰიდრირების შედეგად ალკადიენები გარდაიქმნებიან ალკანებად. ალკენები ჰიდრირდებიან უფრო მკაცრ პირობებში - 350-400°C ტემპერატურაზე და 2-3 მპა წნევის ქვეშ:



პოლიციკლური არენები ჰიდრირდებიან იმავე ტემპერატურაზე, რაც ალკენები, მაგრამ უფრო მაღალი წნევის პირობებში - 3-7 მპა-მდე.



ჰიდროგაწმენდის პროცესში გოგირდოვანი, აზოტოვანი და ჟანგბადოვანი ნაერთების რეაქციებთან ერთად მიმდინარეობს სხვა რეაქციებიც:

- პარაფინული და ნაფტენური ნახშირწყალბადების იზომერიზაცია;
- უჯერი ნახშირწყალბადების გაჯერება;
- ჰიდროკრეკინგი;
- არომატული ნახშირწყალბადების ჰიდრირება და სხვა.

პარაფინული და ნაფტენური ნახშირწყალბადების იზომერიზაცია მიმდინარეობს გაუგოგირდოების ნებისმიერ პირობებში.

16.3 ჰიდროკრეკინგი

ჰიდროკრეკინგი წყალბადის წნევის ქვეშ მიმდინარე კატალიზური პროცესია, რომელიც განკუთვნილია ნათელი ნავთობპროდუქტების (ბენზინის, ნავთის, დიზელის საწვავის), ასევე შეკუმშული აირების C₃-C₄ მისაღებად.

შესაბამისი კატალიზატორებისა და პირობების შერჩევით ჰიდროკრეკინგი იძლევა საშუალებას ნებისმიერი ნავთობური ნედლეულიდან მივიღოთ ნავთობპროდუქტების ფართო ასორტიმენტი. ჰიდროკრეკინგი წარმოადგენს ნავთობგადამუშავების ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ და მოქნილ პროცესს.

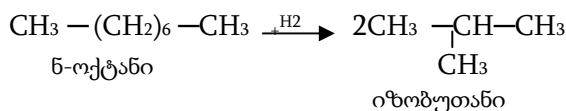
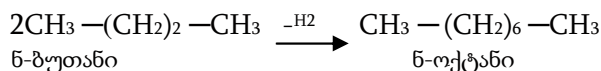
ჰიდროკრეკინგის პროცესისათვის დამახასიათებელია უფრო მაღალი წნევა და ტემპერატურა. ამ დროს ერთდროულად მიმდინარეობს ნედლეულის კომპონენტების დაშლა და ჰიდრირება.

ჰიდროკრეკინგის განმასხვავებელი ნიშანია - საწყის ნედლეულთან შედარებით უფრო დაბალი მოლეკულური მასის მქონე პროდუქტების მიღება. ამ თვალსაზრისით ჰიდროკრეკინგის პროცესს ბევრი საერთო აქვს კატალიზურ კრეკინგთან. მაგრამ მათ შორის მთავარი სხვაობაა - წყალბადის მონაწილეობა, რომელიც აფერხებს ჯაჭვური მექანიზმით მიმდინარე რეაქციებს. შედეგად ჰიდროკრეკინგის პროდუქტები არ შეიცავენ ან მცირე რაოდენობით შეიცავენ უმდაბლეს ნახშირწყალბადებს - მეთანსა და ეთანს. ჰიდროკრეკინგის პროცესისათვის ასევე დამახასიათებელია ჰიდროგაწმენდის პროცესის ყველა რეაქცია. ჰიდროკრეკინგის ძირითად რეაქციებს მიეკუთვნება:

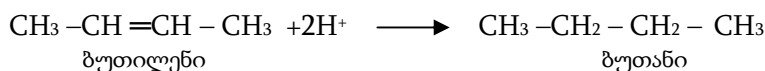
- პარაფინული ნახშირწყალბადების გახლეჩა და გაჯერება C-C ბმებზე (ჰიდროგენოლიზი);
- ნედლეულში შემავალი ოლეფინებისა და სხვა უჯერი ნაერთების ჰიდრირება;
- ჰიდროდეალკილირება და იზომერიზაცია;
- მონო-, ბი- და პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების ჰიდრირება;
- ჟანგბადოვანი, გოგირდოვანი და აზოტოვანი ნაერთების გახლეჩა და გაჯერება C-S, C-N, და C-O ბმებზე;
- მეტალორგანული ნაერთების დაშლა;
- კატალიზატორის ზედაპირზე და მთლიან მოცულობაში პოლიმერიზაცია და კოქსის წარმოქმნა.

უპირატესობა აქვს ჰიდროგენოლიზის რეაქციას C-C ბმებზე. ქვემოთ მოყვანილია ძირითადი გარდაქმნები, რომლებსაც განიცდიან სხვადასხვა ნახშირწყალბადოვანი და არანახშირწყალბადოვანი ნაერთები.

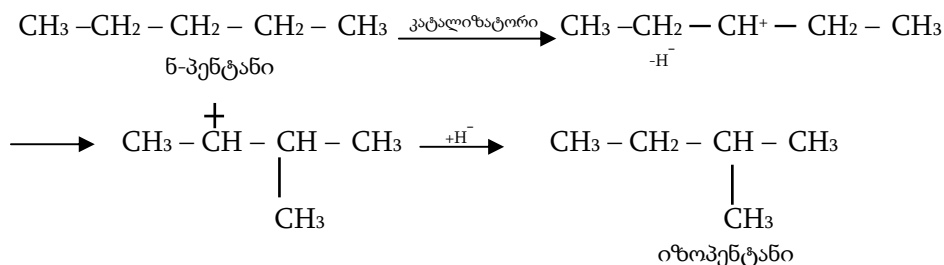
პარაფინული ნახშირწყალბადების გარდაქმნა. ნორმალური პარაფინული ნახშირწყალბადები განიცდიან დაშლას და იზომერიზაციას. C-C ბმებზე გახლეჩა მიმდინარეობს, ძირითადად, მოლეკულის შუაში ან მასთან ახლოს, რის შედეგად ჰიდროკრეკინგის პროდუქტებში C₁ და C₂ ნახშირწყალბადების (მეთანის, ეთანის) შემცველობა დაბალია - უპირატესობა აქვს C₃ და C₄ და უფრო მძიმე ნახშირწყალბადებს:



ნედლეულში შემავალი და დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ოლეფინური ნახშირწყალბადები გაიჯერება წყალბადით, რომლის მოლეკულები კატალიზატორის ზედაპირზე გააქტიურდება და გარდაიქმნება პროტონად H⁺:

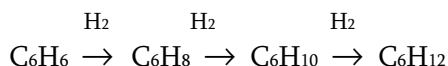


პარაფინებისა და ოლეფინების ჰიდროკრეკინგის დროს არომატული ნახშირწყალბადები არ წარმოიქმნება, რადგან წყალბადის არეში და ჰიდრირებადი კატალიზატორების მონაწილეობით კონდენსაციისა და ციკლიზაციის რეაქციები იბოჭება. ჰიდროკრეკინგის ყველა ძირითადი რეაქცია წარიმართება კარბონიუმის იონის - შუალედური ნახშირწყალბადური ნაერთის წარმოქმნის სტადიის გავლით:



ოლეფინური ნახშირწყალბადები უფრო ადვილად განიცდიან იზომერიზაციას, ვიდრე პარაფინული. პარაფინული ნახშირწყალბადების იზომერიზაცია მიმდინარეობს ოლეფინების წარმოქმნის სტადიის გავლით. უშუალოდ პარაფინული ნახშირწყალბადების იზომერიზაცია შესაძლებელია აქტიური იზომერიზებადი კატალიზატორების, მაგალითად, ცეოლითური კატალიზატორების თანაობისას.

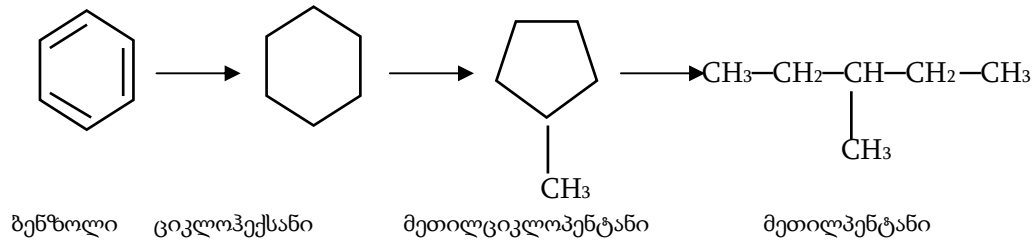
არენების გარდაქმნა. მაღალი ჰიდრირებადი და დაბალი მჟავური აქტიურობის მქონე კატალიზატორებზე მიმდინარეობს არენების რგოლების გაჯერება:



მონოციკლური ალკილარომატულ ნახშირწყალბადებში 10 მპა უფრო დაბალ წნევაზე ადვილად ხორციელდება გრძელი გვერდითი ჯაჭვის მოწყვეტა. თუ ჰიდროკრეკინგს ატარებენ იზომეზირებად კატალიზატორზე, გვერდითი ჯაჭვის მოწყვეტასთან ერთად მიმდინარეობს მათი იზომერიზაცია. მოკლე გვერდითი ჯაჭვი უფრო

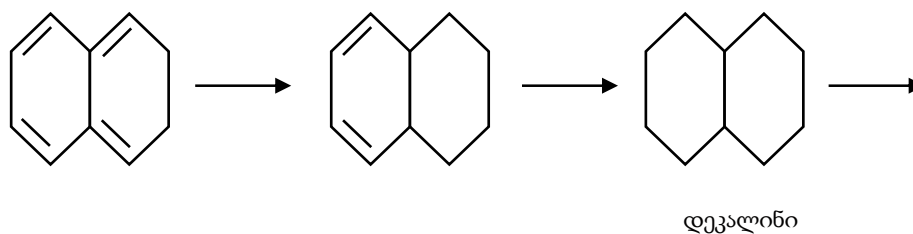
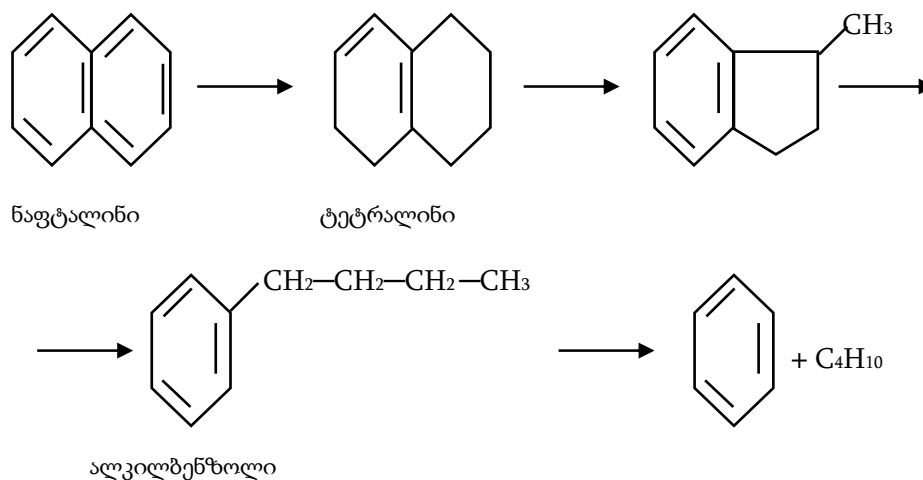
მდგრადია. ეთილური და მეთილური ჯგუფების მოსაცილებლად აუცილებელია 450°C -ზე უფრო მაღალი ტემპერატურა.

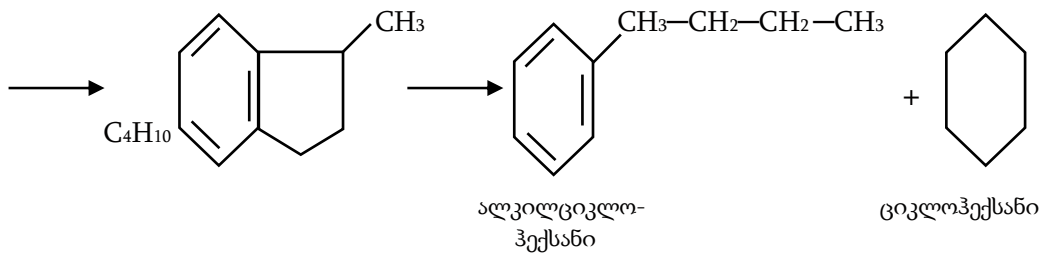
თუ ჰიდროკრეკინგს ატარებენ 10-15 მპა წნევაზე, გვერდითი ჯაჭვის მოწყვეტასთან ერთად შესაძლებელია არომატული ბირთვების ჰიდრირება. ქვემოთ მოყვანილია ბენზოლის ბირთვის ჰიდრირების და ციკლის შემდგომი გაწყვეტის სქემა:



წარმოქმნილმა იზოჰექსანმა შესაძლებელია განიცადოს შემდგომი გარდაქმნა - დაშლა და იზომერიზაცია. ჰიდროკრეკინგის ტემპერატურის გაზრდა იწვევს ბენზოლის ბირთვის გარდაქმნას იზოპარაფინულ ნახშირწყალბადად.

ბიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების ჰიდრირება მიმდინარეობს ჰიდროარომატული ნაერთების მიღების სტადიის გავლით, მაგალითად, ტეტრალინის. ტეტრალინის შემდგომი გარდაქმნა ხორციელდება ორი გზით: ალკილბენზოლისა და დეკალინის წარმოქმნის გზით. პირველ შემთხვევაში გარდაქმნის საბოლოო პროდუქტია ბენზოლი, მეორეში კი ციკლოჰექსანი. ქვემოთ მოყვანილია ნაფტალინის გარდაქმნის სქემა:

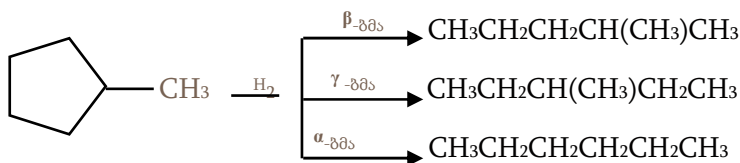




ტრიციკლური და პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების ჰიდრირება ასევე მიმდინარეობს ჰიდროარომატული ნახშირწყალბადების წარმოქმნის სტადიის გავლით, ჰიდრირებული ბირთვები განიცდის დაშლას და იზომერიზაციას. დაშლის საბოლოო პროდუქტებს მიეკუთვნება ბენზოლი, ციკლოჰექსანი, მათი წარმოებულები და იზოპარაფინული ნახშირწყალბადები.

ნაფტენების გარდაქმნა. ჰიდრირებადი კატალიზატორების მონაწილეობისას შიშველბირთვიანი და მეთილჩანაცვლებული მონოციკლოალკანები განიცდიან ჰიდროგენოლიზს, რომლის დროსაც ხდება ბირთვის გახლეჩა და წარმოქმნილი ნარჩენების ორმხრივი გაჯერება.

ბიფუნქციონალურ კატალიზატორებზე გახლეჩა მიმდინარეობს C-C ბმებზე β-მდგომარეობაში ჩამნაცველის მიმართ, რაც აიხსნება მესამადი კარბკათიონის წარმოქმნით და β ბმებზე მისი დაშლით. მაგალითად, 250-270°C ტემპერატურაზე 2,1 მპა წყალბადის წნევის ქვეშ ალუმოპლატინის კატალიზატორზე მეთილციკლოპენტანი გარდაიქმნება 2-მეთილპენტანად, 3-მეთილპენტანსა და ნ-ჰექსანში შემდეგი სქემის მიხედვით:



ალკენების გარდაქმნა. მჟავურ კატალიზატორებზე ალკენები გარდაიქმნიებიან კარბ-კათიონებად და შედიან ამ ნაწილაკებისათვის დამახასიათებელ რეაქციებში. ისინი განიცდიან იზომერიზაციას და დაშლას β ბმებზე. ჰიდრირებად ცენტრებზე ერთდროულად მიმდინარეობს როგორც საწყისი, ასევე დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ალკენების გაჯერება.

თავი 17. ნავთობპროდუქტების გაწმენდა

17.1. გაწმენდის დანიშნულება და მეთოდები

ნავთობის პირვალადი გადამუშავებისა და თერმოკატალიზური პროცესების შედეგად მიღებული ნავთობპროდუქტები და დისტილატები არ წარმოადგენენ მზა (სასაქონლო) პროდუქტებს, რადგან შეიცავენ ნივთიერებებს, რომლებიც ხელს უშლიან მათ გამოყენებასა და შენახვას (ფისები, ასფალტენები, ნავთობური მჟავები, მყარი ნახშირწყალბადები, უჯერი ნახშირწყალბადები, გოგირდოვანი და აზოტოვანი ნაერთები, მინერალური მინარევეები და სხვ.). ამ მავნე მინარევეების მოცილება წარმოადგენს ნავთობური პროდუქტების და დისტილატების ქიმიური გაწმენდის ამოცანას. გაწმენდის მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია გასაწმენდი პროდუქტის ან დისტი-

ლატის ხარისხზე, საბოლოო პროდუქტის დანიშნულებასა და მახასიათებლებზე. ნავთობპროდუქტების გაწმენდის საერთო მეთოდებს მიეკუთვნება მჟავური, ტუტოვანი გაწმენდა და ჩარეცხვა; სპეციალურ მეთოდებს - ადსორბციული გაწმენდა, გაუგოგირდოება (ჰიდროგენიზაციური მეთოდების ჩათვლით), გაწმენდა მარილებით და შერჩევითი გამხსნელებით, ასევე დეპარაფინიზაცია კარბამიდით. გარდა ამისა, ნავთობპროდუქტების ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით, ფართო გამოყენება მოიპოვა წინასწარ გაწმენდილ პროდუქტებში მისართების შეყვანამ. მისართებს უმატებენ არა მხოლოდ ზეთებს, არამედ საწვავებსაც. მისართების გარდა, ზოგიერთ პროდუქტს უმატებენ ინჰიბიტორებს, ბენზინებს კი, ოქტანური რიცხვის გაზრდის მიზნით, - ტეტრაეთილტყვიას. გაწმენდის საჭირო ხარისხის მისაღწევად, საცხი ზეთების სელექციური გამხსნელებით გაწმენდის დროს იყენებენ გაწმენდის არა ერთ, არამედ მთელ რიგ თანმიმდევრულ პროცესს, რომელთაგან თითოეული პროცესი განკუთვნილია გარკვეული ჯგუფის მავნე მონარეგების მოსაცილებლად. მაგალითად, დეასფალტიზაციის დროს აცილებენ ფისოვან და ასფალტოვან ნაერთებს, სელექციური გაწმენდის დროს - ფისებსა და არომატული ნახშირწყალბადების გარკვეულ ნაწილს, დეპარაფინიზაციის დროს - მყარ პარაფინებს; ჰიდროგაწმენდა აუმჯობესებს ზეთების ფერს და ა.შ. ნათელი ნავთობპროდუქტების გაწმენდის დროს გამოიყენება გაწმენდის უფრო მარტივი მეთოდები, რადგან ზეთებთან შედარებით ისინი ნაკლები რაოდენობით შეიცავენ მავნე მინარეგებს. მაგრამ თუ მაღალოქტანური ბენზინებისათვის სასურველია არომატული ნახშირწყალბადების მაღალი შემცველობა და მათი ამაღლების მიზნით ბენზინები განიცდიან კატალიზურ რიფორმინგს, მთელი რიგი ნავთობპროდუქტისათვის არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობა არ არის სასურველი. მაგალითად, სანათ ნავთში ისინი იწვევენ კვამლის გამოყოფას. არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობა მათი ტოქსიკურობის გამო, უნდა იყოს შეზღუდული მთელი რიგი გამხსნელისათვის (პეტროლეინის ეთერი, საექსტრაქციო ბენზინები და სხვ.), ამიტომ ამ პროდუქტების დასამზადებლად საჭიროა დისტილატებიდან არომატული ნახშირწყალბადების მოცილება იმ სიდიდემდე, რომელიც გათვალისწინებულია სტანდარტით. დიზელის საწვავებში მყარი ნახშირწყალბადების შემცველობა უნდა იყოს დაბალი, წინააღმდეგ შემთხვევაში ზამთრის პირობებში საწვავი გამყარდება, რაც გაართულებს ძრავის ჩართვას.

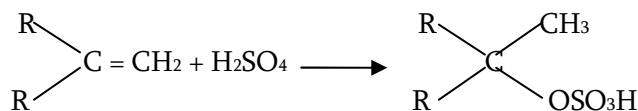
17.2. გაწმენდის ქიმიური მეთოდები

17.2.1. გოგირდმჟავური გაწმენდა.

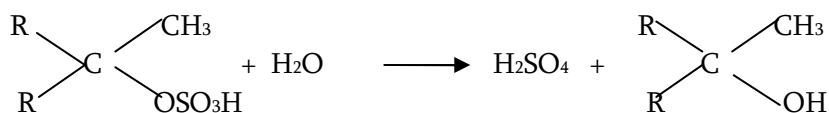
გოგირდმჟავა - მძიმე სითხეა ფარდობითი სიმკვრივით 1,84 გ/სმ³. სუსტი გოგირდმჟავა (მონოჰიდრატის შემცველობით 75%-მდე) ენერგიულად ჟანგავს თუჯსა და რკინას, მაგრამ არ ჟანგავს ტყვიას. 80%-იანი და უფრო ძლიერი გოგირდმჟავა არ ჟანგავს თუჯს და რკინას, მაგრამ ჟანგავს ტყვიას. ამ თვისებების გათვალისწინებით, ნავთობურ პროდუქტებს და დისტილატებს წმენდენ რკინის აპარატებში გოგირდმჟავას გამოყენებით, და როდესაც გოგირდმჟავა გაზავდება, ჩარეცხვას და ტუტოვან გაწმენდას ახდენენ ტყვიის აპარატებში. გოგირდმჟავას გამოყენებით ნავთობპროდუქტებს აცილებენ ფისოვან, უჯერ, აზოტოვან და გოგირდოვან ნაერთებს. ჩვეულებრივი (93-98%-ანი) კონცენტრაციის გოგირდმჟავა ოთახის ტემპერატურაზე არ მოქმედებს პარაფინული და ნაფტენური რიგის ნახშირწყალბადებზე, მაგრამ მბოლავი მჟავა (ოლეუმი - 100%-ზე მეტი მონოჰიდრატი) მაღალ ტემპერატურებზე რეაგირებს პარაფინულ ნახშირწყალბადებზე სულფომჟავების წარმოქმნით. სულფომჟავები წარმოიქმნება არომატულ ნახშირწყალბადებზე არა მარტო მბოლავი, არამედ ჩვეულებრივი გოგირდმჟავას მოქმედებით.

განვიხილოთ გოგირდმჟავას მოქმედება ცალკეულ ნივთიერებაზე:

უჯერი ნახშირწყალბადები გოგირდმჟავასთან რეაგირებს გოგირდმჟავას მჟავა და საშუალო ეთერების და პოლიმერიზაციის პროდუქტების წარმოქმნით. შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე წარმოიქმნება მჟავა ეთერები, რომლებსაც ასევე ეწოდება ალკილგოგირდმჟავები:

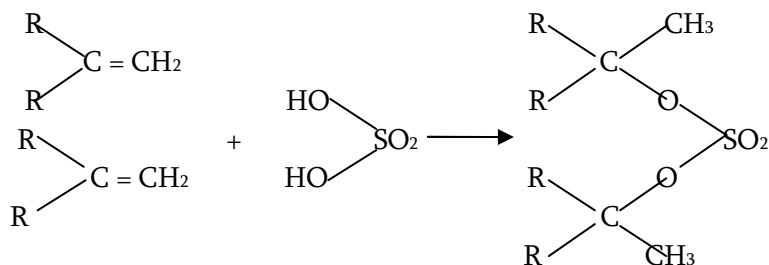


წყლისა და განსაკუთრებით ტუტის წყალხსნარის მოქმედებით, ისინი ადვილად განიცდიან ჰიდროლიზს შესაბამისი სპირტების წარმოქმნით.



მჟავა ეთერები კონცენტრირდება მჟავე გუდრონში, და მათი გამომჟღავნება ადვილად შეიძლება ზემოაღნიშნული რეაქციის დახმარებით, რისთვისაც საჭიროა გუდრონს დაემატოს წყალი და მიღებული ნარევი გადაიდენოს ორთქლით.

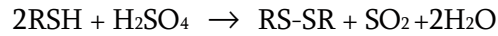
უფრო მაღალ ტემპერატურებზე (40-ზე ზევით) წარმოიქმნება გოგირდმჟავას საშუალო ეთერები:



ისინი ასევე წარმოიქმნება მჟავა ეთერების გაცხელებით. გოგირდმჟავას საშუალო ეთერები - უფერო, ზეთოვანი, წყალში უხსნადი, მაგრამ ორგანულ გამხსნელებში კარგად ხსნადი სითხეებია. ისევე როგორც მჟავა ეთერები, წყლისა ან ტუტის ხსნარის მოქმედებით ისინი განიცდიან ჰიდროლიზს სპირტის წარმოქმნით. ეს რეაქცია ინტენსიურად მიმდინარეობს მხოლოდ 60-70°C-ზე.

