

**სავაჭრო და გეოგრაფიული
სახელის დაცვა**

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

შოთა სამსონია, თინა დოქსოკულო,
იოსებ ჩიკვაია, თაო სუჭუა

ნავთობისა და
ბუნებრივი აირების ქიმია



თ ბ ი ლ ი ს ი ს
უნივერსიტეტის
გამომცემლობა

სახელმძღვანელოში განხილულია ნავთობის, ნავთობპროდუქტების და ბუნებრივი აირების თვისებები, მათი დაყოფისა და კვლევის მეთოდები, ნავთობური საწვავებისა და ზეთების შედგენილობა და მათი საექსპლუატაციო თვისებები.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია უნივერსიტეტების ქიმიის ფაკულტეტის ბაკალავრიატის, მაგისტრატურის და ნავთობის ქიმიის სპეციალობის მქონე სხვა უმაღლესი სასწავლებლების სტუდენტებისათვის.

რედაქტორი ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი,
 პროფესორი ავთანდილ დოლიძე

რეცენზენტები: ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი,
 პროფესორი ბენედიქტე წერეთელი

 ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი,
 პროფესორი ერნა ლეკვეიშვილი

© თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2009
ISBN 978-9941-13-148-6

შინაარსი

შესავალი	7
1. ნავთობის ფრაქციული და ქიმიური შედგენილობა	9
1.1 ნავთობის ფრაქციული შედგენილობა	9
1.2. ნავთობის ქიმიური შედგენილობა	11
1.2.1 ალკანები	11
1.2.2. ციკლოალკანები	13
1.2.3. არომატული ნახშირწყალბადები	16
1.2.4. ჰიბრიდული სტრუქტურის ნახშირწყალბადები	18
1.2.5. ჟანგბადშემცველი ნაერთები	19
1.2.6. გოგირდშემცველი ნაერთები	22
1.2.7. აზოტშემცველი ნაერთები	26
1.2.8. ფისები და ასფალტენები	28
1.2.9. ნავთობის მინერალური კომპონენტები	31
2. ნავთობის კლასიფიკაცია	34
2.1. ნავთობის ქიმიური კლასიფიკაციები	34
2.2. ნავთობის ტექნოლოგიური კლასიფიკაცია	37
3. ნავთობის წარმოშობა	40
3.1. ნავთობის წარმოშობის არაორგანული თეორია	40
3.2. ნავთობის წარმოშობის კოსმოსური თეორია	42
3.3. ნავთობის წარმოშობის ორგანული თეორია	42
4. ნავთობის მნიშვნელოვანი საბადოები	51
5. საქართველოს ნავთობები	54
6. ჰუნებრივი საწვავი აირი	59
6.1. მეთანი ბუნებაში.....	62
6.2. ქვანახშირებში გახსნილი აირები (მეთანი).....	64
6.3. მეთანი ტბების, ზღვებისა და ოკეანეების ხავსში	64
7. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების თვისებები	68
7.1. სიმკვრივე	68
7.2. მოლეკულური მასა	71
7.3. სიბლანტე	72
7.4. გამყარების, შემღვრევისა და კრისტალიზაციის ტემპერატურები	76
7.5. ფეთქების, აალებისა და თვითაალების ტემპერატურები	77
7.6. წვის სითბო	78
7.7. ქიმიური სტაბილურობა	79
7.8. კოროზიული აქტიურობა	79
7.9. სანვავის ნაჯერი ორთქლის წნევა და ფრაქციული შედგენილობა	80
7.10. ნავთობის ოპტიკური თვისებები	82
7.10.1. გარდატეხის მაჩვენებელი	83

<i>8. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დაყოფის მეთოდები</i>	87
8.1. გამობდა-რექტიფიკაცია	87
8.2. აზეოტროპული და ექსტრაქციული რექტიფიკაცია	89
8.3. ექსტრაქცია	90
8.4. თერმული დიფუზია	91
8.5. კრისტალიზაცია	92
8.6. ქრომატოგრაფია	93
<i>9. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შედგენილობის შესწავლა</i>	98
9.1. ელემენტური ანალიზი	98
9.2. ნახშირწყალბადთა ჯგუფური და სტრუქტურულ-ჯგუფური შედგენილობის განსაზღვრა	101
9.3. ნავთობპროდუქტებში ინდივიდუალურ ნივთიერებათა განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული მეთოდით	108
9.4. მას-სპექტრომეტრია	113
9.5. პმრ სპექტრული ანალიზი	114
<i>10. ნავთობის და ნავთობპროდუქტების გადამუშავება</i>	116
10.1. ნავთობის პირველადი გადამუშავება – გამობდა	116
10.2. ნავთობის მეორადი გადამუშავება	120
10.2.1. კრეკინგი	120
10.2.2. ვისბრეკინგი	126
10.2.3. კატალიზური კრეკინგი	127
10.2.4. ჰიდროკრეკინგი	133
10.2.5. პიროლიზი	141
10.2.6. რიფორმინგი	145
<i>11. ნავთობპროდუქტების განმენდა</i>	148
11.1. გოგირდმჟავათი განმენდა	149
11.2. ტუტით განმენდა	151
11.3. სელექციური გამხსნელებით განმენდა	152
11.4. განმენდის ადსორბციული და კატალიზური მეთოდები	153
<i>12. ძირითადი ნავთობპროდუქტები და მათი საექსპლუატაციო მახასიათებლები</i>	156
12.1. ბენზინი, მისი მახასიათებელი პარამეტრები	156
12.2. სანვაები საჰაერო-რეაქტიული ძრავებისათვის	162
12.3. დიზელის სანვაი, მისი მახასიათებელი პარამეტრები	165
12.4. ნავთობის ზეთები, მისი მახასიათებელი პარამეტრები	169
12.4.1. ტრანსფორმატორის ზეთი	172
12.4.2. ზეთებისადმი დანამატები	174
12.5. პლასტიკური საცხები მასალები	176
12.6. საქვაბე სანვაი	177
12.7. ბიტუმები	179
12.8. ნავთობის კოქსი	181
<i>13. ნავთობი და ეკოლოგია</i>	183
გამოყენებული ლიტერატურა	191

შესავალი

ქვეყნის ეკონომიკურ სიძლიერეს მის ტერიტორიაზე არსებული მარგი ნიაღისეული განსაზღვრავს, რომელთა შორის ერთ-ერთი ძირითადი როლი ენერგორესურსებს, კერძოდ, ნავთობს ენიჭება.

ნავთობი და დედამიწის ზედაპირზე ამოსული მისი მყარი პროდუქტები (ასფალტენები, ბიტუმები და სხვა) კაცობრიობისათვის უძველესი დროიდანაა ცნობილი. მისი სახელწოდება „ნავთობი“ მომდინარეობს სპარსული სიტყვიდან „ნაფთა“, რაც გამოჟონვას, გამოსვლას ნიშნავს. ჯერ კიდევ V საუკუნეში ჩვენელთაღრიცხვამდე ჰეროდოტე მიუთითებდა სხვადასხვა ქვეყნებში: ინდოეთში, სპარსეთში, სირიაში, ხმელთაშუა ზღვის კუნძულებზე ნავთობის წყაროების არსებობის შესახებ. ხოლო პლუტარქე აღწერს რა ალექსანდრე მაკედონელის ლაშქრობებს, გვანვდის ცნობებს ამუდარიასა და კასპიის ზღვის სანაპიროზე ნავთობის საბადოების არსებობის შესახებ.

როგორც ძველი წერილობითი წყაროებიდან ჩანს, ადრეულ პერიოდში ნავთობს იყენებდნენ სანვავად, გასანათებელ საშუალებად და გზებისა და სხვადასხვა ნაგებობათა მშენებლობაში შემკვრელ საშუალებად, ასევე, ნავთობი გამოიყენებოდა სამხედრო საქმეში საომარ საშუალებად. კერძოდ, ცნობილია ე.წ. „ბერძნული ცეცხლი“ – წვადი ნარევი, რომელსაც ამზადებდნენ ნავთობის, გოგირდისა და გვარჯილასაგან. XIII საუკუნეში ჩინგის ხანის ჯარები ბუხარას ციხესიმაგრის აღების დროს მონინააღმდეგის ტერიტორიაზე ყრიდნენ ნავთობით ავსებულ ქოთნებს, რომლებსაც შემდეგ ესროდნენ ანთებულ ისრებს, რაც იწვევდა ნავთობის აალებასა და ხანძრის გაჩენას. ნავთობს იყენებდნენ აგრეთვე სამკურნალწამლო საშუალებად. ცნობილია ძველი ბერძენი მეცნიერის ჰიპოკრატეს (IV-V საუკ. ჩვ. წ.) სამკურნალო რეცეპტები, რომელთა შედგენილობაში ნავთობი შედიოდა.

განსაკუთრებით სწრაფად გაიზარდა მოთხოვნილება ნავთობის მოხმარებაზე ბოლო ორი საუკუნის განმავლობაში. ისეთ სახელმწიფოებში, როგორცაა გერმანია და ინგლისი, მოხმარებული ენერგორესურსებიდან 55-60% ნავთობსა და ბუნებრივ აირზე მოდის, ხოლო აშშ-სა და იაპონიაში 75-80%. ასევე რუსეთშიც ენერჯის ძირითადი წყაროა ნავთობი და ბუნებრივი აირი. ეს ფაქტი განპირობებულია იმით, რომ სხვა სანვავ ნიაღისეულთან (ქვანახშირი, ტორფი, ფიქლები) შედარებით, ნავთობის როგორც მოპოვება, ისე ტრანსპორტირება მარტივად ხდება, ასევე მარტივია მისი გადამუშავება სხვადასხვა სახის ნავთობპროდუქტებად – სხვადასხვა სახის სანვავად (ავტომობილებისათვის, თვითმფრინა-

ვებისათვის, ტრაქტორებისათვის, დიზელებისა და რეაქტიული ძრავებისათვის, საქვაბე დანადგარებისათვის და ა.შ.).

ნავთობს დიდი როლი ენიჭება ქიმიურ მრეწველობაშიც. ცნობილი რუსი მეცნიერი დ. მენდელეევი ჯერ კიდევ XIX საუკუნის მეორე ნახევარში გულისტკივილით აღნიშნავდა, რომ ნავთობი საწვავი არ არის, იგი ძვირფასი ქიმიური ნედლეულია. ნავთობის გადამუშავების შედეგად მიღებულ პროდუქტთა ბაზაზე ხორციელდება სინთეზური კაუჩუკების, პლასტმასების, ქიმიური ბოჭკოების, გამრეცხი საშუალებების, მცენარეთა ზრდის სტიმულატორების, ჰერბიციდების, მაცივარაგენტების, ანტიფრიზების, ანტიდეტონატორების, სამკურნალწამლო ნივთიერებების, საწვავებისა და საცხისი ზეთების დანამატების სინთეზი. თითქმის არ არსებობს მეურნეობის ისეთი დარგი, რომელშიც ნავთობპროდუქტებს არ იყენებდნენ.

ნავთობქიმიური მრეწველობისათვის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საკითხს წარმოადგენს ნავთობპროდუქტების (საწვავების, საცხები ნივთიერებების და სხვ.) ხარისხიანობის განსაზღვრა, რისთვისაც მიზანშეწონილია რიგი პარამეტრების დადგენა.

სახელმძღვანელოში განხილულია ნავთობის და ბუნებრივი აირების შედგენილობა, მათი გენეზისის საკითხები, ნავთობის პირველადი და მეორადი გადამუშავების პროცესები; ნავთობპროდუქტების ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები და მათი საექსპლუატაციო მახასიათებლები.

1. ნავთობის ფრაქციული და ქიმიური შედგენილობა

ნავთობი ცვლადი შედგენილობის უაღრესად რთული ნარევიანია. ის ძირითადად შედგება ნახშირწყალბადებისაგან – ალკანების, ციკლოალკანებისა და არენებისაგან (როგორც წესი ნავთობი არ შეიცავს უჯერ ნახშირწყალბადებს; მაგრამ არის იშვიათი გამონაკლისები – მაგ., პენსილვანიის ნავთობი, რომელიც მცირე რაოდენობით შეიცავს უჯერ ნახშირწყალბადებს).

ნახშირწყალბადების გარდა ნავთობში არის ჟანგბად-, გოგირდ- და აზოტ-შემცველი ორგანული ნაერთები, მცირე რაოდენობით მრავალი ლითონი და ზოგიერთი არალითონი.

1.1 ნავთობის ფრაქციული შედგენილობა

ნავთობის ხარისხის მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს მისი ფრაქციული შედგენილობა. ნავთობის ფრაქციული შედგენილობა განისაზღვრება გარკვეულ ტემპერატურულ ინტერვალში გადადენილი დისტილაციის რაოდენობით. თითოეული ფრაქცია ხასიათდება დუღილის დაწყებისა და დამთავრების ტემპერატურებით.

350°C-მდე გამოხდომლ ფრაქციებს ღია ფერის ფრაქციები ეწოდებათ. მათ სახელწოდება მიენიჭათ შესაბამისად გამოყენების სფეროს მიხედვით.

რუსეთში მიღებულია ნავთობის დაყოფა შემდეგ ფრაქციებად:

ცხრილი 1.1

ნავთობის დაყოფა ფრაქციებად

გამოხდის დაწყების და დამთავრების ტემპერატურები	ფრაქციის სახელწოდება
დულ. t-ის დასაწყისი – 140°C	ბენზინის ფრაქცია
140-180°C	ლიგროინის ფრაქცია (მძიმე ნაფთა)
140-220°C (180-240°C)	ნავთის ფრაქცია
180-350°C (220-350°C, 240-350°C)	დიზელის ფრაქცია (მსუბუქი ანუ ატმოსფერული გაზოილი)

350°C-მდე გამოხდის შემდეგ დარჩენილ ნარევეს ენოდება მაზუთი. მაზუთის გამოხდას ახდენენ ვაკუუმში, რის შედეგადაც შესაძლებელია როგორც სანვავის, ისე მინერალური ზეთების მიღება.

სანვავის მიღების მიზნით მისი გამოხდა ხდება შემდეგ ტემპერატურულ ინტერვალში:

350-500°C – ვაკუუმის გაზოილი;

>500°C – ვაკუუმური ნარჩენი (გუდრონი);

ხოლო ზეთების მიღების მიზნით:

300-400°C (320-420°C) – მსუბუქი ზეთის ფრაქცია (ტრანსფორმატორის დისტილატი);

400-450°C (420-490°C) – საშუალო ზეთის ფრაქცია (მანქანის დისტილატი);

450-490°C – მძიმე ზეთის ფრაქცია (ცილინდრის დისტილატი);

>490°C – გუდრონი.

მაზუთსა და მისგან მიღებულ ფრაქციებს მუქი ფერის ნავთობპროდუქტებს უწოდებენ.

აშშ-ში ნავთობის გამოხდით იღებენ შემდეგ ფრაქციებს:

ცხრილი 1.2

ნავთობის დაყოფა ფრაქციებად

გამოხდის დანყების და დამთავრების ტემპერატურები	ფრაქციის სახელწოდება
32°C-მდე	ნახშირწყალბადოვანი აირები
32-105°C	ბენზინი (გაზოლინი)
105-160°C	ნაფთა (მძიმე ბენზინი)
160-230°C	გაზოილი
230-430°C	მაზუთი

ფრაქციული შედგენილობის მიხედვით სხვადასხვა საბადოს ნავთობები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან. მაგ.: კომის ავტონომიური რესპუბლიკის – იარეგსკის ნავთობი შეიცავს 18.8% ღია ფერის ფრაქციებს, დასავლეთ ციმბირის სამოტლორსკის – 58.8%.

საქართველოს ნავთობებში ღია ფერის ფრაქციების შემცველობა საკმაოდ მაღალია. მაგ.: პატარა შირაქის №49 ჭაბურღილის საბადოს ნავთობი შეიცავს 47.5% ღია ფერის ფრაქციებს, თელეთის საბადოს ნავთობი შეიცავს 54.9%, ხოლო სუფსის საბადოს ნავთობი შეიცავს 50%.

1.2. ნავთობის ქიმიური შედგენილობა

1.2.1 ალკანები

ალკანები ყველა ნავთობის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია. ალკანების საერთო შემცველობა ძირითადად 40-50%-ს, ზოგიერთ ნავთობში 50-70%-ს შეადგენს. არსებობს ნავთობი ალკანების დიდი რაოდენობით – 88%-ის შემცველობით (მანგიშლაკის ნავთობი).

ნავთობი შეიცავს როგორც აირად, ისე თხევად და მყარ ალკანებს. მეთანი, ეთანი, პროპანი, ნორმალური და იზობუტანები, დიმეთილპროპანი წარმოადგენენ ნავთობის თანმხლებ აირებს. ალკანები შედიან ნავთობის ყველა ფრაქციაში. ყველაზე დიდი რაოდენობით ბენზინისა და ნავთის ფრაქციებში. ფრაქციების დუღილის ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად, მათში ალკანების შემცველობა მცირდება.

ბენზინის ფრაქცია შეიცავს C_5-C_9 შედგენილობის ნახშირწყალბადებს, ძირითადად ნორმალური ან მცირედ განტოტვილი აღნაგობის ალკანებს.

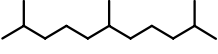
ჯერ კიდევ 1862-63 წლებში აშშ-ის მეცნიერებმა პელუზმა, კაგურმა და შორლემერმა პენსილვანიის ნავთობის კვლევისას დაადგინეს მასში ნორმალური C_5-C_8 ალკანების არსებობა.

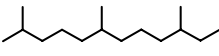
მთელი რიგი საბადოების ნავთობის შესწავლამ აჩვენა, რომ ნავთობი შეიცავს როგორც ნ-აღნაგობის (უპირატესად) ნახშირწყალბადებს ბუტანიდან დაწყებული ნ. ტრიტრიაკონტანამდე $C_{33}H_{68}$ ($t_{\text{დღ}}-475^{\circ}\text{C}$), ასევე მცირედ განტოტვილ ალკანებს – მოკლე გვერდითი ჯაჭვებით (ძირითადად მეთილის და ეთილის). დღეისათვის ნავთობიდან გამოყოფილი და შესწავლილია 600-ზე მეტი ალკანი. ჰექსანის 5 იზომერიდან – ხუთივე, ჰეპტანის 9-დან – 7, ოქტანის 18-დან – 16, ნონანის თეორიულად შესაძლო 35 იზომერიდან გამოყოფილია 24 და ა.შ.

იზოაგებულების ნახშირწყალბადებიდან ჭარბობს მეთილ- და დიმეთილალკანები (სიმეტრიული აღნაგობის). დადგენილი წესიდან გამონაკლისს წარმოადგენს კრასნოდარის მხარის (ანასტასიის) და ზღვის ქვების ნავთობები. მათში პრაქტიკულად არ არის ნ-ჰექსანი, ჰეპტანი და ოქტანი. აღმოჩენილია ძლიერ განშტოებული ნახშირწყალბადები. ზღვის საბადოს ნავთობის ქვების ნავთობში დადგენილია 2,2,3,5-ტეტრამეთილჰეპტანისა და 2,2-დიმეთილ-4-ეთილჰეპტანის არსებობა.

აღსანიშნავია, რომ როგორც საერთოდ ალკანების, ნ-ალკანების შემცველობაც მცირდება მოლეკულური მასის გაზრდასთან ერთად.

1961-1962 წლებში ნავთობში აღმოჩენილი იყო ალკანები ნახშირბადოვან ჯაჭვში მეთილის რადიკალების რეგულარული განლაგებით; კერძოდ, 2, 6, 10, 14, 18 და ა.შ. მდგომარეობაში. აღნაგობით ისინი პოლიიზოპრენის შესაბამის ნაჯერ ნახშირწყალბადებს წარმოადგენენ, რის გამოც მათ იზოპრენოიდები ეწოდათ.

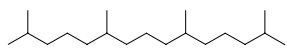
მაგ.: 2,6,10-ტრიმეთილუნდეკანი  $C_{14}H_{30}$ $t_{\text{დღ}}-236-237.5^{\circ}\text{C}$

2,6,10-ტრიმეთილდოდეკანი  $C_{15}H_{32}$ $t_{\text{დლ.}} 253^{\circ}\text{C}$

იზოპრენოიდების არსებობა დადგენილია მრავალი ნავთობის საშუალო ფრაქციებში ($250-400^{\circ}\text{C}$), ბუნებრივ ბიტუმებში, დედამიწის ქერქში გაბნეულ ორგანულ ნივთიერებებში.

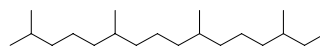
ნავთობში იზოპრენოიდების (C_9-C_{25}) შემცველობა 3-4%-ს შეადგენს.

ირანისა და აღმოსავლეთ ტეხასის ნავთობებში იდენტიფიცირებულია პრისტანი და ფიტანი:



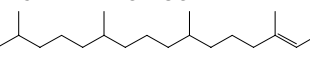
პრისტანი $C_{19}H_{40}$

2.6.10.14-ტეტრამეთილპენტადეკანი
 $t_{\text{დლ.}} 331-332.5^{\circ}\text{C}$



ფიტანი $C_{20}H_{42}$

2.6.10.14-ტეტრამეთილჰექსადეკანი
 $t_{\text{დლ.}} 352.5-353^{\circ}\text{C}$

ვარაუდობენ, რომ ნავთობში ისინი წარმოქმნილი არიან მწვანე მცენარეებში არსებული ქლოროფილის შედგენილობაში შემავალი უჯერი სპირტის ფიტოლისაგან ($C_{20}H_{39}OH$)  CH_2OH .

ნავთობში მყარი პარაფინების მასური წილი ძირითადად შეადგენს 0.1-5%-ს. პარაფინული ტიპის ნავთობში მათი შემცველობა 7-12%-მდეა. არის შემთხვევები, როდესაც მათი შემცველობა 15-20%-მდეა, მაგ., მანგიშლაკის ნახევარკუნძულის ნავთობში.

მყარი ალკანები ნავთობში გახსნილ ან შეტივარებულ მდგომარეობაშია. მაზუთიდან გამომდინარე ზეთების შემადგენლობაში $C_{18}-C_{35}$ შედგენილობის ალკანებია, ხოლო გუდრონში $C_{35}-C_{53}$. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ როგორც თხევადი ალკანების შემთხვევაში, ნავთობში არსებული მყარი პარაფინების 50% ნ-ალნაგობისაა. დანარჩენი მცირედ განტოტვილი (ძირითადად მეთილის და ეთილის რადიკალებით).

აღმოჩენილია იშვიათი მინერალი – ოზოკერიტი, რომელიც წარმოქმნილია ფოროვანი ქანებისაგან და გაჟღენთილია მყარი პარაფინების და მცირე რაოდენობით მაღალმდულარე ალკანებით და ფისებით.

ნავთობში შემავალ მყარ ალკანებს ყოფენ პარაფინებად და ცერეზინებად.

თავდაპირველად მყარი ნახშირწყალბადების დაყოფა ცერეზინებად და პარაფინებად მოახდინეს შესაბამის ნაერთთა კრისტალური სტრუქტურების, მათი ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს შორის განსხვავებით.

ერთი და იგივე ლღობის ტემპერატურის მქონე ნივთიერებებიდან ცერეზინები გამოირჩეოდნენ უფრო მაღალი მოლეკულური მასით, სიბლანტითა და სიმკვრივით.

ცერეზინები პარაფინებთან შედარებით ხასიათდებიან უფრო მაღალი გარდატეხის მაჩვენებლით. ისინი შედგებიან უფრო წვრილი კრისტალებისაგან, ვიდრე პარაფინები.

ქიმიური თვალსაზრისით, ცერეზინები პარაფინებთან შედარებით ხასიათდებიან უფრო გაზრდილი რეაქციისუნარიანობით. ცერეზინები ენერგიულად ურთიერთქმედებენ მბოლავ გოგირდმჟავასთან და ქლორსულფომჟავასთან, მაშინ როცა პარაფინები ამ ნივთიერებებთან ურთიერთქმედებენ სუსტად.

პარაფინები უპირატესად მაღალმოლეკულური ნ-ალკანების ნარევიანია. ცერეზინები კი – ნორმალური ან განშტოებული აღნაგობის გრძელი ალკილის რადიკალის შემცველ ციკლოალკანებსა და არენებს წარმოადგენენ.

1.2.2. ციკლოალკანები

1880-იან წლებში რუსმა მეცნიერებმა მარკოვნიკოვმა და ოგლობლინმა აღმოაჩინეს ნავთობში C_nH_{2n} შედგენილობის ციკლური პოლიმეთილენური ნახშირწყალბადები – ციკლოალკანები, კერძოდ, ციკლოპენტანი, ციკლოჰექსანი და მათი ჰომოლოგები C_{15} -ის ჩათვლით. მარკოვნიკოვმა მათ ნაფთენები უწოდა. შემდგომში ეს სახელწოდება გავრცელდა პოლიციკლურ პოლიმეთილენურ ნახშირწყალბადებზეც.

ციკლოალკანების მასური წილი ნავთობში საშუალოდ 25-75%-მდეა. ციკლოალკანები გვხვდება ყველა ფრაქციის შედგენილობაში. ჩვეულებრივ, მათი შემცველობა ფრაქციის დუღილის ტემპერატურის მატებასთან ერთად იზრდება, ყველაზე მაღალმდურარე ზეთის ფრაქციაში კი მცირდება, არომატული ნახშირწყალბადების რაოდენობის გაზრდის ხარჯზე.

125⁰C-მდე გამოხდომილ ფრაქციაში შედის მოლეკულაში 5-8 ნახშირბადის ატომის შემცველი მონოციკლური ციკლოალკანები: ციკლოპენტანი, ციკლოჰექსანი და მათი ჰომოლოგები.

ციკლოპენტანის შემცველობა ნავთობში მცირეა. მაქსიმალური რაოდენობა 3%-ია (ნავთობში არსებული ციკლოალკანების მიმართ). ასევე შედარებით მცირეა მეთილციკლოპენტანის შემცველობა. ნავთობში ძირითადად შედის თერმოდინამიკურად მდგრადი დიმეთილ- და ტრიმეთილციკლოპენტანები; კერძოდ, 1,2 და 1,3-დიმეთილციკლოპენტანები, 1,2,3- და 1,2,4-ტრიმეთილციკლოპენტანები. 1,1-დიმეთილციკლოპენტანისა და ეთილციკლოპენტანის შემცველობა გაცილებით ნაკლებია. ნავთობში აღმოჩენილია C_9 შედგენილობის ციკლოპენტანის რიგის ნახშირწყალბადებიც, რომელთა შორის ჭარბობს 1,2,3,4-ტეტრამეთილციკლოპენტანი, 1,4-დიმეთილ-2-ეთილციკლოპენტანი და 1,2-დიმეთილ-3-ეთილციკლოპენტანი.

ციკლოჰექსანის შემცველობა სხვადასხვა ნავთობში 1-18%-ის ფარგლებშია. მეთილციკლოჰექსანი ციკლოჰექსანზე 2-6 ჯერ მეტი რაოდენობითაა. ზოგიერთ შემთხვევაში მეთილციკლოჰექსანი ნავთობში შემავალ ციკლოალკანების 36-50%-ს შეადგენს.

125⁰C-მდე გამოხდის ფრაქციაში აღმოჩენილია C₈H₁₆ შედგენილობის ალკილციკლოპექსანები. მაგ., გროზნოს პარაფინულ ნავთობში მათი შემცველობა C₈ შედგენილობის ნახშირწყალბადების 35%-ია, ხოლო ბაქოს ნავთობში – 93-94%.

ისევე, როგორც ალკილციკლოპენტანის შემთხვევაში, ალკილციკლოპექსანებიდან ნავთობში უპირატესად გავრცელებულია თერმოდინამიკურად უფრო მდგრადი იზომერები 1,2-, 1,3- და 1,4-დიმეთილციკლოპექსანები. რიგ ნავთობებში (ეხაბინსკის, სურგუტსკის, პარომისკის, გროზნოს) დიდი რაოდენობით (23-44%) არის ეთილციკლოპექსანი. თუმცა სხვადასხვა ნავთობში მისი შემცველობა ძალიან განსხვავებულია.

C₉ შედგენილობის ციკლოალკანებიდან ნავთობში შედის როგორც ორი, ისე სამჩანაცვლებული ციკლოპექსანები; კერძოდ, 1-მეთილ-3-ეთილციკლოპექსანი, 1-მეთილ-4-ეთილციკლოპექსანი.

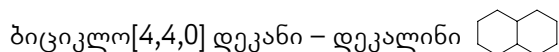
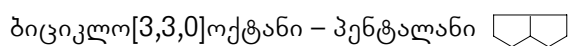
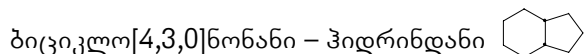
სამჩანაცვლებული ციკლოპექსანებიდან ყველაზე მეტად გავრცელებულია 1,2,4-ტრიმეთილციკლოპექსანი (61-80%), 1,2,3-ტრიმეთილციკლოპექსანი (17-30%), ხოლო 1,3,5-ტრიმეთილციკლოპექსანის მაქსიმალური შემცველობა 9%-ია, ზოგ ნავთობში კი კვალის სახითაა.

აღსანიშნავია, რომ ნავთობში მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა 1,1,3-ტრიმეთილციკლოპექსანი. მიაჩნიათ, რომ ის კაროტინოიდების დესტრუქციის პროდუქტია.

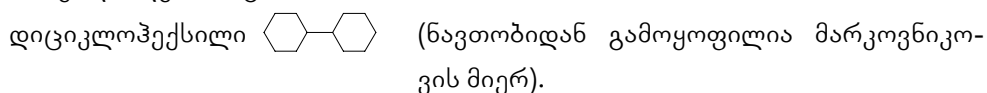
მისი მომდევნო ჰომოლოგი 1,1,2,3-ტეტრამეთილციკლოპექსანი აღმოჩენილია 150-175⁰C-ის ფრაქციებში. ამ ფრაქციაში იდენტიფიცირებულია 87 ნახშირწყალბადი, ძირითადად ციკლოპექსანის ნაწარმები. ამ ფრაქციაში დადგენილი იყო ასევე ზოგიერთი ბიციკლური ციკლოალკანის არსებობა.

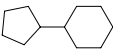
ნავთობში აღმოჩენილია სამი ტიპის ბიციკლური ციკლოალკანები:

1. კონდენსირებულბირთვიანი ბიციკლოალკანები, რომელთაც გააჩნია საერთო 2 ნახშირბადის ატომი, მაგ.:





2. ერთი მარტივი ბმით დაკავშირებული არაკონდენსირებული ბიციკლური ნახშირწყალბადები. მაგ.:




ციკლოპენტილციკლოჰექსილი 


3. კონდენსირებულბირთვიანი ბიციკლური ნახშირწყალბადები შიდა ნახშირბადოვანი ხიდებით. მაგ.:

ბიციკლო [2,2,1] ჰეპტანი (ნორბორნანი) 

ბიციკლო [3,2,1] ოქტანი 

ბიციკლო [3,3,1] ნონანი 

ნავთობი მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს ტრიციკლურ ციკლოალკანებს, მათგან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია $C_{10}H_{16}$ შედგენილობის ტრი-

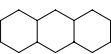

ციკლო [3,3,1,1] დეკანი -ადამანტანი , რომელიც 1933 წელს ს. ლანდამ და ვ. მახაჩეკმა აღმოაჩინეს ჩეხოსლოვაკიაში – მორავიის ნავთობში. ნახშირწყალბადი ხასიათდება ალმასის ტიპის კრისტალური მესრით $t_{დღ} 269^{\circ}C$.

ნავთობში დაფიქსირებულია აგრეთვე (C_{11} - C_{15} შედგენილობის) ადამანტანის ჰომოლოგები: 2-მეთილ-, 1,3-დიმეთილ- და 1,3,5-ტრიმეთილადამანტანები.

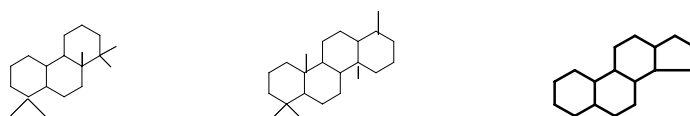
ადამანტანის შემცველობა ნავთობში 0,004-0,01%-ია. ბაქოს ბალახანის მძიმე ნავთობის ($200-225^{\circ}C$) ფრაქციაში 0,02%-ის რაოდენობით აღმოჩენილია მეთილის და ეთილის რადიკალების შემცველი C_{11} - C_{14} შედგენილობის 24 ალკილადამანტანი.

ადამანტანის ნაწარმები გამოიყენება სამკურნალწამლო ნივთიერებების, პოლიმერების წარმოებაში და სხვა.

ტრიციკლური ციკლოალკანები ძირითადად გავრცელებულია კონდენსირებულბირთვიანი სისტემების სახით.

მაგ.: პერჰიდროანტრაცენი , პერჰიდროაცენაფტენი .

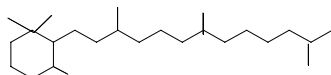
ზოგიერთი ნავთობიდან გამოყოფილია ციკლოალკანები სრულად ჰიდრირებული ფენანტრენისა და ქრიზენის სტუქტურებით, ასევე ციკლოპენტაპერჰიდროფენანტრენის ბირთვის შემცველი, მაგ.: ქოლესტანი:



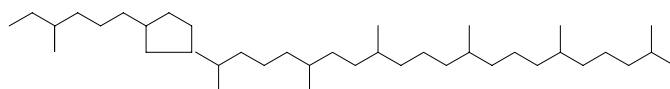
ნავთობში აღმოჩენილია ტეტრაციკლური და პენტაციკლური ციკლოალკანები, რომლებიც აღნაგობით ციკლური პოლიტერპენების ანალოგებს წარმოადგენენ. ამ ნახშირწყალბადების შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ტეტრაციკლოალკანები (C_{27} - C_{30}) მიეკუთვნებიან სტერანებს, ხოლო პენტაციკლოალკანები (C_{27} - C_{35}) ჰოპანის ტიპის ტრიტერპენებს.

მიაჩნიათ, რომ ციკლოალკანების წყაროს ნავთობში წარმოადგენენ ძირითადად ცოცხალ ორგანიზმში არსებული ციკლური ტერპენების; მონოტერპენების ($C_{10}H_{16}$), სესკვიტერპენების ($C_{15}H_{24}$), დიტერპენების ($C_{20}H_{32}$), ტეტრატერპენების ($C_{40}H_{64}$) ჟანგბადოვანი ნაწარმები (სპირტები, კეტონები, მჟავები).

ნავთობში აღმოჩენილი ციკლოალკანებიდან საინტერესოა ციკლოჰექსანის ბირთვის შემცველი კაროტინოიდული სტრუქტურის ნახშირწყალბადები, რომლებიც წარმოადგენენ 1,1,3-ტრიმეთილ-2-ალკილციკლოჰექსანის ჰომოლოგებს, გვერდით ჯაჭვში 10-24 ნახშირბადის ატომით:



კარაჯანბასის ნავთობში იდენტიფიცირებულია C_{46} - C_{80} შედგენილობის ციკლანი (ციკლოპენტანის ბირთვით) – გვერდით ჯაჭვში გრძელი იზოპრენოიდული სტრუქტურით:



ციკლოალკანები გრძელი ალკილის რადიკალებით განიხილებიან, როგორც ჰიბრიდული სტრუქტურები – ალკანურციკლოალკანური ნახშირწყალბადები.

აღსანიშნავია შემდეგი ფაქტი: აზერბაიჯანის ნაფთალანის ნავთობი, რომლის შედგენილობაში 50%-ზე მეტი ციკლოალკანები და შერეული პოლიციკლური ნახშირწყალბადებია, ხასიათდება მნიშვნელოვანი ფიზიოლოგიური აქტიურობით, კერძოდ, ტკივილგამაყუჩებელი და სიმსივნის დაცხრომის უნარით; რის გამოც გამოიყენება კანის, სახსრებისა და კუნთების დაავადების სამკურნალოდ.

გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ სამკურნალო თვისებებით ხასიათდება ნავთობის ციკლოალკანური ნაწილი, ხოლო პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები ავლენენ ტოქსიკურ თვისებებს.

1.2.3. არომატული ნახშირწყალბადები

არომატულ ნახშირწყალბადთა შემცველობა სხვადასხვა საბადოს ნავთობში ფართო ზღვრებში იცვლება (15-50%).

ბენზინის ფრაქცია ძირითადად შეიცავს ბენზოლს, ტოლუოლს და C_8 - C_9 შედგენილობის ყველა შესაძლო იზომერულ ნახშირწყალბადს. ამასთანავე 60-95°C ვიწრო ფრაქცია შეიცავს ბენზოლს, 95-122°C – ტოლუოლს, 122-150°C – იზომერულ ქსილოლებსა და ეთილბენზოლს. 150-180°C ფრაქცია – C_9 შედგენილობის იზომერულ არენებს, მეთილ- ეთილ- და ტრიმეთილბენზოლებს, მათ შორის ყველაზე დიდი რაოდენობითაა 1,2,4-ტრიმეთილბენზოლი.

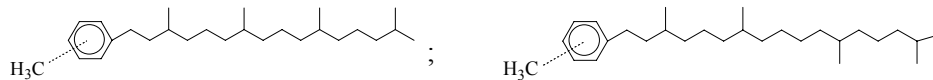
ერთ-ერთი საბადოს (პონკა-სიტი, აშშ) ნავთობის ბენზინის ფრაქციის გამოკვლევისას დადგინდა, რომ C₆-C₉ შედგენილობის არომატულ ნახშირწყალბადთა თანაფარდობა შესაბამისად ტოლია C₆ : C₇ : C₈ : C₉ = 1:3:7:8. ამასთანავე სხვადასხვა ნავთობის ბენზინის ფრაქციაში იზრდება ალკილბენზოლების შემცველობა, რომელთა ბენზოლის ბირთვებში მეტი რადიკალია და მცირდება გრძელჯაჭვიანი მონოჩანაცვლებული ალკილბენზოლების რაოდენობა. მაგ.: პონკა-სიტის ნავთობში ტოლუოლის, ეთილბენზოლის, პროპილბენზოლისა და ბუტილბენზოლების მოცულობითი წილი შესაბამისად შეადგენს 0,51, 0,19, 0,09 და 0,026%. დადგენილია, რომ ყველა ნავთობში მესამეული ბუტილბენზოლის შემცველობა 50-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე 1,2,4- ტრიმეთილბენზოლის.

180-200⁰C ფრაქცია ძირითადად შეიცავს C₁₀ შედგენილობის ალკილბენზოლებს, მათ შორის ყველაზე დიდი რაოდენობით არის ტეტრამეთილ- და დიმეთილეთილბენზოლები (1,2-დიმეთილ-4-ეთილბენზოლი).


230-275⁰C-ის ფრაქცია ალკილბენზოლებიდან შეიცავს ძირითადად ორ- და სამჩანაცვლებულ ბენზოლებს, ამასთანავე ორჩანაცვლებულ ბენზოლებში ერთი მეთილის რადიკალია, ხოლო მეორე რადიკალი 6-8 ატომისაგან შემდგარი მცირედ განტოტვილი ალკილის რადიკალი

სამჩანაცვლებულ ალკილბენზოლებში ორი მეთილის რადიკალია, ხოლო მესამე ისეთივე აღნაგობის (C₆-C₈) ალკილის რადიკალია, რაც ორჩანაცვლებულში.

ამ ფრაქციაში აღმოჩენილია ასევე ნახშირწყალბადები, რომელშიც ბენზოლის ბირთვთან დაკავშირებულია როგორც რეგულარული, ისე არარეგულარული აღნაგობის იზოპრენოიდული სტრუქტურის ალკილის რადიკალები:





მიაჩნიათ, რომ ეს ნახშირწყალბადები გენეტიკურად დაკავშირებული არიან კაროტინებთან.

ნავთის ფრაქცია შეიცავს ნაფთალინს  და მის ჰომოლოგებს. კერძოდ: მეთილ-, ეთილ-, დიმეთილ-, ტრიმეთილ და ტეტრამეთილნაფთალინებს. აღსანიშნავია, რომ მეთილნაფთალინის კონცენტრაცია ბევრად აღემატება ჩაუნაცვლებელი ნაფთალინის კონცენტრაციას.


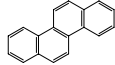
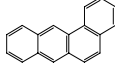
ნავთის ფრაქციაში აღმოჩენილია ასევე დიფენილი და მისი ჰომოლოგები; მათი კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად ნაკლებია ნაფთალინისა და მისი ჰომოლოგების კონცენტრაციაზე.



ნავთობის მაღალმდულარე ფრაქციებში დადგენილია სამი, ოთხი და ხუთი ბენზოლის ბირთვის შემცველი კონდენსირებული არენების არსებობა, როგორც

ცაა ფენანტრენი , ანტრაცენი  და მათი ჰომოლოგები. ამასთანავე,

ფენანტრენის ნაწარმები გაცილებით მეტია, ვიდრე ანტრაცენის, რასაც უკავშირებენ მათ შედარებით მაღალ გავრცელებას მცენარეულ და ცხოველურ ქსოვილებში, აგრეთვე მათ მაღალ თერმოდინამიკურ მდგრადობას.

მაღალი ფრაქციებიდან გამოყოფილია კონდენსირებული ოთხბირთვიანი

არომატული ნახშირწყალბადები:  პირენი,  ქრიზენი, 

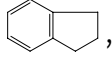

ბენზანტრაცენი,  ბენზფენანტრენი; ხუთბირთვიანი  პერილენი და სხვა.


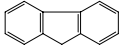
აღსანიშნავია, რომ კონდენსირებულ ბირთვთა რაოდენობის გაზრდასთან ერთად არენების შემცველობა ნავთობში სწრაფად მცირდება.

მართალია, არომატულ ნახშირწყალბადთა შემცველობა ცოცხალ ორგანიზმებში ძალიან მცირეა, მაგრამ მიაჩნიათ, რომ ბუნებაში მათი წარმოქმნა შესაძლებელია ბიოლოგიური ნივთიერებების ნახშირწყალბადოვანი ჩონჩხის იზომერიზაციისა და არომატიზაციის შედეგად ბუნებრივი კატალიზატორების მონაწილეობით.

1.2.4. ჰიბრიდული სტრუქტურის ნახშირწყალბადები

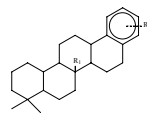
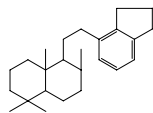
ნავთობის ნახშირწყალბადთა უმრავლესობას გააჩნია შერეული ანუ ე.წ. ჰიბრიდული აღნაგობა.

ბენზინის ფრაქციაში მცირე როდენობით აღმოჩენილია ინდანი , ნავთის ფრაქციაში ტეტრალინი  და მისი მეთილნაწარმები.

ასევე დადგენილია მასში არაკონდენსირებული ნახშირწყალბადი ბენზოლისა და ციკლოჰექსილის ბირთვებით, გაზოილის ფრაქციაში დადგენილია აცენაფტენის , ფლუორენის  და მათი ჰომოლოგების, ასევე ციკლოპენტაფენანტრენის და მეთილციკლოპენტაფენანტრენის არსებობა.

ზეთის ფრაქცია თითქმის მთლიანად ჰიბრიდული სტრუქტურის ალკანოციკლოალკანების, ალკანოარენულისა და ალკანოციკლო ალკანოარენული ტიპის ნახშირწყალბადებისაგან შედგება.

ნავთობის მაღალმდულარე ფრაქციებში აღმოჩენილია მონოარომატული ბირთვის შემცველი ნახშირწყალბადები, სამი, ოთხი და ხუთი ციკლოალკანური ბირთვით, მაგ.:



ყველა ეს ნახშირწყალბადი გენეტიკურად დაკავშირებულია ჰოპანის რიგის ნახშირწყალბადებთან.

ნავთობში ასევე აღმოჩენილია სტეროიდული სტრუქტურის 27-29 ნახშირბადის ატომის შემცველი მონოარენები; ყველა ეს ნახშირწყალბადი განეკუთვნება რელიქტურ ნაერთებს, რაც ნავთობის ორგანული წარმოშობის თეორიის ერთ-ერთ დამადასტურებელ ფაქტს წარმოადგენს.

1.2.5. ჟანგბადშემცველი ნაერთები

ნავთობში ჟანგბადი ძირითადად შედის მჟავების, ფენოლების, კეტონების, ეთერების და ლაქტონების სახით. ნაკლებად მჟავათა ანჰიდრიდებისა და ფურანულ ნაერთთა სახით. საერთოდ ჟანგბადშემცველ ნაერთთა წილი ნავთობში იშვიათად აჭარბებს 10%-ს.

ფრაქციებში ჟანგბადის შემცველობა ფრაქციის დუღილის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იზრდება, ამასთანავე ნავთობში არსებული ჟანგბადის უდიდესი ნაწილი ფისებსა და ასფალტენებშია, მისი რაოდენობა მცირდება ნავთობის საბადოს სიღრმისა და ასაკის ზრდასთან ერთად.

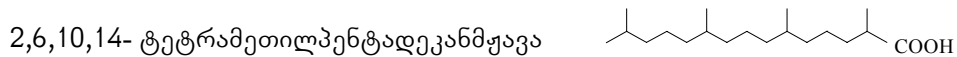
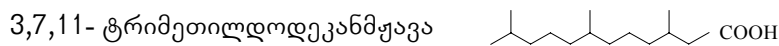
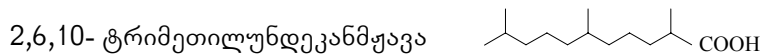
ნავთობში შემავალი ჟანგბადშემცველი ნაერთებიდან მნიშვნელოვანია ნავთობური მჟავები, ნავთობური ფენოლები და ნეიტრალური ნივთიერებები.

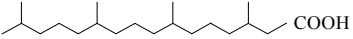
ნავთობში შემავალ ჟანგბადშემცველ ყველა ნივთიერებას, რომელსაც აქვს მჟავა ბუნება და რომელთა გამოყოფა ნავთობიდან შესაძლებელია ტუტის ხსნარით, ნავთობის მჟავებს უწოდებენ.

ნავთობის მჟავები მოიცავს ალიფატური, ალიციკლური, ჰიბრიდული სტრუქტურის, არომატული რიგის მჟავებს და ფენოლებს.

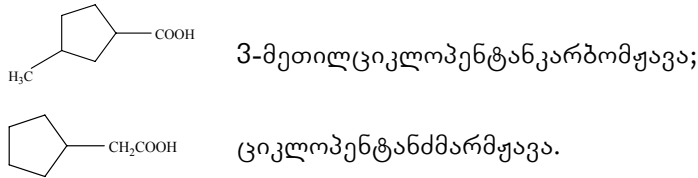
ნავთობიდან ძირითადად გამოყოფილია ნორმალური აღნაგობის ალიფატური რიგის მონოკარბომჟავები, რომლებიც მოლეკულაში შეიცავენ 25 ატომამდე ნახშირბადს, მათ შორის ჭიანჭველას, ძმრის, პროპიონის, ერბოს, კაპრონის, ენანტის, პალმიტინის, სტეარინის, მირისტინის, არაქინის მჟავას და სხვა. ციმბირის ნავთობში აღმოჩენილია უჯერი-ოლეინის მჟავა და ორფუძიანი – სებაციინის მჟავა.

ნავთობის მაღალმდულარე ფრაქციებიდან ნ-აღნაგობის მჟავებთან ერთად გამოყოფილია ორი, სამი და მეტი მეთილის რადიკალის შემცველი განშტოებული აღნაგობის ალიფატური მჟავები, მათ შორის იზოპრენოიდული სტრუქტურის შემდეგი მჟავები:



3,7,11,15- ტეტრამეთილჰექსადეკანმჟავა 

ალიციკლური მჟავებიდან ნავთობი ძირითადად შეიცავს ციკლოპენტანისა და ციკლოჰექსანის რიგის როგორც მონოციკლურ, ისე ბი-, ტრი-, ტეტრაციკლურ კონდენსირებულბირთვიან ნაფთენურ მჟავებს. კარბოქსილის ჯგუფი შეიძლება იმყოფებოდეს როგორც ციკლში შემავალ ნახშირბადის ატომთან, ისე ალკილის რადიკალის ნახშირბადის ატომთან:

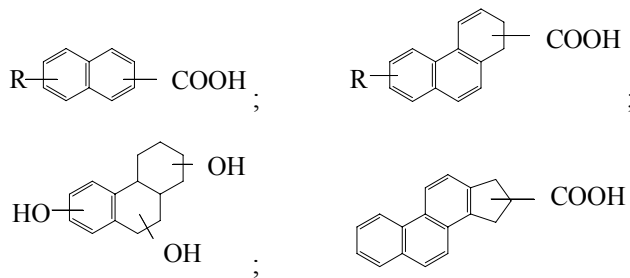


ნაფთენური მჟავებით განსაკუთრებით მდიდარია ნაფთენური ნავთობები. სხვადასხვა ნავთობებში მათი შემცველობა 0.03-დან 3%-მდეა; ნავთობში ნაფთენური მჟავების შემცველობა მცირდება მჟავას მოლეკულაში ციკლის რაოდენობის გაზრდასთან ერთად. მათგან ყველაზე დიდი რაოდენობითაა მონო და ბიციკლური მჟავები. ტრიციკლური ნაფთენური მჟავების შემცველობა ნავთობში 0.05%-ია, ხოლო ტეტრაციკლურის – 0.033%-ზე ნაკლები.

ნავთობში დადგენილია სტეროიდული სტრუქტურის მჟავების არსებობა, როგორცაა:



ასევე დადგენილია რიგი არომატული მჟავასა და შერეული (ჰიბრიდული სტრუქტურის) ნაფთენურ-არომატული მჟავების არსებობა:



ნავთობის ფრაქციების გამოხდის ტემპერატურის მატებასთან ერთად თავდაპირველად მათში მჟავათა შემცველობა იზრდება. მჟავათა მაქსიმალური რაოდენობა მოდის საშუალო ფრაქციებზე, მძიმე ფრაქციებში მათი შემცველობა

მცირდება. ვარაუდობენ, რომ მაღალმდულარე ფრაქციის გამოხდის ტემპერატურაზე ადგილი აქვს მჟავათა თერმულ დაშლას.

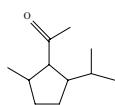
ნავთობიდან გამოყოფილი და იდენტიფიცირებულია C₆-C₉ შედგენილობის ფენოლები. დასავლეთ ციმბირის ნავთობში ფენოლების შემცველობა იზრდება შემდეგი თანმიმდევრობით: C₆ < C₇ < C₈ < C₉. ამასთანავე კრეზოლების შემთხვევაში ჭარბობს ორთო-კრეზოლის, ხოლო ქსილენოლების შემთხვევაში 2.4- და 2.5-დიმეთილფენოლები.

ნავთობში დადგენილია აგრეთვე ციკლოპექსილფენოლების, დიციკლოპექსილფენოლის, ნაფთოლების არსებობა. მაღალმდულარე ფრაქციაში არის ფენოლები, რომლებიც შეიცავენ 6 კონდენსირებულ ბირთვს.

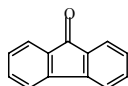
ნეიტრალურ ნივთიერებებს აკუთვნებენ კეტონებს, მარტივ და რთულ ეთერებს.

ნეიტრალური ნივთიერებებიდან ყველაზე მეტად ნავთობში გავრცელებულია კეტონები. კალიფორნიის ნავთობის ბენზინის ფრაქციიდან გამოყოფილია 6 ინდივიდუალური კეტონი: აცეტონი, მეთილეთილ-, მეთილპროპილ-, მეთილიზოპროპილ-, მეთილბუტილ- და ეთილიზოპროპილკეტონები.

ნავთობის საშუალო და მაღალმდულარე ფრაქციებში აღმოჩენილია 2-აცეტილ-3-იზოპროპილმეთილციკლოპენტანისა და ფლუორენონის ტიპის კეტონები:

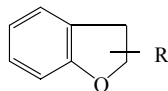


2-აცეტილ-3-იზოპროპილმეთილციკლოპენტანი;



ფლუორენონი.

ნავთობი შეიცავს ეთერებს ფურანის ტიპის სტრუქტურით. მაგ.; კალიფორნიის ნავთობში აღმოჩენილია ალკილდიჰიდრობენზოფურანები:



აღმოსავლეთ ციმბირის ნავთობში აღმოჩენილია დი- და ტრიბენზოფურანები.