ფისოვანი და ასფალტენური ნივთიერებები ადვილად შედიან გოგირდმჟავასთან ურთიერთქმედებაში და წარმოქმნიან მძიმე პროდუქტებს - ასფალტენებს, სულფომჟავებსა და სხვ., რომლებიც აპარატის ფსკერზე ილექებიან მჟავე გუდრონის სახით. გარდა ამისა, ფისოვანი და ასფალტენური ნივთიერებები იხსნებიან გოგირდმჟავაში. გოგირდოვანი ნაერთებიდან გოგირდმჟავასთან რეაგირებს გოგირდწყალბადი, მერკაპტანები და თიოფენები. ნაფთობპროდუქტების გოგირდმჟავური გაწმენდის დროს საჭიროა გოგირდწყალბადის წინასწარი მოცილება, რადგან გოგირდმჟავასთან ურთიერთქმედების შედეგად

წარმოიქმნება ელემენტარული გოგირდი, რომელიც იხსნება პროდუქტში და მეორადი გამოხდის დროს, ნახშირწყალბადებთან ურთიერთქმედების შედეგად, კვლავ წარმოიქმნება გოგირდწყალბადი. მერკაპტანებისა (R-SH) და გოგირდმჟავას ურთიერთქმედების რეაქცია მიმდინარეობს რამდენიმე სტადიის გავლით დისულფიდების წარმოქმნამდე:



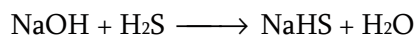
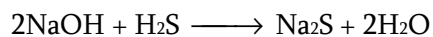
მიღებული დისულფიდები ადვილად იხსნებიან გასაწმენდ პროდუქტში და იწვევენ მასში გოგირდის შემცველობის გაზრდას. ამ შემთხვევაში აქტიური (კოროზიის გამომწვევი) გოგირდოვანი ნაერთები (მერკაპტანები) გადადიან არააქტიურში (დისულფიდებში). თიოფენი და მისი ჰომოლოგები ძლიერი გოგირდმჟავას მოქმედებით წარმოქმნიან თიოფენსულფომჟავებს. გარკვეული რაოდენობის SO₂-ის ნაწილობრივი გამოყოფა მიუთითებს მიმდინარე ჟანგვის რეაქციებზე. გრძელი ალკილური ჯაჭვის მქონე თიოფენები იხსნება გოგირდმჟავაში. აზოტოვანი ფუძეები გოგირდმჟავასთან ურთიერთქმედების შედეგად სულფატების სახით გადადიან მჟავე გუდრონი. ნაფტენური მჟავები ნაწილობრივ იხსნებიან გოგირდმჟავაში, ნაწილობრივ კი განიცდიან სულფიტირებას. რაც უფრო მაღალია ნაფტენური მჟავების მოლეკულური წონა, მით უფრო ადვილად სულფიტირდებიან ისინი. გოგირდმჟავური გაწმენდის შედეგად წარმოიქმნება: გოგირდოვანი აირი, რომელიც გადადის ატმოსფეროში, მჟავე გუდრონი, რომელიც ილექება აპარატის ფსკერზე, და გაწმენდილი ნავთობპროდუქტი ან დისტილატი. გოგირდმჟავური გაწმენდის შედეგად პროდუქტს აქვს მჟავე რეაქცია. მას ჩარეცხავენ ჯერ წყლით, შემდეგ ამუშავებენ ტუტის წყალხსნარით (ტუტოვანი გაწმენდა) და, ბოლოს, კვლავ ჩარეცხავენ წყლით. წყლით პირველი ჩარეცხვის შედეგად პროდუქტს სცილდება გოგირდმჟავას ნარჩენები, და ამით მცირდება ტუტის შემდგომი ხარჯი; ტუტოვანი გაწმენდის დროს დისტილატს სცილდება ორგანული მჟავები და ის ხდება ნეიტრალური. საბოლოო გაწმენდა წყლით გამორეცხავს ნაცრის ნაწილებს (საპონს), რომლებიც წარმოიქმნა ნეიტრალიზაციის რეაქციის დროს. მჟავე გუდრონები და ტუტე ნარჩენები გამოიყენება მრეწველობაში. გუდრონებიდან ღებულობენ დეემულგატორებს, საწვავს და რეგენერირებულ მჟავას, ტუტე ნარჩენებიდან - ასიდოლს, ემულსოლს, მილონაფტს. გოგირდმჟავური გაწმენდის შედეგებზე გავლენას ახდენს გასაწმენდი პროდუქტის ქიმიური და ფრაქციული შედგენილობა, ტემპერატურა, განსაკუთრებით კი მჟავას კონცენტრაცია. უჯერი ნახშირწყალბადების და ფისების მოსაცილებლად საკმარისია 80%-იანი გოგირდმჟავა, სხვა ნივთიერებათა მოსაცილებლად - 92-96%-იანი (შაბიბნის ზეთი). ტურბინის, ტრანსფორმატორის და თეთრი ზეთების გასაწმენდად გამოიყენება უფრო ძლიერი მჟავა.

17.2.2. ტუტოვანი გაწმენდა

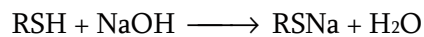
დისტილატების ტუტოვანი გაწმენდის დროს გამოიყენება, ძირითადად, კალსტიკური სოდის (მწვავე ნატრის) და კალციირებული სოდის Na₂CO₃-ის ხსნარები. ნავთობური ფრაქციების ტუტოვანი გაწმენდას იყენებენ ჟანგბადოვანი (ნაფტენური მჟავების, ფენოლების) და ზოგიერთი გოგირდოვანი ნაერთის (გოგირდწყალბადის, მერკაპტანების) მოსაცილებლად, ასევე გოგირდმჟავა გაწმენდის შედეგად მიღებული გოგირდმჟავას და ნახშირწყალბადებთან მისი ურთიერთქმედების პროდუქტების (სულფომჟავების, გოგირდმჟავა ეთერების) ნეიტრალიზაციისათვის. ნავთობის სხვა კომპონენტებთან გოგირდმჟავა არ მოქმედებს.

ტუტის წყალხსნარი მჟავა ნაერთებთან წარმოქმნის წყალში ხსნად მარილებს. ნაფტენური მჟავების ტუტე მარილები, ასევე ფენოლატები წყალში გახსნისას განიცდიან ჰიდროლიზს, რის შედეგად მიიღება ორგანული მჟავები, ფენოლები და ტუტეები. ვინაიდან მჟავები და ფენოლები კარგად იხსნება გაწმენდილ პროდუქტში, პრაქტიკულად მათი სრული მოცილება არ ხერხდება. ნაფტენური მჟავების და ფენოლატების ტუტე მარილების ჰიდროლიზის ხარისხი დამოკიდებულია ტუტის კონცენტრაციასა და ტემპერატურაზე: კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად ის მცირდება, ტემპერატურის ამაღლებასთან ერთად - იზრდება. ამიტომ ნეიტრალიზაციის ჩატარება საჭიროა ტუტის ძლიერი ხსნარით (10-15%) დაბალ ტემპერატურებზე. ზეთოვანი დისტილატების გაწმენდის დროს საჭიროა ტუტის სუსტი ხსნარის (1-3%) გამოყენება და პროცესის მაღალ ტემპერატურაზე ჩატარება, რათა არ მოხდეს ემულსიის წარმოქმნა, ემულსიის წარმოქმნას ხელს უწყობს ნაფტენური მჟავების და სულფომჟავების მარილები.

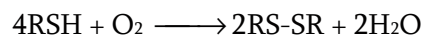
ფენოლებთან და მჟავებთან ერთად დისტილატების შედგენილობაში შედიან გოგირდოვანი ნაერთები, რომელთა ნაწილი რეაგირებს ტუტესთან და შეიძლება იყოს მოცილებული. ამ ნაერთებს პირველ რიგში მიეკუთვნება გოგირდწყალბადი. გოგირდწყალბადი რეაგირებს ტუტესთან და წარმოქმნის: ნატრიუმის სულფიდს - ჭარბი ტუტის შემთხვევაში და ნატრიუმის ჰიდროსულფიდს - მცირე ტუტის შემთხვევაში:



მერკაპტანები მწვავე ნატრთან წარმოქმნიან მერკაპტიდებს:



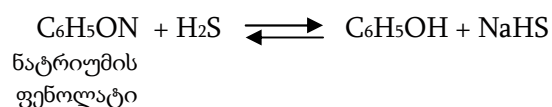
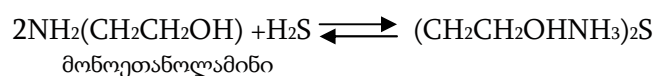
გარდა ამისა, ჰაერის თანაობისას მიმდინარეობს მერკაპტანების ჟანგვის რეაქცია დისულფიდების წარმოქმნით:

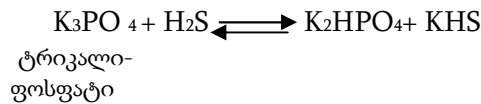


ამრიგად, ნავთობური დისტილატების ტუტე დამუშავება მათ აცილებს გოგირდწყალბადს, ნაწილობრივ მერკაპტანებს, ნაფტენურ მჟავებსა და ფენოლებს.

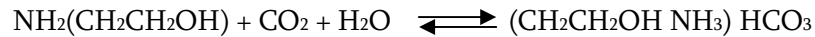
17.2.3. გაწმენდა მშთანთქმელი ხსნარებით.

აირებიდან გოგირდწყალბადის მოსაცილებლად ფართოდ გამოიყენება მშთანთქმელი ხსნარები. დაბალ ტემპერატურებზე გოგირდწყალბადი შთანთქმება ხსნარებით, მაღალ ტემპერატურებზე ან ჰაერით ჩაბერვის დროს მიმდინარეობს მშთანთქმელი ხსნარის რეგენერაცია და გოგირდწყალბადის დესორბცია. ფართოდ გამოიყენება მოიპოვა ეთანოლამინის, ფენოლატის და ფოსფატის მეთოდებმა, რომლებსაც საფუძვლად უდევს შემდეგი შექცევადი რეაქციები:





ეთანოლამინის ხსნარები, გოგირდწყალბადთან ერთად შთანთქავს ნახშირბადის დიოქსიდს:



ამ ბოლო დროს მონოეთანოლამინის ხსნარების გამოყენებით თხევად აირებს აცილებენ გოგირდწყალბადს.

17.3. გაწმენდის ადსორბციული და კატალიზური მეთოდები

17.3.1. ადსორბციული გაწმენდა.

ნავთობის გადამუშავებაში ფართოდ გამოიყენება ზოგიერთი ნივთიერების (თიხების, სინთეზური ალუმოსილიკატების, სილიკაგელის, ალუმოგელისა და სხვა), ადსორბციის უნარი ე.ი. თავიანთ ზედაპირზე სხვადასხვა კომპონენტისა და მინარევის შთანთქმის უნარი. აღნიშნული ნივთიერებები მიეკუთვნება პოლარულ ადსორბენტებს, მათი მოლეკულები, ძირითადად, შეიცავენ სილიციუმისა და ალუმინის ოქსიდებს.

ადსორბენტების გამოყენებით მიმდინარეობს შემდეგი პროცესები: ზეთოვანი ფრაქციებიდან არასასურველი კომპონენტების მოცილება; სელექციური გამხსნელებით წინასწარ დამუშავებული და დეპარაფინიზებული ზეთოვანი ფრაქციების, თხევადი და მყარი პარაფინების საბოლოო გაწმენდა; ინდივიდუალური არენების გაწმენდა; ნახშირწყალბადოვანი აირებისა და ნავთობური ფრაქციების გამოშრობა; თხევადი ფრაქციებიდან ნორმალური ალკანების გამოყოფა.

ადსორბციული გაწმენდის დროს ზეთოვან ფრაქციებს სცილდება ფისები და პოლიციკლური არომატული კომპონენტები. ადსორბენტად იყენებენ სინთეზურ ალუმოსილიკატებს მარცვლის ზომებით 0,25-1,50 მმ. სელექტიურთან შედარებით, ადსორბციული გაწმენდა უზრუნველყოფს ზეთის უფრო მაღალ გამოსავლიანობას, რადგან ადსორბციის დროს ზეთებს სცილდება მხოლოდ არასასურველი კომპონენტები და მთლიანად შენარჩუნებულია საწყისი ნედლეულის ღირებული კომპონენტები. ადსორბციული გაწმენდის შედეგად მიღებული ზეთები უფრო სტაბილურია დაჟანგვის მიმართ. პროცესის ფართო დანერგვას ხელს უშლის მაღალი საექსპლუატაციო დანახარჯები, ასევე დანადგარების სირთულე. პროცესი გამოიყენება ტრანსფორმატორული ზეთებისა და მაღალარომატიზებული ზეთების მისაღებად.

ზეთოვანი ფრაქციების საბოლოო ადსორბციული გაწმენდა გამოიყენება გაწმენდილი ფრაქციებიდან სხვადასხვა მინარევის - მჟავე გუდრონის, ნაფტენური მჟავების მარილების, შერჩევითი გამხსნელების, ფისების მოსაცილებლად. არსებობს ადსორბციული გაწმენდის ორი მეთოდი - კონტაქტური გაწმენდა და პერკოლაცია.

კონტაქტური გაწმენდის დროს ზეთს შეურევენ ადსორბენტს, ნარევს აცხელებენ და აყოვნებენ გარკვეულ ტემპერატურაზე, შემდეგ ზეთს ფილტრავენ. გაცხელება აუცილებელია ზეთის სიბლანტის შესამცირებლად, რაც ხელს შეუწყობს მის შეღწევას ადსორბენტის ფორებში. ადსორბენტებად იყენებენ ბუნებრივ თიხებს (მათეთრებელ მიწებს) - გუბრინს, ბენტონიტებს, ასევე სინთეზურ ალუმოსილიკატებს. კონტაქტური

გაწმენდის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ზეთის დიდი დანაკარგები, თიხების დაბალი აქტიურობა და რთული რეგენერაცია.

პერკოლაცია პერიოდული პროცესია, რომელიც ითვალისწინებს ზეთის გაფილტვრას ადსორბენტის უძრავ ფენაში. ადსორბენტად იყენებენ მათეთრებელ თიხებს მარცვლების ზომებით 0,3-2,0 მმ.

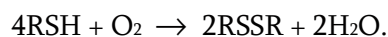
მყარი ალკანების საბოლოო გაწმენდა გამოიყენება არასტაბილური, მღებავი და მძაფრი სუნის მქონე ნივთიერებათა მოსაცილებლად; გაწმენდას ატარებენ იმავე მეთოდებით, რომლებიც გამოიყენება ზეთების საბოლოო გაწმენდისათვის (კონტაქტური და პერკოლაციური გაწმენდა). ამ მეთოდის გამოყენება შეიძლება არომატული და გოგირდოვანი ნაერთების, ასევე თხევადი პარაფინების გაწმენდა ფისოვანი ნაერთებისაგან.

17.3.2. კატალიზური გაწმენდა.

ნავთობის პირველადი გამოხდისა და მეორადი გადამუშავების დროს მიღებული ნავთობპროდუქტების ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით გამოიყენება კატალიზური გაწმენდა. სამრეწველო პრაქტიკაში კატალიზური გაწმენდის დროს მიმდინარეობს შემდეგი პროცესები: ა) გაწმენდა წყალბადის წნევის ქვეშ გოგირდოვანი ნაერთების მოცილების მიზნით (ჰიდროგაწმენდა); ბ) უჯერი ნახშირწყალბადების მოცილება ალუმოსილიკატების გამოყენებით; გ) გოგირდოვანი ნაერთების მოცილება ბუნებრივი ბოქსიტებისა და ალუმოსილიკატური კატალიზატორების გამოყენებით; დ) კატალიზური დემერკაპტანიზაცია (მეროქს პროცესი).

კატალიზურ გაწმენდას, უჯერი ნახშირწყალბადების მოცილების მიზნით, განიცდიან კატალიზური კრეკინგის ბენზინები. ამ დროს ბენზინის ორთქლს ატარებენ ალუმოსილიკატური კატალიზატორის ფენაში.

ფართოდ არის გავრცელებული შეკუმშული აირებისა და ნავთობური ფრაქციების კატალიზური დემერკაპტანიზაციის პროცესი. ტუტე არეში სპეციალურ კატალიზატორზე ჰაერით დაჟანგვის შედეგად მერკაპტანები გარდაიქმნიებიან ნეიტრალურ დისულფიდურ ნაერთებად.



17.4. გაწმენდის მეთოდები შერჩევითი გამხსნელების გამოყენებით.

გაწმენდა შერჩევითი გამხსნელებით ფართოდ გამოიყენება ზეთების წარმოებაში. ნავთობიდან ზეთების მიღების თანამედროვე ტექნოლოგია ითვალისწინებს სელექციური გამხსნელებით გაწმენდის რამდენიმე პროცესს: ფისოვან-ასფალტენური ნივთიერებების მოცილება; მოკლე ჯაჭვის მქონე პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების და ფისოვანი ნაერთების გამოყოფა ზეთების ე.წ. სელექციური გაწმენდის დროს; მყარი ალკანების გამოყოფა (დეპარაფინიზაცია).

განსაკუთრებულ ჯგუფს შეადგენს კატალიზური რიფორმინგით ან ნავთობური ფრაქციების პიროლიზით მიღებული პროდუქტებიდან არენების გამოწვლილვის პროცესები.

ზეთების სელექციური გაწმენდის დროს გამხსნელები კარგად ხსნიან არასასურველ კომპონენტებს ისე, რომ არ ეხებიან ან ძალიან მცირედ ეხება ნაერთებს, რომელთა შენარჩუნება ზეთებში საჭიროა. დეპარაფინიზაციის და დეასფალტიზაციის დროს კი, პირიქით, გამხსნელები კარგად ხსნიან სასურველ კომპონენტებს, მავნე მინარევები კი გამოიყოფა ხსნარიდან.

სელექციურ გამხსნელად გამოიყენება სხვადასხვა ორგანული ნაერთი: სპირტები, ალდეჰიდები, კეტონები, ამინები, ნიტრონაერთები, მარტივი და რთული ეთერები. მრეწველობაში დეასფალტიზაციისათვის იყენებენ პროპანს, სელექციური გაწმენდისათვის - თხევად გოგირდოვან ანჰიდრიდს, ნიტრობენზოლს, ფენოლს, ფურფუროლს, კრეზოლს, დეპარაფინიზაციის დროს - კეტონის (აცეტონის ან მეთილ-ეთილ-კეტონის) ნარევის ბენზოლთან და ტოლუოლთან, პროპანს, დიქლორეთანს, კარბამიდს, არენების გამოწვლილვის დროს - დი-, ტრი-, ტეტრაეთილენგლიკოლებს, სულფოლანს, პროპილენკარბონატს, N-მეთილპიროლიდონს და სხვ.

17.4.1. გუდრონის დეასფალტიზაცია.

სამრეწველო დანადგარებზე ნავთობის ვაკუუმური გამოხდის ნარჩენებისაგან - გუდრონისაგან - ფისოვან-ასფალტენური ნივთიერებების გამოწვლილვის მიზნით, ძირითადად, იყენებენ თხევად პროპანს, რომელიც კრიტიკულად მიახლოებულ ტემპერატურებზე (96,8°C) არ ხსნის ნალექში გამოყოფილ ფისებსა და ასფალტენებს.

გამხსნელის კრიტიკული ტემპერატურის მიღწევასა ყველა ნახშირწყალბადი გამოიყოფა ხსნარიდან. ტემპერატურის შემცირება ზრდის პროპანის ხსნადობის უნარს, ხსნარში მიმდინარეობს არა მხოლოდ ალკანო-ციკლოალკანებისა და მაღალდისპერსული არენების, არამედ ფისოვან-ასფალტენური ნაერთების შეკავება.

პროპანის მიწოდება გარკვეულ ტემპერატურაზე ჯერ აუმჯობესებს ნედლეულიდან ფისოვან-ასფალტენური ნაერთების დალექვის პროცესს. მაგრამ პროპანის ჭარბი მიწოდების შემთხვევაში ფისები იწყებენ მასში გახსნას და გადადიან დეასფალტიზატში, რაც იწვევს მისი სიბლანტისა და დაკოქსვის უნარიანობის ზრდას. მოცულობითი თანაფარდობა პროპანი : ნედლეული შეადგენს 4 :1-დან 10 :1-მდე. მაღალფისოვანი ნავთობებისათვის საჭიროა უფრო მაღალი თანაფარდობის შენარჩუნება.

17.4.2. სელექციური გაწმენდა.

ვაკუუმური დისტილატების და დეასფალტიზებული გუდრონების სელექციური გაწმენდის დროს იზრდება ზეთების სიბლანტის ინდექსი, მცირდება გოგირდოვანი ნაერთების შემცველობა და დაკოქსვისუნარიანობა, უმჯობესდება ფერი და სიბლანტურ-ტემპერატურული თვისებები. სელექციური გაწმენდის შედეგად წარმოიქმნება რაფინატული ხსნარი, რომელიც, ძირითადად, შეიცავს ალკანო-ციკლოალკანებს და ექსტრაქციულ ხსნარს, რომელშიც კონცენტრირდება ფისები და არენები.

გაწმენდის ეფექტურად ჩატარებისათვის საჭიროა რეაქტორის ქვედა ნაწილიდან ზედა ნაწილში ტემპერატურის თანაბარი ზრდის უზრუნველყოფა, რაც ხელს შეუწყობს ნედლეულის სასურველი და არასასურველი კომპონენტების ზუსტ დაყოფას. თანაფარდობის - გამხსნელი : ნედლეულის - ზრდა იწვევს გაწმენდილი ზეთების ხარისხის გაუმჯობესებას; არასაკმარისი განზავების შემთხვევაში რაფინატში დიდი რაოდენობით გადადიან არენები და ფისები, რომლებიც აუარესებენ რაფინატის ფერს და სიბლანტის ინდექსს.

ამჟამად გამხსნელად იყენებენ ფენოლს, ფურფუროლს, N-მეთილპიროლიდონს.

17.4.3. საწვავებისა და ზეთების დეპარაფინიზაცია.

საწვავების და ზეთების დეპარაფინიზაცია განკუთვნილია გასაწმენდი პროდუქტების გამყარების ტემპერატურების შესამცირებლად.

დაბალი გამყარების ტემპერატურის მქონე ნავთობური ზეთების მისაღებად მათი წარმოების ტექნოლოგიაში ჩართულია დეპარაფინიზაციის პროცესი, რომლის მიზანია - მყარი ნახშირწყალბადების მოცილება. ამავე დროს ზეთებისა და საწვავებისათვის

არასასურველი მყარი ნახშირწყალბადები ძვირფას ნედლეულს წარმოადგენს პარაფინების, ცერეზინების და მათ საფუძველზე მიღებული პროდუქტების წარმოებისათვის.

საწვავების დეპარაფინიზაციისათვის იყენებენ კარბამიდული დეპარაფინიზაციის და ადსორბციული გამოწვლილვის პროცესებს. ზეთოვანი ფრაქციების გაწმენდის დროს ფართოდ გამოიყენება კრისტალიზაციის მეთოდი გამხსნელების გამოყენებით. დეპარაფინიზაციისათვის გამოიყენება სხვადასხვა პოლარული და არაპოლარული გამხსნელი. მაგრამ მათგან სამრეწველო გამოყენება მხოლოდ ზოგიერთმა მოიპოვა (კეტონებმა, ქლორორგანულმა ნაერთებმა, თხევადმა პროპანმა, ბენზინის მსუბუქმა ფრაქციამ - ნაფტამ). ამჟამად ფართო გამოყენება მოიპოვა დეპარაფინიზაციამ პოლარული გამხსნელების გამოყენებით - დაბალმოლეკულური კეტონების, კერძოდ, მეთილეთილკეტონის და აცეტონის; ზოგიერთ შემთხვევაში იყენებენ მეთილიზობუთილკეტონს ან თხევად პროპანს.

მყარი ნახშირწყალბადების კრისტალიზაცია იწყება გადაჯერებული ხსნარიდან კრისტალების ჩანასახების გამოყოფით. ხსნარის შემდგომი გაცივებით კრისტალიზაცია გრძელდება კრისტალიზაციის ცენტრებზე. მსხვილი კრისტალების მისაღებად საჭიროა, რომ გაცივების საწყისს სტადიაზე მიღებული ჩანასახების რაოდენობა იყოს დაბალი, ვინაიდან შემდგომი კრისტალიზაცია მიმდინარეობს ამ ცენტრებზე.

კარბამიდული დეპარაფინიზაცია ახალი პროცესია, რომელიც გამოიყენება საწვავებისა და დაბალი სიბლანტის მქონე ზეთების წარმოების დროს და რომლის შედეგად მიიღება გამყარების დაბალი ტემპერატურების მქონე საწვავები ან დაბალი სიბლანტის მქონე ზეთები, ასევე თხევადი და რბილი პარაფინები, რომლებიც გამოიყენება სინთეზური ცხიმოვანი მჟავების, სპირტების, სარეცხი საშუალებების, ცილოვან-ვიტამინური კონცენტრატების, ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებებისა და სხვ. წარმოებაში.

თავი 18. ძირითადი საწვავებისა და ზეთების შედგენილობა და საექსპლუატაციო თვისებები

18.1. ნავთობპროდუქტების კლასიფიკაცია.

ნავთობგადამამუშავებელი მრეწველობა უშვებს 500-ზე მეტ სხვადასხვა ნავთობპროდუქტს.

მათ შორის შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი ძირითადი ჯგუფები, რომლებიც ერთმანეთისაგან შედგენილობით, თვისებებითა და გამოყენებით განსხვავდებიან: 1). საწვავები - ბენზინები (საწვავები ძრავებისათვის იძულებითი ანთებით), რეაქტიული, დიზელის, გაზოტურბინის, ღუმლის, საქვაბე, კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების გათხევადებული აირები; 2) ნავთობური ზეთები; 3) პარაფინები და ცერეზინები; 4). არომატული ნახშირწყალბადები; 5) ნავთობური ბიტუმები; 6) ნავთობური კოქსი; 7) პლასტიკური შემზეთები; 8) მისართები საწვავებისა და ზეთებისათვის; 9) სხვადასხვა დანიშნულების ნავთობპროდუქტები;

18.2. ბენზინები

საავტომობილო მრეწველობა წარმოიშვა აშშ-ში, სადაც ამჟამად რამდენიმე ათეული მილიონი ავტომობილი მოქმედებს. ავტომობილებს აწარმოებენ ასევე ევროპის სხვადასხვა ქვეყანაში - ინგლისში, საფრანგეთში, იტალიაში, გერმანიაში, იაპონიაში. სხვადასხვა ტიპის ავტომობილის საერთო რაოდენობა აღწევს 200 მლნ. ავტომობილების ასეთი უზარმაზარი რაოდენობა მოითხოვს ბენზინის დიდ რაოდენობას, რომელიც ექსპლუატაციის პირობებისა და ძრავის ტიპის მიხედვით სხვადასხვა ხარისხისაა. ბენზინი საჭიროა ასევე საავიაციო ძრავებისათვის. დედამიწაზე მოქმედი თვით-

ფრინავების საერთო რაოდენობა რამდენიმე ასეულ ათასს შეადგენს. ეს ძრავები მოითხოვს სპეციფიკური თვისებების მქონე ბენზინების გამოყენებას. კერძოდ, საავიაციო ბენზინები, სხვა თვისებებთან ერთად უნდა იყოს ადვილად აქროლადი. საავიაციო ბენზინი წარმოადგენს ნავთობის გამოხდის შედეგად მიღებულ ყველაზე მსუბუქ ფრაქციას. საავიაციო ბენზინებზე წაყენებულია უფრო მკაცრი მოთხოვნები, მაგრამ ძირითადი მოთხოვნა ბენზინების მიმართ ამაში არ გამოისახება. ბენზინი ცილინდრში უნდა იწვოდეს წყნარად, თანაბრად, გარკვეული სიჩქარით, დეტონაციის გარეშე. ბენზინის ძირითადი კომპონენტებია 5-12 ნახშირბადატომთა შემცველი მოლეკულები. ბენზინში შემავალი ნახშირწყალბადების შედგენილობაში შედიან იზოპარაფინები, არომატული ნახშირწყალბადები და ნაფტენები. კრეკინგის შედეგად მიღებული ბენზინები შეიცავენ 15-დან 25%-მდე ოლეფინს. ბენზინი - ნავთობის გადამუშავების ყველაზე მნიშვნელოვანი პროდუქტია; არსებობს სხვადასხვა მარკის ბენზინები. თუ ერთი მარკის ბენზინი გამოიყენება ერთი ტიპის ავტომობილისათვის, მეორესათვის ის მიუღებელია, რადგან ამან შეიძლება გამოიწვიოს დეტონაციის მოვლენა. დეტონაცია - ძრავაში საწვავის წვის განსაკუთრებული რეჟიმია. დეტონაციური სიმტკიცე განსაზღვრავს საწვავის ნორმალურად წვის უნარს, რომელსაც თან არ ახლავს აფეთქებითი ხასიათის პროცესი - დეტონაცია. დეტონაციურ სიმტკიცეზე და მოკიდებული ცილინდრში საწვავ-საჰაერო ნარევის შეკუმშვის ხარისხი, ძრავაში განვითარებული სიმძლავრე და საწვავის კუთრი ხარჯი. დეტონაციის მოვლენა დაკავშირებულია წვის სივრცეში აქტიური ნაწილაკების, ძირითადად, ზეჟანგების დაგროვებასთან.

ბენზინების ანტიდეტონაციური თვისებების შეფასებას ახდენენ ორ ეტალონურ ნაერთთან - 2,2,4-ტრიმეთილპენტანთან (იზოოქტანთან, რომლის სიმტკიცე პირობითად 100 ტოლია) და ნ-ჰექსანთან, (რომლის სიმტკიცე 0 ტოლია) შედარებით. ეს რიცხვები აღნიშნავენ ოქტანური რიცხვების მნიშვნელობებს. 2,2,4-ტრიმეთილპენტანისა და ნ-ჰექსანის სხვადასხვა მოცულობითი თანაფართობა მოგვცემს ოქტანური რიცხვების შუალედურ მნიშვნელობებს 0-დან - 100-მდე. ამრიგად, ბენზინების ოქტანური რიცხვი განსაზღვრავს იზოოქტანის პროცენტულ შემცველობას ნ-ჰექსანთან ნარევაში, რომელიც სტანდარტულ პირობებში ისეთივე დეტონაციას განიცდის, როგორც გამოსაცდელი ბენზინი. დეტონაცია ძალიან მავნე მოვლენაა. დეტონაციური რეჟიმის პირობებში ძრავის სიმძლავრე მკვეთრად მცირდება, საწვავის ხარჯი იზრდება, ძრავის მუშაობა ხდება ხისტი და არათანაბარი. ამასთან ერთად დეტონაცია იწვევს დგუმის და ამონაბოლქვი სარქველების გადაწვას, ძრავის ცვეთას და საბოლოოდ მის წყობიდან სწრაფ გამოსვლას. ინტენსიური დეტონაციის რეჟიმში ძრავის ხანგრძლივმა მუშაობამ შეიძლება გამოიწვიოს ავარიული შედეგები. განსაკუთრებით საშიშია დეტონაცია საავიაციო ძრავებში.

ბენზინების ანტიდეტონაციური თვისებები დამოკიდებულია მათ ქიმიურ შედგენილობაზე. დეტონაციისადმი მაქსიმალური მიდრეკილებით ხასიათდებიან ნორმალური აგებულების ალკანები, მინიმალურით - იზოალკანები და არომატული ნახშირწყალბადები. ნაფტენური ნახშირწყალბადები ამ მწკვრივში შუალედურ ადგილს იკავებენ. რაც უფრო მაღალია ოქტანური რიცხვის მნიშვნელობა, მით უკეთესად მუშაობს ძრავა და უფრო დიდია მისი სიმძლავრე. ამიტომ საავტომობილო და საავიაციო ძრავებში ცდილობენ გამოიყენონ მაღალი ოქტანური რიცხვის მქონე ბენზინები. ამასთან დაკავშირებით ცდილობენ მიიღონ ბენზინი მაღალი ოქტანური რიცხვით. ნავთობის პირველადი გამოხდის შედეგად მიღებულ ბენზინს აქვს დაბალი ოქტანური რიცხვი, 50 - 70-მდე. ნავთობის დესტრუქციული გადამუშავების შედეგად მიღებული ბენზინის ოქტანური რიცხვი 70 აღემატება. იმისათვის, რომ გავზარდოთ გამოხდის შედეგად მიღებული ბენზინის ანტიდეტონაციური თვისებები, მას შეურევნ ნავთობის დესტრუქციული გამოხდის მაღალოქტანურ ბენზინს, ახდენენ ბენზინის გაკეთილშობილებას რიფორმინგის გამოყენებით, უმატებენ ნავთობის თერძული და კატალიზუ-

რი გადამუშავების ცალკეულ ფრაქციებსა და სპეციალურ მისართებს - ანტიდეტონატორებს. ერთ-ერთ ეფექტურ ანტიდეტონატორს მიეკუთვნება ეთილური სითხე, სადაც ოქტანური რიცხვის ასამაღლებელი კომპონენტია ტეტრაეთილტყვია [ტეტ-Pb(C₂H₅)₄]. ასეთ ბენზინს ეწოდება *ეთილირებული*. ტეტრაეთილტყვია გამოიყენება დიბრომეთანთან, ან ბრომეთილის ∞ -მონოქლორნაფტალინთან ან დიბრომპროპანისა ∞ -მონოქლორნაფტალინთან ნარევიში. ამ ნარევეს ეწოდება ეთილის სითხე, რომელსაც 2-4 სმ³ - ის რაოდენობით უმატებენ ბენზინს. ამჟამად მსოფლიოში ძრავის საწვავებისათვის ძალიან ფართოდ გამოიყენება ანტიდეტონაციური ჟანგბადშემცველი დანამატები. მაგალითად, მეთილ-მესამეულ-ბუთილის ეთერი, მეთანოლი და ეთანოლი. ამ დანამატების შემცველი საწვავის წვის შედეგად გამონაბოლქვ აირებში არ წარმოიშვება დამატებითი გაჭუჭყიანება და, ჩვეულებრივ ბენზინთან შედარებით, წარმოიქმნება ნაკლები ნახშირბადის ოქსიდი (CO). ბენზინში ასევე საჭიროა მსუბუქი კომპონენტების, უპირველესად მასში გახსნილი ბუთანის რეგულირება. სიცივეში ბენზინი უნდა შეიცავდეს უფრო მეტ მსუბუქ კომპონენტს, რათა უფრო ადვილად მოხდეს ძრავის ჩართვა, ცხელ პერიოდში კი, პირიქით, მსუბუქი კომპონენტების რაოდენობა ბენზინში უნდა იყოს მინიმალური - რაც უფრო დიდია აორთქლება, მით უფრო მაღალია ბენზინის დანაკარგები გადმოსხმის და ჩასხმის დროს და უფრო დიდია ხანძარსაშიშროება. ამიტომ ბენზინის შედგენილობა დამოკიდებულია კლიმატზე და წელიწადის დროზე. ბენზინში შეიძლება სპეციალური დანიშნულების ნივთიერებების შეყვანა. ესენია, მაგალითად, ანტიოქსიდანტები, რომლებიც ანელებენ ბენზინში ალკენების ჟანგვას ან საწვავში შემავალი კოროზიის ინგიბიტორები და ა.შ. ბენზინის სხვადასხვა ფრაქციის შერევით, ცალკეული ნახშირწყალბადების ან მათი ნარევის დამატებით, ასევე ანტიდეტონატორების და ანტიმჟანგველების დამატებით ღებულობენ გარკვეული სახის ბენზინებს, რომლებიც პასუხობენ მკაცრად დადგენილ კონდიციებს და ხასიათდებიან გარკვეული ოქტანური რიცხვებით. ამჟამად აწარმოებენ შემდეგი მარკის ბენზინებს: AI-92, AI-95 და AI-98, სადაც ციფრები მიუთითებს ოქტანის რიცხვზე. აწარმოებენ ასევე სხვადასხვა მარკის საავიაციო ბენზინებს ოქტანური რიცხვებით 91, 95, 100, 115. გარდა აორთქლების ტემპერატურებისა და ოქტანის რიცხვისა ბენზინების მიმართ წაყენებულია სხვა მოთხოვნებიც. კერძოდ, დაბალი ტემპერატურების პირობებში საავიაციო ბენზინებიდან არ უნდა გამოიყოს პარაფინების კრისტალები. ისევე, როგორც საავტომობილო ბენზინში, საავიაციო ბენზინებში მკაცრად შეზღუდულია გოგირდოვანი ნაერთების შემცველობა. გოგირდოვანი ნაერთები ამცირებენ ბენზინების ანტიდეტონაციურ თვისებებს და იწვევენ ძრავის ნაწილების კოროზიას. გოგირდის შემცველობა საავიაციო ბენზინებში არ უნდა აღემატებოდეს 0,05%. გოგირდის შემცველობა ასევე შეზღუდულია საავტომობილო ბენზინებშიც. ბენზინი გამოიყენება არა მხოლოდ საავიაციო და საავტომობილო საწვავად, არამედ ზოგიერთი ნივთიერების გამხსნელად, კერძოდ, მცენარეული ზეთების ექსტრაქციისათვის. მზესუმზირის ზეთის დიდი ნაწილი გამოიყოფა მზესუმზირის თესლების დაწნეხით. მაგრამ ზეთის გარკვეული ნაწილი რჩება თესლების ნარჩენ მასაში და მას გამოყოფენ მსუბუქი ბენზინით ექსტრაქციის გზით. შემდეგ ექსტრაქტს გააცხელებენ და გადადენიან. ბენზინი აორთქლდება, ნარჩენში კი რჩება მზესუმზირის ზეთი. ანალოგიურად ბენზინს იყენებენ სხვა ზეთების მისაღებად. როგორც გამხსნელი ბენზინი გამოიყენება რეზინის წებოს წარმოებაში, ასევე, ლაქებისა და საღებავების დასამზადებლად.

18.3. საწვავები საჰაერო-რეაქტიული ძრავებისათვის

საწვავები საჰაერო-რეაქტიული ძრავებისათვის - რეაქტიული საწვავები, საავიაციო ნავთები - გამომუშავდება ნავთობის პირდაპირნახადი ფრაქციების და კატალი-

ზური კრეკინგის გაზოილების ბაზაზე, რიგ შემთხვევაში კი ჰიდროგენიზაციური პროცესების გამოყენებით. რეაქტიული ძრავების საწვავების ხარისხის ძირითად მახასიათებლებს მიეკუთვნება: სიმკვრივე, წვის სითბო, ფრაქციული შედგენილობა, სიბლანტე, კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურა, არენების, გოგირდის, აქტიური გოგირდოვანი ნაერთების, ფისებისა და უჯერი ნახშირწყალბადების შემცველობა, თერმული სტაბილურობა. რეაქტიული საწვავის სიმკვრივე და წვის სითბო ახასიათებს მის ენერგეტიკულ შესაძლებლობებს. რაც უფრო მაღალია სიმკვრივე, მით უფრო დიდი რაოდენობით საწვავი ჩაიტვირთება საფრენი აპარატის ავზში და ამით, დამატებითი საწვავის გამოყენების გარეშე, გაიზრდება ფრენის მანძილი. მაღალი წვის სითბოს მქონე საწვავის გამოყენების დროს გამოიყოფა უფრო მეტი სითბო. ნახშირწყალბადების წვის სითბო დამოკიდებულია მოლეკულაში წყალბადის შემცველობასა და თანაფარდობაზე - ნახშირბადი : წყალბადი. რაც უფრო მაღალია მოლეკულაში წყალბადის შემცველობა, მით უფრო მაღალია წვის სითბო; მაქსიმალური წვის სითბო აქვთ ალკანებს, მინიმალური - არენებს. საწვავის ქიმიურ შედგენილობაზე დამოკიდებულია საწვავის წვის სისრულე და ეფექტურობა. არენების, განსაკუთრებით ბიციკლური (ნაფტალინური) ნახშირწყალბადების წვის დროს წარმოიქმნება ჭვარტლი და ნაძწვი, რომლებიც გროვდება მოწყობილობის კედლებზე. ფრაქციული შედგენილობა და ნაჯერი ორთქლის წნევა გავლენას ახდენს საჰაერო-საწვავი ნარევის წარმოქმნის პირობებსა და მათი წვის პროცესზე. რაც უფრო მაღალია ორთქლის წნევა, მით უფრო უკეთესია აორთქლება. საწვავის სიბლანტის შემცირება დადებითად მოქმედებს საწვავის გამტვირთვების პირობებზე, რადგან მცირდება წვეთების ზომები. საჰაერო-რეაქტიული ძრავის საწვავების მნიშვნელოვან საექსპლუატაციო მაჩვენებელს მიეკუთვნება კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურა, რომელიც $-(55-60) ^\circ\text{C}$ არ უნდა აღემატებოდეს.

18.4. დიზელის საწვავები

დიზელის საწვავებს ამზადებენ ნავთობის პირდაპირი გამოხდის, ჰიდროგაწმენდისა და დეპარაფინიზაციის პროდუქტებისაგან, ასევე აღნიშნულ პროცესებში მიღებული პროდუქტების შერევით კატალიზური კრეკინგის მსუბუქ გაზოილთან.

დიზელის საწვავებს უნდა ჰქონდეს: კარგი თვითაღების უნარი (ძრავის ადვილი ჩართვა და რბილი მუშაობა), რომელიც განისაზღვრება ცეტანური რიცხვით; ოპტიმალური ფრაქციული შედგენილობა და სიბლანტე; კარგი დაბალტემპერატურული თვისებები. ისინი არ უნდა შეიცავდეს კოროზიულად აქტიურ ნაერთებს, მექანიკურ მინარევებსა და წყალს.

ცეტანური რიცხვი. დიზელის საწვავები ხასიათდება ცეტანური რიცხვით. ცეტანური რიცხვი გამოსახავს ცეტანის (ჰექსადეკანის) პროცენტულ შემცველობას α -მეთილნაფტალინთან ნარევაში. ჰექსადეკანის ცეტანური რიცხვი მიღებულია 100-ის ტოლი, α -მეთილნაფტალინის-0.

დიზელის საწვავების ცეტანური რიცხვები უნდა იყოს ოპტიმალური. დაბალი ცეტანური რიცხვის პირობებში ძრავა მუშაობს ხისტად, ე.ი. წვის კამერებში მკვეთრად იზრდება წნევის ზრდის სიჩქარე, იზრდება დეტალების ცვეთის უნარი. მაღალი ცეტანური რიცხვის (60-ზე მეტ) პირობებში, კამერაში შესხურების შემდეგ საწვავი სწრაფად იწვის, ცუდად შეერევა ჰაერს, რის შედეგად მცირდება ძრავის ეკონომიურობა და იზრდება გამომუშავებული აირების კვამლიანობა. დიზელების ნორმალური გაშვება და მწყობრი მუშაობა უზრუნველყოფილია 45 ცეტანური რიცხვის მქონე საწვავის

გამოყენებით. დიზელის საწვავის ცეტანური რიცხვები დამოკიდებულია მათ ნახშირწყალბადოვან შედგენილობაზე: რაც უფრო მაღალია საწვავში პარაფინული ნახშირწყალბადების შემცველობა, მით უფრო მაღალია მისი ცეტანური რიცხვი; რაც უფრო მაღალია არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობა, მით უფრო დაბალია იგი. ცეტანის რიცხვი ასევე დამოკიდებულია საწვავის ფრაქციულ შედგენილობაზე. როგორც წესი, მსუბუქი ფრაქციები ამცირებენ ცეტანურ რიცხვს და, პირიქით. დიზელის საწვავების ცეტანური რიცხვის ამაღლების ყველაზე ეფექტური საშუალებაა მისართების დამატება. დიზელის საწვავების ხარისხის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია გოგირდის საერთო შემცველობა. მაღალგოგირდიანი დიზელის საწვავების წვის შედეგად წარმოიქმნება გოგირდის ოქსიდები (SO_2 და SO_3), რომლებიც იწვევენ ძრავის ნაწილების ძლიერ კოროზიულ ცვეთას. მოთხოვნების მიხედვით გოგირდის შემცველობა სასაქონლო საწვავებში 0,2-0,5% არ უნდა აღემატებოდეს. ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილება შესაძლებელია ჰიდროგაწმენდის პროცესების გამოყენებით. ჰიდროგაწმენდის პროცესის გამოყენების გარეშე საწვავი შეიცავს 1%-მდე გოგირდს.

18.5. გაზოტურბინის, ლუმლის და საქვაბე საწვავები

გაზოტურბინის საწვავს ამზადებენ პირდაპირნახადი, დაკოქსვისა და თერმული კრეკინგის დისტილატებიდან. მას იყენებენ სტაციონარულ გაზოტურბინის და ორთქლგაზიან ენერგეტიკულ დანადგარებზე, ასევე საზღვაო ტრანსპორტის გაზოტურბინის დანადგარებზე. *ლუმლის საწვავი* განკუთვნილია საყოფაცხოვრებო დანიშნულების სპეციალურ ლუმლებში წვისათვის. მას ამზადებენ პირდაპირნახადი და მეორადი პროცესების დისტილატური ფრაქციებიდან; *საქვაბე საწვავი* (მაზუთები) გამოიყენება თბოელექტროსადგურების, გემის დანადგარების, სხვადასხვა სამრეწველო ლუმლის ორთქლის ქვაბებისათვის. ის შეიცავს ნავთობის, კატალიზური კრეკინგის მძიმე გაზოილების, დაკოქსვისა და ჰიდროკრეკინგის ნარჩენებს, თერმული კრეკინგისა და ვისბრეკინგის კრეკინგ-ნარჩენებს, ზეთების გადამუშავების ნარჩენებსა და ნავთობქიმიური სინთეზის ნარჩენებს.

18.6. შეჭირხნული აირები

კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მოხმარებისათვის განკუთვნილი ნახშირწყალბადოვანი შეჭირხნული აირები მზადდება პროპანისა და ბუთანის საფუძველზე, რომლებიც მიიღება ნავთობის პირველადი გადამუშავების, კატალიზური კრეკინგის, გაზოფრაქციონირებისა და კატალიზური რიფორმინგის დროს. მრეწველობა უშვებს პროპანისა და ბუთანის ნარევს ტექნიკურ ზამთრის, სადაც C_3 - ნახშირწყალბადთა შემცველობა არა ნაკლები 75%, პროპანისა და ბუთანის ნარევს ზაფხულის, რომელშიც C_3 - ნახშირწყალბადთა შემცველობა 60% არ უნდა აღემატებოდეს, ასევე ბუთანს ტექნიკურს, რომელიც არა ნაკლებ 60% ბუთანსა და ბუთილენებს შეიცავს.

18.7. ნავთობური ზეთები

ძრავის ზეთი, მატორის ზეთი განკუთვნილია შიგაწვის ძრავების შესაზეთად. პრაქტიკულად ყველა ძრავის ზეთი ნავთობის გადამუშავების პროდუქტია და მხოლოდ ზოგიერთი ხარისხის საავიაციო ზეთს ღებულობენ სინთეზურად. ყველა ძრავის ზეთი (გარდა ზოგიერთი საავიაციო ზეთისა) შეიცავს მისართების კომპლექსს, რომელიც აუმჯობესებს მათ საექსპლუატაციო თვისებებს (რეცხვით, ცვეთსაწინააღმდეგ, ანტიკოროზიულსა და სხვა). ძრავის ზეთი არის სამი კლასის - საავტომობილო,

დიზელის და საავიაციო. პირველ ორ კლასში შედის ავტოსატრაქტორო, თბომავლისა და გემის ძრავის ზეთები, რომლებიც სიბლანტის მიხედვით (100°C-ზე) 11 ჯგუფად იყოფიან. საავიაციო ზეთი 20 სხვადასხვა სახისაა.

ნავთობური ზეთების ძირითადი დანიშნულებაა სხვადასხვა მექანიზმებში, ჩარხებში, ძრავებში შეამციროს ხახუნი მანქანის მოძრავი ნაწილების მყარ ზედაპირებს შორის. ნავთობური ზეთები არასასურველი მინარევებისაგან გაწმენდილი თხევადი მაღალმდლარე ფრაქციითა ნარევებია. იმისათვის, რომ განვასხვავოთ სინთეზური ზეთებისაგან, ნავთობურ ზეთებს ზოგჯერ მინერალურ ზეთებს უწოდებენ. ნავთობიდან გამოყოფის ხერხის მიხედვით მინერალური ზეთები იყოფა დისტილატურ, ნარჩენ და კომპაუნდირებულ ზეთებად, რომლებიც მიიღება დისტილატური და ნარჩენი კომპონენტების შერევით. გაწმენდის მეთოდის მიხედვით ასხვავებენ: გაწმენდელ (მიღებულს უშუალოდ ნავთობის გამოხდის დროს), გამოტუტულ, მჟავა-ტუტოვან, მჟავა-კონტაქტურ, სელექციური და ადსორბციული გაწმენდის, ჰიდროკრეკინგის ზეთებს. გამოყენების მიხედვით ნავთობური ზეთები იყოფა საცხ და სპეციალურ ზეთებად. თავის მხრივ საცხ ზეთებს ყოფენ ინდუსტრიულ, მოტორულ, საჩარხო, ვაკუუმურ, ცილინდრულ, ენერგეტიკულ, ტრანსმისიურ, ღერძულ, ხელსაწყოების, ჰიდრავლიკურ ზეთებად.

ნავთობური საცხი ზეთების ძირითად საექსპლუატაციო მახასიათებლებს მიეკუთვნება: აალების უნარი, სიბლანტე, ფრაქციული შედგენილობა, კოქსვადობა, აფეთქების, შემღვრევის, გამყარების ტემპერატურა, ფისოვანი და კოროზიულად აქტიური ნაერთების შემცველობა.

სიბლანტე დამოკიდებულია ზეთოვანი ფრაქციების ნახშირწყალბადოვან შედგენილობაზე, რომელიც, თავის მხრივ, განისაზღვრება ნავთობის ქიმიური შედგენილობით და მისგან არასასურველი კომპონენტების მოცილების (გაწმენდის) ხერხით. ყველაზე დაბალი სიბლანტე აქვს ალკანებს. ზეთოვანი ფრაქციიდან ალკანების მოცილება ზრდის ზეთების სიბლანტეს. ციკლოალკანებისა და არენების სიბლანტე უფრო მაღალია, ალკანებთან შედარებით. არენების სიბლანტე უფრო მაღალია, ვიდრე ციკლოალკანების. ზეთოვანი ფრაქციებიდან არენებისა და ციკლოალკანო-არენების მოცილება იწვევს ზეთების სიბლანტის შემცირებას.