რთული ეთერების უმრავლესობა ნავთობის მაღალმდულარე ფრაქციებსა და ნარჩენებშია. კალიფორნიის ნავთობში აღმოჩენილია შემდეგი ტიპის რთული

ეთერები $R_1 - \overset{\text{O}}{\parallel} C - OR_2$ და $R_1 - \overset{\text{O}}{\parallel} C - R_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} C - OR_3$, ბევრი მათგანი არომატულ ბირთვს შეიცავს.

ნავთობში არსებული ჟანგბადშემცველი ნაერთებიდან პრაქტიკული გამოყენება აქვს მხოლოდ ნაფთენურ მჟავებსა და მათ მარილებს.

ნატრიუმის და კალიუმის ნაფთენატები გამოიყენებიან გამრეცხ საშუალებებად, ემულგატორებად – ემულსიური ზეთების წარმოებისას, დეემულგატო-

რებად – ნავთობის გაუნყლოების დროს. კალციუმისა და თუთიის ნაფთენატები – ძრავის ზეთების მადისპერგირებელ დანამატებად. ტყვიის, კობალტისა და მანგანუმის ნაფთენატები ინვევენ ოლიფის პოლიმერიზაციის დაჩქარებას, რის გამოც გამოიყენებიან სიკატივებად ლაქსაღებავების მრეწველობაში. სპილენძის ნაფთენატები გამოიყენებიან მერქნისა და ბამბის ქსოვილების დასაცავად ბაქტერიული დაშლისაგან. ალუმინის ნაფთენატების ხსნარი სკიპიდარში გამოიყენება როგორც ლაქი.

1.2.6. გოგირდშემცველი ნაერთები

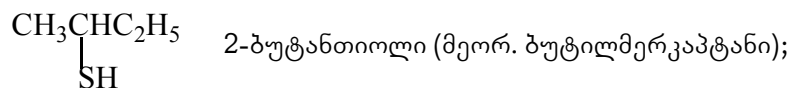
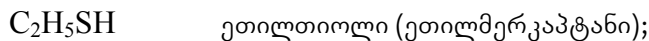
ნავთობსა და ნავთობპროდუქტებში გოგირდი ყველაზე მეტად გავრცელებულ ჰეტეროატომს წარმოადგენს. მისი შემცველობა ნავთობში მეთადი პროცენტთან – 14%-მდეა.

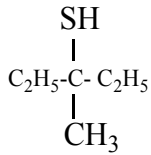
გოგირდს ყველაზე დიდი რაოდენობით შეიცავს კარბონატულ ქანებთან მდებარე საბადოს ნავთობი. ამასთანავე გოგირდის შემცველობის მაქსიმუმი შეინიშნება 1500-2000მ. სიღრმეზე, რომელიც მიჩნეულია ნავთობწარმოქმნის ძირითად ზონად. მას ნავთობის „ფანჯარას“ უწოდებენ.

ნავთობში შემავალი გოგირდშემცველი ნაერთები მეტად მრავალფეროვანია. ნავთობში გოგირდი არის, როგორც თავისუფალი სახით, ასევე გოგირდწყალბადის, მერკაპტანების (თიოლების), სულფიდების (თიოეთერების), პოლისულფიდების, თიოფენის, გოგირდშემცველი (ციკლში) ბი- და პოლიციკლური ნაერთების სახით. ამას გარდა, ფისოვან-ასფალტენურ ნაწილში გოგირდი ჟანგბადთან და აზოტთან ერთად შედის რთული ნაერთების სახით.

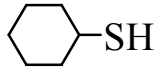
ელემენტური გოგირდი ნავთობში გვხვდება 0.0001-0.1%-მდე გახსნილ ან კოლოიდურ მდგომარეობაში. აღსანიშნავია, რომ ამ სახით გოგირდი კარბონატულ ქანებთან მდებარე საბადოს ნავთობში გვხვდება. მერკაპტანები ძირითადად ნავთობის მსუბუქ (ბენზინისა და ნავთის) ფრაქციებშია. მათში შემავალი საერთო გოგირდოვანი ნაერთებიდან 40-75%-მდე მერკაპტანებია. ფრაქციებში გამოსხდის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად, მათი შემცველობა მცირდება და 300°C-ზე ზევით გამოხდელი ფრაქციები მათ პრაქტიკულად აღარ შეიცავენ. დღეისათვის ნავთობიდან გამოყოფილია 50-ზე მეტი მერკაპტანი, რომელთა მოლეკულები 1-დან 8 ატომამდე ნახშირბადს შეიცავენ.

ყველა შემთხვევაში კონკრეტული კლასის გოგირდნაერთების მასური წილი განსაზღვრულია ფრაქციაში არსებული საერთო გოგირდშემცველი ნაერთების მიმართ. მათ შორის არის როგორც პირველადი, ისე მეორეული და მესამეული მერკაპტანები: ძირითადად მეორეული და მესამეულები:





3-მეთილ-3-პენტანთიოლი (მესამ. ჰექსილმერკაპტანი);




ციკლოჰექსანთიოლი.


ყველა მერკაპტანი, განსაკუთრებით დაბალი ჰომოლოგები, ხასიათდებიან მკვეთრი უსიამოვნო სუნით.

მერკაპტანების შემცველობის მიხედვით ნავთობს ყოფენ მერკაპტანულ და უმერკაპტანო ნავთობებად.

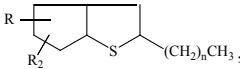
ბენზინის ფრაქცია მცირე რაოდენობით შეიცავს ასევე RSR^1 აღნაგობის სულფიდებს (თიოეთერებს). ისინი ძირითადად ნავთისა და დიზელის ფრაქციაში შედიან. მძიმე გაზოილის ფრაქციაში მათი შემცველობა რამდენადმე მცირდება, სამაგიეროდ იზრდება არომატული გოგირდოვანი ნაერთების შემცველობა.

ზოგიერთი ნავთობის მსუბუქ და საშუალო ფრაქციებში (300°C -მდე) დადგენილია მცირე რაოდენობით (7-15%) დისულფიდების (R-S-S-R_1) არსებობა. ნავთობში გოგირდი შედის ასევე ციკლური ნაერთების (თიაციკლოპენტანებისა და თიაციკლოჰექსანების სახით). მათ შორის გოგირდოვანი ციკლური ნაერთების

60-70% თიაციკლოპენტანებია  (მონო-, დი-, ტრი- და ტეტრამეთილჩანაც-

ვლებულები), ხოლო 30-40% თიაციკლოჰექსანები .

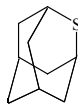
საშუალო ფრაქციებში S შედის ალკილჩანაცვლებული ბიციკლური ნაერთე-

ბის სახით: , სადაც R_1 და $\text{R}_2 = \text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5, n=2-6$.

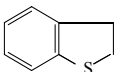
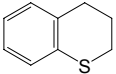
ნავთობიდან გამოყოფილია გოგირდშემცველი კონდენსირებულბირთვიანი ნაერთები – ციკლების რაოდენობა 2-დან 7-ის ჩათვლით. აღსანიშნავია, რომ როგორც ბი-, ისე პოლიციკლურ ნაერთებში ციკლში შემავალი გოგირდი მეზობელი ციკლის მიმართ ყოველთვის α -მდგომარეობაშია. ასევე ნავთობიდან გამოყოფილია ხიდური აღნაგობის პოლიციკლური ნაერთები. მაგ.: თიაბიციკლანები:



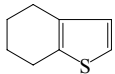
ასევე თიაადამანტანი:



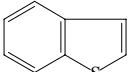
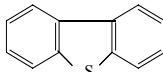
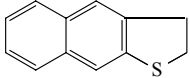
ნავთობი მცირე რაოდენობით შეიცავს არომატული ბირთვის შემცველ გო-

გირდოვან ციკლურ სისტემებს. მაგ.: თიაინდანს  და თიატეტრალინს .

ნავთობის საშუალო და მაღალი ფრაქციები შეიცავს თიოფენს და მის ნაწარმებს. მონოჩანაცვლებულებიდან ამჟამად იდენტიფიცირებულია 2,3-მეთილ-, 2-, 3-ეთილ და 2-ნ- და 2-იზოპროპილთიოფენები. დიჩანაცვლებულებიდან ძირითადად გამოყოფილია 2,3-, 2,4-, 2,5- და 3,4-დიმეთილთიოფენები. თიოფენების შემცველობა ამ ფრაქციებში გოგირდშემცველი ნაერთების 45-48%-ს შეადგენს. ნავთობში იშვიათად გვხვდება ციკლოალკილთიოფენები. ნავთობში ნაპოვნი ძირითადად თიოფენთან კონდენსირებული ერთი ან ორი ციკლოალკანების ბირ-

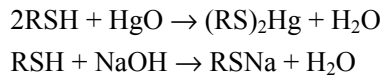
თვის შემცველი ნაერთები. მაგ: ტეტრაჰიდრობენზოთიოფენი .

ნავთობში უფრო მეტად გავრცელებულია არილთიოფენები: ბენზოთიოფენი

, დიბენზოთიოფენი , უფრო იშვიათად ნაფთოთიოფენი .

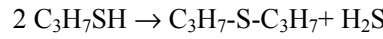
უფრო მაღალ ფრაქციებსა და ნავთობის ნარჩენებში შემავალი გოგირდშემცველი ნაერთები იდენტიფიცირებული არ არის. ვარაუდობენ, რომ ისინი რთულ კონდენსირებულბირთვიან სისტემებს წარმოადგენენ.

მერკაპტანები ხასიათდებიან სუსტი მჟავა ბუნებით, ისინი შედიან რეაქციაში მძიმე ლითონთა ოქსიდებთან და ტუტეებთან მერკაპტიდების ანუ ალკილ-სულფიდების წარმოქმნით:



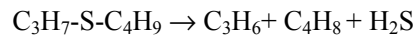
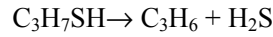
ეს რეაქციები უდევს საფუძვლად ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებიდან მერკაპტანების გამოყოფას. მათგან განსხვავებით დიალკილსულფიდები ნეიტრალური ნივთიერებებია, ამიტომ ისინი ტუტეებთან რეაქციაში არ შედიან. სულფიდებისათვის დამახასიათებელ თვისებას წარმოადგენს კომპლექსნაერთების წარმოქმნის უნარი (HgCl, HF, BF₃, SO₂-თან).

მერკაპტანები თერმულად უმდგრადები არიან; მაღალმოლეკულური მერკაპტანები 100°C-მდე, დაბალმოლეკულური მერკაპტანები კი 300°C-მდე გაცხელებისას იშლებიან სულფიდისა და გოგირდწყალბადის წარმოქმნით:

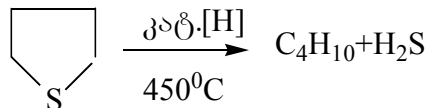
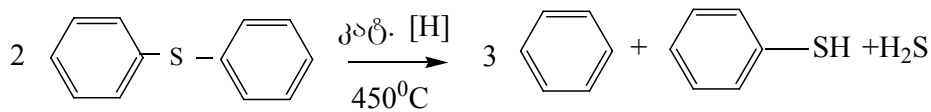


მინიმალურ ტემპერატურას, რომელზედაც ხდება H₂S-ის გამოყოფა, ნავთობის თერმოსტაბილობის ზღურბლი ეწოდება. 300°C-ზე 1 სთ-ის განმავლობაში 100გ ნავთობის გაცხელების შედეგად გამოყოფილ H₂S და თიოლური გოგირდის რაოდენობას მგ-ში ნავთობის გოგირდწყალბადური რიცხვი ეწოდება.

უფრო მაღალ ტემპერატურაზე 400°C-ზე გაცხელებისას იშლება როგორც დაბალმოლეკულური მერკაპტანები, ასევე ალკილდისულფიდებიც, ალკენებისა და H₂S წარმოქმნით:



ციკლოალკანური და არომატული სულფიდები თერმულად დიალკილსულფიდებზე უფრო მდგრადები არიან. ისინი იშლებიან 400-450°C-ზე. ამასთანავე დაშლა მიმდინარეობს კატალიზატორის – ალუმოსილიკატების თანაობისას. დაშლის შედეგად წარმოიქმნება შესაბამისი ნახშირწყალბადი, მერკაპტანი და გოგირდწყალბადი:



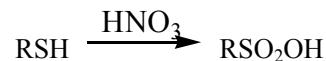
კიდევ უფრო მაღალი თერმომდგრადობით გამოირჩევა თიოფენი, რითაც აიხსნება მისი არსებობა პიროლიზის შედეგად მიღებულ ფისებსა და კოქსში.

მერკაპტანები და დიალკილსულფიდები ადვილად იჟანგებიან.

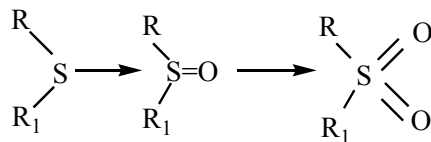
მერკაპტანების დაჟანგვისას რბილ პირობებში წარმოიქმნება დისულფიდები:



ძლიერი დამჟანგავების მოქმედებით წარმოიქმნება სულფომჟავები:



დიალკილსულფიდები დაჟანგვისას წარმოქმნიან სულფოქსიდებსა და სულფონებს:



გოგირდშემცველი ნაერთები ნავთობსა და ნავთობპროდუქტებში მეტად არასასურველი კომპონენტებია, ამიტომ ნავთობის გადამუშავებისას აუცილებელია მათი მოცილება და სასაქონლო ნავთობპროდუქტებში მათზე კონტროლი. ამ მიზნით ძირითადად იყენებენ ჰიდროკრეკინგს, რომლის დროს გოგირდი სცილდება H_2S -ის სახით. მაგრამ ნავთობში მნიშვნელოვანი რაოდენობით შემავალი სხვადასხვა გოგირდშემცველი ნაერთი ძვირფას პროდუქტს წარმოადგენს ქიმიური მრეწველობისათვის. მაგ., მერკაპტანები წარმოადგენენ კაუჩუკის პოლიმერიზაციის პროცესის სინქარის რეგულატორებს, დიალკილსულფიდები გამოიყენება კომპონენტებად საღებარების სინთეზის დროს. მათი დაჟანგვის პროდუქტები, სულფოქსიდები, სულფონები და სულფომჟავები გამოიყენება მეტალების გასახსნელად და არენების ექსტრაგენტებად. სულფიდები და სულფოქსიდები წარმოადგენენ მეტალთა კოროზიის ეფექტურ ინჰიბიტორებს, ფლოტორეაგენტებს, ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს, ჰერბიციდებს და ფუნგიციდებს, თიოფენის ნაწარმები გამოიყენება სამკურნალო ნივთიერებათა სინთეზისათვის, მცენარეთა ზრდის რეგულატორების, მაღალი დიელექტრიკული თვისებების მქონე პოლიმერული მასალების წარმოებაში და სხვა. ამიტომ ძალიან აქტუალურია ნავთობიდან მათი გამოყოფა დაშლის გარეშე.


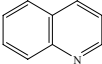
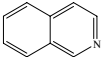
1.2.7. აზოტშემცველი ნაერთები

ნავთობში აზოტშემცველ ორგანულ ნაერთთა რაოდენობა საშუალოდ 2-3%-ს არ აღემატება. მაღალფისოვან ნავთობში მათი შემცველობა 10%-ს აღწევს. საბადოს სიღრმის მატებასთან ერთად მათი შემცველობა მცირდება.

აზოტშემცველი ნაერთები ძირითადად თავმოყრილია მაღალმდულარე ფრაქციებში და მძიმე ნარჩენებში.

ნავთობში შემავალ აზოტშემცველ ნაერთებს ყოფენ ორ ჯგუფად: აზოტოვან ფუძეებად და ნეიტრალურ აზოტოვან ნაერთებად. აზოტოვან ფუძეებს მიეკუთვნება ძირითადად პირიდინის ბირთვის შემცველი არომატული ნაერთები, ხოლო ნეიტრალურს – ინდოლის ბირთვის შემცველი ნაერთები და მჟავათა ამიდები.

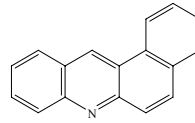
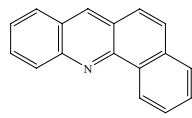
ნავთობიდან აზოტოვანი ფუძეები ადვილად გამოიყოფიან მინერალური მჟავების საშუალებით. ამიტომ შესაძლებელი გახდა მათი შესწავლა. ამჟამად ნავთობიდან გამოყოფილია 50-ზე მეტი აზოტოვანი ფუძე. მათი შემცველობა სხვადასხვა ნავთობში (ნავთობში არსებული საერთო აზოტოვანი ნაერთების მიმართ) 10-58%-მდეა. აზოტოვანი ფუძეებიდან ნავთობში ძირითადად გავრცე-

ლებულია პირიდინის , ქინოლინის , იზოქინოლინის  ჰომოლოგები. კერძოდ, მონო-, დი- და ტრიმეთილპირიდინები და მეთილქინოლინები. მეთილის რადიკალთან ერთად აღნიშნულ ნაერთებში არის ასევე ეთილ-, პროპილ-, ბუტილ-, ციკლოპენტილისა და სხვა რადიკალები.

აღსანიშნავია, რომ ყველა გამოყოფილ დი-, ტრი- და ტეტრაალკილქინოლინებში ჩამნაცვლებლები იმყოფებიან 2-, 3-, 4- და 8- მდგომარეობაში, ამასთანავე 2- და 3- მდგომარეობაში მხოლოდ მეთილის რადიკალებია.

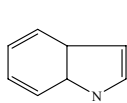
ნავთობში იშვიათად გვხვდება აკრიდინი და მისი ნაწარმები.

კალიფორნიის ნავთობში აღმოჩენილი იყო 1,2- და 3,4-ბენზაკრიდინები:

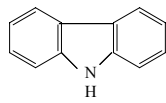


ნავთობში უფრო იშვიათად გვხვდება ანილინის ჰომოლოგები. მაგ., არლანის ნავთობის დიზელის ფრაქციაში აღმოჩენილია მონო- და დიმეთილანილინები.

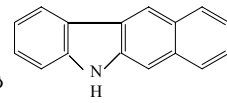
ნეიტრალური ნაერთები შეადგენენ ნავთობში შემავალ აზოტშემცველ ნაერთთა დიდ ნაწილს (80%-მდე). ისინი ძირითადად კონცენტრირებული არიან ნავთობის მაღალმოლეკულურ ნაწილში. ნავთობის ფრაქციებში შედის ინდოლის



, კარბაზოლის



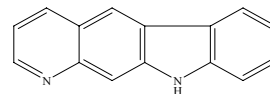
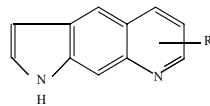
და 2,3-ბენზკარბაზოლის



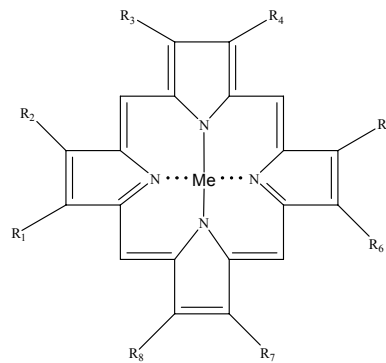
ალკილნაწარმები. თვით პიროლი და მისი ალკილნაწარმების არსებობა ნავთობში დამტკიცებული არ არის.

ნავთობის ფრაქციების დუღილის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იზრდება აზოტოვანი ნეიტრალური ნაერთების შემცველობა, ხოლო ფუძე ბუნების ნაერთების შემცველობა მცირდება.

გაზოილის ფრაქციაში აღმოჩენილი იყო რამდენიმე აზოტის ატომის შემცველი პოლიციკლური ნაერთები სხვადასხვა ბუნების აზოტის 2 ატომით. მაგ.: პიროლოქინოლინი, ჰიდრო [2,3-b] კარბაზოლი:



აზოტი ნავთობში შედის ასევე ლითონპორფირინების სახით. ისინი მოლეკულაში შეიცავენ 4 პიროლის ბირთვს, რომელთანაც VO^{2+} (ვანადილის იონი) ან Ni^{2+} ორვალენტოვანი იონები წარმოქმნიან შემდეგი ტიპის კომპლექსნაერთებს:



ნავთობი შეიცავს ისეთი ტიპის ლითონპორფირინებსაც, რომლებშიც პიროლის ბირთვთან კონდენსირებულია არომატული ან ციკლოალკანური ბირთვები. თავისი აღნაგობით პორფირინები გვანან ქლოროფილის შედგენილობაში შემავალ პორფირინულ კომპლექსს – ქლოროფილინს. მიაჩნიათ, რომ ნავთობში არსებული ლითონპორფირინული კომპლექსები ქლოროფილისა და ჰემოგლობინისაგან არიან წარმოქმნილი.

პორფირინული კომპლექსები კატალიზური აქტიურობით ხასიათდებიან. ვარაუდობენ, რომ ისინი განსაზღვრულ როლს ასრულებენ ნავთობის გენეზისის პროცესში წყალბადის დისპროპორციონირების რეაქციებში.

მრავალ ნავთობში აზოტი აღმოჩენილია მჟავათა ამიდებისა და ამინომჟავების ნაწარმების სახით, მაგრამ მათი ინდივიდუალური სახით გამოყოფა ვერ მოხერხდა. მიაჩნიათ, რომ მჟავათა ამიდებს აქვთ ციკლური სტრუქტურა, რომელიც შედგება არომატული და ლაქტამური რგოლებისაგან. მჟავათა ამიდების შესწავლა მნიშვნელოვანია ნავთობის გენეზისისათვის, რადგან ამით ნათელი მოეფინებოდა ცხოველურ და მცენარეულ ორგანიზმში არსებულ ამინომჟავათა გარდაქმნას.

ნავთობში შემავალი როგორც ფუძე ბუნების, ისე ნეიტრალური ნაერთები საკმოდ თერმოდგრადი ნივთიერებებია (განსაკუთრებით უჟანგბადო არეში) და გავლენას არ ახდენენ ნავთობპროდუქტების საექსპლუატაციო თვისებებზე. თუმცა შემჩნეულია, რომ დიზელის საწვავებისა და მაზუთების დაყოვნებისას ზოგიერთი აზოტშემცველი ნაერთი იწვევს ფისის წარმოქმნას.

1.2.8. ფისები და ასფალტენები

ფისები და ასფალტენები მაღალმოლეკულურ ჰეტეროორგანულ ნივთიერებათა ნარევეს წარმოადგენს, რომლებიც ნავთობში გახსნილ ან კოლოიდურ მდგომარეობაშია. ნავთობში მათი შემცველობა ფართო ზღვრებში იცვლება.

ფისოვან-ასფალტენურ ნივთიერებათა შემცველობის მიხედვით განასხვავებენ ჩვეულებრივ, მაღალი სიბლანტის ნავთობებს და ბუნებრივ ბიტუმებს.

ჩვეულებრივ ნავთობებში ფისოვან-ასფალტენური ნივთიერებათა შემცველობა 25%-მდეა, მაღალი სიბლანტის ნავთობებში 25-35%, ხოლო ბიტუმებში 35%-ზე მეტი.

თავის მხრივ, ჩვეულებრივ ნავთობებს ყოფენ მცირე ფისოვან – 5%-მდე, ფისოვან – 5-15%-მდე და მაღალფისოვან — 15%-ის ზევით ნავთობებად.

ფისოვან-ასფალტენურ ნივთიერებათა შემცველობის მიხედვით ბიტუმებს ყოფენ შემდეგ კლასებად: 35-60% – ფისოვან-ასფალტენური ნივთიერებათა შემცველი ბიტუმები – მალტები, 60-75% – ბუნებრივი ასფალტები, 75-90% მეტი – ასფალტიტები, ხოლო 90%-ზე მეტი – კერიტები.

ფისებსა და ასფალტენებს დიდი რაოდენობით შეიცავენ არომატული და ციკლოალკანურ-არომატული ნავთობები. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობითაა მათი შემცველობა გოგირდოვან და მაღალგოგირდოვან ნავთობებში. როგორც წესი, ფისებისა და ასფალტენების შემცველობა მცირეა ალკანურ ნავთობში.

ფისოვან-ასფალტენურ ნივთიერებებს მიეკუთვნება ფისები, ასფალტენები, კარბენები, კარბოიდები, ასფალტოგენური მჟავები და მათი ანჰიდრიდები. ასფალტოგენური მჟავები და მათი ანჰიდრიდები ფისისმაგვარი ნივთიერებებია, იხსნებიან სპირტებში, ბენზოლსა და ქლოროფორმში, შედიან რეაქციაში ტუტეებთან. მათი მოლეკულები კარბოქსილის ჯგუფებთან ერთად შეიცავენ გოგირდსა და ჰიდროქსილის ჯგუფებს.

ნავთობში ასფალტოგენური მჟავებისა და მათი ანჰიდრიდების შემცველობა მცირეა, შედარებით დიდი რაოდენობით შედიან ისინი ბიტუმებში, რომლებშიც მჟავების შემცველობა 7%-მდეა, ხოლო ანჰიდრიდების – 4%.

ნეიტრალურ ფისოვან-ასფალტენურ ნივთიერებათა კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს მათი სხვადასხვა გამხსნელებში ხსნადობის უნარი:

1. ნეიტრალური ფისები – იხსნებიან პენტანში, ჰექსანში, პეტროლეინის ეთერში (60°C -მდე გამოხდილ ფრაქციაში);
2. ასფალტენები არ იხსნებიან პეტროლეინის ეთერში, იხსნებიან ცხელ ბენზოლში;
3. კარბენები – მხოლოდ ნაწილობრივ იხსნებიან პირიდინსა და გოგირდნახშირბადში;
4. კარბოიდები – პრაქტიკულად უხსნადებია ყველა გამხსნელში.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნავთობში ნეიტრალური ფისები უფრო დიდი რაოდენობითაა, ვიდრე ასფალტენები. კარბენები და კარბოიდები კი ნედლ ნავთობში თითქმის არ არიან. მათ შეიცავს ნავთობის ფრაქციების თერმოკატალიზური გადამუშავების შედეგად მიღებული ნარჩენები.