სიბლანტურ-ტემპერატურული თვისებები. ტემპერატურის ფართო დიაპაზონში მომუშავე ზეთებისათვის, კერძოდ, მოტორული ზეთებისათვის, დიდი მნიშვნელობა აქვს სიბლანტურ-ტემპერატურულ თვისებებს. საჭიროა, რომ ზეთების სიბლანტე ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად მკვეთრად არ იზრდებოდეს ე. ი. სიბლანტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდი იყოს შემდეგისდაგვარად უფრო დაქანებული.

18.8. პარაფინები და ცერეზინები

ამ ჯგუფში შედიან თხევადი და მყარი პარაფინები და ცერეზინები. თხევად პარაფინებს ლებულობენ დიზელის ფრაქციების კარბამიდული ან ადსორბციული დეპარაფინიზაციით. მათ იყენებენ ცილა-ვიტამინური კონცენტრატების, სინთეზური ცხიმოვანი მჟავებისა და ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებების მისაღებად. მყარ პარაფინებს ლებულობენ დისტილატური ზეთოვანი ფრაქციების დეპარაფინიზაციით. მყარი პარაფინები გამოიყენება ქალაქის გასაჟღენთავად, ასანთის, სანთლების, სარეცხი საშუალებების, ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებების და პლასტიკური საცხისების წარმოებაში. ისინი იყოფა ტექნიკურ, მაღალი სისუფთავისა და კვების მრეწველობისათვის განკუთვნილ პარაფინებად. ცერეზინები მიიღება ნარჩენი ზეთოვანი ფრაქციების დეპარაფინიზაციით ან ბუნებრივი ოზოკერიტების დამუშავებით. მათ იყენებენ საცხისების, ვაზელინების, მასტიკე-

ბის, ასლის გადამღები ქაღალდის წარმოებაში, საიზოლაციო მასალად ელექტროტექნიკაში.

18.9. არომატული ნახშირწყალბადები

კატალიზური რიფორნინგისა და პიროლიზის დანადგარებზე მიიღება სასაქონლო არომატული ნახშირწყალბადები, რომლებიც გამოიყენება გამხსნელად და ასევე ძვირფას ქიმიურ ნედლეულად, ესენია ბენზოლი, ტოლუოლი, ქსილოლი ნავთობური ტექნიკური, პ-, მ-, და ო-ქსილოლები, ფსევდოქუმოლი. გარდა ამისა, პიროლიზის დროს ღებულობენ მწვანე საპონს, რომელიც წარმოადგენს მაღალმოლეკულური, ძირითადად, პოლიციკლური ნახშირწყალბადთა ნარევის და გამოიყენება ნედლეულად ტექნიკური ნახშირის მისაღებად.

18.10. ნავთობური კოქსი

ნავთობის კოქსს ღებულობენ მძიმე ნარჩენი ნედლეულის - გუდრონების, კრეკინგ-ნარჩენების, ექსტრაქტების, ასფალტების, პიროლიზის ფისების დაკოქსვის შედეგად.

ნავთობის კოქსი წარმოადგენს რუხიდან შავი ფერის მყარ ფოროვან მასას, რომელიც შედგება მაღალმოლეკულური, მაღალარომატიზებული ნახშირწყალბადებისაგან.

18.11. მისართები საწვავებისა და ზეთებისათვის

მისართები - ქიმიური ნაერთებია, რომელთა მცირე რაოდენობით დამატება მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ნავთობპროდუქტების საექსპლუატაციო თვისებებს. *მისართები საწვავებისათვის*. დანიშნულების მიხედვით მისართები საწვავებისათვის იყოფა შემდეგნაირად: მისართები, რომლებიც

- 1). აუმჯობესებენ ძრავაში წვის პროცესს;
- 2). საწვავის ტრანსპორტირებისა და შენახვის დროს ინარჩუნებენ თავიანთ თვისებებს;
- 3). ხელს უშლიან საწვავში ყინულის წარმოქმნას;
- 4). აუმჯობესებენ საწვავის საცხუნარიანობას;
- 5). ხელს უშლიან საწვავ აპარატურაში დანალექების წარმოქმნას;
- 6). ანტისტატიკური.

შიგა წვის ძრავებში წვის პროცესის გასაუმჯობესებლად ფართოდ გამოიყენება ტეტრაეთილტყვია (ტეტ).

დიზელის საწვავის ცეტანური რიცხვის ასამაღლებლად იყენებენ ორგანულ ნიტრატებს (იზოპროპილ-, ამილ-, ციკლოჰექსილნიტრატებს). საწვავების სასაქონლო თვისებების შენარჩუნებას შენახვისა და ტრანსპორტირების დროს უზრუნველყოფენ ანტიმჟანგველების შეყვანით - ნ-ოქსიდიფენილამინის; იმისათვის, რომ გამოირიცხოს ყინულის კრისტალების წარმოქმნა და მათი დალექვა საწვავ ფილტრებზე, რეაქტიულ საწვავებს უმატებენ მეთილ- და ეთილცელოზოლვს, ასევე ტეტრაჰიდროფურილის სპირტს. მისართებს, რომლებიც ზრდიან საცხუნარიანობას, უმატებენ რეაქტიულ საწვავებს. ცვეთსაწინალო მისართებად, რომლებიც ზრდიან საცხუნარიანობას, გამოიყენება ნაფტენური მჟავების კონცენტრატები.

რეაქტიულ საწვავებს უმატებენ ასევე ანტისტატიკურ მისართებს, რომლებიც საწვავების შენახვისა და გადაქაჩვის დროს ხელს უშლიან სტატიკური ელექტრული მუხტების დაგროვებას. ამ ტიპის მისართები ზრდიან საწვავის ელექტროგამტარია-

ნობას, წარმოქმნილი მუხტები არ გროვდება საწვავში და მიემართება აპარატურის და მილსადენების ჩამიწებულ კედლებში.

იმისათვის, რომ გამოირიცხოს საწვავი აპარატურის დანაგვიანება ქიმიური გარდაქმნების უხსნადი პროდუქტებით, იყენებენ დისპერგირებად მისართებს, რომელთა საშუალებით საწვავების ჟანგვის პროდუქტები გადადიან კოლოიდურ მდგომარეობაში ან ხსნარში. დისპერგირებად მისართებად უფრო ხშირად გამოიყენება ბარიუმისა და კალციუმის ნაფტენატები და სულფონატები, აზოტოვანი ნაერთები. *მისართები ზეთებისათვის.* გაწმენდის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებითაც მინერალური ზეთების სისუფთავე, უმეტეს შემთხვევაში, სრულად არ აკმაყოფილებს მომხმარებლის მზარდ მოთხოვნებს. საჭირო საექსპლუატაციო თვისებების უზრუნველყოფა შესაძლებელია ბაზურ ზეთებში სხვადასხვა მისართების დამატებით. საცხ ზეთებზე მოქმედების მიხედვით მისართები იყოფა: 1) სიბლანტურ; 2) დეპრესორულ; 3) ანტიმჟანგავ; 4) ანტიკოროზიულ და მჟანგავ; 5) გამრეცხ (დეტერგენტულ) და დისპერგირებად; 6) ცვეთსაწინალო; 7) ანტიქაფურ მისართებად. სიბლანტური მისართების შეყვანა ზრდის ზეთების სიბლანტეს. დეპრესორული მისართები ეფექტურად ამცირებენ ზეთების გამყარების ტემპერატურას.

ანტიმჟანგავ მისართებს (ჟანგვის ინგიბიტორები), მათი გამოყენების პირობების მიხედვით, ყოფენ დაბალტემპერატურულ მისართებად, რომლებსაც უმატებენ ტურბინის, ტრანსფორმატორის, ინდუსტრიულ ზეთებში, და მაღალტემპერატურულ მისართებად, რომლებიც განკუთვნილია მოტორის ზეთებისათვის. მეტალური ზედაპირების კოროზიის შესამცირებლად ზეთებს უმატებენ სპეციალურ ანტიკოროზიულ მისართებს. როგორც წესი, ანტიკოროზიული მისართები პოლარული ნივთიერებებია, რომლებიც ადსორბირდებიან მეტალურ ზედაპირზე და წარმოქმნიან მონომოლეკულურ შრეს. ანტიკოროზიულ მისართებად იყენებენ გოგირდოვან და ფოსფოროვან ნაერთებს. ანტიდამჟანგავი მისართები იცავენ ზეთებს ატმოსფერული კოროზიის ზემოქმედებისაგან. მათ ამზადებენ უჯერი ცხიმოვანი მჟავებისა და მათი ეთერების, ნაფტენური სულფომჟავების მარილების, დაჟანგული პეტროლატუმის საფუძველზე. დეტერგენტული (გამრეცხი) და დისპერგირებადი მისართები განკუთვნილია ძრავებში წარმოქმნილი ლაქის აკვის და ნალექის შესამცირებლად. დეტერგენტულ მისართებად გამოიყენება კალციუმისა და ბარიუმის სულფონატები, კალციუმისა და ბარიუმის ალკილფენოლატები, კალციუმისა და ბარიუმის ალკილსალიცილატები. საცხუნარიანობის გასაუმჯობესებლად ზეთებს უმატებენ ცვეთსაწინალო მისართებს. ამ მიზნით გამოიყენება დითიოფოსფორმჟავას წარმოებულები. ანტიქაფური მისართები, ჰაერთან ინტენსიური შერევის გამო, ხელს უშლიან ზეთებში ქაფის წარმოქმნას.

მისართებს, რომლებიც ერთდროულად აუმჯობესებენ საცხი ზეთების რამდენიმე თვისებას, ეწოდება მრავალფუნქციური. მრავალფუნქციური მისართების ღირსებას წარმოადგენს ის, რომ მათი გამოყენების შემთხვევაში ადგილი არ აქვს ზეთებში სპეციფიკური მისართების დიდი რაოდენობით შეყვანას. მრავალფუნქციური მისართები წარმოადგენს მისართების ნარევს, ან რთულ ორგანულ ნაერთს, რომელიც შეიცავს სხვადასხვა პოლარულ ფუნქციონალურ ჯგუფს, გოგირდს, ფოსფორს, ლითონებს.

18.12. სხვა ნავთობპროდუქტები და ნავთობქიმიის პროდუქტები

ნავთობურ ბიტუმებს ღებულობენ მძიმე ნავთობური გუდრონების ჟანგვით. ხშირად მათ შეურევენ ასფალტებს და ზეთის წარმოების ექსტრაქტებს. ბიტუმების ხარისხის ძირითად მაჩვენებლებს მიეკუთვნება: ნემსის შეღწევის სიღრმე (პენეტრაცია), წელვადობა (დექტილობა) და დარბილების ტემპერატურა, რომელიც ახასიათებს ბიტუმის თბოუნარიანობას. პენეტრაცია და დექტილობა დაბალ ტემპერატურებზე მიუთითებს იმაზე, თუ რამდენად ინარჩუნებს ბიტუმი ელასტიურობას.

ნავთობური მჟავები და მათი მარილები. ნავთობური მჟავები გამოიყოფა, ძირითადად, ნათელი და ზეთის დისტილატების ტუტოვანი გაწმენდის დროს მიღებული ნატრიუმის მარილების - საპნების სახით და გამოიყენება მილონავთის, ასიდოლის და ასიდოლ-მილონავთის დასამზადებლად. მილონავთი (ნავთობური მჟავების შემცველობა 43%) წარმოადგენს ნავთობური მჟავების ნატრიუმის საპნების, მინერალური ზეთებისა და წყლის ნარევს. ასიდოლი (ნავთობური მჟავების შემცველობა 42-50%) შეიცავს ნაფტენურ მჟავებს, რომლებიც მინარევების სახით შეიცავენ მინერალურ ზეთებს. ასიდოლ-მილონავთი (ნავთობური მჟავების შემცველობა 67-70%) წარმოადგენს თავისუფალი ნაფტენური მჟავებისა და მათი ნატრიუმის საპნების ნარევს. როგორც ცხიმების შემცველი, ეს პროდუქტები გამოიყენება ტექნიკური საპნების დამზადების დროს, რადგან ისინი ხასიათდებიან კარგი ემულგირებადი და ქაფწარმომქნელი თვისებებით; ისინი ასევე გამოიყენება საფეიქრო მრეწველობაში ღებვის დროს, ხის გასაჟღენთავად ლპობის საწინააღმდეგოდ, როგორც სიკატივები (გაშრობის დამაჩქარებლები) და ზოგიერთი სხვა მიზნებისათვის. ამ პროდუქტების მიმართ საერთო მოთხოვნას წარმოადგენს მინერალური ზეთების მინიმალური შემცველობა.

გამხსნელები ფართო გამოყენება მოიპოვეს ლაქსადებავ მრეწველობაში და რეზინატექნიკურ მრეწველობაში. კვების მრეწველობაში გამხსნელად გამოიყენება საექსტრაქციო ბენზინი და პეტროლეინის ეთერი. სხვა დარგებში გამოიყენება სხვა გამხსნელები, მათ შორის ბენზოლი.

ყველა გამხსნელში ნორმირდება არომატული და უჯერი ნახშირწყალბადების, ასევე გოგირდოვანი ნაერთების შემცველობა. გამხსნელებს ღებულობენ, ძირითადად, ნავთობის თანმხლები აირებიდან და მცირედგოგირდოვანი ნავთობებიდან გაზფრაქცირებად დანადგარებზე, ნავთობის პირველადი გადამუშავების დანადგარებზე და კატალიზური რიფორმინგის დროს (რაფინატებიდან). ზოგიერთ შემთხვევაში მიღებული ფრაქციები განიცდიან სპეციალურ გაწმენდას.

სანათი ნავთები, რომლებიც მიიღება ნავთობის პირდაპირი გადამუშავების შედეგად, გამოიყენება, ძირითადად, საყოფაცხოვრებო საჭიროებებისათვის (ნავთის ნათურა, პრიმუსები და ა.შ.). ნორმალური წვისათვის სანათ ნავთს უნდა ჰქონდეს შესაბამისი ქიმიური შედეგნილობა (ძირითადად, პარაფინული ნახშირწყალბადების), რომელიც უზრუნველყოფს უკვამლო წვას და საკმარის განათებას.

დაკოქსვის პროცესში მიიღებულ ნავთობურ კოქსს, როგორც ელექტროდულ კოქსს, იყენებენ აბრაზიული და სხვა მასალების დასამზადებლად, აგრეთვე როგორც მყარ საწვავს. ფართო სამრეწველო მნიშვნელობა აქვს ელექტროდულ კოქსს, რომელიც გამოიყენება მსუბუქი ლითონების, (განსაკუთრებით ალუმინის) და ხელოვნური გრაფიტების დასამზადებლად. ხელოვნური გრაფიტი, როგორც ანტიფრიქციული გრაფიტული მასალა, გამოიყენება მანქანათმშენებლობაში, ზესუფთა ხელოვნური გრაფიტები კი - ატომურ რეაქტორებში. ჭვარტლი წარმოადგენს ამორფულ ნახშირბადს, ის არსებობს მსუბუქი ფხვნილის ან შავი ფერის მიკროსფეროების ნაწილაკების სახით დიამეტრით 0,00003-0,00004. ჭვარტლს, როგორც შემავსებელს, იყენებენ რეზინის, ლაქსადებავების მრეწველობაში, ტიპოგრაფიული საღებავების, ებონიტის, ელექტროდების და სხვ. წარმოებაში. ჭვარტლის ხარისხის მიმართ ძირითად მოთხოვნებს მიეკუთვნება: ადსორბციის უნარი, დისპერსულობა, მღებავი თვისებები, გარეშე ჩანართვების არარსებობა, ფრაქციული შედგენილობა.

ნავთობგადამამუშავებელ ქარქნებში ნედლეულად ჭვარტლის წარმოებაში გამოიყენება გაზი, მწვანე საპონი, (რომელიც მიიღება ნავთ-სოლარის ფრაქციების პიროლიზის დროს), კატალიზური კრეკინგის გაზოილები, ზეთის წარმოების ექსტრაქტები და სხვ.

დამარბილებლები - ნავთობის პირდაპირი გამოხდის ნარჩენი პროდუქტები, ფიქლების ზეთი, ასევე ზეთის წარმოების ზოგიერთი პროდუქტი, რომელიც როგორც დამარბილებელი გამოიყენება რეზინის წარმოებასა და ასევე რეგენერაციის დროს.

ზემოაღნიშნული პროდუქტების გარდა, ნავთობგადამამუშავებელ და სხვა წარმოებებში ამზადებენ სხვა პროდუქტებსაც, მათ შორის დიდი მნიშვნელობა აქვს *ქიმიურ და ნავთობქიმიურ პროდუქტებს*. მათ პირველ რიგში მიეკუთვნება:

- 1) არომატული ნახშირწყალბადები - ბენზოლი, ტოლუოლი და ქსილოლები;
- 2) ეთილენი და მის საფუძველზე წარმოებული ეთილის სპირტი, პოლიეთილენი, ეთილენის ოქსიდი, ასევე მისი ნაწარმი, (გლიკოლები, მონოეთანოლამინები და სხვ.);
- 3) პროპილენი და მისი წარმოებული იზოპროპილენბენზოლი, ფენოლი და აცეტონი, პოლიპროპილენი, ბუთილის სპირტი, პროპილენის ოქსიდი და მისი წარმოებული;
- 4) გოგირდმჟავა და ელემენტარული გოგირდი;
- 5) სინთეზური ცხიმოვანი მჟავები და სხვა პროდუქტები.

ნავთობქიმიური ნედლეულიდან ქიმიური პროდუქტების წარმოება გამოირჩევა მაღალი ეკონომიური ეფექტურობით. მასშტაბებით ყველაზე მაღალტონაჟურ ნავთობქიმიური წარმოების პროდუქტს, რომელსაც წამყვანი როლი აკისრია სინთეზური მასალების მრეწველობის განვითარებაში, მიეკუთვნება: ოლეფინები (ეთილენი და პროპილენი), დივინილი, იზოპრენი, აცეტილენი, ასევე არომატული ნახშირწყალბადები (განსაკუთრებით ბენზოლი და ქსილოლები). ნედლეულად ნავთობქიმიურ პროცესებში გამოიყენება არა მხოლოდ აირები და თხევადი ნავთობპროდუქტები, არამედ მყარიც - პარაფინები.

18.13. ნავთობის გადამამუშავების პროდუქტების გამოყენება

დღესდღეობით ნავთობიდან ღებულობენ ათასეულობით პროდუქტს. ნავთობპროდუქტების ძირითად ჯგუფებს მიეკუთვნება: თხევადი, აირადი და მყარი საწვავები (ნავთობური კოქსი), საცხი და სპეციალური ზეთები, პარაფინები და ცერეზინები, ბიტუმები, არომატული ნაერთები, ჰვარტლი, აცეტილენი, ეთილენი, ნავთობური მჟავები და მათი მარილები, უმაღლესი სპირტები.

ნავთობის გადამამუშავების პროდუქტებმა ყველაზე ფართო გამოყენება მოიპოვა საწვავ-ენერგეტიკულ სფეროში. მაგალითად, მაზუთს აქვს თითქმის ერთნახევარჯერ უფრო მაღალი წვის სითბო, ვიდრე ყველაზე საუკეთესო ხარისხის ნახშირებს. წვის შედეგად ის იკავებს მცირე ადგილს და წვის დროს არ იძლევა მყარ ნარჩენებს. მყარი საწვავების შეცვლა მაზუთით თბოელექტროსადგურებში, ქარხნებში, რკინიგზასა და საზღვაო ტრანსპორტზე იძლევა სახსრების უზარმაზარ ეკონომიას, ხელს უწყობს მრეწველობისა და ტრანსპორტის სწრაფ განვითარებას.

ბენზინი გამოიყენება დგუშიანი ძრავების საწვავად. დანიშნულების მიხედვით ის იყოფა ორ ძირითად სახეობად; საავიაციო და საავტომობილო. ბენზინს იყენებენ ასევე ზეთების, კაუჩუკის გამხსნელად, ქსოვილების გასაწმენდად ცხიმოვანი ლაქებისაგან და ა.შ.

ნავთს იყენებენ ლუმლისა და ძრავის საწვავად. სანათი ნავთი მიიღება ნავთობის პირდაპირი გამოხდით და შედგება, ძირითადად, 270-300°C-ზე მდულარე ფრაქციისაგან. სანათი ნავთი ორი ძირითადი სახისაა: მსუბუქი და მძიმე - პირონავთი. მსუბუქ ნავთს იყენებენ ყოფაცხოვრებაში. მძიმე ნავთი შედარებით უსაფრთხოა ხანძრის გაჩენის თვალსაზრისით. მას იყენებენ საქვაბეების, შახტების, საწყობების, შუქურებისა და სხვ. გასანათებლად. სპეციალური ხარისხის ნავთს, რომლის აალების ტემპერატურაა 40°C-ია, იყენებენ ქვანახშირის ფლოტაციისათვის და პიროლიზის ნედლეულად.

მაზუთი შავი ფერის ბლანტი სითხეა. მისგან ღებულობენ (ვაკუუმში გამოხდით) საპოხ (მინერალურ) ზეთებს. დანიშნულების მიხედვით არსებობს მანქანის, ტრაქტორის, საათის და სხვა ზეთი. მაზუთს იყენებენ საწვავად საქვაბე დანადგარებსა და ბენზინის მისაღებად ნავთობქიმიურ წარმოებაში. წყლის ორთქლით მაზუთის გამოხ-

დის შედეგად ღებულობენ ვაზელინს. იგი მყარი და თხევადი პარაფინების ნარევი და გამოყენებულია კოსმეტიკაში, მედიცინასა და მანქანებში.

პარაფინი მყარი ნახშირწყალბადების ნარევი და მას იყენებენ სანთლების დასამზადებლად.

სოლარის ზეთი გამოიყენება საწვავად დიზელებში. საცხი ზეთები გამოიყენება სხვადასხვა მექანიზმის შესაზეთად.

ლიგროინს იყენებენ საწვავად დიზელის ძრავებში, ასევე გამხსნელად ლაქსაღებავების წარმოებაში.

ნავთობიდან აქროლადი პროდუქტების გამოხდის შემდეგ რჩება შავი ფერის არა-აქროლადი მასა, რომელსაც გუდრონი ეწოდება. იგი დულს 450-600°C-ის ფარგლებში. გუდრონი გამოიყენება ბიტუმის მისაღებად. ბიტუმს იყენებენ გზების, სარდაფის იატაკის, სახურავის დასაფარავად და საწვავად.

ლიგროინისაგან ღებულობენ ბენზინს. პარაფინი გამოიყენება უმაღლესი კარბონ-მჟავების მისაღებად, ხის გასაჟღენტად ასანთისა და ფანქრების წარმოებაში, სანთლების, გუტალინისა და სხვ. დასამზადებლად.

ნავთობის გამოყენების ენერგეტიკული მიმართულება მთელს მსოფლიოში ამ დრომდე რჩება უმთავრესი. ნავთობის წილი მსოფლიო ენერგობალანსში 46%-ზე მეტს შეადგენს.

მოცულობით და ღირებულებით ნავთობური ზეთები შეადგენენ ნავთობპროდუქტების მეორე ჯგუფს. ისინი გამოიყენება ტექნიკის ყველა დარგში. დანიშნულების მიხედვით ნავთობური ზეთები სხვადასხვა ფუნქციას ასრულებენ: მოხახუნე ზედაპირებს შორის ამცირებენ ხახუნის კოეფიციენტს, ამცირებენ ცვეთის ინტენსიურობას, იცავენ კოროზიისაგან ლითონებს, აცივებენ მოხახუნე ნაწილებს. ზეთები ასევე ქმნიან ელექტროსაიზოლაციო არეს ტრანსფორმატორებში, კონდენსატორებში, კაბელებსა და ზეთოვან ამომრთველებში. ისინი ასევე გამოიყენება შემზეთების, მისართებისა და სხვ. წარმოებაში.

მაგრამ ამ ბოლო დროს ნავთობის გადამუშავების პროდუქტები უფრო ფართოდ გამოიყენება როგორც ნედლეული თანამედროვე ქიმიურ მრეწველობაში. მაგალითად, ეთილის სპირტი გამოიყენება წარმოების დაახლოებით 150 დარგში. ქიმიურ მრეწველობაში გამოიყენება ფორმალდეჰიდი, პლასტმასები, სინთეზური ბოჭკოები, სინთეზური კაუჩუკი, ამიაკი, ეთილის სპირტი და ა.შ.

ნავთობის გადამუშავების პროდუქტები გამოიყენება ასევე სოფლის მეურნეობაშიც. აქ იყენებენ ზრდის სტიმულატორებს, თესლების საწამლავს, შხამქიმიკატებს, აზოტოვან სასუქებს, შარდოვანას, ფირებს სათბურებისათვის და ა.შ.

მანქანათმშენებლობაში და მეტალურგიაში იყენებენ უნივერსალურ წებოს, პლასტმასის დეტალებს და ნაწილებს, საცხ ზეთებს და სხვ. ფართო გამოყენება მოიპოვა ნავთობურმა კოქსმა, რომელსაც იყენებენ ანოდების დასამზადებლად. დაწნეხილ მურს როგორც ცეცხლგამძლე შემონაფენს იყენებენ ღუმელებში.

კვების მრეწველობაში გამოიყენება პოლიეთილენის შეფუთვები, საკვები მჟავები, კონსერვანტები, პარაფინი, ცილოვან-ვიტამინური კონცენტრატები, რომელთა ნედლეულად გამოიყენება მეთილის და ეთილის სპირტები და მეთანი.

ფარმაცევტულ და პარფიუმერულ მრეწველობაში ნავთობის გადამუშავების პროდუქტებიდან აწარმოებენ ნიშადურის სპირტს, ქლოროფორმს, ფორმალინს, ასპირინს, ვაზელინსა და სხვ.

ნავთობსინთეზის ნაწარმი ფართოდ გამოიყენება ხის გადამამუშავებელ, საფეიქრო, ტყავის და სამშენებლო მრეწველობაში.

თავი 19. ნახშირწყალბადური აირები

19.1. ბუნებრივი და ხელოვნური აირების შედგენილობა და კლასიფიკაცია

აირის გამოყენება მრავალმხრივია: მისი ძირითადი ნაწილი იგზავნება ენერგეტიკის მოთხოვნილებებზე, მეორე ნაწილი გამოიყენება როგორც ტექნოლოგიური საწვავი სხვადასხვა პროდუქციის გასაშრობად, როგორც საწვავი ყოფაცხოვრებაში. შეჭირხნული აირი გამოიყენება შიგა წვის ძრავებში. ბუნებრივი აირის ენერგეტიკული გამოყენება განპირობებულია მაღალი თბოუნარიანობით, ტექნოლოგიური მოწყობილობის სიმარტივით და გარემოს მინიმალური გაჭუჭყიანებით. ის მიეკუთვნება ყველაზე პერსპექტიული საწვავის სახეობას მსოფლიოში.

XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან ბუნებრივმა აირმა, როგორც ნედლეულმა, ფართო გამოყენება პოვა მრეწველობის სხვადასხვა დარგში. აირის ყველაზე მსხვილ მომხმარებელს მიეკუთვნება ქიმიური მრეწველობა. მაღალკალორიულ საწვავების რიცხვს ასევე მიეკუთვნება ნავთობის თანმხლები აირები, მაგრამ ისინი უფრო ღირებულია როგორც ნედლეული ნავთობქიმიური და ქიმიური მრეწველობისათვის. თანმხლებ აირებში მაღალია ეთანის, პროპანის, ბუთანისა და სხვ. შემცველობა. ისინი გამოიყენება პლასტმასების, სინთეზური კაუჩუკების და სხვ. პროდუქტების მისაღებად. თანმხლები აირები ნავთობის მოპოვების ადგილებში ხშირად იწვიან ჩირაღდნებში. ყველა ენერგორესურსთან შედარებით, ბუნებრივი აირის წარმოება და მოხმარება იზრდება ყველაზე სწრაფი ტემპებით. ამას განაპირობებს კარგი სარესურსო ბაზა, მოსახერხებელი გამოყენება, ეკოლოგიური სისუფთავე. გაზზე მზარდი მოთხოვნილების ძირითად წინაპირობას წარმოადგენს მისი უდიდესი მარაგები.

მიღების მეთოდსა და ფიზიკო-ქიმიური თვისებების მიხედვით აირები იყოფა ბუნებრივ და ხელოვნურ აირებად. ბუნებრივს (მიწის წიაღისეულიდან მოპოვებულს) მიეკუთვნება: საკუთრივ ბუნებრივი აირები (მშრალი აირი), გაზკონდენსატის საბადოს აირები (მშრალი აირისა და კონდენსატის ნარევი) და ნავთობის თანაური აირები, რომლებიც გახსნილი არიან ნავთობში.

ბუნებრივი აირები წარმოადგენენ ერთმანეთის მიმართ ქიმიურად ინერტული აირების (კომპონენტების) ქიმიურ ნარევს, რომელიც შედგება, ძირითადად, ნაჯერი ნახშირწყალბადებისაგან (ალკანებისაგან). ბუნებრივი აირის ძირითადი ნაწილი შედგება მეთანისაგან CH_4 ($\approx 98\%$). ნარევის დანარჩენ ნაწილში შედის: ეთანი C_2H_6 , პროპანი C_3H_8 , ბუთანი C_4H_{10} და პენტანი C_5H_{12} . ბუნებრივი აირი არ შეიცავს თავისუფალ წყალბადს, ნახშირბადის მონოოქსიდს, ჟანგბადს, ოლეფინებს ან აცეტილენს, მაგრამ ზოგიერთი საბადოს შედგენილობაში შედის ნახშირბადის დიოქსიდი (ნახშირორჟანგი), აზოტი და გოგირდწყალბადი. ზოგიერთი ბუნებრივი აირის საბადოები შეიცავენ ჰელიუმს.

ბუნებრივი აირების ქიმიური შედგენილობა მოყვანილია ცხრილში 19.1.1. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ბუნებრივი აირების შედგენილობაში, ძირითადად, შედის მეთანი და მისი ჰომოლოგები. მცირე რაოდენობით ისინი შეიცავენ ნახშირბადის დიოქსიდს, აზოტს.

**ბუნებრივი აირების ქიმიური შედგენილობა (მოც. %)
(საშუალო მონაცემები)**

ცხრილი 19.1.1.

CH₄	C₂H₆	C₃H₈	C₄H₁₀	C₅H₁₂	C₆ უმაღლესი +	N₂ იშვიათი +	CO₂
98,5	0,1	კვალი	კვალი	—	—	1,1	0,21

ნავთობის *თანმხლები* აირები მოიპოვება ნავთობთან ერთად. ზედაპირზე ამოსვლისას, წნევის შემცირების გამო, ისინი გამოიყოფიან ნავთობიდან. ნავთობის თანაური აირების ქიმიური შედგენილობა მოყვანილია ცხრილში 19.1.2. თანმხლები აირების შედგენილობაში შედიან ძირითადად, მეთანის ჰომოლოგები, ასევე აზოტი და ნახშირბადის დიოქსიდი:

**თანმხლები აირების ქიმიური შედგენილობა(მოც. %)
(საშუალო მონაცემები)**

ცხრილი 19.1.2.

CH₄	C₂H₆	C₃H₈	C₄H₁₀	C₅H₁₂ + უმაღლესი	CO₂	H₂S	N₂ იშვიათი +
40,0	19,5	18,0	7,5	4,9	0,1	—	10,0

გაზკონდენსატის საბადო წარმოქმნის აირადი ნახშირწყალბადების გროვებს, საიდანაც წნევის შემცირების შედეგად გამოიყოფა თხევადი ნახშირწყალბადოვანი ფაზა - კონდენსატი. კონდენსატი, ისევე როგორც ნავთობი, შეიცავს ალკანებს, ნაფტენებსა და არენებს.

არსებობს ნედლი და სტაბილური კონდენსატი. ნედლი კონდენსატი წამოადგენს თხევადი ნახშირწყალბადების ნარევს, რომელშიც გახსნილია აირადი ნახშირწყალბადების გარკვეული რაოდენობა. ნედლი კონდენსატის დეგაზაციით ღებულობენ სტაბილურ კონდენსატს.

გაზკონდენსატის აირის ქიმიური შედგენილობა მოყვანილია ცხრილში 19.1.3. გაზკონდენსატის აირი დიდი რაოდენობით შეიცავს მეთანს, ასევე ბენზინის, ნავთის, და ზოგჯერ დიზელის ფრაქციების შედგენილობაში შემავალ მაღალმოლეკულურ ნახშირწყალბადებს. გაზკონდენსატის საბადოს აირები შეიცავენ 2-5% და უფრო მეტი რაოდენობით თხევად ნახშირწყალბადებს, აზოტს და მცირე რაოდენობით ნახშირბადის დიოქსიდს.

**გაზკონდენსატის აირების ქიმიური შედგენილობა (მოც. %)
(საშუალო მონაცემები)**

ცხრილი 19.1.3.

CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂ + უმაღლესი	CO ₂	N ₂ + იშვიათი
75,7	9,1	3,1	0,7	7,5	0,2	3,8

მეთანი და ზოგიერთი ნახშირწყალბადი ფართოდ არის გავრცელებული კოსმოსში. გავრცელების მიხედვით მეთანი მესამე ადგილს იკავებს სამყაროში. ბუნებრივი აირის უმსხვილესი საბადოები თავმოყრილია დედამიწის ქერქის დანალექ საფარში. ნავთობის წარმოშობის ბიოგენური თეორიის თანახმად, ისინი წარმოიქმნებიან ცოცხალი ორგანიზმების ნეშტის ხრწნის შედეგად. დადგენილია, რომ ბუნებრივი აირი წარმოიქმნება უფრო მაღალ ტემპერატურებზე, ვიდრე ნავთობი. ამით აიხსნება ის, რომ გაზის საბადოები, ნავთობის საბადოებთან შედარებით, უფრო ღრმად არიან განლაგებულნი. სიმკვრივის მიხედვით ნახშირწყალბადოვანი აირები მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ნახშირწყალბადოვან აირთა შორის ყველაზე მსუბუქია მეთანი. მისი სიმკვრივე ატმოსფერული ჰაერის მიმართ შეადგენს 0,55. ეთანის სიმკვრივე უახლოვდება ჰაერის სიმკვრივეს. პროპანი და ბუთანი ბევრად უფრო მძიმეა. თხევადი ნახშირწყალბადების სიმკვრივე 3-4 ჯერ აღემატება ჰაერის სიმკვრივეს. ამიტომ ბუნებრივი გასასვლელიებიდან აირის გამოსვლის დროს პირველად გამოიყოფა მეთანი, მძიმე ნახშირწყალბადოვანი აირები კი მოეფინებიან მიწის ზედაპირზე და ნელა მიმოიფანტებიან ატმოსფეროში. ნახშირწყალბადოვანი აირები მკვეთრად განსხვავდებიან დუდილის ტემპერატურებით. მეთანი თხევად მდგომარეობაში გადადის ძალიან დაბალ ტემპერატურაზე. თხევადი მეთანი დულს და გარდაიქმნება აირში მხოლოდ -161°C-ზე, მეთანის კრიტიკული ტემპერატურაა - 82°C. მაშასადამე, მთის ქანების სიღრმეში, სადაც ტემპერატურა 0°C აღემატება, არცერთ წნევაზე მეთანი არ გადადის თხევად მდგომარეობაში, ეთანი დულს საკმაოდ დაბალ ტემპერატურაზე (-88°C), მაგრამ მისი კრიტიკული ტემპერატურაა 32°C, ამიტომ უფრო დაბალ ტემპერატურასა და მაღალ წნევაზე ეთანს შეუძლია გადავიდეს თხევად მდგომარეობაში. კიდევ უფრო ადვილად თხევად მდგომარეობაში გადადის პროპანი, ბუთანი და იზობუთანი.

ცხრილში 19.1.4. მოყვანილია ნახშირწყალბადოვანი და ზოგიერთი სხვა აირის ფიზიკური თვისებები:

ცხრილი 19.1.4. ბუნებრივი აირების ფიზიკური თვისებები

აირები	სიმკვრივე ჰაერის მიმართ	დნობის ტემპერატურა, °C	დუდილის ტემპერატურა, °C	კრიტიკული ტემპერატურა, °C
მეთანი.....	0,554	-184	-165,5	-82,5
ეთანი.....	1,049	-182,8	-88,3	32,2
პროპანი.....	1,55	-189	-42,3	96,8
იზობუთანი.....	2,067	-145	-10,2	134
ბუთანი.....	2,085	-135	-0,5	153,1
წყალბადი.....	0,0695	-259	-252,5	-240
აზოტი.....	0,967	-209,8	-195,8	-147,1
ნახშირორჟანგი... ..	1,529	-56,6	-78,5	31,1
გოგირდწყალბადი	1,19	-82,9	-61,8	100,4
ჰელიუმი.....	0,138	-272,2	-268,5	-268
არგონი.....	1,379	-189	-185,7	-122

ბელოვნიური საწვავი აირები იყოფა ორ ჯგუფად. პირველს მიეკუთვნება აირები, რომლებიც მიიღება უჰაერო გარემოში მყარი ან თხევადი საწვავის 500-1000°C ტემპერატურებზე გაცხელების შედეგად, მაგალითად, კოქსოქიმიურ ქარხნებში (წყალბადის, მეთანის და ნახშირბადის ნარევის სახით) და ნავთობგადამამუშავებელ ქარხნებში (ალკანების, ოლეფინებისა და დიოლეფინების ნარევის სახით).

მეორე ჯგუფში შედიან აირები, რომლებიც მიიღება ჰაერის ჟანგბადის და წყლის ორთქლთან მათი ნარევის ნაკადში საწვავის ნაწილობრივი წვის დროს, ასევე ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის გზით. ამ აირების შედგენილობაში, ძირითადად, შედის ნახშირბადის ოქსიდი, წყალბადი და აზოტი.

შეჭირხნული ნახშირწყალბადოვანი აირები წარმოადგენენ ნახშირწყალბადების - პროპანის, პროპილენის, ბუთანის, ბუთილენის, მცირე რაოდენობით მეთანის, ეთანის, ეთილენისა და პენტანის ნარევის. ეს ნარევი ნორმალურ ატმოსფერულ პირობებში იმყოფება აირად მდგომარეობაში, გაზრდილი წნევისა და შემცირებული ტემპერატურების პირობებში ის გარდაიქმნება სითხედ. აირების თვისებები დამოკიდებულია აირში შემავალი კომპონენტების თვისებებზე. ქიმიური თვისებებით ნახშირწყალბადოვანი აირები საკმაოდ ინერტულნი არიან. პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება ნახშირწყალბადოვანი აირების თვისება - ჰაერთან შეხებისას წვის უნარი. ალის ან ნაპერწკლის მიახლოებით ჰაერის თანაობისას ნახშირწყალბადოვანი აირები თვითაალებიან. ამ დროს რეაქციას, რომელიც მიმდინარეობს ნახშირწყალბადებსა და ჰაერის ჟანგბადს შორის თან ახლავს სითბოს დიდი რაოდენობით გამოყოფა. მეთანის სითბოტევადობა, ან სითბოს ის რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა 1მ³ მათანის სრული წვის დროს, უდრის 8900 კკალ. მოლეკულური მასების ზრდასთან ერთად გაზის სითბოტევადობა იზრდება. მაღალ ტემპერატურაზე უჰაერო სივრცეში ნახშირწყალბადები იშლებიან. ამ დროს გამოიყოფა წყალბადი, წარმოიქმნება უჯერი ნახშირწყალბადები და მიმდინარეობს სხვა, უფრო რთული რეაქციები. ბუნებრივი აირის მეთანი, როგორც საწვავი და ნედლეული, გამოიყენება წყალბადის, ამიაკისა და მეთანოლის მისაღებად. ეთანი გამოიყენება ნედლეულად პიროლიზში; გაზის კონდენსატები - ნედლეულად ბუთადიენის, იზოპრენის, არომატული ნახშირწყალბადების მისაღებად. იმ შემთხვევაში, თუ გაზის კონდენსატის შედგენილობაში მეტია პარაფინი, მიზანშეწონილია მისი გამოყენება როგორც ნედლეული პიროლიზი-

სათვის. იმ შემთხვევაში, თუ კონდენსატი შეიცავს უფრო მეტ ნაფტენს, უკეთესია, მისი გამოიყენება არომატული ნახშირწყალბადების მისაღებად.

19.2. ბუნებრივი აირების გადამუშავება. ზოგადი ცნობები.

დედამიწის ზედაპირზე ამოსვლის დროს, წნევის ვარდნის შედეგად, ხდება გახსნილი თანაური აირების გამოყოფა. აირის გამოყოფა იწყება ჭაბურღილის ტანში, შემდეგ გრძელდება სეპარირებად დანადგარებში, მილსადენებში და ა.შ. ნავთობისა და გაზის შეკრების სისტემა ისე არის მოწყობილი, რომ თანაური აირები მთლიანად იყოს მოცილებული და გამოყენებული. თანაურ აირებს სეპარაციით მოაცილებენ ნავთობს და აგროვებენ. მაგრამ მრავალსაფეხურიანი სეპარაციის გამოყენების შედეგად ნავთობში რჩება C₁-C₄ შედგენილობის ნახშირწყალბადთა მნიშვნელოვანი რაოდენობა (5%-მდე). ამიტომ ნავთობი სპეციალურ დანადგარებზე განიცდის სტაბილიზაციას. სტაბილიზაციის დროს ნავთობიდან გამოიყოფა C₁-C₄ შედგენილობის ნახშირწყალბადების ნარევი, რომელიც გადაეცემა მსხვილი ნავთობქიმიური კომბინატების შედგენილობაში შემავალ ცენტრალურ გაზის ფრაქციონირებად დანადგარს, სადაც ნარევი დაიყოფა ინდივიდუალურ ნახშირწყალბადთა ფრაქციებად: ეთანის, პროპანის, იზობუთანის, ნ-ბუთანის. ამ ფრაქციებს შემდგომ იყენებენ ნედლეულად პიროლიზის დანადგარებზე, სინთეზური კაუჩუკის მისაღებად და სხვ. გაზის გადამამუშავებელ ქარხნებში თანაური აირები გადამუშავდება, რაც ითვალისწინებს შემდეგ სტადიებს:

1). გაწმენდა და გოგირდწყალბადის მოშორება;

2). აირებიდან ეგრეთ წოდებული არასტაბილური ბენზინის - C₃ და უფრო მეტი ნახშირწყალბადების მოშორება (აირის გამობენზინება);

3). გამობენზინებული აირის შეკუმშვა იმ წნევამდე, რომელზეც მიმდინარეობს მისი გადაქაჩვა მომხმარებლისათვის. მსოფლიო პრაქტიკაში გამოიყენება თანაური აირებიდან ბენზინის მოცილების შემდეგი ძირითადი ხერხები: *კომპრესორული, აბსორბციული, ადსორბციული, დაბალტემპერატურული რეკტიფიკაცია და კონდენსაცია.* თანაური აირებიდან ბენზინის მოცილების ძირითად მეთოდს წარმოადგენს ზეთოვანი აბსორბცია.

ბენზინმოცილებულ აირს გადააგზავნიან ადგილობრივ მომხმარებლებს, არასტაბილურ ბენზინს კი გადაქაჩავენ ნედლ ნავთობში ან მილსადენებით გადაგზავნიან გაზგადამამუშავებელ ქარხანაში ან ცენტრალურ გაზფრაქციირებად დანადგარებზე. გაზგადამამუშავებელი ქარხნის სასაქონლო პროდუქციას წარმოადგენს აირები, რომლებიც შეიცავენ მეთანს და ეთანს, C₃-C₄ შედგენილობის შეკუმშულ აირებსა და აირად ბენზინს (C₃ და უფრო მეტს).

გაზგადამამუშავებელ ქარხანაში ხდება საკუთრივ გაზის საბადოების, გაზკონდენსატის საბადოსა ან ნავთობის თანაური აირების გადამამუშავება.

გაზგადამამუშავებელი ქარხნის შედგენილობაში შედის შემდეგი ძირითადი კვანძები:

1) გაზის გაწმენდა გოგირდოვანი ნაერთებისაგან;

2) გაზის გამოშრობა;

3) გაზის კომპრიმირება;

4) გათხევადებული ნახშირწყალბადოვანი (ნავთობური) აირებისა და ეთანის გამოყოფა;

5) გათხევადებული ნავთობური აირების ფრაქციების დაყოფა;

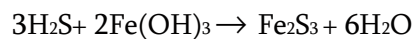
6) ჰელიუმისა და სხვა ინერტული აირების მიღება.

19.3. ბუნებრივი აირების გაწმენდა და გამოშრობა

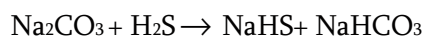
აირების საბადოებიდან მოპოვებული ბუნებრივი ნახშირწყალბადოვანი აირები შეიცავენ, ძირითადად, მეთანს და მცირე მინარევების სახით უფრო მძიმე ნახშირწყალბადებს. გარდა ამისა, ისინი შეიცავენ აზოტს, ნახშირორჟანგს, გოგირდწყალბადს, ჰელიუმსა და არგონს. ნებისმიერი ბუნებრივი აირი შეიცავს წყლის ორთქლს. აირები მთის ქანების სიღრმეში კონტაქტში იმყოფებიან ნესტიან თიხებთან, სილასთან და სხვა მინერალებთან. ამიტომ საბადოებში აირები გაჯერებულია წყლის ორთქლით.

აღნიშნული მინარევებიდან ყურადსაღებია გოგირდწყალბადი და წყლის ორთქლი, რომლებიც მიეკუთვნება მავნე მინარევებს. მაგისტრალურ გაზსაცავებში გადაგზავნის წინ საჭიროა მათი მოცილება, რადგან გოგირდწყალბადი იწვევს ლითონური მილების კოროზიას. გოგირდწყალბადისა და რკინის ურთიერთქმედების შედეგად მიმდინარეობს მილების ცვეთა, რაც საბოლოოდ იწვევს მათ წყობიდან გამოსვლას. ამასთან ერთად გოგირდწყალბადს აქვს არასასიამოვნო სუნი და ის შხამიანია. ამიტომ საჭიროა მისი მოშორება.

არსებობს აირების გოგირდწყალბადისაგან გაწმენდის მშრალი და სველი ხერხი. მშრალი ხერხის გამოყენების დროს იყენებენ ჭაობის მადანს, რომელიც შეიცავს რკინის ჰიდროქსიდს $\text{Fe}(\text{OH})_3$. ჭაობის მადანში აირის გატარებით გოგირდწყალბადი ურთიერთქმედებს რკინის ჰიდროქსიდთან და წარმოქმნის რკინის სულფიდს FeS_3 .



მაგრამ ეს ხერხი ძალიან შრომატევადია, რადგან რკინის ჰიდროქსიდის ხარჯთან ერთად მოითხოვს ჭაობის მადნის გამოცვლას. ამიტომ აირის გასაწმენდად უფრო ხშირად იყენებენ გოგირდწყალბადის მოცილების სველ ხერხებს, რომლის დროსაც აირს ატარებენ გოგირდწყალბადის მშთანთქმელ ხსნარში. ასეთ ხსნარად გამოიყენება ნახშირმჟავა ნატრიუმის (სოდის) ხსნარი. გოგირდწყალბადი შთაინთქმება შემდეგი რეაქციით:

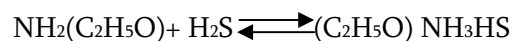


გაწმენდის დროს ნახშირმჟავა ნატრიუმის ხსნარი მოედინება ზემოდან ქვემოთ, სადაც ეხება ქვემოდან მიწოდებულ აირს, დამუშავებულ ხსნარში კი ატარებენ ჰაერს. ჰაერის გატარების შედეგად ხსნარი რეგენერირდება და მას სცილდება გოგირდწყალბადი. რეგენერირებული ხსნარი კვლავ გამოიყენება აირის გასაწმენდად.

აირის უფრო ღრმა გაწმენდისათვის და ამავე დროს გოგირდწყალბადის მისაღებად იყენებენ ეთანოლამინის ხსნარებს.

ეთანოლამინები - ამიაკის წარმოებულებია. თუ ამიაკის მოლეკულაში წყალბადის ერთ ატომს შევცლით $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ ჯგუფით, მივიღებთ მონოეთანოლამინს $-\text{NH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})$. ორი ატომი წყალბადის ჩანაცვლება $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ ჯგუფით მოგვცემს დიეთანოლამინს, სამი ატომი წყალბადის ჩანაცვლებით $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ ჯგუფით მივიღებთ ტრიეთანოლამინს. ყველა ეთანოლამინს აქვს გოგირდწყალბადისა და ნახშირორჟანგის შთანთქმის უნარი, ამიტომ აირების გასაწმენდად ხშირად გამოიყენება მათი ნარევი.

ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე გოგირდწყალბადთან და ნახშირორჟანგთან ეთანოლამინები წარმოქმნიან არამტკიცე ნაერთებს. მონოეთანოლამინისა და გოგირდწყალბადის ურთიერთქმედება მიმდინარეობს შემდეგნაირად:



ეს რეაქცია შექცევადია. ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ის წარიმართება მარცხნიდან მარჯვნივ, ე.ი. მონოეთანოლამინი შთანთქმავს გოგირდწყალბადს. ტემპერატურის 70-100°C -მდე და უფრო მეტად გაზრდა იწვევს რეაქციის გადახრას მარჯვნიდან მარცხნივ. ამ დროს მიღებული ნაერთი იშლება და წარმოქმნის მონოეთანოლამინსა და გოგირდწყალბადს.

დაბალი ტემპერატურების პირობებში ნახშირწყალბადებთან ურთიერთქმედების შედეგად წყლის ორთქლი წარმოქმნის კრისტალჰიდრატებს, რომლებიც იწვევს გაზსადენების გაჭედვას.

თითქმის ყველა აირს, გარდა ჰელიუმისა და წყალბადისა, აქვს კრისტალჰიდრატების წარმოქმნის უნარი. კერძოდ, მეთანი წყალთან წარმოქმნის კრისტალჰიდრატს $\text{CH}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. ამ ნაერთების წარმოქმნას ხელს უწყობს დაბალი ტემპერატურები და მაღალი წნევები. ბუნებრივ აირებში, მაღალი წნევისა და ტენიანობის პირობებში დადებით ტემპერატურებზეც არსებობს გაზსადენებში კრისტალჰიდრატების წარმოქმნის საშიშროება. წყლის ორთქლი, გარდა ამისა, იწვევს მიღების კოროზიას, ამიტომ გაზსადენში მიწოდების წინ აირის გამოშრობა აუცილებელია.