ფისები და ასფალტენები ნაკლებად აქროლადებია, ამიტომ ნავთობის გადადენის შემდეგ ისინი კონცენტრირდებიან ნარჩენ ნავთობპროდუქტებში. ამასთანავე, ფისები მცირე რაოდენობით გადადის დისტილატებშიც, ბენზინის გარდა; ფრაქციების დუღილის ტემპერატურის გაზრდით მათი გადასვლის ხარისხი იზრდება.

ნავთობის დისტილატებიდან გამოყოფილი ნეიტრალური ფისები მუქი ყვითელი, მოყავისფრო თხევადი ან ნახევრად თხევადი ნივთიერებებია, ხოლო გუდრონიდან გამოყოფილები – პლასტიკური თვისებების მქონე თითქმის მყარი ნივთიერებებია. მათი სიმკვრივე მერყეობს 0.99-1.08-მდე, ხოლო მოლეკულური მასა 500-დან 1200-მდე. მათში ჰეტეროატომების შემცველობა 3-12%-მდეა. ფისებს ახასიათებს ძლიერი მღებავი თვისებები. ნავთობისა და დისტილატების შეფერილობა განპირობებულია მათში ფისების შემცველობით. ნეიტრალური ფისები თერმულად და ქიმიურად უმდგრადი ნივთიერებებია, ადვილად იჟაგებიან.

ნეიტრალური ფისები გოგირდმჟავათი დამუშავებისა და გაცხელებისას ასფალტენებად გარდაიქმნებიან. განსაკუთრებით ადვილად მიმდინარეობს ეს პროცესი ფისების გაცხელების დროს ჰაერის გატარებისას. ჰაერის გარეშე გაცხელებისას ფისები წარმოქმნიან კოქსს.

დადგენილია, რომ ყველა ნავთობური ფისი შეიცავს ჰეტეროატომებს $-(\text{O}, \text{S})$, აზოტი კი ზოგიერთი ფისის შედგენილობაში არ შედის. ასევე დადგინდა, რომ

ჰეტეროატომების მნიშვნელოვანი ნაწილი შედის ციკლების შედგენილობაში. ფისების მოლეკულების ძირითად სტრუქტურულ ელემენტს შეადგენს კონდენსირებული ციკლური სისტემები, უპირატესად ნაფთალინის ბირთვით, რომელიც მეთილენური ხიდებით შეერთებულია ციკლოალკანებისა და ჰეტეროციკლურ რგოლებთან.

ერთ-ერთი ნეიტრალური ფისის შესწავლით დადგინდა, რომ მისი მოლეკულური მასა იყო 930, ხოლო ემპირული ფორმულა $C_{63}H_{102}SO$: ანალიზმა აჩვენა მასში 6 ბირთვის არსებობა, მათგან 3 არომატული.

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

ასფალტენები მზინავი, მყიფე, მოშავო-მოყავისფრო მყარი ფხვნილისებრი ნივთიერებებია. გაცხელებისას ისინი არ ლღვებიან, $300^{\circ}C$ -ზე გადადიან პლასტიკურ მდგომარეობაში. უფრო მაღალ ტემპერატურაზე იშლებიან აირადი, თხევადი ნივთიერებებისა და კოქსის წარმოქმნით.

ასფალტენები – რთული აღნაგობის, პოლიციკლური, კონდენსირებული ჰეტეროორგანული ნაერთებია. საშუალო მოლეკულური მასა 5000-6000 შეადგენს. მათი მოლეკულური მასა 2000-დან 14000 აღწევს, რაც აიხსნება ასფალტენების მოლეკულების ასოციაციით.

ნავთობის $550^{\circ}C$ -ზე გამოსხდის შედეგად დარჩენილი ნაშთების კომპლექსური მეთოდებით გამოკვლევამ აჩვენა, რომ მათში შემავალი კომპონენტების მოლეკულები შედგებიან მსგავსი სტრუქტურის მქონე ფრაგმენტებისაგან. ეს ფრაგმენტები შეიცავენ 4-5 ბირთვისაგან შემდგარ პოლიციკლურ კონდენსირებულ სისტემას. ფრაგმენტები განსხვავდებიან ციკლში ჩანაცვლებული მეთილის რადიკალების რაოდენობითა და მდებარეობით, ალკილის ჯგუფის სიგრძითა და აღნაგობით (შეიძლება იყოს ნორმალური ან განშტოებული), არომატული და ჰეტეროარომატული ციკლების არსებობით და მათში შემავალი ჟანგბადშემცველი ფუნქციური ჯგუფების ბუნებითა და რაოდენობით.

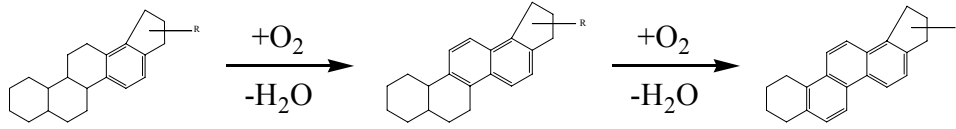
ჩვეულებრივ, ასფალტენების სტრუქტურა შედგება სამი არომატული ან ჰეტეროარომატული კონდენსირებულბირთვიანი ფრაგმენტისაგან. რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით დადგენილია, რომ ასფალტენები პარალელურად განლაგებული 4-5 ასეთი შრისაგან შეკრულ სისტემას წარმოადგენს, სადაც ფენებს შორის მანძილი 0.35-0.37 ნმ-ია, ხოლო ფენების საერთო სისქე 1.2-1.8 ნმ.

ზეთის ან ფისოვან ნივთიერებათა მოლეკულები ახდენენ ასფალტენების სოლვატაციას და ისინი კოლოიდურ მდგომარეობაში გადაყავთ. ნ-ალკანების მოქმედებისას კოლოიდური სისტემები იშლება და ასფალტენები გამოიყოფა მყარი ფაზის სახით.

გუდრონსა და ბიტუმებში შემავალი ასფალტენები ქიმიურად ნაკლებად აქტიური და თერმულად მდგრადი სისტემებია; ხოლო ნავთობიდან გამოყოფილი ასფალტენები შედარებით მაღალი რეაქციისუნარიანობით გამოირჩევიან – ადვილად იჟანგებიან, შედიან ჰალოგენირების, ქლორმეთილირების, ფორმალდე-

ჰიდთან კონდენსაციის რეაქციაში, ჰიდრირების რეაქციაში, რის შედეგადაც მიიღება ფისები და ზეთები.

ასფალტენები ადვილად წარმოიქმნებიან გუდრონის დაჟანგვით ჰაერზე 180-280°C-ზე. ამ დროს მიმდინარეობს ზეთების და ფისების ჟანგვითი დეჰიდრირება. ჟანგვით დეჰიდრირებას განიცდის არომატულ ბირთვთან კონდენსირებული ნაჯერი ციკლი და ფრაგმენტში იზრდება არომატულ ბირთვთა რაოდენობა:



როდესაც არომატულ ბირთვთა რაოდენობა მიაღწევს სამს, ფრაგმენტები შეიკვრება დასტებად. ფისებისა და ზეთების სოლვატური გარსი იცავს მათ შემდგომი დაჟანგვისაგან. დაჟანგვისას გუდრონში ასფალტენების შემცველობის გაზრდა იწვევს გუდრონის სიბლანტის გაზრდას, ის თანდათან ბიტუმად გარდაიქმნება.

აღსანიშნავია, რომ ნავთობისა და მისი ნარჩენებიდან ნ-ალკანებით გამოყოფილი ნივთიერებები, რომელთაც შედარებით დაბალი მოლეკულური მასა აქვთ, სტრუქტურულ ფრაგმენტებში არ შეიცავენ 3 არომატულ ბირთვს, ხასიათდებიან ჰეტეროატომების და პოლარული ჯგუფების მაღალი შემცველობით (ასფალტოგენური მჟავები), არ გააჩნიათ შრეობრივი სტრუქტურა. ისინი ხელს უწყობენ ასფალტენების შრეობრივი სტრუქტურის სტაბილიზაციას.

ფისოვანი ნივთიერებები, განსაკუთრებით ასფალტენები, კარბენები და კარბოიდები უარყოფითად მოქმედებენ ზეთების ხარისხზე – აუარესებენ ფერს, ამცირებენ გაზეთვის უნარს, ზრდიან ნამწვის წარმოქმნას. ამიტომ აუცილებელია ზეთებისაგან ფისებისა და ასფალტენების მოცილება.

ფისოვანი ნივთიერებები ნავთობის ბიტუმებს სძენენ რიგ ძვირფას თვისებებს, რომელიც ნარჩენი პროდუქტის მრავალმხრივი გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა.

1.2.9. ნავთობის მინერალური კომპონენტები

ნავთობში აღმოჩენილია 60-მდე ელემენტი:

ელემენტი	მასური წილები %-ში
V, Na	10 ⁻¹
Fe, Ca, Al, Ni,	10 ⁻²
K, Mg, Si, Cr, Mo, Hg, Co, Zn, P, Br	10 ⁻³
Ba, Sr, Mn, Cu, Rb, Si, As, Ag, I	10 ⁻⁴
Ga, Sb, In, U	10 ⁻⁵
Pb, Se, La, Eu	10 ⁻⁶
Be, Ti, Sn, Au	10 ⁻⁷

მცირე კონცენტრაციის გამო, მათი შემცველი ნაერთების გამოყოფა და იდენტიფიცირება შეუძლებელია. მიაჩნიათ, რომ ეს ელემენტები შედიან ნავთობში წვრილად დისპერგირებული მინერალური ქანების ტივტივარების სახით. ასევე ვარაუდობენ, რომ შესაძლებელია ლითონთა ნაწილი იმყოფებოდეს ორგანულ ნაერთებთან დაკავშირებული კომპლექსური ან მოლეკულური ნაერთების სახით.

ამ ნაერთების დაყოფას ახდენენ შემდეგნაირად:

1. ელემენტორგანული ნაერთები, რომლებიც შეიცავენ C-El ბმას;
2. მჟავურ ფგუფებში H-ის ჩანაცვლებით წარმოქმნილი მარილები;
3. ხელატური ტიპის ნაერთები – ლითონებთან შიდამოლეკულური კომპლექსები;
4. რამდენიმე ერთნაირი ან შერეული ლიგანდების კომპლექსები;
5. კომპლექსები პოლიარომატული ასფალტენური სტრუქტურის ჰეტეროატომთან ან π - სისტემასთან.

მიაჩნიათ, რომ I ტიპის ნაერთების სახით ნავთობი შეიცავს ისეთ ელემენტებს, როგორცაა Pb, Sn, As, Sb, Hg, Ge, Tl, ასევე Si, P, Se, Te და ჰალოგენებს. ეს ნაერთები არსებობენ როგორც ნავთობის დისტილატებში, ისე მძიმე ნარჩენებში.

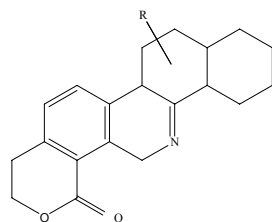
II ტიპის ნაერთები არსებობენ ტუტე და ტუტემინათა ლითონების მარილების სახით.

III ტიპის შიდამოლეკულური კომპლექსური ნაერთები ნავთობში არსებული ლითონპორფირინებია, რომელთაგან გამოყოფილი და იდენტიფიცირებულია Ni^{2+} და VO^{2+} -ის პორფირინები. სხვა სახის შიგამოლეკულური კომპლექსები გამოყოფილია ფისებისა და ასფალტენებისაგან.

ვარაუდობენ, რომ მათ უნდა გააჩნდეთ შემდეგი სტრუქტურა:



ბოლო დროს ფისებისაგან დიმეთილფორმამიდით ექსტრაქციის შედეგად გამოყოფილ იქნა ნივთიერება, რომელსაც მიაწერეს შემდეგი სტრუქტურა:



ეს ნივთიერება ადვილად წარმოქმნის ხელატური ტიპის კომპლექსებს Fe, Mn, Co, Cu-თან და სხვა ლითონებთან. ასეთივე ტიპის კომპლექსნაერთების არსებობას ვარაუდობენ ასფალტენებში.

ასფალტენებში მიკროელემენტების უმრავლესობათა კონცენტრაცია იზრდება მოლექულური მასის ზრდასთან ერთად. მიკროელემენტებით გამდიდრებულ ასფალტენებში ასევე მომატებულია N, O, S-ის შემცველობა. მაკროელემენტების შემცველობა იზრდება აგრეთვე ასფალტენების არომატულობის ხარისხის მომატებასთან ერთად.

ვარაუდობენ, რომ კომპლექსების წარმოქმნისას ასფალტენებში უპირატესად მონაწილეობენ მისი შრეობრივ-ბლოკური სისტემის პერიფერიული ფრაგმენტები, თუმცა დასაშვებად მიაჩნიათ ლითონების ატომების შეღწევა ფენებს შორის, სადაც ისინი წარმოქმნიან განსაკუთრებით მდგრად კომპლექსურ სტრუქტურებს.

აღსანიშნავია, რომ მიუხედავად მათში მიკროელემენტების არსებობისა, ასფალტენებს აქვთ როგორც წყალხსნარებიდან, ასევე ორგანული ხსნარებიდან ლითონთა ამონვლილვის უნარი, ე.ი. მათ შეუძლიათ ახალი კომპლექსნაერთების წარმოქმნა.

მეცნიერთა დიდ ინტერესს იმსახურებდა საკითხის გარკვევა, თუ როდის და რა გზით მოხვდნენ ნავთობში მიკროელემენტები.

ამ საკითხის ირგვლივ არსებობს ორი თვალსაზრისი: 1. მიკროელემენტები ნავთობში პირველადი წარმოშობისაა (სინგენეტურია), ნავთობში გადადიან მცენარეული და ცხოველური ნარჩენებიდან, რომლებიც წარმოადგენენ ნავთობის საწყის მასალას; 2. ნავთობში მიკროელემენტები ხვდებიან ფენის წყლებისა და მისი გარემომცველი ქანებიდან, ე.ი. მიკროელემენტები ნავთობში მეორადი წარმოშობისაა (ეპიგენეტურია).

მიმდებარე ქანებთან და შესაბამისი კატიონების მარილთა წყალხსნარებთან ნავთობის ურთიერთქმედების შესწავლის შედეგად დადგენილია, რომ ელემენტები: V, Ni, Co, Mo, Pb, Cr, Cu, Zn პირველადი წარმოშობისაა, ხოლო ნავთობში აღმოჩენილი სხვა ელემენტების გადასვლა ნავთობში შესაძლებელია მიმდებარე ქანებიდან და ფენის წყლებიდან.

2. ნავთობის კლასიფიკაცია

2.1. ნავთობის ქიმიური კლასიფიკაციები

ნავთობის კლასიფიკაციას საფუძვლად დაედო მისი ქიმიური შედგენილობა და თვისებები. ვინაიდან ნავთობის ქიმიური შედგენილობა და შესაბამისი ფიზიკური პარამეტრები განსაზღვრავს ნავთობის გადამუშავების მიმართულებასა და მიღებული ნავთობპროდუქტების ხარისხს.

ქიმიური მრეწველობის განვითარების ადრეულ პერიოდში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ძირითად მახასიათებლად მიჩნეული იყო სიმკვრივე.

სიმკვრივის მიხედვით ნავთობი იყოფა მსუბუქ ($\rho < 0,828$), დამძიმებულ ($\rho = 0,828 - 0,884$) და მძიმე ($\rho > 0,884$) ნავთობად. მსუბუქი ნავთობი შეიცავს შედარებით მეტ ბენზინის ფრაქციას და შედარებით მცირე რაოდენობით ფისებსა და ასფალტენებს, მძიმე ნავთობი – პირიქით.

სიმკვრივის მიხედვით ნავთობის კლასიფიკაცია მეტად მიახლოებითია.

1935 წელს აშშ-ის სამთო ბიუროს მიერ მოწოდებული იყო ნავთობის ქიმიური კლასიფიკაცია, რომელსაც საფუძვლად დაედო ნავთობის ე.წ. მსუბუქი და მძიმე ფრაქციების ნახშირწყალბადოვან შედგენილობასა და სიმკვრივეს შორის დამოკიდებულება; ისაზღვრება $250-270^{\circ}\text{C}$ (ატმ. წნევაზე) და $275-300^{\circ}\text{C}$ -ზე (5,3 კპა წნევაზე) გამოხდილი ნავთობის მსუბუქი და მძიმე ფრაქციების სიმკვრივე და მისი მიხედვით ნახშირწყალბადოვანი შედგენილობა.

სიმკვრივის მიხედვით ნავთობი იყოფა სამ კლასად: პარაფინულ, შუალედურ და ნაფთენურად. თუ $250-275^{\circ}\text{C}$ (ატმ. წნევაზე) გამოხდილი ფრაქციის სიმკვრივე $\rho < 0,8251$ ნავთობი პარაფინულია, თუ $\rho = 0,8251 - 0,8597$ ფარგლებშია – შუალედურია, ხოლო თუ $\rho > 0,8597$ – ნაფთენურია. ხოლო $275-300^{\circ}\text{C}$ -ზე (5,3 კპა წნევაზე) გამოხდილი ფრაქციის მიხედვით ნავთობი მიეკუთვნება პარაფინულს თუ ფრაქციის $\rho < 0,8762$, შუალედურს თუ $\rho = 0,8762 - 0,9334$, ნაფთენურს როცა $\rho > 0,9334$.

ფრაქციების მონაცემების მიხედვით ნავთობი იყოფა 7 კლასად. თუ ორივე ფრაქციის მონაცემები პარაფინულს შეესაბამება, ნავთობი მიეკუთვნება პარაფინულს, თუ მსუბუქი ფრაქციის მიხედვით ის პარაფინულია, ხოლო მძიმეს მიხედვით შუალედური, ნავთობი პარაფინულ-შუალედურია და ა.შ.

აშშ სამთო ბიუროს მიერ მოწოდებული ნავთობის კლასიფიკაცია წარმოდგენილია ცხრილი 2.1-ით.

**აშშ-ის სამთო ბიუროს მიერ მოწოდებული
ნავთობის ქიმიური კლასიფიკაცია**

კლასის ნომერი	კლასის დასახელება	ნავთობის მსუბუქი ნაწილის მიხედვით	ნავთობის მძიმე ნაწილის მიხედვით
1	პარაფინული	პარაფინული	პარაფინული
2	პარაფინულ-შუალედური	პარაფინული	შუალედური
3	შუალედურ-პარაფინული	შუალედური	პარაფინული
4	შუალედური	შუალედური	შუალედური
5	შუალედურ-ნაფთენური	შუალედური	ნაფთენური
6	ნაფთენურ-შუალედური	ნაფთენური	შუალედური
7	ნაფთენური	ნაფთენური	ნაფთენური

ეს კლასიფიკაცია ც პირობითი და ზოგადია. ის არ ასახავს ნავთობის ნამდვილ შედგენილობას.

გროზნოს ნავთობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მიერ მოწოდებული კლასიფიკაცია დაფუძნებული ქიმიურ შედგენილობაზე, კერძოდ იმის მიხედვით, თუ უპირატესად რომელი კლასის ნახშირწყალბადებს შეიცავს საკვლევ ნავთობი განასხვავებენ: 1) პარაფინულს, 2) პარაფინულ-ნაფთენურს, 3) ნაფთენურს, 4) პარაფინულ-ნაფთენურ-არომატულს, 5) ნაფთენურ-არომატულს, 6) არომატულს.

1) ნავთობი პარაფინულია, რომლის ყველა ფრაქცია მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს ალკანებს: ბენზინი არანაკლებ 50%, ზეთი – 20% და მეტს, მასში მცირეა ფისებისა და ასფალტენების შემცველობა (ასეთია მანგიშლაკის ნავთობი);

2) პარაფინულ-ნაფთენური ნავთობი ალკანებთან ერთად შეიცავს მნიშვნელოვანი რაოდენობით ციკლოალკანებს, შედარებით მცირე რაოდენობით არენებს და უმნიშვნელო რაოდენობით ფისებსა და ასფალტენებს (ასეთია ვოლგა-ურალისა და დასავლეთ ციმბირის აუზების ნავთობი).

3) ნაფთენური ნავთობის ყველა ფრაქცია შეიცავს 60%-სა და მეტი რაოდენობით ციკლოალკანებს, ასეთი ნავთობის ფრაქციებში მცირეა ალკანების შემცველობა და ასევე მცირე რაოდენობითაა მასში ფისები და ასფალტენები (ბაქოს, ბალახანისა და სურახანის ნავთობები).

4) პარაფინულ-ნაფთენურ-არომატულ ნავთობში აღნიშნული რიგის ნახშირწყალბადები დაახლოებით თანაბარი რაოდენობითაა, ასფალტენებისა და ფისების შემცველობა 10 %-ს შეადგენს.

5) ნაფთენურ-არომატული ნავთობი ხასიათდება არომატული და ციკლოალკანურ ნახშირწყალბადთა უპირატესი შემცველობით. ალკანები, მცირე რაოდენ-

ნობით არის მსუბუქ ფრაქციებში. მყარი პარაფინის შემცველობა 0,3%-ია, ხოლო ფისების და ასფალტენების – 15-20%.

ბ) არომატული ნავთობის ყველა ფრაქციაში არენების მაღალი შემცველობაა, ასეთი ნავთობი ხასიათდება მაღალი სიმკვრივით. ასეთი ტიპის ნავთობებია ვოლგისპირეთის, ბუგურუსლანის და ყაზახეთის საბადოებში.

რუსეთში მონოდებული იყო შემდეგი სახის კლასიფიკაცია: ნავთობში არსებული ყველა ნახშირწყალბადი დაყვეს 2 ძირითად ჯგუფად: გარდაქმნილ და რელიქტურ ნახშირწყალბადებად. რელიქტურ ნახშირწყალბადებს ეკუთვნის ნორმალური და იზოპრენოიდული ალკანები, ციკლური იზოპრენოიდები – სტერანები, ტრიტერპანები და სხვა. რელიქტური ნახშირწყალბადები, თავის მხრივ, იყოფა იზოპრენოიდულ და არაიზოპრენოიდულ ნახშირწყალბადებად.

ა.ა. პეტროვმა შეისწავლა 400-მდე მსხვილი აუზის ნავთობი ქრომატოგრაფიული და მას-სპექტომეტრული მეთოდების გამოყენებით. მან შესწავლილი ნავთობები დაყო A და B კატეგორიებად, რომელსაც საფუძვლად დაუდო 200-430⁰C-ის ფარგლებში გამომხდელი ფრაქციების ქრომატოგრამებზე ანალიზური რაოდენობით ნ-ალკანების პიკების გამოვლენა. ასეთი პიკების არსებობისას ნავთობი ეკუთვნის A კატეგორიას, ხოლო არარსებობისას B კატეგორიას.

თავის მხრივ, A და B კატეგორიის ნავთობები დაყო A¹, A² და B¹, B² ტიპებად.

A¹ ტიპის ნავთობი ჯგუფური შედგენილობით პარაფინული და ნაფთენურ-პარაფინულია. ამ ტიპის ნავთობში (200-430⁰) ფრაქციაში პარაფინების ჯამური შემცველობა 15-60%-ია, მათ შორის ნ-პარაფინების 5-25%-ია, ხოლო ციკლოალკანების საერთო შემცველობა ალკანებთან შედარებით რამდენადმე მცირეა (ძირითადად მონო- და ბიციკლოალკანები).

A² ტიპის ნავთობი წარმოადგენს ნაფთენურ-პარაფინულს ან პარაფინულ-ნაფთენურს. პარაფინების მასური შემცველობა 25-40%-მდეა, მათ შორის ნ. ალკანების 0.5-5%-ია, ხოლო იზოპრენოიდების 1-6%. საერთოდ იზოალკანების შემცველობა ნ. ალკანებთან შედარებით გაცილებით მეტია. ციკლოალკანების შემცველობა 60%-მდეა. ამასთანავე ჭარბობს მონო- და ბიციკლოალკანები, ტრიციკლოალკანები მცირე რაოდენობითაა.

B¹ ტიპის ნავთობი ჯგუფური შედგენილობით ნაფთენური ან ნაფთენურ-არომატულია. მსუბუქ ფრაქციებს შეიცავს მცირე რაოდენობით. მასში არ არის ნორმალური და იზოპრენოიდული ალნაგობის ალკანები, მცირე რაოდენობითაა განშტოებული ალკანები (4-10%). ციკლოალკანებს შორის ჭარბობს ბიციკლური ნახშირწყალბადები.

B² ტიპის ნავთობი პარაფინულ-ნაფთენური ან განსაკუთრებით ნაფთენურია, იგი არ შეიცავს მონოჩანაცვლებულ ალკანებს. ამ ტიპის ნავთობში არის განშტოებული ალნაგობის ალკანები და ძირითადად ციკლოალკანები 60-75%, როგორც მონო-, ისე ბი- და ტრიციკლური ციკლოალკანები.

2.2. ნავთობის ტექნოლოგიური კლასიფიკაცია

ნავთობს და ნავთობპროდუქტებს გოგირდის შემცველობის მიხედვით ყოფენ კლასებად (3 კლასად). 350⁰C-მდე გამოხდილი ღია ფერის ფრაქციების შემცველობის მიხედვით ტიპებად (3 ტიპად), დისტილატებისა და ნარჩენში საბაზო ზეთების ჯამური სიდიდის მიხედვით ჯგუფებად (4 ჯგუფად), სიბლანტის ინდექსის მიხედვით ქვეჯგუფებად (4 ქვეჯგუფად), პარაფინის შემცველობის მიხედვით სახეობებად (3 სახეობად).

ყოველივე ამის გათვალისწინებით ნავთობს მიაკუთვნებენ გარკვეულ შიფრს.

I კლასს ეკუთვნის მცირე გოგირდიანი ნავთობი, რომელიც შეიცავს არაუმეტეს 0.5% გოგირდს, ამასთანავე ბენზინისა და რეაქტიული სანვავის ფრაქციებში გოგირდის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,1%, ხოლო დიზელის სანვავში 0,2%-ს.

თუ გოგირდის შემცველობა რომელიმე ფრაქციაში აღემატება ზემოთ მოტანილ სიდიდეებს, მაშინ ნავთობი არ განეკუთვნება მცირეგოგირდიან ნავთობს. უნდა აღინიშნოს, რომ გამოხდის შედეგად მიღებულ ნარჩენებში გოგირდშემცველი ნაერთების რაოდენობა იზრდება.