აირებიდან წყლის ორთქლის მოსაცილებლად გამოიყენება როგორც მყარი, ასევე თხევადი გამაშრობლები. მყარი ნივთიერებებიდან უფრო ხშირად გამოიყენება გააქტიურებული ალუმინის ოქსიდი Al_2O_3 . ადსორბერში აირის გატარების დროს ალუმინის ოქსიდი შთანთქმავს წყალს და წარმოქმნის $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. ადსორბერში ცხელი ჰაერის გატარებით წარმოქმნილ კრისტალჰიდრატს სცილდება წყალი და ალუმინის ოქსიდს კვლავ შეუძლია გამოაშროს აირი.

აირი, რომელიც გამოიყენება საწვავად, არ მოითხოვს სრულ გამოშრობას. საჭიროა მხოლოდ წყლის უმეტესი ნაწილის მოცილება, რათა ადგილი არ ჰქონდეს კრისტალჰიდრატების წარმოქმნას. იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა აირის სრული გამშრობა იყენებენ მოლეკულურ საცრებს.

თხევად გამაშრობლად უფრო ხშირად იყენებენ ეთილენგლიკოლს. ეს სითხე კარგად ისრუტავს წყალს, ასევე გოგირდწყალბადს. ზოგჯერ აირის გამოსაშრობად და გოგირდწყალბადის მოსაშორებლად იყენებენ დიეთილენგლიკოლის, მონოეთანოლამინისა და წყლის ნარევის.

19.4. გაზოლინი

ბუნებრივი ნახშირწყალბაოვანი აირების შედგენილობაში ყოველთვის შედის ბენზინის ორთქლი, ე.ი. ყველაზე აქროლადი თხევადი ნახშირწყალბადების - პენტანის, ჰექსანის, ჰეპტანისა და სხვ. ორთქლი. აირადი საბადოების აირებში ბენზინის ორთქლის შემცველობა უმეტეს შემთხვევაში დაბალია, მაგრამ მოპოვებული აირის საერთო რაოდენობიდან გამომდინარე, აირებიდან მიღებული ბენზინის საერთო რაოდენობა შეადგენს მილიონობით ტონას. უფრო დიდი რაოდენობით ბენზინის ორთქლს შეიცავს ნავთობის საბადოს აირები, და, განსაკუთრებით, ზოგიერთი თანაური აირი, რომლებიც გამოიყოფა ნავთობიდან მისი მოპოვების დროს.

აირებიდან ბენზინის გამოსაყოფად გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

1). შეკუმშვა ან კომპრესია; 2). აბსორბცია; 3). ადსორბცია;

აირიდან ბენზინის გამოყოფა შეკუმშვის მეთოდით მდგომარეობს იმაში, რომ აირს აწვდიან კომპრესორში, სადაც ის შეიკუმშება და შემდეგ გადადის მილებიან მაცივარში. შეკუმშვის დროს აირი ცხელდება. რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, მით უფრო მაღალია ბენზინის ორთქლის წნევა და ის ნაკლები რაოდენობით გადადის თხევად მდგომარეობაში. ამიტომ საჭიროა შეკუმშული აირის გაცივება. ამ მიზნით მილებს, რომლებშიც კომპრესორიდან გადადის ამოსული აირი, აცივებენ წყლით. შეკუმშვის

დროს გამოყოფილ ბენზინს აგროვებენ რეზერვუარებში, აირს კი აგზავნიან შემდგომი გადამუშავებისათვის.

იმის მიხედვით, თუ როგორია წნევა და ტემპერატურა ბენზინის გარდა, აირიდან შესაძლებელია ბუთანისა და პროპანის გამოყოფა. მიღებული ნახშირწყალბადოვანი ნარევი შემდეგ დაიყოფა ფრაქციონირების გზით.

ბენზინის გამოყოფის კომპრესიული მეთოდის გამოყენება მიზანშეწონილია აირში ბენზინის მაღალი შემცველობის შემთხვევაში.

აბსორბციული მეთოდის გამოყენების დროს აირს ატარებენ თხევად მშთანთქმელში - აბსორბენტში, რომელშიც ხსნიან ბენზინის ორთქლს. აბსორბენტად იყენებენ ნავთობის ზეთის ფრაქციებს. ბენზინის ორთქლი თითქმის მთლიანად იხსნება ზეთის ფრაქციაში, ბუთანი და იზობუთანი შთაინთქმება 85-95%-ით, პროპანი - 75-80%-ით, ეთანი - 25-30%-ით. მეთანი იხსნება უმნიშვნელოდ.

აირებიდან ბენზინს გამოყოფენ ასევე ადსორბციით გააქტიურებული ნახშირის გამოყენებით. ადსორბენტების ადსორბციის უნარი განპირობებულია მცირე ზომის ფორების არსებობით. ფორების ზომები გამოისახება ანგსტრემებში. გააქტიურებულ ნახშირებში ფორების ზომა რამდენიმე ანგსტრემიდან რამდენიმე ათეულ ანგსტრემს უტოლდება. რადგან ფორების რაოდენობა დიდია, მათი საერთო ფართიც დიდია.

ბენზინის გამოსაყოფად აირს ატარებენ ადსორბერში, რომელშიც მოთავსებულია გააქტიურებული ნახშირის გარკვეული რაოდენობა. როდესაც ნახშირი საკმარისადაა გაიჯერება ბენზინით, აირის მიწოდებას წყვეტენ და ახდენენ ნახშირის დესორბციას. ამისათვის ადსორბერში ატარებენ 125-140°C ტემპერატურამდე გახურებულ წყლის ორთქლს. აირიდან გამოყოფილი ბენზინი და წყლის ორთქლი ცივდება და კონდენსირდება. ბენზინი სცილდება წყალს და მიეწოდება სტაბილიზაციაზე ან რეკტიფიკაციაზე. რეგენერირებულ ადსორბენტს აშრობენ ჰაერით და აცივებენ, რის შემდეგ მას კვლავ იყენებენ ბენზინის გამოსაყოფად.

თავი 19.5. ნახშირწყალბადური აირების დაყოფა

სხვადასხვა ნავთობქიმიური პროდუქტის - პოლიმერების, სინთეზური ბოჭკოსა და სხვ. მისაღებად საწყის ნედლეულად გამოიყენება ინდივიდუალური აირადი და თხევადი ნაჯერი და უჯერი ნახშირწყალბადები. ნაჯერი აირადი ნახშირწყალბადების მიღება შეიძლება ბუნებრივი აირებიდან, უჯერის - კრეკინგის აირებიდან და ნავთობის პიროლიზით. გარდა ამისა, უჯერი ნახშირწყალბადები - ეთილენი, პროპილენი და სხვა - მიიღება ეთანისა და სხვა ნაჯერი აიროვანი ნახშირწყალბადების პიროლიზით.

კომპრესიის, ზეთოვანი აბსორბციის ან ადსორბციის გამოყენებით შესაძლებელია აირებიდან მხოლოდ ნახშირწყალბადოვანი ფრაქციების გამოყოფა. ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების მისაღებად იყენებენ აირის ან ფრაქციათა დაყოფას *ზუსტი რეკტიფიკაციით*.

ყველა იმ შემთხვევაში, როდესაც ნარევის დასაყოფად იყენებენ რეკტიფიკაციას, საჭიროა, რომ ეს ნარევი იყოს თხევად მდგომარეობაში. აირების ნარევი ჯერ გადაყავთ თხევად მდგომარეობაში, შემდეგ კი ახდენენ თხევადი ნარევის რეკტიფიკაციას.

აირადი ნარევის თხევად მდგომარეობაში გადასაყვანად, მას აცივებენ და ზრდიან წნევას. ასეთი ხერხით შესაძლებელია ნებისმიერი აირის გადაყვანა თხევად მდგომარეობაში. მაგრამ ყოველთვის არ არის მიზანშეწონილი რომელიმე ნარევი შემაჯავლი ყველა აირის გადაყვანა თხევად მდგომარეობაში. ისეთი აირების, როგორცაა, მაგალითად, წყალბადი და აზოტი თხევად მდგომარეობაში გადაყვანა დაკავშირებულია დიდ ენერგეტიკულ დანახარჯებთან. ამავ დროს აირების გადასვლას სითხეში თან ახლავს ნარევის დაყოფა - თხევად მდგომარეობაში გადასული აირები სცილდება იმ აირებს, რომლებიც არ გადავიდა სითხეში.

ბუნებრივი ნახშირწყალბადოვანი აირები შეიცავენ მხოლოდ მეთანური რიგის ნახშირწყალბადებს. ბუნებრივი აირებიდან ეთანის, პროპანის, ბუთანის, იზობუთანის, C₅ და C₆ ნახშირწყალბადების გამოსაყოფად იყენებენ თანმიმდევრულად განლაგებულ სარეკტიფიკაციო სვეტების მწკვრივს.

ბუნებრივ აირს წინასწარ აცილებენ გოგირდწყალბადს და ნახშირორჟანგს, ამრობენ და გადაყავთ მეთანურ სარეკტიფიკაციო სვეტში, სადაც -100°C-ზე მიმდინარეობს ყველა ნახშირწყალბადის გათხევადება, გარდა მეთანისა. ამიტომ სვეტის ზედა ნაწილიდან გამოიყოფა აირადი მეთანი, რომელიც მინარევების სახით შეიცავს იმ აირებს, რომლებსაც არ აქვთ სითხეში გადასვლის უნარი. ამ აირებს მიეკუთვნება აზოტი, წყალბადი, იშვიათი აირები (ჰელიუმი, არგონი). ეთანის და უფრო მძიმე ნახშირწყალბადების ნარევი მეთანური სვეტის ქვედა ნაწილიდან გადადის ეთანურ სვეტში, სადაც მყარდება ისეთი ტემპერატურა, რომელზეც ეთანი გამოიყოფა სვეტის ზედა ნაწილიდან, სვეტის ქვედა ნაწილიდან კი გამოიყოფა პროპანი და უფრო მაღალი ნახშირწყალბადები. პროპანულ სვეტში შემდეგ მიიღება პროპანი და ა.შ.

ნავთობისა და ბუნებრივი აირების თერმული გადამუშავების შედეგად მიღებული ნახშირწყალბადოვანი ნარევის თავისებურებას წარმოადგენს უჯერი ნახშირწყალბადების მაღალი შემცველობა. რადგან აირის შედგენილობაში შემავალი კომპონენტების საერთო რაოდენობა ამ დროს იზრდება და, მაშასადამე, დუღილის ტემპერატურათა სხვაობა მცირდება, ასეთი ნარევის დაყოფა რთულდება იმასთან შედარებით, როცა აირის შედგენილობაში მხოლოდ ნაჯერი ნახშირწყალბადები შედიან. ნაჯერი და უჯერი ნახშირწყალბადების ნარევიდან უჯერი ნახშირწყალბადების გამოყოფა მოითხოვს უფრო დეტალურ ფრაქციონირებას და დამატებით გაწმენდას.

ნედლეულად უჯერი ნახშირწყალბადების მისაღებად გამოიყენება ნავთობის ფრაქციები ან ბუნებრივი ნახშირწყალბადოვანი აირები. ზოგჯერ პიროლიზს 600-700°C-ზე განიცდის სპეციალურად გამოყოფილი ეთანი. კრეკინგის ან პიროლოზის შედეგად მიიღება აირადი ნახშირწყალბადების ნარევი (პიროგაზი), რომლის შედგენილობაში შედიან უჯერი ნახშირწყალბადები.

19.6. პიროგაზის ნახშირწყალბადების გაწმენდა

სამრეწველო პირობებში პიროგაზიდან ჭარბი ნახშირორჟანგის მოცილება ხორციელდება რომელიმე მარტივი და იაფი ხერხით. ასეთ ხერხს წარმოადგენს ჩარეცხვა წყლით წნევის ქვეშ. ისევე როგორც გოგირდწყალბადი, ნახშირორჟანგი კარგად იხსნება წყალში და ჩარეცხვის შედეგად აირში რჩება მისი ძალიან მცირე ნაწილი, რომელსაც აუცილებლობის შემთხვევაში აცილებენ სხვა რომელიმე ხერხის გამოყენებით.

აირის სამრეწველო გაწმენდას ნახშირორჟანგისა და გოგირდწყალბადისაგან აწარმოებენ ეფექტურად მოქმედი თხევადი რეაგენტებისა და გამხსნელების გამოყენებით. ასეთი გაწმენდა უმრავლეს შემთხვევაში საკმარისია.

ეთილენის ან სხვა რომელიმე აირის უფრო მაღალხარისხიანი გაწმენდა ნახშირორჟანგისა და გოგირდწყალბადისაგან ეთანოლამინით არ არის საკმარისი. მჟავე აირების კვალის მოსაცილებლად გამოიყენება ტუტოვანი გაწმენდა.

პიროგაზიდან ეთილენის მიღების დროს ნახშირორჟანგისა და გოგირდწყალბადის მოსაცილებლად ჩვეულებრივ იყენებენ ჩარეცხვას მწვავე ნატრიუმის ხსნარით.

ეთილენის მიღება პიროლიზის აირებიდან მოითხოვს მათ გაწმენდას მძიმე - C₄ და უფრო მაღალი ნახშირწყალბადებისაგან. C₄ და C₅ შედგენილობის დიენურ ნახშირწყალბადებს აქვთ პოლიმერიზაციის უნარი. წარმოქმნილი პოლიმერები იწვევენ მყარი სორბენტის ფორმის გაქედვას, რაც ამცირებს მათი მოქმედების ეფექტურობას და მიღებული პროდუქტის ხარისხს. დიენური ნახშირწყალბადების მოცილება მიზანშეწონილია აირის გამომშობამდე.

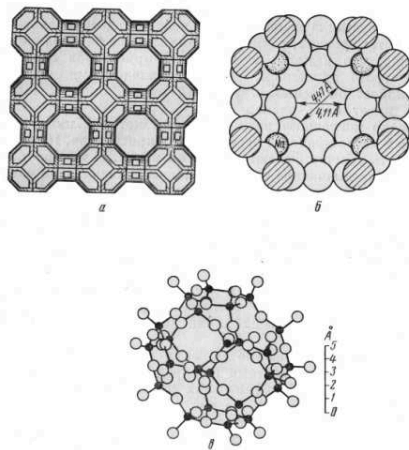
აუცილებელია ასევე პიროგაზის გაწმენდა C_4 და უფრო მაღალი პარაფინული და ოლეფინური ნახშირწყალბადებისაგან, რადგან გამყოფი დანადგარების სხვადასხვა კვანძებში მათი კონდენსაცია ხელს უშლის უკანასკნელის ნორმალურ მუშაობას.

პიროგაზიდან პარაფინული, ოლეფინური, დიენური ნახშირწყალბადების მოსაცილებლად გამოიყენება ჩარეცხვა ზეთით, რეკტიფიკაცია და ადსორბცია გააქტიურებული ნახშირების გამოყენებით.

19.7. მოლეკულური საცრები

ნახშირწყალბადთა ნარევების დაყოფის ზემოაღნიშნული ხერხების გამოყენებით მიიღება სხვადასხვა ინდივიდუალური ნახშირწყალბადი. მიღებული ნახშირწყალბადების სისუფთავე საკმაოდ მაღალია იმისათვის, რომ შესაძლებელი იყოს მათი გამოყენება პოლიმერული მასალების მისაღებად. ძალიან მაღალი სისუფთავის ნახშირწყალბადების, მაგალითად, პოლიმერიზაციისათვის განკუთვნილი ეთილენის მიღება, მოითხოვს გაწმენდის ძალიან რთული და ძვირადღირებული ხერხების გამოყენებას. ეს კი თავის მხრივ დაკავშირებულია უზარმაზარი დანადგარების, მაღალხარისხიანი და ძვირადღირებული რეაგენტების გამოყენებასთან.

ამასთან დაკავშირებით ამჟამად იყენებენ მოლეკულურ საცრებს, რამაც განაპირობა განსაკუთრებულად სუფთა ნივთიერებების მიღება. მოლეკულური საცრები წარმოადგენენ ცეოლიტების ფოროვან კრისტალებს. ცეოლიტები - კალციუმის, ნატრიუმის და სხვა მეტალების წყლიანი ალუმოსილიკატებია. ცნობილია სხვადასხვა ტიპის ბუნებრივი ცეოლიტი (შაბაზიტი, მორდენიტი, გმელინიტი და სხვ.). ამ ცეოლიტების კრისტალები შეიცავენ ღრმულებს, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია ვიწრო "ფანჯრებით." (ნახ.19.7.1.). გაუწყლოებული ცეოლიტების კრისტალებში ასეთი ღრმულების შემცველობა ძალიან მაღალია. 1 გრ. ცეოლიტის ღრმულების შიგა ზედაპირი შეადგენს რამდენიმე ასეულ კვადრატულ მეტრს. ამიტომ ცეოლიტები კარგი ადსორბენტებია.



ნახ.19.7.1. მოლეკულური საცრები

A-ტიპის ცეოლიტის ალუმოსილიკატურ ჩონჩხში კუბოქტაედრების ურთიერთგანლაგების სქემა; **ნ-NaA** ცეოლიტის დიდი ღრუს განიკვეთი; **ბ-**ცეოლიტის კუბოქტაედრული ბუდე.

ცეოლიტის კრისტალის ფანჯრების ზომები ძალიან მცირეა და დაახლოებით აირადი და თხევადი ნივთიერებების მოლეკულათა ზომებს შეესაბამება. ამიტომ ცეო-

ლითების კრისტალების ღრმულეებში შეღწევა და ადსორბირება შეუძლია მხოლოდ იმ ნივთიერებათა მოლეკულებს, რომელთა დიამეტრი ფანჯრის ზომებზე ნაკლებია.

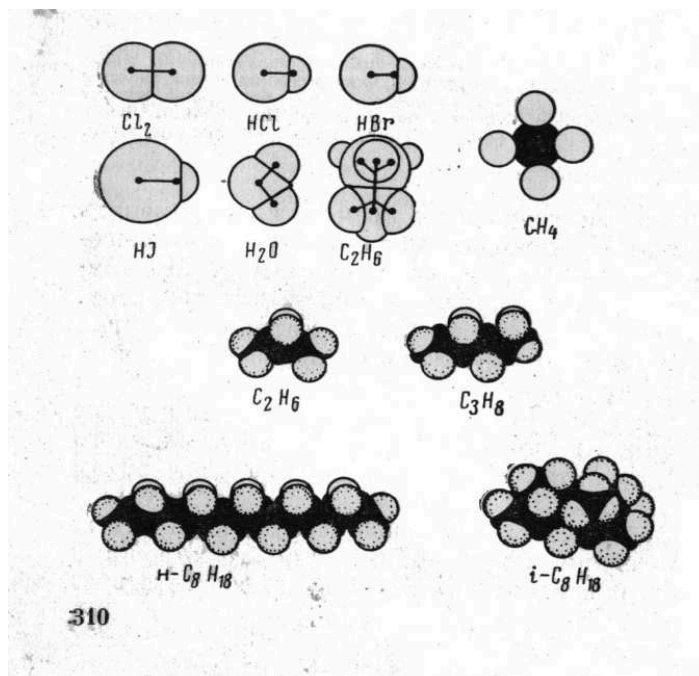
აღსანიშნავია, რომ თითოეული ტიპის ცეოლითის კრისტალების ყველა ფანჯრის ზომა ერთნაირია, რაც განპირობებულია კრისტალური მესრების თვისებებით. ზემოთ აღნიშნულ თითოეულ ცეოლითს აქვს ფანჯრის შესაბამისი ზომები.

ცეოლითები ხარბად შთანთქავენ წყალს, რომლის მოლეკულები მცირე ზომისაა და ადვილად გადიან მათი კრისტალების ფანჯრებში. ამიტომ ბუნებრივი ცეოლითები გაჯერებულია წყლით, მათი კრისტალების ყველა ღრმული და შემაერთებული არხი შევსებულია წყლით. ცეოლითების გაუწყლოების დროს, რასაც აღწევენ 300°C და უფრო მეტ ტემპერატურამდე გაცხელებით, მათი კრისტალური მესრის სტრუქტურა რჩება უცვლელი. ამიტომ გაუწყლოებული ცეოლითების კრისტალები ხასიათდებიან მაღალი ადსორბციული თვისებებით იმ ნივთიერებების მიმართ, რომელთა მოლეკულებს შეუძლია შეღწეოს კრისტალების ფანჯრებში და ადსორბირდეს მისი ღრმულეების შიგა ზედაპირზე.

სხვადასხვა ნივთიერებებს აქვთ სხვადასხვა ზომისა და ფორმის მოლეკულა. ზოგიერთი ნივთიერების მოლეკულებს აქვთ სფერული ფორმა, სხვა ნივთიერების მოლეკულების სიგრძე აღემატება განიკვეთს.

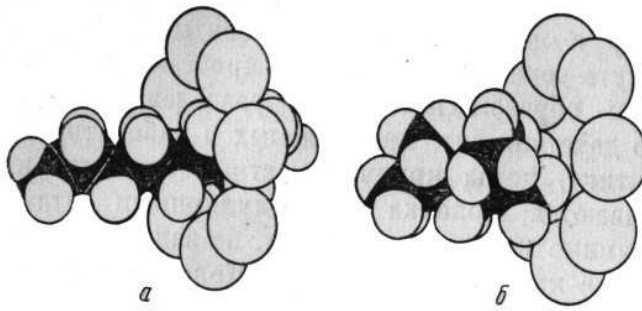
ფორმის მიხედვით მარტივი მოლეკულები აქვთ აირებს: (წყალბადი, აზოტი, ჰელიუმი და სხვა), ასევე უმარტივეს ქიმიურ ნაერთებს (წყალი, ნახშირჟანგი, ნახშირორჟანგი, მეთანი და სხვა). ნახ.-ზე 19.7.2. წარმოდგენილია ზოგიერთი ნივთიერების მოლეკულების ფორმები.

მეტად მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს მოლეკულების განიკვეთის ზომები. სფერული მოლეკულებისათვის ეს ზომები შეესაბამება დიამეტრს. წაგრძელებული ფორმის მოლეკულებისათვის დამახასიათებელია განიკვეთი ან კრიტიკული დიამეტრი. ასეთი მოლეკულა ვერ შეაღწევს ცეოლითის კრისტალის შემსვლელ ფანჯარაში, თუ ფანჯრის ზომა იქნება კრიტიკულ დიამეტრზე ნაკლები.



ნახ.19.7.2. ზოგიერთი ნივთიერების მოლეკულათა ფორმები.

ნახ.-ზე 19.7.3. ნაჩვენებია, თუ როგორ გადის ნორმალური ოქტანი ცეოლითის ფანჯარაში, იზოოქტანი კი, რომლის მოლეკულას აქვს უფრო დიდი დიამეტრი ცეოლითის ფანჯარაში ვერ შევა.



ნახ.19.7.3. ნორმალური ოქტანისა (ა) და იზოოქტანის (ბ) დაყოფა კალციუმის შემცველ ცეოლითზე. ნორმალური ოქტანი გადის ცეოლითის კრისტალის ფანჯარაში, იზოოქტანი კი შეიკავება.

ცეოლითის კრისტალების შემცველ სვეტში აირადი ან თხევადი ნარევის გატარების დროს დაყოფისა და გაწმენდის პროცესები შემდეგნაირად მიმდინარეობს: ის კომპონენტები, რომელთა მოლეკულების ზომები აღემატება კრისტალების ფანჯრების ზომებს, თავისუფლად გადიან ცეოლითის სვეტში. კომპონენტები, რომელთა მოლეკულებს ფანჯრების გავლით შეუძლია კრისტალების ღრმულებში შეღწევა, ადსორბირდებიან. ამრიგად, მოხდება ნარევის დაყოფა. ლაბორატორიულ და სამრეწველო პრაქტიკაში გამოყენებულ ჩვეულებრივ საცრებთან შედარებით, როდესაც მსხვილი ნაწილაკები რჩება საცრზე, წვრილი კი იცრება, მოლეკულური საცრები მოქმედებს პირიქით: მსხვილი ნაწილაკები გადის, არ ჩერდება, წვრილი ნაწილაკები კი, ადსორბირდება ცეოლითის კრისტალებში. ცეოლითიანი სვეტი ასრულებს მოლეკულური საცრების როლს მანამ, სანამ ცეოლითი არ გაჯერდება იმ კომპონენტებით, რომლებსაც ადსორბირებს. როდესაც ცეოლითიანი სვეტი გაჯერდება, საწყისი აირადი ნარევი გაივლის სვეტს ცვლილებების გარეშე.

ცეოლითიანი სვეტის მოლეკულური საცრის თვისებების აღდგენის მიზნით საჭიროა მისი რეგენერირება. ადსორბირებული კომპონენტების მოცილების მიზნით ცეოლითს აცხელებენ და ახდენენ მის ვაკუუმირებას (გამოტუმბვას).

მოლეკულური საცრების მოქმედება ემსგავსება სხვა ადსორბენტების მოქმედებას. მაგრამ ამავე დროს არსებობს მნიშვნელოვანი სხვაობაც. ჩვეულებრივ ადსორბენტს, მაგალითად, ნახშირს ან სილიკაგელს აქვს სხვადასხვა ზომის ფორები, და ამ ფორებზე დასაყოფი და გასაწმენდი ნარევის სხვადასხვა კომპონენტი ადსორბირებს. ჩვეულებრივ ადსორბენტებს არ ახასიათებთ ადსორბციული მოქმედების ის სელექტიურობა, რომელიც მოლეკულურ საცრებს გააჩნია. მოლეკულურ საცრებში პრაქტიკულად ადსორბირდება ის კომპონენტები, რომელთა მოლეკულები შედიან კრისტალების ღრმულებში, და ამავე დროს მთლიანად სცილდებიან კრისტალებს ის კომპონენტები, რომელთა მოლეკულებს არ შეუძლია ფანჯრებიდან შეაღწიოს კრისტალების შიგა ღრმულებში. მოლეკულური საცრების ეს სპეციფიკური, მეტად ეფექტური გამყოფი მოქმედება განპირობებულია იმით, რომ კრისტალების შემსვლელ ფანჯრებს აქვთ ერთნაირი ზომები და ფორმები.