II კლასს მიეკუთვნება გოგირდიანი ნავთობი, რომელშიც გოგირდის შემცველობა 0,51-2,0%-მდეა, ამასთანავე ბენზინის ფრაქციაში მისი შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,1%, რეაქტიულ სანვავში – 0,25%, ხოლო დიზელის სანვავში – 1%-ს.

თუ რომელიმე ფრაქციაში მისი შემცველობა აღემატება აღნიშნულ ნორმას, ნავთობი მაღალგოგირდიან ნავთობს მიეკუთვნება.

III კლასს მიეკუთვნება მაღალგოგირდიანი ნავთობი, რომელშიც გოგირდის შემცველობა 2%-ზე მეტია: ბენზინის ფრაქციაში 0,1%-ზე, რეაქტიულ სანვავში 0,25%-ზე, ხოლო დიზელის სანვავში 1%-ზე მეტი.

თუ ნავთობში გოგირდის შემცველობა 2%-ზე მეტია, მაგრამ გამოხდით მიღებულ ფრაქციაში ზემოთ აღნიშნულზე ნაკლებია და პასუხობენ გოგირდიან ნავთობიდან მიღებულ ფრაქციებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს, ნავთობი მიეკუთვნება გოგირდოვან ნავთობს, ე.ი. მეორე კლასს.

როგორც აღვნიშნეთ, 350⁰C-მდე გამოხდილი ფრაქციების გამოსავლიანობის მიხედვით ნავთობს ყოფენ ტიპებად:

I ტიპს ეკუთვნის ნავთობი, რომელშიც ღია ფერის ნავთობპროდუქტების გამოსავლიანობა 55%-ზე მეტია. II ტიპის ნავთობში – 45-54,9%-მდე, ხოლო III ტიპის ნავთობში – 45%-ზე დაბალია.

დისტილატებისა და ნარჩენში არსებული საბაზო ზეთების ჯამური სიდიდის მიხედვით ნავთობი იყოფა 4 ჯგუფად:

თუ ნავთობში საბაზო ზეთების მასური შემცველობა 25%-ზე, ხოლო მაზუტში 45%-ზე მეტია, ნავთობი I ჯგუფს ეკუთვნის. II ჯგუფს ეკუთვნის ნავთობი, რომელშიც ზეთების მასური შემცველობა 15-24,9%-მდეა, ხოლო მაზუტში 45%-

ზე ნაკლები. III ჯგუფს ეკუთვნის ნავთობი, რომელშიც ზეთების მასური შემცველობა 15-24,9%-მდეა, ხოლო მაზუთში – 30-44,9%. IV ჯგუფის ნავთობში ზეთების შემცველობა 15%-ზე, ხოლო მაზუთში 30%-ზე ნაკლებია.

სიბლანტის ინდექსის (სი) მიხედვით ნავთობს ყოფენ 4 ქვეჯგუფად:

I ქვეჯგუფს ეკუთვნის ნავთობი, რომლისგან მიღებული ზეთების სი მეტია 95-ზე, II ქვეჯგუფში სი 90-95-ის ფარგლებშია, III ქვეჯგუფში – 85-89,9-ის ფარგლებში, ხოლო თუ სი 85-ზე ნაკლებია, ნავთობი ეკუთვნის IV ქვეჯგუფს.

მყარი პარაფინების შემცველობის მიხედვით ნავთობს ყოფენ 3 სახეობად:

I სახეობაში შედის ის ნავთობი, რომელიც შეიცავს არაუმეტეს 1,55% პარაფინს და ნავთობი მცირედპარაფინულია. ამ ნავთობიდან რეაქტიული სანვავისა და დიზელის საზამთრო სანვავის მიღება შესაძლებელია დეპარაფინიზაციის გარეშე; გამყარების ტემპერატურა -45°C -ზე უფრო დაბალია. ასევე მისგან შესაძლებელია ინდუსტრიული საბაზო ზეთის მიღება.

II სახეობის ნავთობში პარაფინის შემცველობა 1,51-6%-ის ფარგლებშია, ამასთანავე მისგან დეპარაფინიზაციის გარეშე შესაძლებელია რეაქტიული და დიზელის საზაფხულო სანვავის მიღება, ხოლო დიზელის საზამთრო სანვავისა და ზეთების მისაღებად საჭიროა დეპარაფინიზაცია. გამყარების ტემპერატურა -10°C -მდეა.

III სახეობის ნავთობში პარაფინის შემცველობა 6%-ზე მეტია ანუ მაღალპარაფინულია. როგორც რეაქტიული, ისე დიზელის საზაფხულო სანვავის მისაღებად საჭიროა დეპარაფინიზაცია.

აღსანიშნავია, რომ თუ ნავთობში პარაფინების შემცველობა 6%-ზე მეტია, მაგრამ დიზელის საზაფხულო სანვავის მისაღებად დეპარაფინიზაციას არ საჭიროებს, ნავთობი II სახეობას ეკუთვნის.

ნავთობის ტექნოლოგიური კლასიფიკაცია მოცემულია ცხრილში 3.2.

გოგირდის შემცველობის მიხედვით ნავთობს ყოფდნენ „ტკბილ“ (sweet) და „მჟავე“ (sour) ნავთობებად, რაც დაფუძნებულია შემდეგ ფაქტორებზე: მაღალგოგირდოვანი ნავთობის წვას თან ახლავს ძალიან უსიამოვნო სუნის წარმოქმნა, ამასთანავე ასეთ ნავთობს აქვს მჟავე გემო, ხოლო მცირეგოგირდოვან ნავთობს მოტკბო გემო. მისი წვის შედეგად უსიამოვნო სუნის წარმოქმნა არ ხდება. ამიტომ მაღალგოგირდოვანი ნავთობის გამოყენება გასანათებლად მიუღებელია.

ნავთობის ტექნოლოგიური კლასიფიკაციის ცხრილი 2.2

ს ე ნ ა	გოგირდის შემცველობა %				ს ე ნ ა	350°C-მდე გამოხდილი ფრაქციების შემცველობა %-ში	ს ე ნ ა	საბაზო ზეთების შეკვლევის ნაფთობი		ს ე ნ ა	საბაზო ზეთების სიბლანტის ინდექსი (სი)	პარაფინის შემცველობა %-ში	დეპარაფინიზაცია	
	ნავთობში	180°C- მდე გამოხდ. ბენზინში	120- 240°C რეტენული საწვავში	240- 350°C დიზელის ფრაქციაში				ნავთობში	მაზეთში 350°C-ზე ზეთით				არ საჭიროებს	საჭიროებს
1	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,20	1	≥ 55,0	1	> 25,0	> 45,0	1	≤ 1,50	რეტენული და ლიზ.საწვ., გამოხდილი საბაზო ზეთების მისაღებად	საჭიროებს	
2	0,51-2,00	≤ 0,1	≤ 0,25	≤ 1,00	2	45-54,9	3	15,0-24,9	30-44,9	3	1,50-6,00	რეტენული და ლიზელის საზღვრული საწვავის მისაღებად	ლიზ.საზამთრო საწვავისა და საბაზო ზეთებ. დისტილატების მისაღებად	
3	>2,00	>0,1	>0,25	>1,00	3	<45,0	4	<15,0	<30	4	> 6,00	რეტენული და ლიზელის საწვავებისა და საბაზო ზეთებ. დისტილატების მისაღებად	–	

3. ნავთობის წარმოშობა

3.1. ნავთობის წარმოშობის არაორგანული თეორია

ნავთობის გენეზისის შესახებ არსებობს ორი ძირითადი თეორია: 1) არაორგანული ანუ მინერალური და 2) ორგანული.

იდეა ნავთობის მინერალური წარმოშობის შესახებ პირველად გამოთქვა ჰუმბოლტმა 1805 წ. ამ თეორიის განმტკიცებისათვის დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ბერტლოს, კლოეცისა და მენდელეევის მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგებს.

ნავთობის წარმოშობის არაორგანული თეორიის მიმდევრები გამოდიოდნენ იმ მოსაზრებიდან, რომ ნავთობის შემადგენელი კომპონენტების წარმოქმნა ხდება დედამიწის სიღრმეში C , H_2 , CO , CO_2 , H_2O -ს ერთმანეთთან და სიღრმისეულ ქანებთან ურთიერთქმედების შედეგად.

წარმოქმნილი ნახშირწყალბადები სიღრმეში არსებული მაღალი ტემპერატურის გამო აირის სახით ამოდის ზედა ფენებში და დედამიწის ქერქის ცივ ნაწილში ფოროვან დანალექ ქანებში ან სიცარიელებში კონდენსირდება.

1877 წელს მენდელეევი გამოაქვეყნა ნავთობის წარმოშობის კარბიდული თეორია. მან დაუშვა ლითოსფეროს დიდ სიღრმეში რკინის კარბიდის არსებობა, რომელზედაც დედამიწის ზედაპირიდან ნაპრალებით ჩაჟონილი წყლის მოქმედებით ხდება ნავთობის წარმოშობა. მენდელეევი მის მიერ წამოყენებული ჰიპოთეზის განსამტკიცებლად ჩაატარა ექსპერიმენტი: თუჯზე მარილმჟავას მოქმედებით მიიღო სითხე, რომელიც გარეგნულად ძალიან გავდა ბუნებრივ ნავთობს. მენდელეევი წერდა: „მე დავამუშავე თეთრი სარკისებური თუჯი მარილმჟავით და მივიღე მურა სითხე, რომელსაც ნავთობის მომპოვებლები ნავთობისაგან ვერ არჩევდნენ. ისინი სუნით და გარეგანი ნიშნებით ცდილობდნენ განესაზღვრათ თუ რომელი ადგილიდან იყო ეს ნავთობი“.

კლოეცმა ნახშირბადით მდიდარი ფერომანგანუმის წყლით დამუშავებისას $100-300^{\circ}C$ -ზე მიიღო ნახშირწყალბადთა ნარევი – ნავთობის მსგავსი სითხე.

ეს თეორია აწყდებოდა გარკვეულ წინააღმდეგობებს. იმ დროისათვის, როდესაც ყალიბდებოდა ეს თეორია, დედამიწის სიღრმეში მეტალოთა კარბიდები არ იყო აღმოჩენილი. გარდა ამისა, ასეთ სიღრმეში გამოირიცხებოდა წყლის არსებობა. შეუძლებლად მიაჩნდათ წყლის გადასვლა დედამიწის ზედაპირზე არსებული დაბალი წნევის არედან მაღალი წნევის ზონაში.

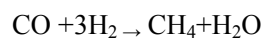
მეცნიერთა ვარაუდით, რადგან დედამიწის ზედაპირთან მინერალურ ნივთიერებათა უმრავლესობის სიმკვრივე $2,5\text{გ/სმ}^3$ -ის ფარგლებშია, ხოლო დედამიწის

საშუალო სიმკვრივე 5გ/სმ^3 -ის, მძიმე მეტალები, მათ შორის რკინაც, მინის სილრმეში უნდა იმყოფებოდნენ გამლვეალ მდგომარეობაში, რაც განაპირობებს კარბიდების წარმოქმნას.

შემდეგში, დედამინის სილრმისეულ ქანებში, მართლაც აღმოაჩინეს რიგი ელემენტების (Fe, Ti, Cr, W, Bi) კარბიდები, რომლებიც უწვრილესი წარმონაქმნების სახით არის გაბნეული ქანებში, მაგრამ მათ ბაზაზე უზარმაზარი რაოდენობით ნახშირწყალბადების წარმოქმნის ახსნა შეუძლებელი იყო.

რაც შეეხება წყალს, მეცნიერთა აზრით, დედამინის სილრმეში კარბიდებთან მათი შეღწევა შესაძლებელი იყო მთების წარმოქმნის პერიოდში ქანებში განვითარებული ბზარებიდან.

ნავთობის არაორგანული წარმოშობის შესახებ მნიშვნელოვანი მოსაზრება გამოთქვა კუდრიავეცემა. მისი აზრით ნახშირწყალბადების წარმოქმნა მიმდინარეობს ლითოსფეროს დაქუცმაცებული ნანგრევების უბნებში შემდეგი პროცესის შედეგად:



ამ დროს ხდება ასევე $\equiv\text{CH}$, $=\text{CH}_2$, $-\text{CH}_3$ -ის თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნა, რომელთა ურთიერთქმედებითა და პოლიმერიზაციით შესაძლებელია სხვადასხვა აღნაგობისა და შედგენილობის ნახშირწყალბადთა სინთეზი. წარმოქმნილი ნახშირწყალბადები მაღალი წნევის გავლენით ლითოსფეროდან ამოდის ზემოთ და გროვდება დანალექ ქანებში ნავთობისა და აირის საბადოების სახით.

ნავთობის არაორგანული წარმოშობის თეორიაზე მუშაობდნენ რუსი მეცნიერები: აკადემიკოსი დობრიანსკი, პორფირიევი, კროპოტკინი, ჩეკალუკი და სხვ., ამერიკელი მკვლევარი გოლდი, ქართველი ქიმიკოსი ა. სამსონია.

ნავთობის არაორგანული წარმოშობის თეორიის განმამტკიცებელ ფაქტებად მიაჩნდათ ვულკანებიდან ამოფრქვეული მაგმასა და აირებში მეთანის კვალის არსებობა, დედამინის სილრმისეულ ნატეხებში აირისა და ნავთობის გამოვლენა. ზოგიერთი მეცნიერი არაორგანული თეორიის განმამტკიცებელ ფაქტად მიიჩნევდა $\text{CO} + \text{H}_2$ ფიშერ-ტროპშის რეაქციით სინთეზური საწვავის მიღებას.

ნავთობის მინერალური წარმოშობის თეორიის მომხრეებს შესაძლებლად მიაჩნდათ ნახშირწყალბადების, ჟანგბად-, აზოტ- და გოგირდის შემცველი ნაერთების სინთეზი დედამინის სილრმის პირობებში C, H₂, CO₂, მეტალთა სულფიდებისა და ნიტრიდებისაგან, მაგრამ დღეისათვის არაორგანული სინთეზით შეუძლებელია აიხსნას ნავთობში შემავალი ისეთი რთული აღნაგობის ნახშირწყალბადების, ჟანგბად-, აზოტ- და გოგირდშემცველი ნაერთების წარმოქმნა, რომლებიც ხასიათდებიან ოპტიკური აქტიურობით და რომლებიც ცოცხალ ორგანიზმში არსებული ბიოორგანული ნივთიერებების მსგავსია (ბიომარკერები).

3.2. ნავთობის წარმოშობის კოსმოსური თეორია

XIX საუკუნის ბოლოს კომეტების კუდებში აღმოჩენილი იყო ნახშირბადი და წყალბადი, ხოლო მეტეორიტებში ნახშირწყალბადები.

ამ ფაქტებზე დაყრდნობით სოკოლოვმა 1892 წელს წამოაყენა ნავთობის კოსმოსური წარმოშობის ჰიპოთეზა, რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობდა: დედამიწის კოსმოსური ფორმირების სტადიაზე ნახშირწყალბადები წარმოქმნენ მარტივი ნივთიერებებისაგან არაორგანული სინთეზის გზით; თავდაპირველად ნახშირწყალბადები გაცივებისას შთაინთქმებოდნენ დედამიწის ქერქის წარმოქმნელი ქანებით, შემდეგ ამოდიოდნენ მიწის ქერქის ზედა ნაწილში, სადაც გროვდებოდნენ და წარმოქმნიდნენ ნავთობისა და აირების საბადოებს. მეტეორიტებში (ნახშირბადოვან ქონდიტრებში) აღმოჩენილია აგრეთვე ნორმალური ალკანები, ამინომჟავები, მაგრამ იმდენად მცირე კონცენტრაციით, რომ მათი შემცველობა შესაძლებელია გამომწვეული იყოს მეტეორიტების გაჭუჭყიანებით დედამიწაზე დავარდნისას.

თანამედროვე მონაცემებით იუპიტერისა და ტიტანის ატმოსფეროში, ასევე აირმტვრის ღრუბლებში აღმოჩენილია აირები: C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , HCN , C_2N_2 .

3.3. ნავთობის წარმოშობის ორგანული თეორია

ნავთობის წარმოშობის არაორგანული თეორიის პარალელურად ვითარდებოდა შეხედულებანი ნავთობის ორგანული წარმოშობის შესახებ.

ნავთობში შემავალი ნივთიერებების მსგავსებამ ცოცხალ ორგანიზმებში არსებულ ნივთიერებებთან, ნავთობის ოპტიკური აქტიურობის დადგენამ დამატებითი ბიძგი მისცა ორგანული წარმოშობის თეორიის განვითარებას.

ამ თეორიის მიხედვით ნავთობის საწყის მასალას წარმოადგენს ზღვის ცხოველური და მცენარეული ნაშთები, რომლებიც აღმოჩნდნენ დანალექი ქანების ფენების ქვეშ ნამარხი სახით.

ნავთობის ორგანული წარმოშობის თეორიის დასაბუთების მიზნით ექსპერიმენტული კვლევები ჩატარდა XIX საუკუნის ბოლოსა და XX საუკუნის დასაწყისში.

ცდების შედეგად დადგენილია, რომ მიწაში დამარხული ცხოველების გვამების შაქროვანი და ცილოვანი ნივთიერებები სწრაფად იშლებიან აირად და წყალში ხსნად ნივთიერებებად.

ცხიმები ჰიდროლიზდებიან გლიცერინად (წყალში ხსნადი) და ცხიმოვან მჟავებად. უკანასკნელნი წლების განმავლობაში შესამჩნევი ცვლილებების გარეშე იმყოფებიან დანალექი ქანის ქვეშ. ამ ფაქტების გათვალისწინებით ენგლერმა ჩაატარა გამოკვლევები ნავთობის წარმოქმნაში ცხიმების როლის გარკვევის მიმართულებით.

1888 წ. მისი ხელმძღვანელობით ერთ-ერთ ქარხანაში მოახდინეს ქაშაყის ცხიმის მშრალი გამოხდა: 10 ატმ. წნევაზე და $420^{\circ}C$ ტემპერატურაზე. შედეგად მიიღეს:

- 1) მოყავისფრო ფერის ზეთოვანი ნივთიერება 69%-ის გამოსავლიანობით; 2) კოქსი – 13%; 3) აირადი ნივთიერებანი და წყალი (დანაკარგები) – 18%. შემდეგ გამოხადეს ზეთოვანი ფრაქცია და შეისწავლეს მისი გამომხდის შედეგად მიღებული ფრაქციები (ცხრილი 3.1.).

ცხრილი 3.1

ქაშაყის ცხიმის გამომხდის ფრაქციები

	ფრაქციის გამომხდის ტემპერატურა	სიმკვრივე, გ/სმ ³	გამოსავლიანობა %%-ში
1	150°C-მდე	0.712	25.9
2	150-300°C	0.817	58
3	300°C-ზე მაღლა	-	16.1

კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ მსუბუქი ფრაქციები შეიცავდა C₅-C₉ შედგენილობის ნახშირწყალბადებს. პირველ ფრაქციაში დადგენილი იყო C₅-C₇ ალკენები, რომელთა შემცველობა 37%-ს შეადგენდა. დადგენილი იყო ასევე C₅-C₉ შედგენილობის ნორმალური და იზოალკანების შემცველობა.

ნიტრირების რეაქციით გამოყვეს ბენზოლის, ტოლუოლის და მეტაქსილოლის ნიტრონანარმები.

ჩაატარეს იმავე ცხიმის მშრალი გამომხდა ალუმოსილიკატების თანდასწრებით და აღმოჩნდა, რომ დისტილატი ძირითადად შედგებოდა ციკლოალკანებისაგან. მათში შედიოდა ასევე ნაფთენური მჟავები.

ამრიგად, ენგლერმა ჩატარებული ექსპერიმენტის საფუძველზე აჩვენა, რომ ცხოველური ცხიმოვანი ნივთიერებებისაგან შესაძლებელია გარკვეულ პირობებში ნავთობში შემავალი ნახშირწყალბადების წარმოქმნა.

1919 წ. ზელინსკიმ გამოხადა ტბის ხავსი, რომელიც შედგებოდა ლიპიდების მაღალი შემცველობის პლანქტონური წყალმცენარეების ნაშთებისგან, შედეგად მიიღო კოქსი, ფისი, გაზი და პიროგენეტიკური წყალი.

ფისოვანი ფრაქციის შესწავლამ აჩვენა, რომ ის შეიცავდა ბენზინის, ნავთის ფრაქციას და მძიმე ფისოვან ნივთიერებებს. ბენზინის ფრაქციაში დადგინდა ალკანების, ციკლოალკანების და არენების არსებობა. ნავთში ჭარბობდა ციკლოალკანები.

მიღებული ნახშირწყალბადთა ნარევი ბევრი რამით გავდა ბუნებრივ ნავთობს და რაც ძალიან მნიშვნელოვანია, მძიმე ფრაქციებს გააჩნდათ ოპტიკური აქტიურობა. ამ ცდებზე დაყრდნობით განვითარდა ნავთობის ორგანული წარმოშობის თეორია.

ორგანული წარმოშობის თეორიის მიმდევართა თვალსაზრისით, ნავთობის წარმოქმნას განაპირობებს, ერთი მხრივ, ნავთობის საწყისი მასალა, მეორე მხრივ, ქიმიური რეაქციები და გარეშე ფაქტორების ზემოქმედება. ასეთ ფაქტორებს მიეკუთვნება:

1. შეხებაში მყოფი ქანების, ძირითადად თიხოვანი ქანების, კატალიზური მოქმედება;
2. ტემპერატურა;
3. წნევა;
4. მიკროორგანიზმების ზემოქმედება.

ნ. ზელინსკიმ თანამშრომლებთან ერთად ჩაატარა ცდები ცოცხალ ორგანიზმში არსებული ნივთიერებების ნავთობში შემავალ ნივთიერებებზე გარდაქმნის მიმართულებით.

ამ მიზნით მათ $AlCl_3$ -ზე გააცხელეს როგორც ცხოველური, ისე მცენარეულ ორგანიზმში შემავალი ნივთიერებები, წარმოქმნილი ნარევეები გამოხადეს.

ცხოველური წარმოშობის ნივთიერებებიდან შეარჩიეს ქოლესტერინი, პალმიტინის, სტეარინის, ოლეინის მჟავები და ფუტკრის ცვილი.

მცენარეული წარმოშობის ნივთიერებებიდან აბიეტიინის მჟავა, ფიტოსტერინის წარმომადგენელი – ბეტულინი და როგორც ბუნებრივი, ისე ხელოვნური კაუჩუკები.

ქოლესტერინის შემთხვევაში აირად ნახშირწყალბადებთან ერთად გამოიყო ნავთობის მსგავსი სითხე, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავდა მსუბუქ ნახშირწყალბადებს (ბენზინის ფრაქცია), უპირატესად ციკლოჰექსანისა და ციკლოპენტანის რიგის ნახშირწყალბადებს. $250-400^{\circ}C$ -მდე გამოხდელი ფრაქცია – ზეთი ხასიათდება ოპტიკური აქტიურობით (მარჯვნივ მბრუნავი).

პალმიტინისა და სტეარინის მჟავების შემთხვევაში გამოიყო მცირე რაოდენობით სანვავი აირები და CO_2 , ძირითადად კი მიიღეს მყარი პარაფინი, რის საფუძველზეც გამოითქვა მოსაზრება, რომ სწორედ ეს მჟავები წარმომადგენენ ნავთობური პარაფინის და საერთოდ, პარაფინული ნავთობის წყაროს.

ფუტკრის ცვილის გამოხდისას სანვავი აირებისა და CO_2 -ის გარდა, აღებულ ცვილის მასის მიმართ 80%-იანი გამოსავლიანობით გამოიყო თხევადი და მყარი ალკანები.

ოლეინის მჟავას შემთხვევაში მიიღებოდა რთული ნარევი, რომელიც შედგებოდა თანაბარი რაოდენობით ცხიმოვანი რიგის ნაჯერი და უჯერი ნახშირწყალბადებისაგან, ციკლოჰექსანის და ციკლოპენტანის რიგის ნაჯერი და უმეტესად, უჯერი ნახშირწყალბადებისაგან, ასევე მცირე რაოდენობით არომატული ნახშირწყალბადებისაგან.

აბიეტიინის მჟავას შემთხვევაში გამოყოფილი ფრაქციები უპირატესად არომატულ ნახშირწყალბადებს შეიცავდნენ. ბეტულინიდან გამოხდულ დაბალ ფრაქციაში ჭარბობდა ციკლოჰექსანის, ხოლო მაღალ ფრაქციაში არომატული რიგის ნახშირწყალბადები. როგორც ბუნებრივი, ისე ხელოვნური კაუჩუკის გადადენით მიღებული ფრაქციები დიდი რაოდენობით შეიცავდა ციკლოჰექსანის რიგის ნახშირწყალბადებს.

ამრიგად, ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენა, რომ როგორც ცხოველურ, ისე მცენარეულ ორგანიზმებში შემავალი ნივთიერებებისაგან გარკვეულ პირობებში (კატალიზატორი, ტემპერატურა) შესაძლებელია ნავთობში შემავალი ყველა ტი-

პის ნახშირწყალბადის წარმოქმნა. ამ სამუშაოებმა ბუნებრივია ხელი შეუწყო ნავთობის ორგანული წარმოშობის თეორიის განმტკიცებასა და განვითარებას.

თანამედროვე და უძველესი დანალექი ქანების ორგანული ნივთიერებების შესწავლის მიმართულებით კვლევები ჩაატარეს არხანგელსკიმ (1927 წ.) და ტრასკამ (1926-1932 წწ.).

ზღვის პლანქტონური* ორგანიზმების გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ისინი შეიცავდნენ მცირე რაოდენობით (0,006%) ნახშირწყალბადებს და დიდი რაოდენობით ლიპიდურ მასალას (ზოგჯერ 40%), რომლიდანაც ადვილად წარმოიქმნება ნახშირწყალბადები.