ცეოლითების კრისტალების შემსვლელ ფანჯრებში რომელიმე ნივთიერების მოლეკულების შეღწევის შესაძლებლობა დამოკიდებულია არა მარტო მოლეკულების ზომებზე და ფანჯრების ფორმაზე და ზომებზე, არამედ ფიზიკურ პირობებზეც. ტემპერატურების ცვლილებები მოქმედებს ფანჯრების ზომებზე. ტემპერატურის შემცირებით ისინი მცირდება.

ცეოლითების გამყოფი მოქმედების სპეციფიკურობა დამოკიდებულია კრისტალების ერთგვაროვნებაზე. მაქსიმალური სპეციფიკურობით ხასიათდება ერთი რომე-

ლიმე ტიპის ცეოლითის კრისტალები, მაგალითად: შაბაზითის ან მორდენიტის. სხვადასხვა ტიპის ცეოლითების ნარევის შემთხვევაში შესასვლელი ფანჯრების ზომები იქნება სხვადასხვა. ბუნებრივ პირობებში იშვიათად არის შესაძლებელი რომელიმე ერთი ტიპის ცეოლითის საბადოს მოპოვება. უფრო ხშირად ცეოლითის რომელიმე ძირითად ტიპთან შერეულია სხვა ტიპის ცეოლითები. გარდა ამისა, სუფთა ცეოლითების საბადოები მცირე ზომებისაა. ამასთან დაკავშირებით გაჩნდა სუფთა ცეოლითების სინთეზური გზით მიღების ამოცანა. ეს ამოცანა წარმატებით იყო გადაწყვეტილი და ამჟამად მოლეკულური საცრების სამრეწველო გამოყენება დაკავშირებულია სინთეზურად მიღებულ ცეოლითებთან.

სინთეზური ცეოლითებიდან ფართო გამოყენება მოიპოვა Na A, CaA, CaX და NaX ტიპის ცეოლითებმა. აღნიშვნები Na და Ca მიუთითებს იმაზე, თუ რომელ ელემენტს აქვს უპირატესობა ცეოლითში, A და X - ეს კრისტალური მესრის ტიპია.

მოლეკულური საცრები გამოიყენება უჯერი ნახშირწყალბადების - ეთილენისა და პროპილენის გამოსაშრობად და გასაწმენდად ნახშირორჟანგის, გოგირდწყალბადისა და სხვა ნივთიერებებისაგან.

წყლის ორთქლის მოცილება უჯერი აირებიდან, ან სხვაგვარად რომ ვთქვათ, მათი გაშრობა, ძალიან მნიშვნელოვან ოპერაციას წარმოადგენს, განსაკუთრებით ეთილენისათვის, რადგან წყლის ორთქლის კვალიც ძალიან უარყოფითად მოქმედებს ეთილენის პოლიმერიზაციის პროცესზე.

მოლეკულურ საცრებს, როგორც გამაშრობლებს, აქვთ უპირატესობა სხვა ადსორბენტებთან შედარებით. წყლის მოლეკულები პოლარულია და კათიონების არსებობის გამო ცეოლითების ღრმულეებში მყარდება იონდიპოლური კავშირები, რომლებიც კარგად იკავებენ წყლის ადსორბირებულ მოლეკულებს. ამ კავშირების გამო ცეოლითები კარგად ადსორბირებენ წყლის მოლეკულებს 120-200°C ტემპერატურაზე, რომელზეც სილიკაგელი და გააქტიურებული ალუმინის ოქსიდი პრაქტიკულად კარგავს გამაშრობელ თვისებას. წყლის მცირე შემცველობის შემთხვევაში მოლეკულური საცრები, ალუმინის ოქსიდთან და სილიკაგელთან შედარებით, უფრო დიდი რაოდენობით შთანთქავენ წყლის ორთქლს. ამრიგად, მოლეკულური საცრები განსაკუთრებით ეფექტურია აირების უფრო ღრმა გაწმენდისათვის.

მოლეკულური საცრების გამოყენება შესაძლებელია არა მარტო აირების, არამედ სითხეების გასაწმენდად. ამ შემთხვევაში გასაწმენდად განკუთვნილ სითხეს ატარებენ ცეოლითთან სვეტში. სვეტის სიგრძე დამოკიდებულია გაწმენდის ხარისხზე. ამ ხერხით აშრობენ სპირტებს, ეთერებს, ამინებს, ალდეჰიდებს, თხევად ნახშირწყალბადებს, ფრეონს და სხვ.

სამრეწველო მასშტაბით მოლეკულური საცრები გამოიყენება ბუნებრივი ნახშირწყალბადოვანი აირების გასაშრობად, ეთილენისა და სხვა ნახშირწყალბადოვანი და არანახშირწყალბადოვანი კომპონენტების გასაშრობად და გასაწმენდად. ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც მოლეკულური საცრებისათვის გამოიყენება, ანალოგიურია იმ სქემებისა, რომლებიც გამოიყენება სხვა მყარი ადსორბენტისათვის. აირს ატარებენ მოლეკულურ საცრებიან აბსორბერში, სანამ მოლეკულური საცრები არ გაჯერდება წყლით. ამის შემდეგ გასაშრობ აირს გადაგზავნიან მეორე აბსორბერში, პირველში კი მოლეკულური საცრები განიცდიან რეგენერაციას ჰაერის გატარებით და 200-350°C ტემპერატურამდე გაცხელებით. მოლეკულური საცრების უფრო სრული გამოშრობისათვის გამოიყენება ვაკუუმირება. მოლეკულური საცრების უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ ისინი გამოიყენება არა მხოლოდ გასაშრობად, არამედ გასაწმენდათაც. მოლეკულური საცრები ასევე გამოიყენება წყალბადის გასაშრობად და გასაწმენდად და აირებიდან და სითხეებიდან გოგირდოვანი ნაერთების მოსაცილებლად. ასეთი გაწმენდის დროს ერთდროულად მიმდინერეობს აირის გამოშრობა და ნახშირორჟანგის მოცილება. ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენა, რომ მოლეკულური საცრების გამოყენებით მნიშვნელოვნად მცირდება გოგირდოვანი ნაერთების შემცველობა ციკლო-

ჰექსანში, რომელიც გამოიყენება გამხსნელად და რომლის მიმართ წაყენებულია მაღალი მოთხოვნები გოგირდის მოცილების მხრივ.

დიდი ინტერესი გამოიწვია სინთეზურმა მორდენიტმა, რომელიც ცნობილია ცეოლონის სახელწოდებით. ბუნებრივ მორდენიტთან შედარებით, ცეოლონს აქვს უფრო დიდი ზომის ფანჯრები და ის გამოირჩევა უფრო მაღალი თერმული და ქიმიური მდგრადობით. ცეოლონის სტრუქტურა არ იშლება $760-800^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურამდე გაცხელებით. ცეოლონის გამოყენება შეიძლება სამრეწველო აირებიდან აზოტის ჟანგეულების მოსაცილებლად, ქლორწყალბადის, ნახშირწყალბადების ჰალოიდწარმოებულების და ა.შ. გამოსაშრობად. შედარებით დიდი ზომის შესასვლელი ფანჯრების გამო ცეოლონი შთანთქავს უმარტივეს პარაფინულ, ციკლოპარაფინულ და არომატულ ნახშირწყალბადებს. ცეოლონის წყალბადურ ფორმას ახასიათებს მაღალი კატალიზური აქტიურობა. როგორც კატალიზატორი, ის გამოიყენება კრეკინგის, დეჰიდრატაციის, იზომერიზაციისა და ალკილირების რეაქციებში. ეს რეაქციები ტარდება შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე (350°C -მდე).

19.8. ნახშირწყალბადების დაყოფა მოლეკულური საცრების გამოყენებით

ნახშირწყალბადების მოლეკულებს გააჩნია თავისებურება, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ მათ შეუძლია ნორმალური და იზომერული პარაფინების დაყოფა.

ნორმალური ნახშირწყალბადების მოლეკულებს აქვთ ჯაჭვის ფორმა. ასეთი მოლეკულებისათვის განივი და გრძივი ზომები მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. მსუბუქი ნახშირწყალბადების - მეთანისა და ეთანის - მოლეკულები აგებულებით განსხვავდებიან უფრო მძიმე ნახშირწყალბადების მოლეკულებებისაგან. მეთანის მოლეკულას აქვს 4 \AA დიამეტრის მქონე ტეტრაედრის ფორმა. ეთანის მოლეკულაში გამომჟღავნებას იწყებს ჯაჭვური აგებულება, მაგრამ რადგან ეთანის მოლეკულა შედგება ორი CH_3 - რადიკალისაგან, მისი ფორმა და ზომები შუალედურ ადგილს იკავებენ მეთანსა და პროპანს შორის. პროპანის მოლეკულის განიკვეთი ან კრიტიკული დიამეტრი შეადგენს $4,9\text{ \AA}$. ასეთივე კრიტიკული დიამეტრი აქვს სხვა ნორმალურ პარაფინებს - ბუთანს, პენტანს, ჰექსანსა და სხვ. ამიტომ ნორმალური ნახშირწყალბადები გადიან ცეოლითების შესასვლელ ფანჯრებში მაშინ, თუ ფანჯრების ზომები 5 \AA ან უფრო დიდია.

ნახშირწყალბადების იზომერების მოლეკულებს აქვთ განშტოებული აგებულება და მათი კრიტიკული დიამეტრი ბევრად აღემატება $4,9\text{ \AA}$. ზოგიერთი ბუნებრივი ცეოლითის, ასევე CaA ცეოლითების შესასვლელი ფანჯრების დიამეტრი 5 \AA . თუ სვეტში, რომელშიც მოთავსებულია ასეთი ცეოლითი გავატარებთ ნორმალური ნახშირწყალბადების და მათი იზომერების ნარევს, ნორმალური ნახშირწყალბადები მთლიანად დარჩება სვეტში, იზომერები კი თავისუფლად გამოვა სვეტიდან. ასეთივე დაყოფა მოხდება იმ შემთხვევაში, თუ სვეტში გავატარებთ რამდენიმე ნორმალური ნახშირწყალბადის და მისი იზომერის ნარევს. ყველა ნორმალური ნახშირწყალბადი შეკავდება ცეოლითთან სვეტში, იზომერები კი თავისუფლად გამოვა სვეტიდან. ნარევის ასეთ დაყოფას საფუძვლად უდევს ნორმალური და იზომერული ნახშირწყალბადთა მოლეკულებისათვის დამახასიათებელი სხვაობა მინიმალურ განიკვეთის ზომებში.

მრავალრიცხოვანი ცდებით დადასტურდა, რომ ნორმალური და იზომერული პარაფინების ნარევების სრული დაყოფისათვის საჭიროა შედარებით მცირე სიგრძის სვეტი, გაწმენდის ხარისხი ან დაყოფის სიზუსტე განისაზღვრება ცეოლითის სელექტიურობით, მისი შრის სისქით, ე.ი. სვეტის სიმაღლით და სიგრძით. თუ მიღებული დაყოფის ხარისხი არ არის საკმარისი, საჭიროა სვეტის სიმაღლის გაზრდა. სვეტის სიმაღლის გაზრდით, შესაძლებელია, გაწმენდის მაღალი ხარისხის მიღწევა.

ჩვეულებრივ ადსორბენტებთან შედარებით, ცეოლიტები ადსორბირებენ ნორმალური პარაფინების ნარევის და პრაქტიკულად არ აკავებენ მათ იზომერებს. ასეთი გაწმენდის დროს იზომერების დანაკარგები მინიმალურია.

ადსორბირებული ნახშირწყალბადების შემცველობა დამოკიდებულია არა მხოლოდ ადსორბირებადი ზედაპირის სიდიდეზე, არამედ ადსორბენტისა და ნახშირწყალბადის თვისებებზე. უჯერი ნახშირწყალბადების პოლარულ მოლეკულებს ცეოლიტები უკეთესად ადსორბირებენ, ვიდრე არაპოლარულ მოლეკულებს.

გამოკვლევებით დადასტურდა მოლეკულური საცრების გამოყენების შესაძლებლობა აირებიდან პოლარული მოლეკულების მქონე უჯერი ნახშირწყალბადების ეთილენისა და სხვა აირების გამოსაყოფად.

უმდაბლესი უჯერი ნახშირწყალბადების მიმართ მოლეკულური საცრები ხასიათდებიან მაღალი სელექტიურობით. ცეოლიტების სელექტიურობა ასევე მაღალია აცეტილენისა და მისი ჰომოლოგების მიმართ.

მოლეკულური საცრები გამოიყენება ზოგიერთი პარაფინული ნახშირწყალბადის გასაწმენდად. ცნობილია, რომ სამრეწველო პირობებში რეკტიფიკაციის მეთოდით შეიძლება იზოპენტანის მიღება, რომელიც მინარევების სახით შეიცავს ნორმალურ პენტანს. მოლეკულური საცრების გამოყენებით შეიძლება 99,9% და უფრო მაღალი სისუფთავის იზოპენტანის მიღება.

ცნობილია მოლეკულური საცრების გამოყენების სხვა მაგალითებიც. CaA გამოყენებით ბენზოლს აცილებენ *n*-ტეტრადეკალინს. ტეტრადეკალინის მოლეკულები ადსორბირდებიან ცეოლიტის ღრმულებში, ბენზოლის მოლეკულები კი ვერ გადიან ცეოლიტის შესასვლელ ფანჯრებში. ამ გზით შესაძლებელია 99,9% სისუფთავის ბენზოლის მიღება.

დადგენილია, რომ NaX და CaX ტიპის მოლეკულური საცრები, რომელთა შესასვლელ ფანჯრებს აქვთ შედარებით დიდი ზომები, ძალიან კარგად ადსორბირებსენ ბენზოლს. ამ გზით შეიძლება ციკლოჰექსანის გაწმენდა ბენზოლისაგან. ამ შემთხვევაში გაწმენდის ხარისხი იმდენად ეფექტურია, რომ ციკლოჰექსანის სისუფთავე აღწევს 99,999%.

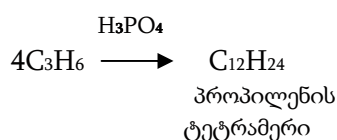
CaA ტიპის მოლეკულური საცრების გამოყენებით მეთილციკლოჰექსანისაგან შესაძლებელია *n*-ჰექსანის გამოყოფა.

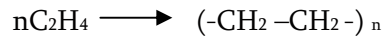
19.9. ოლეფინების პოლიმერიზაცია. ძირითადი ცნებები პოლიმერიზაციის შესახებ.

პოლიმერიზაცია ეწოდება ცალკეული მოლეკულების შეერთების პროცესს ერთ საერთო მოლეკულაში, რომელშიც პოლიმერისა და საწყისი ნივთიერების ელემენტარული შედგენილობა ერთნაირია.

პოლიმერიზაცია დამახასიათებელია უჯერი ნახშირწყალბადებისათვის. უჯერობის ხარისხის გაზრდა იწვევს პოლიმერიზაციის უნარის გაზრდას. აცეტილენი უფრო ადვილად განიცდის პოლიმერიზაციას ეთილენთან შედარებით, ბუთადიენი უფრო ადვილად, ვიდრე ბუთილენი.

ოლეფინების პოლიმერიზაციით შეიძლება დაბალმოლეკულური ოლიგომერების (დიმერები, ტრიმერები, და ა.შ.) ან მაღალმოლეკულური პოლიმერების მიღება, მაგალითად:



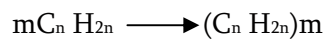


პირველი რეაქცია, ბუთილენის პოლიმერიზაციასთან ერთად, წარმოადგენს რიგი ოლეფინის, ასევე პოლიმერბენზინის - მაღალექტანური კომპონენტის მიღების სამრეწველო მეთოდს, რომელიც გამოიყენება მაღალექტანური ბენზინების მისაღებად, და როგორც ნედლეული ნავთობქიმიური სინთეზისათვის. მეორე პროცესის დროს მიიღება ძვირფასი პოლიმერული მასალები, რომელთა შორის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია პოლიეთილენი, პოლიპროპილენი, პოლიიზობუთილენი და სინთეზური კაუჩუკი.

ამჟამად, კატალიზური რიფორმინგის ფართო გამოყენებასთან დაკავშირებით, პროპილენისა და ბუთილენების პოლიმერიზაციამ, მაღალექტანური კომპონენტების მიღების მიზნით, დაკარგა თავიანთი მნიშვნელობა. მაგრამ ამ და სხვა ოლეფინის პოლიმერიზაციამ უაღრესად დიდი მნიშვნელობა მოიპოვა ნავთობქიმიური პროდუქტების მისაღებად. პოლიმერიზაცია აგრეთვე გამოიყენება პოლიაკრილონიტრილის (ბოჭკო ნიტრონი), პოლიმეტაკრილატის (ორგანული მინა) და სხვა სინთეზური პოლიმერის მისაღებად.

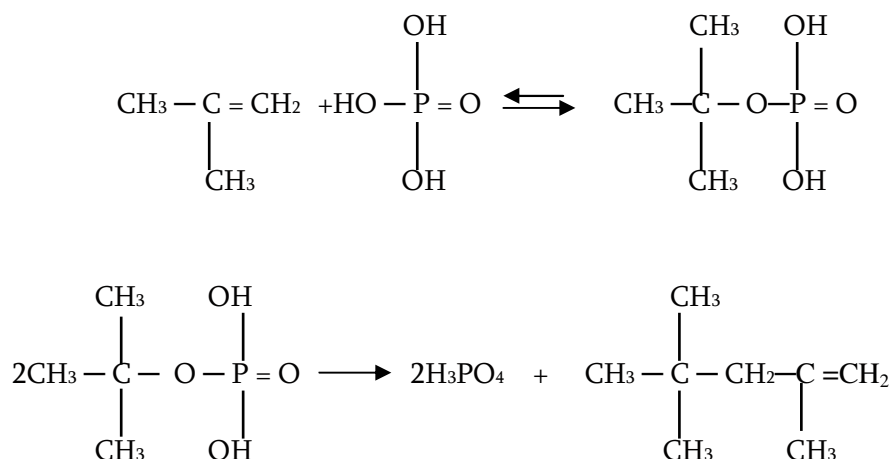
პროცესის ქიმიზმი.

პოლიმერიზაციის პროცესის ქიმიზმი შეიძლება შემდეგი ფორმულით გამოვსახოთ:



ოლეფინების პოლიმერიზაციის დროს პროპილენის (ან ბუთილენის) დიმერების, ტრიმერების და ტეტრამერების მისაღებად იყენებენ კატალიზატორს - ორტოფოსფორმჟავას კიზელგულზე.

ძირითადი რეაქცია მიმდინარეობს შემდეგნაირად: ჯერ წარმოიქმნება ალკილფოსფორული ეთერები, რომლებიც შემდეგ იშლება, განთავისუფლებული პოლიმერები კი განიცდიან პოლიმერიზაციას. იზობუთილენის პოლიმერიზაციის რეაქციის სქემა შემდეგნაირად გამოისახება:



ნავთობქიმიურ სინთეზში ოლეფინური ნახშირწყალბადების პოლიმერიზაციის დროს ფოსფორმჟავასთან ერთად კატალიზატორად გამოიყენება გოგირდმჟავა, ალუმინის ქლორიდი, ბორის ფტორიდი, სპილენძის პიროფოსფატი, ლითონორგანული კატალიზატორები და სხვ.

19.10. იზობუთანის ალკილირება ოლეფინებით

ისევე როგორც პოლიმერიზაცია, ალკილირება გამოიყენება ბენზინის მაღალოქტანური კომპონენტების მისაღებად და სხვა ქიმიური ნაერთის მისაღებად. მაღალოქტანური კომპონენტების წარმოებისას სამრეწველო მნიშვნელობა აქვს ალკილბენზინის მიღებას, იზოპარაფინების ალკილირებას ოლეფინებით.

მრეწველობაში ბენზოლის ალკილირება ოლეფინებით გამოიყენება ალკილბენზოლის მისაღებად. მათ შორის დიდი მნიშვნელობა აქვს ეთილბენზოლს, იზოპროპილბენზოლს და სხვა ალკილბენზოლებს, რომლებიც მიიღება ბენზოლის ეთილენით, პროპილენით, ტრიმერებით და ტეტრამერებით ალკილირების დროს.

ეთილბენზოლი გამოიყენება სტიროლის, მისი თანაპოლიმერების, სინთეზური კაუჩუკებისა ან პოლისტიროლის მისაღებად. იზოპროპილბენზოლი, ან ქუმოლი, ფართოდ გამოიყენება ფენოლისა და აცეტონის წარმოებაში.

ფენოლის ალკილირება ოლეფინებით გამოიყენება ალკილფენოლების მისაღებად, რომლებსაც მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ნავთობქიმიურ მრეწველობაში, მათ შორის ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებების წარმოებაში.

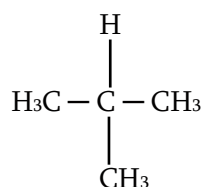
პროცესის ქიმიზმი

ალკილირება არის რეაქცია, რომლის დროსაც პარაფინული ან არომატული ნახშირწყალბადი უერთდება ოლეფინურს და წარმოქმნის უფრო მაღალი მოლეკულური წონის მქონე ნახშირწყალბადს. რეაქციას ატარებენ მაღალ ტემპერატურაზე კატალიზატორის თანაობისას ან კატალიზატორის გარეშე.

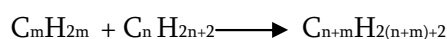
ალკილირება - რთული რეაქციაა: ძირითადი ნახშირწყალბადის გარდა წარმოქმნება სხვა, ნაკლებად ღირებული ნახშირწყალბადები. ალკილირების გამოყენებით ღებულობენ მაღალოქტანურ კომპონენტებს საავიაციო და საავტომობილო ბენზინებისათვის, საწყისს პროდუქტებს სინთეზური კაუჩუკების, პლასტიკური მასების, მისარტების, ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებებისა და სხვა მნიშვნელოვანი ნივთიერებების წარმოებისათვის. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს იზოპარაფინების კატალიზურ ალკილირებას ოლეფინებით, რომლის დროსაც მიიღება მაღალოქტანური კომპონენტები.

შესაძლებელია ასევე თერმული ალკილირება. ასე, მაგალითად, იზობუთანისა და ეთილენის ურთიერთქმედების შედეგად 510°C-ზე და 210-350 კგ/სმ² წნევის ქვეშ მიიღება იზოჰექსანი 25% გამოსავალით.

თერმული ალკილირება მიმდინარეობს როგორც ნორმალური, ასევე იზოპარაფინულ ნახშირწყალბადებთან, კატალიზური - მხოლოდ პარაფინულთან, რომელიც შეიცავს მესამეულ ნახშირწყალბად ატომს, ე.ი. ატომს, რომელიც დაკავშირებულია სამ რადიკალთან, მაგალითად:

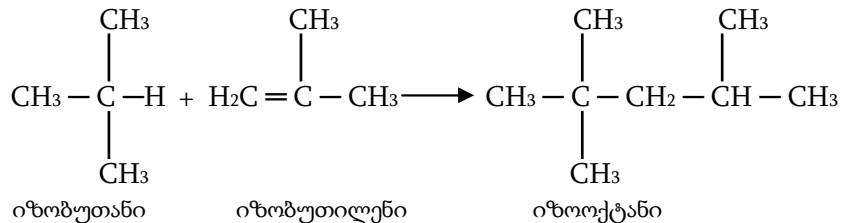


ოლეფინების ალკილირების რეაქცია შეიძლება შემდეგი განტოლებით გამოვსახოთ:



ალკილირება მიმდინარეობს შედარებით დაბალ ტემპერატურასა და წნევის პირობებში კატალიზატორის თანაობისას, რომელთა შორის ყველაზე აქტიურია გოგირდმჟავა და ფტორწყალბადმჟავა, ბორის ფტორიდი და მისი ჰიდრატები.

ალკილირების რეაქცია მიმდინარეობს გოგირდმჟავას მჟავა ეთერების წარმოქმნის შუალედური სტადიის გავლით, რომლებიც შემდეგ რეაგირებენ საწყის იზოპარაფინებთან და წარმოქმნიან შესაბამის ნახშირწყალბადებს. მოვიყვანოთ ალკილირების რეაქციის მაგალითი:



ბუთან-ბუთილენის ფრაქციის ძირითად ნედლეულად გამოყენების დროს გოგირდმჟავური ალკილირებისათვის ოპტიმალური პირობებია : ტემპერატურა 0-10°C, გოგირდმჟავას კონცენტრაცია 96-98%, იზობუთანისა და ბუთილენების თანაფარდობა 6-10 :1. რეაქციის შედეგად მიიღება იზოოქტანი. იზოოქტანის მიღება ალკილირებით უფრო მიზანშეწონილია, ვიდრე ბუთილენების კატალიზური პოლიმერიზაციით და დიმერის შემდგომი ჰიდრირებით.