ზღვის ხავსის ორგანულ ნივთიერებათა შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ისინი შეიცავდნენ 3-5%-მდე ბიტუმურ ნივთიერებებს და 0,5%-მდე ნახშირწყალბადებს. ამასთანავე, ნავთობისათვის დამახასიათებელ ყველა კლასის ნახშირწყალბადებს – ალკანებს, ნაფთენებსა და არენებს; ნავთობისაგან განსხვავებით მათში არ იყო ბენზინის ფრაქციაში შემავალი მსუბუქი ნახშირწყალბადები.

შემდეგში ეს კვლევები მნიშვნელოვნად განავითარა გუბკინმა, რომელმაც 1937 წ. წამოაყენა ნავთობის წარმოშობის მცენარეულ-ცხოველური ჰიპოთეზა.

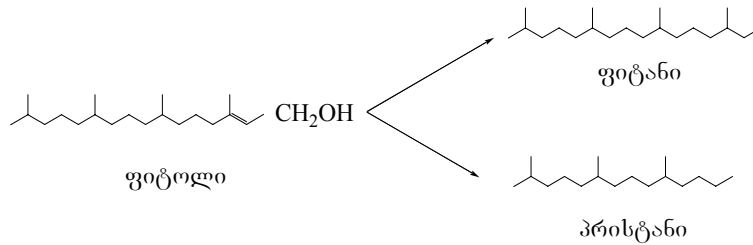
1942 წ. ქართველმა მეცნიერმა ა. გახოკიძემ გლუკოზისაგან რიგი გარდაქმნების შედეგად მიიღო 2-მეთილჰეპტანი, რის საფუძველზეც გამოთქვა მოსაზრება, რომ ნახშირწყლები წარმოადგენს ბუნებრივ საწყის ნივთიერებებს არამარტო პარაფინული ნახშირწყალბადების, არამედ არომატული და ნაფთენური ნახშირწყალბადების და მათი ნაწარმების (ნავთობში შემავალი ნივთიერებების) მისაღებად.

მისი აზრით, მცენარეში არსებული ნაერთები, ფისები, ტერპენები, სტერი-ნები და სხვა წარმოშობილნი არიან ნახშირწყლების ბიოქიმიური გარდაქმნით და რომ ეს გარდაქმნები შესაძლებელია განხორციელდეს როგორც ცხოველურ, ისე მცენარეული მასალების გეოლოგიური მეტამორფოზით.

ეს მოსაზრება განამტკიცეს კანადელმა მეცნიერებებმა, რომლებმაც 40 წლის შემდეგ შეისწავლეს სასკაჩევანის ტბაში (კანადა) არსებული მიკროორგანიზმები და დაადგინეს, რომ მათი ერთ-ერთი სახეობა ახდენს ნახშირწყლების გარდაქმნას ნავთობის ნახშირწყალბადებად.

ნავთობის წარმოშობის ორგანული თეორიისათვის დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ცოცხალ ორგანიზმში არსებულ ნივთიერებებისაგან ნავთობში გადმო-სულ ბიომოლეკულების ე.წ. „ბიოგენური ნიშნაკების“ – „ბიომარკერების“ აღმო-ჩენას, რომელთა შორის აღსანიშნავია იზოპრენოიდული სტრუქტურის ნახშირ-წყალბადები: ფიტანი და პრისტანი, რომელთა წარმოქმნა აიხსნება ქლოროფი-ლის მოლეკულის გვერდით ჯაჭვში არსებული უჯერი სპირტის – ფიტოლის გარ-დაქმნით:

* პლანქტონები – ცხოველური და მცენარეული მიკროორგანიზმებია, რომლებიც იშლე-ბიან ჰიდროსფეროში.

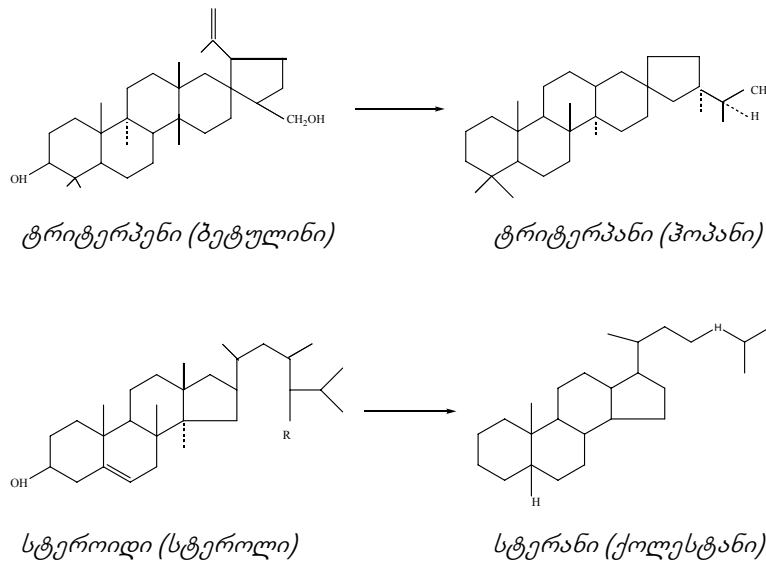


აღმოჩნდა, რომ ნავთობში შემავალი პრისტანი „მზა“ სახით არის ზოგიერთი ცხოველის სხეულში.

დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ნავთობში VO^{2+} და Ni^{2+} პორფირინული კომპლექსების აღმოჩენას. მიაჩნიათ, რომ მათ საწყის ნივთიერებას კვლავ ქლოროფილი წარმოადგენს.

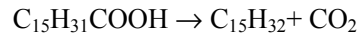
დედამინის წიაღის სიღრმის ზრდასთან ერთად ნავთობში შეინიშნება პორფირინების შემცველობის შემცირება, რაც აიხსნება პორფირინების თერმული უმდგრადობით. ეს ფაქტიც წინააღმდეგობაში მოდის ნავთობის არაორგანულ თეორიასთან, რომლის მიხედვით ნავთობის წარმოქმნა ხდება დედამინის სიღრმეში, მაშინ როდესაც ამ ზონაში პორფირინული კომპლექსების წარმოქმნა მაღალი ტემპერატურის გამო შეუძლებელი იყო.

დანაღეჭება და ნავთობში შემავალ მნიშვნელოვან „ბიომარკერებს“ წარმოადგენს სტერანისა და ტრიტერპენის ტიპის პოლიციკლური ნახშირწყალბადები. ბევრი მათგანი წარმოადგენს ყველა ცოცხალ ორგანიზმში არსებული მნიშვნელოვანი ბიომოლეკულების – სტეროიდებისა და ტრიტერპენოიდების – მაგ., ქოლესტერინის, ფიტოსტერინის და სხვათა ნაწარმებს:



მემკვიდრეობით ბიოგენურ სტრუქტურებს ეკუთვნის ნ. ალკანები. ნავთობში მათი შემცველობა 10-15%, ხოლო ზოგჯერ 30%-ია.

ნაკლებად გარდაქმნილ ნავთობში ჭარბობს ნ. ალკანები კენტი ნახშირბადის ატომებით, რომელთა წარმოქმნა ადვილად აიხსნება ორგანიზმში ძირითადად არსებული ნახშირბადატომების ლუნი რიცხვის შემცველი მჟავების დეკარბოქსილირებით:



შემდეგში ნავთობში კენტი და ლუნი ნახშირბადატომების რიცხვის შემცველი ნახშირწყალბადების რაოდენობა თანაბრდება, რაც დედამინის წიაღის სიღრმისა და ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად ნავთობის საბადოში მეორადი რეაქციებით აიხსნება.

თანამედროვე თეორიით, ნავთობი და სანვავი აირი წარმოიქმნება დანალექ ქანებში გაფანტული სახით არსებული პლანქტონური და საპროპელური ორგანული ნივთიერებებისაგან. კერძოდ, წყალსატევების ფსკერზე არსებულ ცხოველურ და მცენარეულ მიკროორგანიზმებს (პლანქტონებს და ბენტალურ ორგანიზმებს), ემატებოდა ხმელეთის გადანარეცხ მასალასთან ერთად მდინარეების მიერ ზღვაში შემოტანილი დედამინაზე არსებული ცოცხალი სამყაროს ნაშთები, წყლისა და სანაპიროს მცენარეები. წარმოქმნილი ორგანული მასა, უამრავი მცენარეული და ცხოველური ნაშთი, გაფანტული მინერალურ მასებში გროვდება წყალსატევების ფსკერზე და სულ ქვევით და ქვევით იძირება. პირველი ათეული მეტრის სიღრმეზე ორგანული მასალა მიკროორგანიზმების მოქმედების შედეგად ნაწილობრივ იხრნება. ფსკერზე ჩაძირულ შლამის ზედა ფენას ეწოდება პელოგენი, ხოლო ნაწილობრივ გარდაქმნილ შლამს – საპროპელური.

გახრწნილი ორგანული მასალა, ზღვის შლამში ჟანგბადისა და ბაქტერიების ზემოქმედების შედეგად განიცდის შემდგომ გარდაქმნას და ხდება აირების (CO_2 , N_2 , NH_3 , CH_4) და წყალში უხსნადი თხევადი პროდუქტების წარმოქმნა, ხოლო ორგანული მასალის დაუშლელი ნაწილი გროვდება დანალექ ფენაში, რომელთა გარდაქმნა ნავთობად ხდება უჟანგბადო, აღმდგენ არეში, მრავალი ფაქტორის (მაღალი წნევის, ტემპერატურის), მათთან შეხებაში მყოფ (ძირითადად თიხოვანი) ქანების კატალიზური მოქმედების, მიკროორგანიზმების და საპროპელურ ნალექებში არსებული რადიოაქტიული ელემენტების მიერ გამოსხივებული ენერჯის ზემოქმედებით. ეს ძალიან ნელი პროცესია, რომელიც მიმდინარეობს მილიონი წლების მანძილზე.

ნავთობის ორგანული წარმოშობის თეორიის განმტკიცებას ხელს უწყობდა გეოლოგიური გამოკვლევებიც. მეცნიერ-გეოლოგთა უმრავლესობა იზიარებდა ნავთობის ორგანული წარმოშობის თეორიას. ისინი აღნიშნავდნენ, რომ ნავთობის საბადოების არსებობა მეტწილად დაკავშირებულია საპროპელური ორგანული ნივთიერებებით გამდიდრებულ დანალექ ქანებთან.

1934 წ. ვ. ვერნადსკიმ გამოთქვა მოსაზრება, რომ ნავთობის, ქვანახშირის, ტორფის და ბიტუმოვანი ფიქლების შემადგენელი ნაერთები, ჩნდება ჯერ კიდევ ცოცხალ ორგანიზმებში.

აკადემიკოს მირონოვის აზრით „ნავთობი ორგანული ნივთიერებების ნამდვილი სასაფლაოა“. დღემდე ცნობილი ნავთობის მცირე თუ დიდი რაოდენობით დაგროვება მხოლოდ და მხოლოდ დანალექი წარმოშობის ქანებში გვხვდება. ვულკანური წარმოშობის ქანებში არსად არ არის ნაპოვნი ნავთობის არც პატარა და არც დიდი საბადო.

1956 წ. ვებერმა, მონაფეებთან ერთად ექსპერიმენტულად დაასაბუთა, რომ კასპიისა და აზოვის ზღვის სანაპიროზე მეოთხეული პერიოდის თიხნარებში ორგანული მასალის გარდაქმნის შედეგად დღესაც მიმდინარეობს ნავთობის წარმოშობის პროცესი.

ნავთობის წარმოშობის დარგში ჩატარებულმა გეოლოგიურმა და გეოქიმიურმა კვლევებმა შესაძლებელი გახადა ბუნებრივი პროცესების თანმიმდევრობითი სტადიების გააზრება.

დადგინდა, რომ ორგანული მასალის გარდაქმნა, ხელსაყრელ თერმოდინამიკურ პირობებში, მხოლოდ გარკვეულ სიღრმეზე მიმდინარეობს.

დაძირვის საწყის სტადიაში 1,5-2კმ სიღრმეზე (50⁰-90⁰C) ტემპერატურულ ზონაში ორგანული ნივთიერების მოლეკულური სტრუქტურა არსებით დესტრუქციას ჯერ კიდევ არ განიცდის. აღინიშნება ჟანგბადის შემცირება მოლეკულური სტრუქტურის პერიფერიული ჟანგბადშემცველი ფუნქციური ჯგუფის მოხლეჩის შედეგად.

კეროგენში იზრდება ნახშირბადისა და ნყალბადის შემცველობა. ამ ეტაპზე აირად ფაზაში მეთანისა და მისი ჰომოლოგების შემცველობა უმნიშვნელოა, აღინიშნება ნახშირბადის დიოქსიდის სიჭარბე. დაბალმდულარე ნახშირწყალბადები ორგანულ ნივთიერებაში ჯერ კიდევ არ არის.

საპროპელური ორგანული მასალის მნიშვნელოვანი გარდაქმნა ხდება უფრო ღრმა ზონაში (2,5კმ-დან – 6კმ-მდე) 100-150⁰C-ზე მრავალი წლის (10-20 მილიონი) განმავლობაში. დიდი რაოდენობით ხდება ბიტუმის და საერთოდ ნავთობის მაღალმოლეკულური ნახშირწყალბადების (C₁₅-C₄₅) წარმოქმნა. ასევე წარმოიქმნება და მაქსიმალურ კონცენტრაციას აღწევს ბენზინის ფრაქციის (C₆-C₁₄ შედგენილობის) ნახშირწყალბადები. აირადი ფაზის ორგანული ნივთიერებების შემადგენლობაში მეთანის შემცველობა უმნიშვნელოა. მაქსიმალურია C₂-C₅ შედგენილობის ალკანების შემცველობა. დიდი რაოდენობით ნავთობის ნახშირწყალბადებისა და ბიტუმის წარმოქმნის ამ ეტაპს ვასოევიჩმა ნავთობწარმოქმნის მთავარი ფაზა უწოდა.

ამ თეორიის მიხედვით, ჩაძირვის საწყის სტადიაში ორგანული მასალა ქიმიური ცვლილებების გარდა გამკვრივებასაც იწყებს. ჩაძირვასთან ერთად მზარდი ტემპერატურა და წნევა ახდენს ქანთამშენი მასალის გამკვრივებას და ნორმალურ, დანალექ ქანად გადაქცევას. დროთა ვითარებაში საპროპელური ნივთიერებებისაგან წარმოიქმნება ნახშირები და სანვავი ფიქლები.

ის მოსაზრება, რომ სანვავი ფიქლები თხევადი ნავთობის მსგავსად საპროპელური წარმოშობისაა, დადასტურდა ექსპერიმენტული მონაცემებით. აღმოჩ-

ნდა, რომ სანვავი ფიქლების გაცხელებისას 150-170⁰C-ზე იწყება ორგანულ ნივთიერებათა დაშლა, 200⁰C-ზე დაშლის პროცესი უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, ხოლო 370-400⁰C-ზე გაცხელებისას 1სთ-ის განმავლობაში ფიქლების ორგანულ ნივთიერებათა უმეტესობა (60-80%) გადადის თხევად მდგომარეობაში, რომელიც შეიცავს დიდი რაოდენობით ფისოვან-ასფალტენურ ნივთიერებებს, ნავთობის ნახშირწყალბადების ყველა ძირითად კლასს, აირებს (CO₂, CH₄, H₂S) და პიროგენეტურ წყალს. აღმოჩნდა, რომ ნავთობის მთავარი ფაზის ზონაში წარმოქმნილი ხსნადი ბიტუმები თავისი შედგენილობით (C და H-ის შემცველობით) ახლოა საპროპელური ფიქლების თერმული დაშლისას წარმოქმნილ ბიტუმებთან, რომლებშიც 60-80%-მდე ფისები და ასფალტენებია, 20-40%-მდე ნახშირწყალბადები; 10-30%-მდე ნ.ალკანები, 20-60% იზოალკანები და ციკლოალკანები, 20-50% არენები. დაბალმდულარე ფრაქციებში მნიშვნელოვანი რაოდენობით შედის ციკლოალკანები ციკლოპენტანების სიჭარბით, ნ.ალკანების და არენების შემცველობა მცირეა. სიღრმისა და ტემპერატურის ზრდასთან ერთად შესამჩნევად იზრდება ნ.ალკანების, არენებისა და ციკლოპექსანების წილი, ხოლო ციკლოპენტანებისა — მცირდება. ამ ზონაში ძველ საბადოებში შეინიშნება ალკანების, რომელშიც 50%-მდე იზოალკანებია, წილის გაზრდა და ციკლოალკანების და არენების წილის შემცირება.

ინფრანითელი სპექტროსკოპიის გამოყენებით შეისწავლეს კეროგენის მოლეკულური სტრუქტურის დესტრუქცია და დაადგინეს, რომ თავდაპირველად ადგილი აქვს ლიპიდური კომპონენტების გარდაქმნას; კარბონმჟავების, კეტონების და ალდეჰიდური ჯგუფების მოხლეჩვას, შემდეგ CH₂ ჯგუფებისაგან შემდგარი გრძელჯაჭვიანი სტრუქტურების რღვევას; არომატიზაციისა და პოლიკონდენსაციის პროცესების გაძლიერებას.

მყარი კეროგენის გარდაქმნას – ასფალტოვან-ფისოვან ნივთიერებათა, ნავთობური ნახშირწყალბადებისა და ასევე აირების (C₁-C₅ შედგენილობის ალკანების, H₂S, N₂) წარმოქმნას ახლავს მოცულობის ძლიერი მატება. ზედა ფენებში მდებარე თიხის საბადოების დაწოლის შედეგად აღიძვრება ანომალიურად მაღალი წნევა, რომელიც მომიჯნავე ფოროვან წყალგაჯერებულ ქვიშაში არსებულ ნორმალურ ჰიდროსტატიკურ წნევას აღემატება 20-30 მპა-ით; როცა წნევა კრიტიკულ მნიშვნელობას მიაღწევს თიხოვან ქანებში ხდება ფლუიდ გარღვევები და ჩნდება მიკრობზარები. ადგილი აქვს შეკუმშული ნავთობისა და აირადი ნახშირწყალბადების გამოდევნას წყალგაჯერებულ ქვიშაში, სადაც მათი აკუმულაციისას ხდება ნავთობის შეგროვება (ეს პროცესი პერიოდულად მეორდება).

ნავთობწარმომქმნელი თიხის ქანებისა და წყალგაჯერებული ფოროვანი ფენიდან გამოტანილი ნავთობი ამოტივტივდება, თანდათანობით ხდება მისი დაგროვება და საბადოების წარმოქმნა, რასაც ადგილი აქვს ქანების ყველაზე მეტად ამოწეულ უბნებში (ანტიკლინურ სტრუქტურებში).

ანტიკლინის თალურ ნაწილში გროვდება აირი, მის ქვემოთ ნავთობი, ხოლო ნავთობის ქვემოთ ანტიკლინის ფრთებში ექცევა ფენის წყალი — ნავთობისა და

აირის თანამგზავრი; ანტიკლინების მოსაზღვრე ჩაზნეილ სტრუქტურულ ნაოჭებს (სინკლინებს) მთლიანად ავსებს ფენის წყალი.

აღსანიშნავია, რომ ნავთობის დედისეული თიხიანი ქანებიდან მათ მომიჯნავე წყალგაჯერებული ფოროვანი ქვიშაქვის ფენაში ნახშირწყალბადების მიგრაციისას ხდება წარმოქმნილი ფისოვან-ასფალტენურ ნივთიერებათა, ნავთობის და აირადი ნახშირწყალბადების ქრომატოგრაფიული დაყოფა. ამ პროცესში ქრომატოგრაფიულ სვეტს წარმოადგენს თიხის ფენა წარმოქმნილ ბიტუმურ ნივთიერებებთან ერთად, ხოლო ელუენტს – აირადი და ნავთობის დაბალმდულარე ნახშირწყალბადები. რაც მეტი ელუენტი გადის ქვიშაქვის მიმართულებით, მით უფრო მაღალი ხარისხით ხდება კომპონენტთა დაყოფა. ქვიშის კოლექტორში გადმოსულ ნავთობურ ნახშირწყალბადებში ასფალტენებისა და ფისების შემცველობა 5-10%-ს არ აღემატება. არსებითად ეს არის ნამდვილი ნავთობი.

ნავთობის გამოვლენის მთავარი ზონა ხასიათდება ნავთობით, რომლის სიმკვრივეა 820-840 კგ/მ³, 200°C-მდე მდულარე ფრაქციის მოცულობითი წილი 25-30%-მდეა, რომელშიც ალკანების შემცველობაა 25-40%, ციკლოალკანების – 30-50%, არენების – 10-30%. ძველ დანალექ ქანებში, ახალთან შედარებით, შეიმჩნევა მსუბუქი ფრაქციების მატება. მასში გაზრდილია ალკანების შემცველობა, ნაკლებად არენების, ხოლო ციკლოალკანები მნიშვნელოვნად შემცირებულია.

ზედაპირთან ახლოს ნავთობი კარგავს მსუბუქ ფრაქციებს, მძიმდება, იჟანგება. საბადოებში განვითარებული მიკრობიოლოგიური ჟანგვის პროცესები იწვევენ ბიოდეგრადაციას. ნავთობის ჰიპერგენული ცვლილებების შედეგად ნავთობის სიმკვრივე მნიშვნელოვნად იზრდება. ბენზინის ფრაქციების შემცველობა მცირდება, მასში თითქმის არ არის ნ. ალკანები, მაღალია ციკლოალკანების და ასფალტოვან-ფისოვანი ნივთიერებების შემცველობა.

ამრიგად, ნავთობის წარმოშობის ორგანული თეორიის მიხედვით ნავთობური ნახშირწყალბადების პირველწყაროს წარმოადგენს ცოცხალ ორგანიზმში ბიოსინთეზის შედეგად წარმოქმნილი ნივთიერებანი, მეორე წყაროს საწყისი ორგანული ნივთიერებების გადამუშავების მიკრობული პროცესი, რომლის დროსაც მკვდარი ორგანიზმის ბიომოლეკულები გარდაიქმნებიან გარემო პირობებში უფრო მდგრად ნაერთებად – ნახშირწყალბადებად, კერძოდ ნახშირწყალბადებს წარმოქმნიან სპირტები, ალდეჰიდები, მჟავები და ნახშირწყლები.

ამრიგად, ქიმიური, გეოქიმიური და გეოლოგიური მონაცემები ამტკიცებენ ნავთობის წარმოშობის ორგანულ თეორიას.

4. ნავთობის მნიშვნელოვანი საბადოები

როგორც ნავთობის ორგანული წარმოშობის თეორიის განხილვისას აღინიშნა, ნავთობური ნახშირწყალბადების და ასფალტოვან ნივთიერებათა წარმოქმნისას ხდება აირების CO_2 , N_2 , H_2S , $(\text{C}_1\text{-C}_3)$ შედგენილობის ალკანების წარმოქმნა, რის გამოც თიხის ქანებში აღიძვრება ანომალიურად მაღალი წნევა; როცა წნევა კრიტიკულ მნიშვნელობას მიაღწევს, თიხოვან ქანებში ხდება ფლუიდ გარღვევები, ჩნდება მიკრობზარები, ადგილი აქვს შეკუმშული ნავთობის და აირადი ნახშირწყალბადების გამოდევნას ფოროვან და ნაპრალოვან ქანებში (ქვიშები, ქვები, ნაპრალოვანი კირქვები და კონგლომერატი), სადაც ხდება ნავთობის შეგროვება. ასეთ ქანებს კოლექტორები ეწოდებათ. ხოლო თიხოვანი არაგამტარი წყებები ამ კოლექტორების სახურავს წარმოადგენენ.

დედამინის დანაოჭების პროცესში წარმოქმნილ კოლექტორებში დაგროვილი ნავთობი და აირი მაღალი წნევის ქვეშ იწყებენ მოძრაობას გამტარ შრეებში და გროვდება ამონეული ფორმების ნაოჭებში ანუ ანტიკლინებში, რომლებიც მიწის ქერქის დანალექ საფარში ნავთობისა და აირის დაგროვების ძირითად სტრუქტურულ ტექტონიკურ ფორმებს წარმოადგენენ. ანტიკლინის თალურ ნაწილში გროვდება აირი, მის ქვემოთ ნავთობი, ხოლო ნავთობის ქვემოთ – ანტიკლინის ფრთებში ექცევა ფენის წყალი – ნავთობისა და აირის თანამგზავრი; ანტიკლინების მოსაზღვრე ჩაზნექილ სტრუქტურულ ნაოჭებს (სინკლინებს) მთლიანად ავსებს ფენის წყალი, რომელიც გეოსტატიკური დონის მიხედვით მუდმივი წნევის ქვეშ იმყოფება. ეს წნევა გადაეცემა ნავთობს და ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ზედაპირზე მისი ამოსვლისათვის.

ნავთობის მიგრაცია შეიძლება გავრცელდეს რამდენიმე კმ-ის მანძილზეც, ვიდრე მძლავრ, ნავთობგაუვალ შრეებს არ წააწყდება. აქ მიგრაცია ჩერდება და ხდება ნავთობის ამა თუ იმ რაოდენობით დაგროვება, ე.ი. წარმოიშობა ნავთობის საბადო; თუ საბადოში ნავთობი სამრეწველო რაოდენობით დაგროვდება, მაშინ იქმნება ბუდობი.

დადგენილია, რომ ნავთობისა და გაზის საბადოები არის დედამინის ხუთივე კონტინენტზე სხვადასხვა რაოდენობით.

საბადოში ჩანოლილი ნავთობის მოცულობა რამდენიმე სმ^3 -დან – მილიონ მ^3 მერყეობს.

საბადოები, მათში არსებული ნავთობის მარაგის მოცულობის მიხედვით იყოფა მცირე, საშუალო, დიდ, უდიდეს, გიგანტურ და ზეგიგანტურ საბადოებად.

ნავთობის გეოლოგიური მარაგები

	საბადოს სიდიდეები	გეოლოგიური მარაგები (10 ⁶ ტონებში)
1	მცირე	<10
2	საშუალო	10-50
3	დიდი	50-100
4	უდიდესი	100-500
5	გიგანტური	500-1000
6	ზეგიგანტური (უნიკალური)	>1000

პრაქტიკულ ინტერესს წარმოადგენს ნავთობის საბადოები, სადაც ნავთობის მასა რამდენიმე მილიონ ტონას და მეტს შეადგენს.

ნავთობის მსხვილი საბადოებია ჩრდილოეთ და სამხრეთ ამერიკის ზოგიერთ რაიონში, ინდონეზიაში, რუსეთში – ვოლგისპირეთში, ურალში, დასავლეთ ციმბირში, მანგიშლაკის ნახევარკუნძულზე, კომის ავტონომიურ რესპუბლიკაში, აზერბაიჯანში, გროზნოში, დაღესტანში, უკრაინაში, ყაზახეთში და სხვ.

ნავთობის გიგანტური საბადოებია საუდის არაბეთში, კუვეიტში, ერაყში, ვენესუელაში, ალჟირში, ირანში, ლიბიაში.

ძალიან მნიშვნელოვანია ნავთობისა და გაზის მდიდარი საბადოს აღმოჩენა ზღვების და ოკეანეების აკვატორიაში: კასპიის ზღვაში, სპარსეთის უბეში, კალიფორნიის, ტრინიდადის, არგენტინის, ავსტრალიისა და ჩრდილოეთ ალიასკის სანაპიროზე. უკანასკნელი ათეული წლების განმავლობაში, მთელ მსოფლიოში, შიგა ზღვების და ოკეანეების სანაპირო ეკვატორულ ზონებში ნავთობისა და გაზის მოპოვება, ხმელეთზე მოპოვებული რაოდენობის დაახლოებით 20%-ს შეადგენს.

ნავთობის საბადოს გამოვლენასა და მისი მარაგის შეფასებას წინ უძღვის სადაზვერვო სამუშაოები. გეოლოგები თავდაპირველად ახდენენ ადგილის გეოლოგიურ, აერომაგნიტურ და გრავიმეტრიულ შესწავლას. ქანებისა და წყლების გეოქიმიურ გამოკვლევას და რუქების შედგენას. შემდეგ უკვე აწარმოებენ საბადოს გაბურღვას, ჭაბურღილის ტევადობის, შრეების ნავთობით გაჯერებულობის განსაზღვრას. ამის შემდეგ ხდება მარაგის გაანგარიშება და ახალი საბადოს აღმოჩენისა და ექსპლოატაციის შესახებ რეკომენდაციების შემუშავება.

გეოლოგების მიერ მოწოდებულია მოცულობითი მეთოდით ნავთობის მარაგის გასაანგარიშებელი ფორმულა:

$$Q = F \cdot h \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \theta \cdot q$$

Q – ნავთობის ამოსაღები მარაგი ტონებში;

F – ნავთობის ფენის გავრცელების ფართი კმ²-ში;

h – ნავთობის ფენის სიმაღლე მ-ში;

K_1 – ნავთობშემცველი ფენის ღია ფორიანობის კოეფიციენტი;

K_2 – ნავთობის გაცემის კოეფიციენტი;

θ – ნავთობის დაჯდომის გასათვლისწინებელი გადათვლითი კოეფიციენტი;

q – ნავთობის სიმკვრივე კგ/მ³-ში.

დაზვერვის შედეგად გამოთვლილი ნავთობის მარაგი მთელ მსოფლიოში $90-95 \times 10^9$ ტონას შეადგენს, ხოლო პროგნოზირებული მარაგი $250-270 \times 10^9$ ტონას უნდა შეადგენდეს.

5. საქართველოს ნავთობები

ნავთობის მოპოვებას საქართველოში ხანგრძლივი ისტორია აქვს. ნავთობის გამოსავლებს მინის ზედაპირზე საქართველოს რეგიონებში კუპრს უწოდებდნენ (სულხან-საბას ლექსიკონში „კუპრი“ ასფალტს ნიშნავს). საქართველოში ამჟამადაც ეს ტერმინი შემორჩენილია გურიაში: ზემო ნატანების ერთ-ერთ უბანს, სადაც ნავთობის მნიშვნელოვანი გამოსავლებია, სამხვთო-საკუპრეს ეძახიან. მსგავსი გამოსავლებია კასპის რაიონის სოფლების – ახალქალაქის და კავთისხევის, ცივგომბორის ქედზე, საგარეჯოს, ონის, ამბროლაურის და ტყიბულის რაიონებში. ამასთანავე დაკავშირებული კახეთში – სიღნაღის, დედოფლისწყაროს ზოგიერთ რაიონში ნავთობის გამოსავლების სახელწოდებები: კილიკუპრა, ჩათმის, კიდერმის, ბაიდის, ტიულკიტაპის კუპრები. თბილისის ერთ-ერთი დასახლების სახელწოდება – „ნავთლული“ დაკავშირებულია იქ ნავთობის არსებობასთან. ცნობილია, რომ VIII საუკუნეში აბო თბილელი დანვეს ნავთის გამოყენებით. ცნობილი ქართველი გეოგრაფი ვახუშტი წერდა ნავთლულის ნავთობის შესახებ და აღნიშნავდა, რომ მისი მოპოვება არც ისე დიდაა.

საქართველოში ნავთობის წყაროების არსებობის შესახებ აღწერილი აქვს ცნობილ იტალიელ მოგზაურს მარკო პოლოს. თავის ჩანაწერებში ის აღნიშნავს, რომ „გეორგიანაში“ (საქართველოში) წყაროებიდან მოედინება ზეთისმაგვარი თხევადი პეტროლეუმი (ნავთობი), რომელსაც იყენებდნენ ლამფების გასანათებლად და ასევე სამკურნალო საშუალებად მრავალი დაავადების დროს. ამ სითხისათვის მეზობელი ქვეყნებიდან ჩამოდიან ვაჭრები და აქლემებით გააქვთ თავიანთ ქვეყნებში. დავით აღმაშენებლის მეფობის დროს, საქართველოდან საქსპორტოდ გატანილი საქონლის სიაში ნავთობიც მოიხსენიება.

საქართველოში ნავთობს ძველი დროიდანვე იყენებდნენ სანჯავ, საპოხ, გასანათებელ და საომარ საშუალებად, სამკურნალოდ კანის დაავადებებისა და რევმატიზმის დროს. ასევე სამშენებლო საქმეში შემკვრელ საშუალებად. ცნობილია, რომ მედეა თავის წამლებს ამზადებდა არა მარტო მცენარეებისაგან, არამედ ნავთობისგანაც, რომელიც კოლხეთში იმ დროს დიდი რაოდენობით მოიპოვებოდა და საბერძნეთში გაჰქონდათ.

საქართველოში დღეისათვის ცნობილია ნავთობის 10 საბადო – მირზაანი, ტარიბანი, პატარა შირაქი, ნორიო, საცხენისი, სამგორი-პატარძეული, თელეთი, სამგორის სამხრეთი თალი, სუფსა და აღმოსავლეთ ჭალადიდი.

საქართველოს ნავთობების სისტემატიური კვლევები დაიწყო 1940 წელს და დღემდე გრძელდება. საქართველოს ნავთობის კვლევის ძირითადი ცენტრებია:

მეცნიერებათა აკადემიის პ. მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის ნავთობის ქიმიის ლაბორატორია, ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, „საქნავთობისა“ და ბათუმის ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის ლაბორატორია.

პატარა შირაქის ნავთობის საბადო ექსპლუატაციაში მყოფ საბადოთა შორის ერთ-ერთ ძველ (1939წ.) საბადოს წარმოადგენს. აღნიშნული ნავთობი მიეკუთვნება მსუბუქ (სიმკვრივე-0,885გ/სმ³), დაბალგოგირდიან (0,15%) ნავთობთარიცხვს. პარაფინების შემცველობა ტოლია 2%-ის, ასფალტენების 6,16%, ფისების - 27%, აღნიშნული ნავთობი მდიდარია 300°C-მდე მდულარე ფრაქციების შემცველობით (47,5%).

პატარა შირაქის ნავთობის 95-122°C ფრაქციაში დადგენილია ნაფთენური ნახშირწყალბადების: მეთილციკლოპექსანის, ეთილციკლოპექსანის, 1,3-დიმეთილციკლოპექსანის და 1,2,4-ტრიმეთილციკლოპექსანის, ტოლუოლის, ეთილბენზოლის, ორთო-, მეტა- და პარა-ქსილოლების, კუმოლის და ფსევდოკუმოლის არსებობა. არსებული ლიტერატურული მონაცემებით პატარა შირაქის საბადოს სხვადასხვა ჭაბურღილების ნავთობები მცირედ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და მიეკუთვნებიან ნაფთენური ნავთობების ტიპს.

ტარიბანის ნავთობების ნარევის და სასაქონლო ნავთობპროდუქტების ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების შესწავლით დადგენილია, რომ აღნიშნული ნავთობი წარმოადგენს დამძიმებულ, მაღალპარაფინულ, მცირეგოგირდიან ნავთობს.

საცხენისის მე-4 ჭაბურღილის ნავთობი დიდი რაოდენობით შეიცავს 350°C-მდე მდულარე ფრაქციებს, არის ბაცი ყავისფერი; ამ მახასიათებლებით მიაკუთვნებენ ე. წ. „თეთრ“ ნავთობებს. საცხენისის ნავთობი მიეკუთვნება ნაფტენურ-არომატული ტიპის ნავთობს.

საცხენისის მე-10 ჭაბურღილის ნავთობი ხასიათდება დაბალი სიმკვრივით და სიბლანტით, ასევე დაბალია მისი დუღილის სანყისი ტემპერატურა, მაღალია ბენზინის ფრაქციის გამოსავლიანობა, დაბალია ჰეტეროელემენტების შემცველობა და ასფალტენებისა და ფისების ჯამური შემცველობა.

აღნიშნული ნავთობის ოპტიკური აქტიურობა დაბალია, იგი მსუბუქი ნავთობია, ახალგაზრდა ნავთობთა ჯგუფს მიეკუთვნება, ხოლო ჯგუფური შემადგენლობის მიხედვით ალკანურ ნავთობთა ტიპს.

საცხენისის საბადოს ნავთობი მსუბუქია და შესაბამისად მცირედ ნაცრიანი (0,0032 %). სპექტრული ანალიზით დადგენილია შემდეგი ელემენტების: V, Ni, Co, Cr, Mn, Mo, Cu, Fe, Pb, Sr, Zn, Ba შემცველობა.

ნავთობში შეიმჩნევა ვანადიუმისა და ნიკელის შესამჩნევი რაოდენობა და მათი შეფარდებითი სიდიდის ცვალებადობაში გარკვეული კანონზომიერება; ეს შეფარდება თითქმის მუდმივია და დამახასიათებელია სხვადასხვა ჯგუფების

და ასაკის ნავთობებისათვის. ვანადიუმი არის ნავთობის ნაცრის მუდმივი კომპონენტი. გვაქვს ვანადიუმის მაღალი და დაბალი რაოდენობის შემცველი ნავთობები, რაც შესაბამისად დამოკიდებულია მათში ასფალტენებისა და გოგირდის დიდი რაოდენობით შემცველობაზე. მსუბუქ ნავთობებში ვანადიუმისა და ასევე ნიკელის შემცველობა ნაკლებია ვიდრე მძიმე ნავთობებში. საცხენისის საბადოს ნავთობისათვის დამახასიათებელია თანაფარდობა $V < Ni$.

ნავთობში ერთ-ერთ საკმაოდ კარგად შესწავლილ ელემენტს მიეკუთვნება ნიკელი, რომელიც არის როგორც მაღალგოგირდიან, ასევე მცირეგოგირდიან ნავთობებში. საცხენისის ნავთობში ნიკელის შემცველობა იცვლება 1,2-დან 0,16%-მდე, ე.ი. თანაფარდობა V/Ni იცვლება მცირედ და საშუალოდ უდრის 0,21-ს. რკინის შემცველობა კი მაღალია და მერყეობს 3,8-დან 6,5 %-მდე.

ტარიზანის და საცხენისის ნავთობების ნაფთენური ნახშირწყალბადები შესწავლილია ლ. მელიქაძის და ე. თოფურის მიერ აირ-თხევადი და ქრომატო-მას-სპექტრული მეთოდების გამოყენებით. მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე ავტორებმა დაადგინეს, რომ შესწავლილი ნავთობების საშუალო ფრაქციებში ($200-250^{\circ}C$, $250-300^{\circ}C$) არის პოლიციკლური ნაფთენების ჰომოლოგიური რიგის რამდენიმე წარმომადგენელი. ავტორების მიერ აღნიშნულ ფრაქციებში იდენტიფიცირებული იყო 70-ზე მეტი ნაფთენური ბუნების ნახშირწყალბადი, მათ შორის 10 ნახშირწყალბადი პირველადაა აღმოჩენილი ნავთობებში, 54 – კი საქართველოს ნავთობებში.

მირზაანის ნავთობის მოპოვება დაწყებულია 1930 წლიდან და ერთ-ერთ უძველეს საბადოს წარმოადგენს. იგი ნაფთენური ტიპის ნავთობს მიეკუთვნება.

მირზაანის შერეული ნავთობის (XI, XII და XVI ჰორიზონტები) შესწავლის შედეგად დადგენილ იქნა, რომ იგი წარმოადგენს დაბალგოგირდიან ნავთობს, ზეთის დისტილატების მაღალი შემცველობით.

დადგენილი იქნა, რომ მირზაანის ნავთობის ბენზინის ფრაქციებში ჭაბურღილის სიღრმის ზრდასთან ერთად შესაბამისად მცირდება ხუთწევრიანი ნაფთენური ნახშირწყალბადების შემცველობა და იზრდება ექვსწევრიანი ნაფთენური ნახშირწყალბადების შემცველობა. დადგენილია, რომ ამ ნავთობის ზეთის ფრაქციაში არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობა არ აღემატება 26%-ს რაც განაპირობებს მათგან მაღალი ხარისხის შემზეთი მასალების მიღებას.

დადგენილია, რომ მირზაანის ნავთობიდან მიღებული მაზუთის პირდაპირი დაჟანგვით 0,3% MnO_2 თანაობისას შესაძლებელია მაღალი ხარისხის საგზაო ბიტუმის მიღება.

სამგორის, თელეთის და რუსთავის ნავთობები წარმოადგენს ნაფთენურ-პარაფინული ტიპის ნავთობს, სამგორის ნავთობი შეიძლება გამოყენებული იყოს ბენზინის, რეაქტიული სანავის, ნავთის და „II“ მარკის დიზელის სანავის, ასევე სხვადასხვა მარკის მაზუთების მისაღებად.

თელეთის ნავთობი წარმოადგენს მცირეგოგირდიან (0,3%), საშუალო სიმკვრივის (0,873 გ/სმ³) ნაფთენური ბუნების ნავთობს, პარაფინების (0,55%), ას-

ფალტენების (1,8%) და ფისების (5,7%) შემცველობით, მსუბუქი ფრაქციების 54,9 % გამოსავლიანობით.

დასავლეთ უბნის ნავთობების სიმკვრივე საშუალოდ შეადგენს 0,878 კგ/სმ³-ს, რაც საკმაოდ მაღალია, მსუბუქი ფრაქციის გამოსავლიანობა საშუალოდ 25,6%-ია, რაც შეიძლება მიჩნეული იქნეს საშუალო მაჩვენებლად, გოგირდის შემცველობის მიხედვით (არაუმეტეს 0,3%-ისა) დასავლეთ უბნის ნავთობები მიეკუთვნებიან მცირეგოგირდიან ნავთობების ჯგუფს.

დასავლეთის და ცენტრალური უბნების ნავთობების ჯგუფური შედგენილობა ხასიათდება ალკანურ-ნაფთენური და არომატული ნახშირწყალბადების თითქმის ერთნაირი შემცველობით (შესაბამისად 82,14 და 79,89%), ასევე ფისების და ასფალტენების თითქმის ერთნაირი შემცველობით (საშუალოდ 16,5%). დიდი მსგავსებაა აგრეთვე ბენზინის ფრაქციების ჯგუფურ შედგენილობაშიც.

აღმოსავლეთ უბანში – ნავთობშემცველი ინტერვალები განლაგებულია შედარებით ღრმად (სიღრმე აღწევს 2000 მ-ს), შესაბამისად ნავთობების ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები განსხვავებულია – სიმკვრივე შედარებით დაბალია (საშუალოდ შეადგენს 0,834 გ/სმ³); ასფალტენების და ფისების ჯამური მნიშვნელობა 12,42%-ია. პარაფინის შემცველობის მიხედვით ეს ნავთობები მიეკუთვნებიან მცირედ პარაფინულ და პარაფინულ ნავთობთა ჯგუფებს. ამასთან, პარაფინის შემცველობის მაქსიმალური მნიშვნელობა არ აღემატება 7,27%-ს. აღსანიშნავია, რომ აღმოსავლეთ უბნის ნავთობებში მსუბუქი ფრაქციის გამოსავლიანობა მაღალია და შეადგენს საშუალოდ 32,8%-ს.

თელეთის საბადოს ცენტრალური და აღმოსავლეთ უბნებიდან მიღებული ნავთობების სტრუქტურულ-ჯგუფური ანალიზების შედეგების შედარებისას გამოჩნდა განსხვავება. ცენტრალური უბნიდან აღმოსავლეთით არომატული ნახშირწყალბადების მოლეკულური მასა მცირდება, ასევე მცირდება მოლეკულაში ციკლების საშუალო რიცხვი. აღმოსავლეთ უბანში ჰეტერონაერთების შემცველობა შედარებით მომატებულია.

ნორიოს ნავთობი საქართველოს ნავთობებს შორის ყველაზე ღრმად და დეტალურად არის შესწავლილი. აღნიშნული ნავთობი მიეკუთვნება ნაფთენურ-არომატული ტიპის ნავთობს, მცირე რაოდენობით შეიცავს გოგირდს (0,2%) და პარაფინს (0,4%), ხასიათდება ფისების (8,58%) და ასფალტენების (1,22%) მცირე შემცველობით.

ნორიოს 61-ე ჭაბურღილიდან მიღებული ნავთობი ხასიათდება მაღალი სიმკვრივით (0,898გ/სმ³). შესაბამისად დიდი სიბლანტით; მასში ალკანურ-ნაფთენური ნახშირწყალბადები ოდნავ მეტია არომატულ ნახშირწყალბადებზე. საკმაო რაოდენობითაა ასფალტენების და ფისების ჯამი (18,28 %); პარაფინის შემცველობაც მცირეა – იგი მიეკუთვნება მცირედპარაფინულ ნავთობს.

აღსანიშნავია, რომ ნორიოს ნავთობები სიმკვრივის მიხედვით იყოფა ორ ჯგუფად: მსუბუქ (სიმკვრივე – 0,820 – 0,840 გ/სმ³) და შედარებით მძიმე (სიმკვრივე – 0,880 – 0,900 გ/სმ³) ნავთობებად. აღნიშნული სხვაობა აიხსნება განსხვავებული ფრაქციული შედგენილობით. ნორიოს ნავთობის მაღალმოლეკუ-

ლური არომატული ნახშირწყალბადები შეიცავენ კონდენსირებულ არომატულ ნახშირწყალბადებს, რომელთაც ღვინოს მალაღობის ტემპერატურა აქვთ და ზოგიერთი მათგანი გამოირჩევა ხილულ უბანში ფლუორესცირების უნარით. მათგან გამოყოფილია და სპექტრული მეთოდებით იდენტიფიცირებულია ქრიზენის, 3,4-ბენზოფენანტრენის და ბენზოქრიზენის ნაწარმები.

ნორიოს ნავთობის მაღალმდულარე არომატული ფლუორესცენციურებადი კომპონენტების საფუძველზე შემუშავებულია ლუმინოფორების: „ნორიოლი“, „ნორიოლი-A“, „ნორიოლი-400“ მიღების ტექნოლოგიური პროცესი. აღნიშნულმა ლუმინოფორებმა ფართო გამოყენება მოიპოვეს მანქანათა ნაწილების, საავიაციო და ატომური ელექტროსადგურების მნიშვნელოვანი დეტალების ლუმინესცენტურ დეფექტოსკოპიაში.

გურიის ნავთობის შესახებ პირველი ცნობები რუსეთის პრესაში 1872 წელს გამოქვეყნდა. XX საუკუნის 40-იანი წლების ბოლოს ქართველი მეცნიერების ა. სამსონიას და დ. ჩხაიძის მიერ თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ლაბორატორიაში ჩატარებულ იქნა გურიის ნავთობების ანალიზი.

სუფსის ნავთობის საბადო შესწავლილია ასევე ა. გახოკიძის, ნ. ბექაურის, ლ. მელიქაძის, გ. ხიტირის მიერ. დიდი რაოდენობით შეიცავენ ფისოვან ნაერთებს – 37 % და ასფალტენებს – 2,5 %, მცირე რაოდენობით გოგირდს – 0,3 % და პარაფინულ ნახშირწყალბადებს. მსუბუქი ფრაქციების შემცველობა 50%-ის ფარგლებშია.

სუფსის ნავთობშიც, მირზაანის, ნორიოს და პატარა შირაქის ნავთობების ანალოგიურად, დადგენილია ხუთ და ექვსწევრიანი ციკლანების შემცველობა ბენზინ-ლიგროინის ფრაქციაში.

სრულად არის შესწავლილი საქართველოს საბადოების – მირზაანის, ტარიბანის, პატარა შირაქის, ნორიოს, საცხენისის, სამგორის, თელეთის, სამგორის სამხრეთი თალის, სუფსის და ქალაქდიდის ნავთობებში მიკროელემენტების რაოდენობრივი შემცველობა. კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით შექმნილია საქართველოს ნავთობებში მიკროელემენტური შედგენილობის სტატისტიკური მონაცემთა ბანკი, რომელიც გამოიყენება ახალი საბადოების გეოლოგიურ-საძიებო სამუშაოების წარმოებისას.

სამრეწველო პირობებში სრულყოფილი გადამუშავების მიმართულების დადგენის მიზნით შესწავლილია აღმოსავლეთ საქართველოს სამრეწველო ნავთობებისა და მათი ნარეგების ტექნოლოგიური და სასაქონლო მახასიათებლები, ფრაქციული შედგენილობა, სტრუქტურულ-ფუნქციური შედგენილობა.

ამრიგად, მონაცემებიდან გამომდინარე ჩანს, რომ საქართველოში არსებობს ერთმანეთისაგან ქიმიური ბუნებით განსხვავებული თითქმის ყველა ცნობილი ტიპის ნავთობის მცირედებიტური საბადოები. უკანასკნელ წლებში უცხოელ ინვესტორთა დაინტერესებამ და ჩატარებულმა ბურღვითმა სამუშაოებმა დასახა საქართველოში ნავთობის მოპოვების, მისი გადამამუშავებელი მრეწველობის განვითარებისა და შემდგომი გაფართოების რეალური პერსპექტივა.

6. ბუნებრივი საწვავი აირი

უხსოვარი დროიდან ცნობილია მიწის წიაღიდან ამომავალი ცეცხლოვანი მასის შესახებ, რომელსაც „წმინდა“, „მუღმივი“, „ჩაუქრობელ“ ცეცხლს უწოდებდნენ. ასეთი „ცეცხლების“ წყაროები ცნობილი იყო ჩინეთში, იავის კუნძულებზე, სპარსეთში, ბუხარაში, აზერბაიჯანში, ბოლონიასა და ფლორენციაში. „ცეცხლოვან წყაროებს“ შორის ყველაზე ძლიერს ბაქოს ცეცხლი წარმოადგენდა. აღწერილია ცეცხლოვანი შადრევანის არსებობა სომხეთსა და კოლხიდას ტერიტორიებს შორის. ცხადია, რომ „წმინდა“, „მუღმივი“ ცეცხლის წყაროს საწვავი აირი წარმოადგენდა.

არსებობს ბუნებრივი საწვავი აირის საბადოს სამი ტიპი: 1) წმინდა ბუნებრივი აირის საბადო, 2) აირკონდენსატის საბადო და 3) ნავთობის საბადოსთან არსებული – ნავთობის თანმხლები აირები.

ბუნებრივი აირი შედგება ძირითადად მეთანის (77-99%), ეთანის (0,7-7%), პროპანის (0,2-2%), ბუტანის (0.1-0.8%), იზოპენტანის (0.05-0.3%), აზოტის (0.3-15-20%-მდე), მცირე რაოდენობით CO₂-სა და H₂S-გან. არის შემთხვევები, როდესაც ბუნებრივ აირში H₂S-ის შემცველობა 15%-ია (საფრანგეთში ლაიკის საბადოში).

როდესაც ბუნებრივი აირი აზოტს დიდი რაოდენობით შეიცავს, მასში აღინიშნება არგონისა და ჰელიუმის მნიშვნელოვანი შემცველობა. განსაკუთრებით ჰელიუმის, ისე რომ ბუნებრივი აირიდან ახდენენ ჰელიუმის გამოყოფას.

აირების დადგენილი მსოფლიო მარაგის 70% დსთ და ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებზე მოდის, მათგან 40% დსთ-ის ქვეყნებშია, 4%-ზე ოდნავ მეტი დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში, დანარჩენი კი აშშ-სა და კანადაშია.

სხვადასხვა საბადოს აირთა შედგენილობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მაგ.:

ცხრილი 6.1

სხვადასხვა საბადოს აირთა შედგენილობა

აირის შედგენილობა %-ში	ა ი რ ი ს ს ა ბ ა დ ო ე ბ ი					
	ლაკი (საფრანგეთი)	სლოხტერენი (ჰოლანდია)	ხასსირმელი (ალჟირი)	სერმაში (რუმინეთი)	ლოს-ან-ჯელესი (აშშ)	დაშავა (რუსეთი)
მეთანი	69.4	81.9	83.5	99.2	70.5	98.0
ეთანი	2.8	2.7	7.0	–		0.7
პროპანი	1.5	0.38	2.0	–		–

ბუტანი	0.7	0.13	0.8	–	16	–
პენტანი	0.3	0.05	0.3	–		–
ჰექსანი და უფრო მაღალი რიგის ალკანები	0.3	0.03	0.1	–		–
გოგირდწყალბადი	15.2	–	–	–		–
ნახშირბადის (IV) ოქსიდი	9.5	0.8	0.2	–	6.5	0.1
აზოტი	0.3	14.0	6.1	0.8	–	1.2

ასევე შეიძლება იცვლებოდეს ერთი და იმავე ჭაბურღილის საბადოს აირთა შედგენილობა ექსპლუატაციის შედეგად.