ალკილირების პროცესის შედეგად მიღებულ პროდუქტს ეწოდება ალკილატი. ალკილატი ძვირფასი კომპონენტია მაღალხარისხიანი ბენზინების მისაღებად, რადგან შედგება იზოპარაფინული ნახშირწყალბადებისაგან, რომლებიც ხასიათდებიან მაღალი დეტონაციური სიმტკიცით. ალკილატი იწვევს საავტომობილო ბენზინების დეტონაციური სიმტკიცის გაზრდას. აქედან გამომდინარე, ალკილირება თანამედროვე ნავთობგადამამუშავებელი მრეწველობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი პროცესია.

19.11. პარაფინული ნახშირწყალბადების იზომერიზაცია

კატალიზური რიფორმინგის დროს არომატული ნახშირწყალბადების გამოყოფის შემდეგ მიიღება დაბალი ოქტანური რიცხვების მქონე რაფინატები. რაფინატების ერთ ნაწილს იყენებენ როგორც ნედლეულს პიროლიზისათვის, მეორე, ძირითადი ნაწილის გამოყენება მაღალოქტანური ბენზინების დასამზადებლად არ არის მიზანშეწონილი, რადგან მათი ნაწილობრივი გამოყენებაც მოითხოვს ტეტრაეთილტყვიის დოზირების გაზრდას ან სხვა, უფრო ხისტ რეჟიმებში მიმდინარე პროცესებიდან გარკვეული კომპონენტების დამატებას.

ნორმალური პენტანის იზომერიზაცია წარმოადგენს დიდ ინტერესს არა მხოლოდ ნავთობგადამამუშავებელი, არამედ ნავთობქიმიური მრეწველობისათვის, რადგან დეჰიდრირების შემდეგ მისაღები პენტანი გარდაიქმნება იზოპრენად - მონომერად იზოპრენული კაუჩუკის მისაღებად, რომელიც ცვლის ნატურალურ კაუჩუკს.

ამრიგად, იზომერიზაცია გამოიყენება არა მხოლოდ მაღალოქტანული ბენზინების, არამედ ღირებული სინთეზური კაუჩუკების მისაღებად.

პროცესის ქიმიური კატალიზატორები.

იზომერიზაციის რეაქციებისათვის კატალიზატორების მნიშვნელობა განსაკუთრებით დიდია, რადგან ტემპერატურის შემცირებით რეაქციის პროდუქტებში იზრდება განშტოებული აგებულების იზომერების წონასწორული შემცველობა. დაბალ ტემპერატურებზე არასასურველი თანაური რეაქციების ინტენსიურობა მცირდება. ამი-

ტომ იზომერიზებადი კატალიზატორების მიმართ ძირითადი მოთხოვნაა - მინიმალურ ტემპერატურებზე რეაქციების ოპტიმალური სიჩქარეების მიღწევა.

ოლეფინების იზომერიზაციით შეიძლება იზოოლეფინების მიღება ან ორმაგი ბმების გადაადგილება. პლატინის ან პალადიუმის კატალიზატორის თანაობისას ორმაგი ბმა გადაადგილდება უკვე 200⁰ C-ზე. ორმაგი ბმის გადაადგილება მოლეკულის სიღრმეში ხელს უწყობს ნახშირწყალბადის დეტონაციური სიმტკიცის გაზრდას. ასე, მაგალითად, ოქტენ-1-ის ოქტანური რიცხვი ტოლია 25, ოქტენ-2-ის - ≈55, ოქტენ-3-ის >73, ოქტენ-4 - ის 91.

ნაფტენების იზომერიზაციამ შეიძლება გამოიწვიოს მათი ოლეფინებში გარდაქმნა და ციკლში ნახშირბადატომების რაოდენობის ზრდა.

თავი 20. ალტერნატიული საწვავი. ნავთობი სხვა წყაროებიდან.

ენერგეტიკული რესურსები წამყვან როლს ასრულებენ თანამედროვე ეკონომიკაში. ჩვენს ქვეყანაში ნავთობი და გაზი, როგორც ენერჯის წყარო, ენერგორესურსების ძირითად სახეებს წარმოადგენენ. მათი უპირატესობა განპირობებულია მოპოვების შედარებით დაბალი ღირებულებით, საწვავებისა და ქიმიური ნედლეულის პროდუქტებად მათი უნარჩენო გადამუშავების შესაძლებლობით.

ნავთობის სამრეწველო მოპოვება დაიწყო 150 მეტი წლის წინათ. ამ ერთნახევარი საუკუნის განმავლობაში კაცობრიობამ დახარჯა ნავთობის მარაგის ნახევარზე მეტი. ამასთან დაკავშირებით ბევრმა მეცნიერმა გამოთქვა მოსაზრება ნავთობის მარაგის გამოლევაზე, რომელიც, მათი აზრით, XXI საუკუნის ბოლოსათვის არის მოსალოდნელი. მაგრამ ნავთობიანი საბადოების გამოლევა არ ემუქრება კაცობრიობას საწვავის ტოტალური დეფიციტით. ბენზინის, ნავთის ან დიზელის საწვავის ქიმიურად მსგავსი ნივთიერებების მიღება შესაძლებელია არანავთობური წარმოშობის ნახშირწყალბადოვანი ნედლეულისაგან. სინთეზურ ძრავის საწვავებს აწარმოებდნენ გერმანიაში ჯერ კიდევ მეორე მსოფლიო ომის დროს, მაგრამ ის ძალიან ძვირი ჯდებოდა. ამჟამად, როგორც ამერიკელი მეცნიერები ირწმუნებიან, ასეთი სახის სინთეზი უფრო რენტაბელურია.

აიოვას უნივერსიტეტის ბიორესურსების პროგრამების განყოფილების დირექტორის, რობერტ ბრაუნის, მიერ შემოთავაზებულია სხვადასხვა ხისა და მცენარეული ნარჩენებისაგან ხელოვნური ნავთობის მიღების მეთოდი.

ხელოვნური ნავთობის სინთეზს საფუძვლად უდევს უჟანგბადო გარემოში ბიომასის გაცხელება 500⁰ C-მდე, მიღებული მასის შემდგომი გამოხდა და კონდენსაცია. სინთეზური ნავთობი გარეგნულად ემსგავსება ჩვეულებრივ ნავთობს, მაგრამ ქიმიური შედგენილობით მათ შორის არსებითი განსხვავებაა. როგორც ადასტურებს ბრაუნი, ხელოვნური, ან ბიონავთობიდან შესაძლებელია პრაქტიკულად ყველა იმ პროდუქტის გამოშვება, რომელსაც ამჟამად ღებულობენ ბუნებრივი ნავთობიდან - სხვადასხვა სახის ნავთობპროდუქტების და ქიმიური ნედლეულის.

20.1 "ციური" ნავთობი.

სინთეზური ნავთობი მსოფლიოში პირველად მიიღეს გერმანიაში. პირველი მსოფლიო ომის დროს კაიზერის გერმანია მთლიანად მოწყვეტილი დარჩა ნავთობის ბუნებრივ წყაროებს. ჯარს ესაჭიროებოდა ბენზინი. გერმანელმა მეცნიერებმა თავიანთი მზერა მიმართეს "ცისკენ". ჯერ კიდევ 1908 წელს რუსმა გამომგონებელმა ი.ორლოვმა დაამტკიცა ნავთობური ნახშირწყალბადების მიღების შესაძლებლობა ნახშირბადის ოქსიდისა და წყალბადისაგან (ამ ნარევემ მიიღო სახელწოდება - წყალაირი). მართლაც, მხოლოდ ატმოსფეროდან ე.ი. "ციდან" შესაძლებელია ამ აირის პრაქტიკულად შეუზღუდავი რაოდენობის მიღება. გერმანელმა მეცნიერებმა ფიშერმა და ტროპშმა

შეიმუშავეს სინთეზური ნავთობის მიღების ტექნოლოგია. თუმცა წყალაირი მათ მიიღეს არა ჰაერიდან, (მაშინ ეს იყო ძალიან ძნელი), არამედ მურა ნახშირებიდან. ნავთობის სინთეზი ხორციელდებოდა ამ გაზის კონტაქტით რკინა-ცინკის კატალიზატორებზე 180-200C⁰ -ზე და ატმოსფერული წნევის პირობებში. აშენდა სინთეზური საწვავის წარმოების ქარხნები, რომლებიც მრავალი წლის განმავლობაში წარმატებით მუშაობდა. როდესაც დამთავრდა ომი, გაიზარდა ბუნებრივი ნავთობის მოპოვება, ნავთობის ფასებმა დაიკლო. ფიშერისა და ტროპშის სინთეზურმა ნავთობმა ვერ გაუწია კონკურენცია ბუნებრივ ნავთობს და მისი წარმოება შეწყდა. ამჟამად, ხელოვნური ნავთობის იდეა კვლავ წამოიჭრა. ნავთობის მიღება შესაძლებელია უშუალოდ ჰაერისგან, უფრო მეტიც, ეს ხელს შეუწყობს ატმოსფეროდან ჭარბი ნახშირმჟავის გამოძევებას, რომელიც მავნეა გარემოსათვის. დამწვარი საწვავის უამრავ რაოდენობას ყოველწლიურად ატმოსფეროში გადააქვს ნახშირორჟანგის (ნახშირბადის დიოქსიდ-ის) მილიარდობით ტონა. ამჟამად მისი მხოლოდ 10% შთაინთქმება მცენარეებით.

20.2. ნავთობი და გაზი ქვისგან.

ჰაერისგან ნავთობის მიღება - მომავლის საქმეა. ამჟამად ნავთობს ღებულობენ ქვისგან. რასაკვირველია, ეს არ არის ჩვეულებრივი ქვა, არამედ ე.წ. წვადი ფიქლებია - ქანები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ ორგანულ ნივთიერებას, ე.ი. იმ ბუნებრივ მასალას, საიდანაც მიიღება ნახშირწყალბადები.

ამერიკის შეერთებულ შტატებში ფიქლის აირის მოპოვება პირველად თითქმის ორი საუკუნის წინათ (1821 წელს) განხორციელდა ნიუ-იორკის რეგიონში. შემდგომში ეს მოვლენა მხოლოდ ისტორიულ ეპიზოდად დარჩა, რადგანაც აირის მოპოვების სიძვირე ნავთობპროდუქტებთან და კლასიკურ ბუნებრივ აირთან კონკურენციის საშუალებას არ იძლეოდა.

მეოცე საუკუნე ნავთობის საუკუნე გახდა. ოცდამეერთე საუკუნეს ნავთობი აღარ განსაზღვრავს. ასპარეზზე ახალი მოთამაშე - ბუნებრივი გაზი გამოჩნდა. სულ რაღაც ორი წლის წინათ მსოფლიოს წარმოდგენაც კი არ ჰქონდა იმაზე, რომ ამერიკაში და მსოფლიოს სხვა ნაწილებშიც ბუნებრივი გაზის მოპოვება შესაძლებელი გახდებოდა არატრადიციული რეზერვუარების, მაგალითად, ფიქლის ან ნახშირის პლასტების ათვისების გზით.

უეცრად აღმოჩნდა, რომ ტეხასის, პენსილვანიის, ოჰაიოს, ნიუ იორკის, ჩრდილო დაკოტასა და სხვა ბევრ შტატში თუ მის გარეთ - მაგალითად, გერმანიაში, ჩრდილოეთ პოლონეთში, ავსტრიაში, შვედეთში, უნგრეთში, უკრაინასა და კიდევ ბევრ ქვეყანაში - ათწლეულების განმავლობაში არსებობს ბუნებრივი გაზით მომარაგების რეალური პოტენციალი. საერთაშორისო ენერგეტიკული პერსპექტივების კვლევამ აჩვენა, რომ მსოფლიო მასშტაბით, 2008-2035 წლებში არატრადიციული წყაროებიდან მიღებული გაზის რაოდენობა ყოველწლიურად 5.2%-ით გაიზრდება. ამავე წლებში გაზის მთლიანი მოცულობა მხოლოდ 1.4%-ით გაიზრდება. ეს ნიშნავს იმას, რომ უახლოეს პერსპექტივაში ელექტროენერჯის სექტორში ბუნებრივი გაზი ჩაანაცვლებს ნახშირს. ეს მნიშვნელოვნად შეამცირებს ნახშირბადის ემისიას. ბუნებრივ გაზს გავლენა ექნება განახლებად ენერჯიაზეც: იაფი ბუნებრივი გაზი შეავსებს ჰიბრიდულ მზის სადგურებს, რომლებიც ელექტროენერჯის ეკონომიკური მიმზიდველობის გაზრდის მიზნით გამოიყენებენ როგორც მზის სინათლეს, ისე ბუნებრივ გაზს. უფრო გრძელვადიან პერსპექტივაში, ნავთობის გაძვირებასთან ერთად იაფდება ბუნებრივი გაზი, და გაჩნდება დიდი სტიმული იმისა, რომ ტრანსპორტის სექტორში მეტი ბუნებრივი გაზი იყოს გამოყენებული. კომპრესირებულ ბუნებრივ გაზზე მუშაობას შეძლებენ ავტობუსები, საშუალო ზომის სატვირთო და მსუბუქი ავტომანქანები.

20.3. ბიტუმიანი სილები

ალტერნატიულ საწვავად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ბლანტი, ნავთობმამტარი სილებიც.

მიუხედავად იმისა, რომ მსოფლიოში ბიტუმიანი სილების მარაგები უდიდესია, მომავალში მათგან ნავთობის მოპოვება (პროგნოზების შესაბამისად) ნავთობის მსოფლიო მოთხოვნილების მხოლოდ რამდენიმე პროცენტს შეადგენს. პრობლემა ისაა, რომ ბიტუმიანი სილებისგან ნავთობის მოპოვების ამჟამად ცნობილი ტექნოლოგიები მოითხოვენ მტკნარი წყლისა და ჯამური ენერგოდანახარჯების დიდ რაოდენობას, რომელიც, ზოგიერთი მონაცემებით, შეადგენს ასეთი ხერხით მოპოვებული ნავთობის ენერგეტიკული პოტენციალის დაახლოებით 2/3.

აშშ-ის გეოლოგიური სამსახურის მონაცემებით, წვადი ფიქლებისა და ნავთობმამტარი სილების მსოფლიო მარაგები შეფასებულია 700-800 მლრდ. ტონით, რაც 7-8 ჯერ აღემატება მთელ მსოფლიოში ნავთობის ყველა აღმოჩენილ მარაგს, მაგრამ ჩასატარებელი სამუშაოს მაღალი ღირებულება ხელს უშლის საწვავი ფიქლებისა და ნავთობმამტარი სილების ინტენსიურ გადამუშავებას. მიუხედავად ამისა მსოფლიოს ზოგიერთ ქვეყანაში რამდენიმე წლის წინათ დაიწყო ამ პრობლემის პრაქტიკული განხორციელება. მაგალითად, ბრაზილიაში 1971 წელს გაშვებულია ფიქლების გადამუშავების საცდელი დანადგარი, რომლის დღიური წარმადობა შეადგენს 159 მ³ ფიქლის ფისს, 17 ტ გოგირდსა და 36,5 ათას მ³ წვად აირს.

ტექნოლოგიური პროცესების განვითარებასთან ერთად ნახშირწყალბადების მოპოვება წვადი ფიქლებისა და ნავთობმამტარი სილებისაგან გახდება ჩვეულებრივი მოვლენა. ამ მხრივ პერსპექტიული იქნება ბიტუმიანი ქანების გადამუშავების ბირთვული მეთოდები, რომელზეც ამჟამად მუშაობენ ამერიკელი მეცნიერები. კომპანია "შევრონის" მონაცემებით მძიმე ნავთობისა და წვადი ფიქლების მსხვილმასშტაბიანი გადამუშავება დაიწყება შედარებით შორეულ წარსულში - მესამე ათასწლეულში.

20.4. საწვავი ნახშირისგან

ნახშირისგან სინთეზურ ბენზინს და დიზელის საწვავს აწარმოებდა ნაცისტური გერმანია მეორე მსოფლიო ომის დროს. სამხრეთ არაბულ რესპუბლიკებში (სარ). კომპანია [Sasol Limited](#) 1955 წლიდან ნახშირისგან აწარმოებს სინთეზურ საწვავს. 2006 წლის დასაწყისში აშშ-ში განიხილებოდა ნახშირის არაპირდაპირი გათხევადების 9 ქარხნის მშენებლობის პროექტი. ისევე, როგორც ფიქლების შემთხვევაში, ნახშირისგან საწვავის მიღება სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენდა, მაგრამ უფრო მცირე მასშტაბით ჭუჭყიანდებოდა გარემო.

20.5. გაზური ავტომობილები

გაზური ავტომობილები მუშაობენ მეთანზე, პროპანზე ან ბუთანზე. ევროკავშირში 2020 წლისათვის დაგეგმილია 10% ავტომობილის გადაყვანა გაზურ საწვავზე. გაზის საწვავი ბენზინზე უფრო იაფია, ეკოლოგიურად უფრო სუფთაა და ზრდის ავტომობილის მოხმარების ვადებს, თუმცა ბუნებრივი აირის მარაგი შეზღუდულია, და, პროგნოზების მიხედვით, 2020 წლიდან ბუნებრივი აირის მოპოვების ტემპები დაიწყებს ვარდნას.

20.6. ბიოსაწვავი

ბიოსაწვავის გამოყენების ლიდერი ბრაზილიაა, რომელიც შაქრის ლერწმის მაღალი მოსავლიანობისა და მუშა ძალის დაბალი ღირებულების გამო, უზრუნველყოფს (სპირტის ხარჯზე) საწვავზე თავიანთი მოთხოვნილების 40%. მცენარის

დასარგავად ბიოსაწვავის წარმოება მოითხოვს დიდ ტერიტორიებს. ეს ტერიტორიები იწმინდება ტყეების განადგურების ხარჯზე (რაც მოითხოვს ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით ნახშირორჟანგის გადასვლას) ან საკვები და ფურაჟული კულტურების ხარჯზე (რაც გამოიწვევს სურსათზე ფასების ზრდას). ამასთან ერთად სოფლის მეურნეობის კულტურების დარგვა მოითხოვს ენერჯის დიდ დანახარჯებს.

მრავალი კულტურისათვის EROEI (მიღებული ენერჯის შეფარდებას დახარჯულ ენერჯისათვის) მცირედ აღემატება ერთს ან ზოგჯერ ერთზე ნაკლებია. ასე, მაგალითად, სიმინდისათვის EROEI შეადგენს 1,5. გავრცელებული აზრის საწინააღმდეგოდ ეს არ არის მიღებული ყველა კულტურისათვის: ასე, მაგალითად, შაქრის ლერწმისათვის EROEI-ს კოეფიციენტი შეადგენს 8, პალმის ზეთისათვის - 9. იაპონელი მეცნიერების მიერ შემოთავაზებულია ბიოსაწვავის წარმოება ზღვის წყალმცენარეებისგან. ზოგიერთი მეცნიერის თვალსაზრისით, ძრავების მასური მუშაობა ეთანოლის გამოყენებით გაზრდის ოზონის კონცენტრაციას ატმოსფეროში, რაც გამოიწვევს ასტმისა და რესპირატორული დაავადებების რიცხვის ზრდას.

ექსპერტთა აზრით, ორგანული ნივთიერებებიდან (სოიას ზეთი, სიმინდი ან ხორბალი) საწვავის ფართოდ დამზადება შესაძლებელია მხოლოდ ნავთობის გამკვირების პირობებში.

ამავდროულად, მსოფლიოში ბიოლოგიური საწვავის ფართო გამოყენებასთან ერთად, იზრდება ეკოლოგების პროტესტი, რადგან ბიოლოგიური საწვავის დამზადებითა და გამოყენებით გამოწვეული ჯამური ეკოლოგიური ზარალი გაცილებით მეტია, ვიდრე ბენზინის გამოყენებით გამოწვეული ზარალი.

20.7. ჰიბრიდული ავტომობილები

ჰიბრიდული ავტომობილები იწვევენ საწვავის მნიშვნელოვან ეკონომიას. ამასთან ერთად დამატებით ღირებულებას წარმოადგენს ეკოლოგიური სისუფთავე. ჰიბრიდული ავტომობილების ნაკლი მდგომარეობს მაღალ ღირებულებასა და აკუმულატორების უტილიზაციის პრობლემაში.

20.8. ელექტრომობილები

ელექტრომობილების ნაკლს წარმოადგენს: მაღალი ღირებულება, აკუმულატორების ხშირი დატენის აუცილებლობა და მათი უტილიზაციის პრობლემა, მათი ღირსება - ეკოლოგიური სისუფთავე.

ელექტრომობილებს ემსგავსება ავტომობილები წყალბადის ძრავით. წყალბადს ღებულობენ წყლიდან ელექტროლიზით. ამასთან ერთად წყალბადის ძრავები, ისევე როგორც ელექტრომობილები, გამოყოფენ წყალს და არ აჭუჭყიანებენ ატმოსფეროს. წყალბადის ძრავის ნაკლს წარმოადგენს დიდი საწვავი საცავის აუცილებლობა, რადგან წყალბადი ძალიან მსუბუქი აირია.

ისევე, როგორც ავტომობილები წყალბადის ძრავები მოითხოვენ ელექტროენერჯის დიდ დანახარჯებს. არსებობს მისი მიღების რამდენიმე გზა:

- ნახშირის ან საწვავი ფიქლების წვა;
- მზის ბატარეები;
- ბირთვული სინთეზი.

ნავთობი ახლო მომავალში რჩება სახალხო მეურნეობის ენერჯით მომარაგებისა და ნავთობქიმიური მრეწველობის ნედლეულით უზრუნველყოფის ძირითად წყაროდ.

ნავთობისა და გაზის ქიმიის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე მეცნიერთა ძირითადი ძალისხმევა მიმართულია შემდეგ საკითხებზე: ნავთობისა და მისი ფრაქციების შედგენილობის ცოდნის შემდგომი გაღრმავება; ნავთობისა და გაზის კომპო-

ნენტების კატალიზური პროცესების შემდგომი შესწავლა, განსაკუთრებით წყალბადის წნევის ქვეშ; ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გამოყენების ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტა.

ამ ბოლო დროს ნავთობის ქიმიასთან ერთად, მკვლევარების ინტერესი მნიშვნელოვნად გაიზარდა ნავთობის ფიზიკის მიმართ, ზემოლეკულური სტრუქტურების ფორმირებისა და დაშლის მიმართ, რომლებიც არსებით გავლენას ახდენენ ნავთობის ტექნოლოგიაზე.

ამრიგად, ნავთობის ქიმია, რომელიც დაახლოებით ასი წლის წინათ ჩაისახა გადაიზარდა მეცნიერების ისეთ დარგად, რომელსაც აქვს უნარი გადაწყვიტოს კაცობრიობის თანამედროვე პრობლემები.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. www.booka.net/book/pod...v...himija_nefti_i_gaza.html. Химия нефти и газа. под ред. Проскурякова В.А., С-П. «Химия», 2004. 424с.
2. З.И.Сюняев-«Химия нефти», Л. «Химия», 1984,360с.
3. И.М. Губкин – « Учение о нефти»,1976. М.»Наука», 381с.
4. В.П.Суханов -«Переработка нефти», М.. «В.Ш».1974. 333с.
5. В.А.Соколов-« Нефть», М. «В.Ш». 1970, 370с.
6. დ. გაჯიევი-შენგელია, გ. არემიძე - „ნავთობქიმიის საწყისები“,თბილისი, უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1999, 71გვ.
7. В.Д.Капкин, Г.А. Савиницкая, В.И. Чапурин -«Технология органического синтеза», М. «Химия», 1987,400с.
8. გ. ვარშალომიძე, თ. ტურიაშვილი - „საბურღი დ ნავთობსარეწაო დანადგარ-მოწყობილობები“,გამ. „საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009. 437გვ.
9. <http://www.5ballov.ru/referats/prcview/72756/6>. Нефть, происхождение, состав, методы и способы переработки. 2008.
10. <http://ru.wikipedia.org/wiki>. Месторождения природного газа. 2008.
11. <http://www.osoboekb.ru/techno/prz.htm>. Нефть и основные способы её переработки. 2002.
12. <http://www.ngfr.ru/ngd.html?neft3>. Химический состав нефти, пентан, гексан, бензол, углеводороды. 2002.
13. <http://www.univer.omsk.Edu/CHEMIRy/TECHNOLOGY/data/lecture3.h...> Химический состав нефтепродуктов. 2002.
14. <http://www.mnpu.ru/?menu=docssub=svoystva>. Состав нефти и классификация.2002.
15. http://window.edu.ru/window/catalog/pdf2txt?p_id=21981_p_page=3. Химия нефти и топлив.2002.
16. <http://lemill.net/content/webpages/navtobi/view?version=1260257687.455746>. Lemill-ნავთობი.2002.
17. http://www.miniwiki.org/wiki/indexc.php?wiki=content.ka_version.presenting..%25E... ბუნებრივი აირი -ვიკიპედია.2002.
18. http://www.ronl.ru/organicheskaya_himiya/15905.htm. – Нефть в современном мире.2008.
19. <http://ru.wikipedia.org/wiki> – Википедия. Нефтепродукты.
20. works.tarefer.ru/94/100039/index.html.Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке.
21. <http://www.bestreferat.ru/referat-61585.html>. 2002.
22. <http://oil-extraction.ru/wy.htm>. - « Нефть и продукты её переработки». 2002.
23. dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/ Химия. Стадии переработки нефти и газа.
24. www.tehnoinfra.ru/pererabotkanefttiigaza/34/html. Гидрогенизационные процессы.