აირკონდენსატის საბადო C₁-C₄ შედგენილობის აირების გარდა ცვლადი რაოდენობით შეიცავს (2-5%) უფრო მაღალი რიგის ნახშირწყალბადებსაც. ასეთი საბადოების წარმოქმნა აიხსნება დედამიწის ღრმა ფენებში მაღალ წნევაზე (~75 მპა) ნავთობის კომპონენტების გახსნით შეკუმშულ აირებში. აირკონდენსატის წარმოქმნის ფენაში არსებულ პირობებში (75 მპა წნევა და ზეკრიტიკული ტემპერატურა) აირების (ეთანის, პროპანის) სიმკვრივე თხევად ნახშირწყალბადების სიმკვრივეზე უფრო მაღალია, რის გამოც თხევადი ნახშირწყალბადები იხსნებიან შეკუმშულ აირში.

ეს ნახშირწყალბადები ჭაბურღილიდან მიწის ზედაპირზე ამოსვლისას, წნევის შემცირების გამო თხევადებიან და გამოიყოფიან კონდენსატის სახით მაგ.: ორენტურგის აირის 1მ³ შეიცავს 80გ თხევად ნახშირწყალბადებს, ასტრახანის საბადოს 1მ³ – 400გ კონდენსატს.

კონდენსატის მოცილების შემდეგ აირის შედგენილობა ახლოს არის ბუნებრივი აირის შედგენილობასთან, სხვადასხვა საბადოს კონდენსატის შედგენილობა განსხვავებულია. დადგენილია ზოგიერთი საერთო კანონზომიერება.

ნავთობის მსგავსად, ის შედგება ნ. ალკანების, ციკლოალკანებისა და არენებისაგან, ამასთანავე მათში ნ-ალკანების შემცველობა მეტია იზოალკანების შემცველობაზე. განშტოებული აღნაგობის ალკანებიდან ძირითადად მონომეთილჩანაცვლებული ალკანებია: 2-მეთილპენტანი, 2-მეთილჰექსანი და 2-მეთილჰექსანი. აგრეთვე არის დიმეთილჩანაცვლებული: 2,3- და 2,4-დიმეთილალკანები.

კონდენსატში ციკლოალკანებიდან უპირატესად არის მეთილ-, ეთილციკლოპენტანები, დიმეთილ-ციკლოპენტანები და ციკლოჰექსანები.

კონდენსატის ბენზინის ფრაქციაში არენების შემცველობა უფრო მეტია, ვიდრე ნავთობიდან გამოყოფილ ფრაქციაში.

შუა აზიის აირკონდენსატის 50 სხვადასხვა საბადოს თხევადი ფრაქციის შესწავლამ აჩვენა, რომ ისინი შეიცავენ ძირითადად C₆-C₁₃ შედგენილობის ნახშირწყალბადებს, მათ შორის ბენზოლსა და მის ჰომოლოგებს 20-30%-ის რაოდენ-

ნობით. ზოგიერთ საბადოში ციკლოალკანებიდან ჭარბობს ციკლოჰექსანის შემცველობა, ზოგიერთ საბადოში კი – ციკლოპენტანის ჰომოლოგების.

დნეპრ-დონეცკის საბადოს კონდენსატში არენების შემცველობა 28-31%-ია, ამუდარიის ტერიტორიაზე არსებული საბადოს კონდენსატში – 60%-მდეა.

ბოლო წლებში საძიებო ჭაბურღილების სიღრმის ზრდასთან ერთად იხსნება ახალ-ახალი აირკონდენსატის საბადოები; აირკონდენსატი ხდება დამოუკიდებელი მნიშვნელოვანი წიაღისეული.

ნავთობის თანმხლები აირები ჩანოლილია ნავთობთან ერთად ნავთობის საბადოში, ნაწილობრივ გახსნილია მასში, ნაწილი კი ნავთობის ფენის ზევით იმყოფება და წარმოქმნის ე.წ. „აიროვან ქუდს“.

ნავთობის მოპოვებისას, ზედაპირზე ამოსვლისას, წნევის შემცირებასთან ერთად მასში გახსნილი აირი ნავთობს გამოეყოფა. მისგან ახდენენ მსუბუქი ბენზინის – „აირის ბენზინის“ გამოყოფას.

ბუნებრივი აირისაგან განსხვავებით, რომელსაც მშრალ აირს უწოდებენ, ნავთობის თანმხლებ აირს ცხიმოვან აირს უწოდებენ.

ნავთობის სხვადასხვა საბადოდან მოპოვებული თანმხლები აირების შედგენილობა მნიშვნელოვნად განსხვავებულია:

ცხრილი 6.2

ნავთობის სხვადასხვა საბადოდან მოპოვებული თანმხლები აირების შედგენილობა

საბადო %-ული შემცველობა	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂ და ინერ- ტული აირები
ანასტასიისკ- ტროიცკის	85,1	5	1	1	2,8	5	0,1
ტუიმაზინსკის	41	19,5	18,3	6,4	2,8	-	12
შპაკოვსკის	41,2	15	15,8	6,9	4	0,1	17
მუხანოვსკის	31,4	19	22	9,5	5	4	9
გროზნოს	30,8	7,5	21,5	20,4	13,8	-	-
აპშერონის ნახევარკუნძული	90-94	0,1-3	0,1-0,8	1,6	0,3-2	1-8	-

ადრე ნავთობის თანმხლებ აირებს იქვე სარეწებში წვავდნენ. ამჟამად აირს გამოყოფენ სეპარატორებში და ახდენენ მის ფრაქციონირებას, იყენებენ როგორც საწვავად, ასევე ძვირფას ნედლეულად ქიმიური მრეწველობისათვის.

6.1. მეთანი ზუნებაში

ბუნებრივი აირის და ნავთობის თანმხლები აირების ძირითადი კომპონენტი – მეთანი ბუნებაში ფართოდ არის გავრცელებული.

მისი დიდი ნაწილი გაფანტულია დანალექ და ვულკანურ ქანებში, ტბების, ზღვების და ოკეანეების ხავსებში. მცირე რაოდენობით არის მდინარეების, ტბებისა და ოკეანეების წყლებში, ნიადაგისა და ატმოსფეროს ჰაერში. ის აღმოჩენილია მზის სისტემის პლანეტებსა და შორეულ კოსმოსში.

მეთანი მნიშვნელოვანი რაოდენობით წარმოიქმნება ჭაობებში ორგანულ ნივთიერებათა მიკრობიოქიმიური გარდაქმნების შედეგად, ასევე ქვანახშირის მალარობებში „ნახშირ-მეთანური ხსნარების“ ნახშიროვანი ფენების რღვევის შედეგად, რაც ვულკანურ ამოფრქვევასთან ერთად ატმოსფეროში მეთანის გადასვლის წყაროა.

თავისუფალი მეთანი ბუნებაში იმყოფება სამ ფაზურ მდგომარეობაში;

1. ბუნებრივი აირისა და ნავთობის თანმხლები აირების შემადგენლობაში.
2. წყალში გახსნილი მეთანი-აირჰიდრატი.
3. ქვანახშირში გახსნილი.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, ბუნებრივ აირში მეთანის შემცველობა 77-99%-ია, ხოლო ნავთობის თანმხლებ აირებში საშუალოდ 31-80%-ის ფარგლებშია.

აირჰიდრატები მყარი კრისტალური ნივთიერებებია, რომლებიც გარეგნული ნიშნებით დაპრესილ თოვლს ჰგავს. კრისტალური მესერი წარმოქმნილია წყლის მოლეკულებისაგან, რომელშიც კრისტალური სტრუქტურის სიცარიელეში შეჭრილია აირის მოლეკულები, აირჰიდრატები კლატრატული კომპლექსებია, რომელშიც „მასპინძელია“ წყალი, ხოლო „სტუმარი“ აირები.

მეთანის შემთხვევაში „მყარი“ აირის კრისტალური მესერი შედგება წყლის 6 მოლეკულისაგან, რომლებიც კარკასის შიგნით „კეტავენ“ მეთანის ერთ მოლეკულას. აღსანიშნავია, რომ მეთანი კარკასის შიგნით ძალიან შეკუმშულ მდგომარეობაში იმყოფება, ჰიდრატის 1მ³ შეიცავს დაახლოებით 200-300მ³ მეთანს. ასეთი „ყინული“ კარგად იწვის.

აირჰიდრატების სიმკვრივე 900-1100კგ/მ³, თბოტევადობა 50-103 ჯოული/-მოლ.გრად., წარმოქმნის სითბო ~ 420 კჯოული/კგ.

ჰიდრატებს შეიცავს აირებისა და აირკონდენსატების ყველა ცნობილი საბადო. აირჰიდრატებისა და მათი საბადოების წარმოქმნისათვის ხელსაყრელი პირობები იქმნება დაბალტემპერატურულ ზონებში, როგორცაა ხმელეთის ჩრდილოეთი რაიონები და ოკეანის ფსკერი. 7.48 ატმ. წნევაზე ჰიდრატის წარმოქმნა ხდება 1.1⁰C, ხოლო 54,4 ატმ. -15,5⁰C-ზე. ჰიდრატები აჯერებენ ზღვის დანალექ ფენებს და ახდენენ ფსკერის დაცემენტებას ფსკერის ზედაპირიდან რამდენიმე ათეული სმ-ის სიღრმეზე.

ხმელეთის პერსპექტიულ ტერიტორიას აირჰიდრატების ბუდობებისათვის წარმოადგენს რუსეთის მთელი ჩრდილოეთის – 50%, კანადის 63%, ალიასკის – 75%, გრენლანდია და ანტარქტიდა.

აირჰიდრატების ურიცხვი მარაგი ინახება მსოფლიო ოკეანის ფსკერის ნალექებში 2კმ-ზე და უფრო ღრმად, ოკეანის ნებისმიერ რაიონში, წყლის საშუალო ტემპერატურა 2⁰C არ აღემატება, ხოლო პოლარულ ზონებთან წყლის ნებისმიერ დროსა და ნებისმიერ სიღრმეში ახლოა 0⁰C-თან.

მიაჩნიათ, რომ როგორც ოკეანის ფსკერზე, ასევე ხმელეთზეც, აირჰიდრატების საბადოების ქვეშ უნდა იმყოფებოდეს აირისა და ნავთობის საბადოები.

უკანასკნელ წლებში მიმდინარეობს ინტენსიური კვლევები აირჰიდრატთა საბადოების გამოსავლენად. აშშ-ში, ახალ ზელანდიაში, ინდოეთსა და იაპონიაში წარმოებულ ღრმა ბურღვითი სამუშაოების შედეგად დადგენილია ზღვების ფსკერზე აირჰიდრატების უნიკალური საბადოების არსებობა. რუსეთის ტერიტორიაზე აღმოჩენილია აირჰიდრატის 30 საბადო, კანადაში 10, აირჰიდრატების საბადოები აღმოჩენილია ალიასკაზე.

აირჰიდრატებიდან აირების გამოყოფა შესაძლებელია ფენაზე ელექტრული, აკუსტიკური, თერმოქიმიური ზემოქმედებით, ჰიდრატების დამშლელი კატალიზატორებით, აგრეთვე მათი გაცხელებით ნონასნორულ მდგამარეობაზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე.

ბუნებრივი აირი გროვდება ძირითადად ქვიშისა და კირქვის ქანების სიცარიელებში, ღრმულებში. თიხის ფენებში აირის დაგროვება არ ხდება, ასეთი ქანების მაღალი სიმკვრივისა და მასში არსებული მცირე რაოდენობით სიცარიელების გამო. ქანები, რომლებშიც გროვდება აირები, წარმოადგენენ აირის კოლექტორებს. ისინი წარმოქმნიან ბუნებრივ რეზერვუარებს, რომლებიც შემოსაზღვრულია გაუმტარი ქანებით. აირის საბადოები არის როგორც ხმელეთზე, ასევე ზღვის აკვატორიაში. აირის შეფასებული მარაგი ~211 ტრილიონ მ³ შეადგენს.

აირის მსხვილი საბადოებია შუა და ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებში: ერაყში, საუდის არაბეთში, სპარსეთის ყურის აკვატორიაში, სადაც გამოვლენილია 31x10⁹მ³ აირი, ამერიკაში (ნიუ-მექსიკაში, ნიუ-ტექსელში, მონტანაში, კოლორადოში) 7.78x10⁹მ³; ჩრდილო აფრიკაში (ალჟირში, ლიბანში, ნიგერიაში) 6,1x10⁹მ³; ვენესუელაში – 3,5x10⁹მ³, ევროპული ნაწილის ჩრდილოეთი ზღვის აირნავთობის პროვინციაში – 5,3x10⁹მ³. აირის მნიშვნელოვანი საბადოებია ნიდერლანდებში, საფრანგეთში, რუმინეთში, ინგლისის ჩრდილოეთ ზღვისპირეთში.

აირის უნიკალური საბადოებია რუსეთში: დასავლეთ ციმბირში, იაკუტიაში, ვოლგისპირეთში, კასპიისპირეთში, ჩრდილოეთ კავკასიაში. აირადი რესურსების მიხედვით (30x10⁹მ³) რუსეთს მსოფლიოში პირველი ადგილი უკავია. აირის მდიდარი საბადოებია უკრაინაში – დონეცკში, თურქმენეთის სამხრეთ და ჩრდილოეთის მხარეში, უზბეკეთის დასავლეთ ნაწილში, აზერბაიჯანში.

საქართველოში აღმოჩენილია ბუნებრივი აირის ორი საბადო. რუსთავის (შუაეოცენურ ვულკანოგენურ-დანალექ წყებაში) და სამგორის (ქვედაეოცენურ

ქვიშაქვებში); მოძიებული მარაგიდან მოპოვებულია $0,374 \times 10^9 \text{მ}^3$ ბუნებრივი აირი, დარჩენილია $8 \times 10^9 \text{მ}^3$.

აირკონდენსატის მსხვილი საბადოებია აზერბაიჯანში, შუა აზიაში, რუსეთში – სარატოვის, ტიუმენის, ორენბურგის ოლქებში, კომის ავტონომიურ რესპუბლიკაში, ასტრახანში.

საქართველოში აირკონდენსატის საბადო არის ქ. რუსთავის ჩრდილოეთ ნაწილში; ჩანოლილია ზღვის დონიდან 2700-3000მ სოლრმეზე. გაბურღულია 5 ჭაბურღილი. თითოეულიდან დღე-ღამეში მოპოვებული იყო $120 \times 10^3 \text{მ}^3$ აირი და $10-12 \text{მ}^3$ კონდენსატი.

6.2. ქვანახშირეზი გახსნილი აირები (მეთანი)

ქვანახშირში გახსნილი აირები შედგებიან მეთანის, მისი ჰომოლოგების, CO_2 -ის, N_2 -ის, H_2S -ისა და წყალბადისაგან. ისინი წარმოიქმნებიან მცენარეული მასალის ტორფად და ქვანახშირად გარდაქმნის პროცესში. მათში მეთანის შემცველობა 60-98%-ის ფარგლებშია.

ქვანახშირის საბადოებში მეთანის მნიშვნელოვანი რაოდენობით შემცველობა განპირობებულია მეთანის ადსორბციით ქვანახშირის ფენებში არსებული ბზარებისა და ნაპრალების გზით. მეთანი ჰაერთან ფეთქებადსაშიმ წარევეს წარმოქმნის, რის გამოც ქვანახშირის მოპოვებისას შახტებში ადგილი აქვს აფეთქებას. ძლიერი აფეთქება ხდება იმ შემთხვევაში, როდესაც მეთანის შემცველობა ჰაერში 9.5%-ია, 5%-ზე ნაკლები და 14-16%-ზე მეტი მეთანის მინარევი ჰაერთან არააფეთქებადია. აფეთქებების საშიშროების გამო აუცილებელია შახტებში ძლიერი ვენტილაცია და ქვანახშირის ფენების დეგაზაცია.

ქვანახშირის ფენებიდან აირის ზომიერ მოპოვებას შეუძლია შეიტანოს გარკვეული წილი მსოფლიოს აირით უზრუნველყოფის საქმეში.

ჩვეულებრივ 1ტ ქვანახშირიდან მიიღება 6-8მ³ აირი. მაგ.: აღმოსავლეთ-ევროპის ქვანახშირის საბადოებიდან მოპოვებულია (გენერირებულია) $6,72 \cdot 10^{15} \text{მ}^3$ მეთანი, ვორკუტის ქვანახშირის საბადოს 1 ტ. ნახშირი შეიცავს $8,91 \cdot 10^{11} \text{მ}^3$ მეთანს.

6.3. მეთანი ტბების, ზღვებისა და ოკეანეების ხავესში

მეთანის მოპოვების ერთ-ერთ ბუნებრივ ნედლეულს წარმოადგენს ტბების, ზღვების და ოკეანეების ხავესები. აღნიშნულ ხავესებში კონცენტრირებულია ბიოსფეროს ორგანული ნაერთები, მაგრამ ბუნებრივი პროცესების გზით ნახშირწყალბადების წარმოქმნა მიმდინარეობს ძალიან ნელა.

ხავსიდან გამოყოფილი აირები შეიცავდნენ 51%-მდე მეთანს, 0.08%-მდე C_2H_6 , 0.2% - C_3H_8 , 0.06% - C_4H_{10} , 22% - CO_2 , 44-85% - N_2 , 0.01% - H_2 და 1% - Ar.

საწარმოო პირობებში სხვადასხვა ფაქტორების გავლენით მეთანის მიღება ხავესების ბიომასიდან დიდ ყურადღებას იმსახურებს.

დიდია ბუნებრივი აირისა და ნავთობის თანმხლები აირების როლი ქვეყნის ეკონომიკის საქმეში. ისინი წარმოადგენენ, როგორც მნიშვნელოვან ენერგორესურსს, ასევე ძვირფას ნედლეულს ქიმიური მრეწველობისათვის.

აირს, როგორც სანვავს, გააჩნია რიგი უპირატესობა სხვა სანვავებთან შედარებით. აირი ადვილად ააღდება, მისი წვისას არ წარმოიქმნება ნაცარი, ნორმალური წვის რეჟიმისას არ ხდება ჭვარტლის, ბოლის და სხვა არასრული წვის პროდუქტების წარმოქმნა. ასევე აღსანიშნავია, რომ ადვილია აირის ტრანსპორტირება აირსადენების საშუალებით. აირი მიედინება მომხმარებლამდე როგორც ახლო, ისე რამდენიმე ათასი კმ-ის მანძილზე.

ბუნებრივი აირი, როგორც სანვავი, ფართოდ გამოიყენება თბოელექტროსადგურებში, ქარხნების საქვაბე დანადგარებში, სამრეწველო ღუმელებში (ბრძმედისა და მარტენის), მინასახარშ ღუმელებში, ყოფა-ცხოვრებაში, ავტოტრანსპორტში (შეკუმშული სახით).

ბუნებრივი აირისა და ნავთობის თანმხლები აირების გარდა მრეწველობაში გამოიყენება ნავთობპროდუქტებისა და ნარჩენების კრეკინგის, პიროლიზისა და დაკოქსვის შედეგად მიღებული აირები.

ბუნებრივი აირიდან ძირითადად გამოიყოფა CH_4 , რომელიც გამოიყენება აცეტილენის, ეთილენის, პროპილენის, აცეტალდეჰიდის, ძმარმჟავას წარმოებაში.

ნავთობის თანმხლები აირებიდან გამოყოფენ ინდივიდუალურ ნივთიერებებს და მათ იყენებენ შემდეგი დანიშნულებით:

1. ეთანის ფრაქცია გამოიყენება მაცივარ-აგენტად, როგორც ნედლეული პიროლიზისათვის, ზეთების დეპარაფინიზაციისათვის და სხვა.
2. პროპანის ფრაქცია – ნედლეული პიროლიზისათვის, მაცივარ-აგენტად, კომპონენტად თხევადი აირის მისაღებად.
3. ბუტანის ფრაქცია – ნედლეულად სინთეზური კაუჩუკის წარმოებაში, ნედლეულად პიროლიზისათვის, საყოფაცხოვრებო თხევადი აირის კომპონენტი (პროპან-ბუტანის ფრაქცია).
4. იზობუტანის ფრაქცია – ნედლეული სინთეზური კაუჩუკის წარმოებისათვის, მაალკილირებელი აგენტი.
5. იზოპენტანის ფრაქცია – ნედლეული იზოპრენული კაუჩუკის მისაღებად, მაალკოქტანური ბენზინის კომპონენტი.
6. პენტანის ფრაქცია – იზომერიზაციისა და პიროლიზის ნედლეული.

პიროლიზის, კრეკინგისა და დაკოქსვის შედეგად მიღებული აირებისაგან გამოყოფენ შემდეგ ფრაქციებს:

1. ეთილენი-ეთანის – ეთილის სპირტის, პოლიეთილენის წარმოებასა და სხვა სინთეზში.
2. პროპან-პროპენის – პოლიპროპილენის წარმოებაში, პოლიმერბენზინების, ფენოლის და აცეტონის მისაღებად.
3. ბუტან-ბუტილენის – ალკილირებისათვის, პოლიმერიზაციისათვის, მეთილეთილკეტონის, მეთილ-მესამეულბუტილეთერის მისაღებად.

ნედლი აირის წინასწარი გადამუშავება ხდება იმის მიხედვით, თუ რა შედეგ-ნილობისაა ის და რა მიზნით გამოიყენება.

საბადოდან მოპოვებული აირი შეიცავს წყლის ორთქლს, ნახშირბადის დი-ოქსიდს, გოგირდწყალბადს, აზოტს. გოგირდწყალბადს დიდი რაოდენობით შეი-ცავენ აირები, რომლებიც მიღებულია გოგირდოვანი ნავთობისა და ნავთობ-პროდუქტების კრეკინგის შედეგად. მაგალითად, არლანის ნავთობის ვაკუუმუ-რი გაზოილის კატალიზური კრეკინგის შედეგად მიღებულ აირში H₂S-ის შემ-ცველობა 13-15%-ია, ხოლო იმავე ნავთობის გუდრონის კრეკინგით მიღებული აირში – 20%.

H₂S-ისა და CO₂-ის არსებობა აირში იწვევს აირგადამამუშავებელ დანადგა-რებსა და მილსადენების ინტენსიურ კოროზიას, განსაკუთრებით წყლის გარე-მოში.

აირების ბაზაზე სინთეზების განხორციელებისას H₂S ახდენს კატალიზატო-რის მონაწილას, რითაც აბრკოლებს პროცესის ჩატარებას.

H₂S-ის შემცველობა დაუშვებელია საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის გამო-ყენებულ სანვავებში.

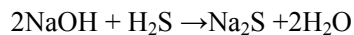
წყლის არსებობა აირებში არასასურველია, რადგან გარდა იმისა, რომ წყა-ლი ხელს უწყობს H₂S-ისა და CO₂-ის კოროზიულ მოქმედებას, ის იწვევს მყარი აირჰიდრატების წარმოქმნას, რომლებიც ილექებიან მილსადენის კედლებზე და აბრკოლებენ აირის გავლას. ამიტომ აუცილებელია აირების გამოშრობა და H₂S-ისა და CO₂-ისაგან განწმენდა.

აირების გამოშრობა წარმოებს როგორც თხევადი რეაგენტების ეთილენ-გლიკოლის, დი- და ტრიეთილენგლიკოლებით, ისე მყარი ადსორბენტების – ალუმინის ოქსიდის, მოლეკულური საცრების, კერძოდ CaA ცეოლითის გამოყე-ნებით.

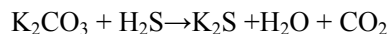
აირებიდან გოგირდწყალბადის მოცილება მისი დაბალი შემცველობის დროს ძირითადად ხდება ე.წ. მშრალი მეთოდით. ამ მიზნით გამოიყენება: თუთი-ისა და რკინის ოქსიდები, გააქტიურებული ნახშირი, ცეოლიტები.

დიდი რაოდენობით H₂S-ის შემცველობისას გამოიყენება სველი მეთოდები, კერძოდ.:

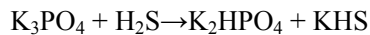
1. ტუტის ხსნარი



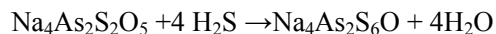
2. პოტაშის ცხელი ხსნარი



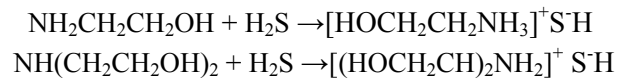
3. კალიუმის ფოსფატის ხსნარი



4. ნატრიუმის პენტაოქსოდიტიოდეარსენატის ხსნარი



აირგადამამუშავებელ ქარხნებში ამ მიზნით ფართოდ გამოიყენება მონო- და დიეთანოლამინები. აღსანიშნავია, რომ 25-30⁰C-ზე ადგილი აქვს ამინოსპირტების H₂S-თან ურთიერთქმედებას, ხოლო მიღებული პროდუქტის გაცხელებით 100⁰C-ზე და ზევით, მიმდინარეობს შებრუნებული რეაქცია – H₂S-ის გამოყოფა და ამინოსპირტების რეგენერაცია:



ამ პროცესების დროს გამოყოფილ H₂S იყენებენ გოგირდმჟავას წარმოებაში.

აღსანიშნავია, რომ მონოეთანოლამინი ხასიათდება უფრო მაღალი რეაქციისუნარიანობით, უფრო იაფია და ადვილად რეგენირდება, მაგრამ ის ადვილად შედის რეაქციაში CS₂, COS, O₂-თან და კარგავს აქტიურობას.

7. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების თვისებები

ნავთობის გადამუშავების შედეგად მიიღება 600 სახის სხვადასხვა ნავთობპროდუქტი. შედგენილობის, თვისებების და გამოყენების სფეროს მიხედვით ნავთობპროდუქტებს ყოფენ შემდეგ ჯგუფებად: 1. თხევადი საწვავები, 2. ზეთები, 3. პლასტიკური საპოხი ნივთიერებები, 4. პარაფინები და ცერეზინები, 5. ბიტუმები, 6. ტექნიკური ნახშირი (მური), 7. ნავთობის კოქსი, 8. საწვავებისა და საპოხი მასალების დანამატები, 9. არომატული ნახშირწყალბადები და სხვადასხვა დანიშნულების ნავთობპროდუქტები.

ნავთობპროდუქტებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია თხევადი საწვავები.

თხევადი საწვავები თავის მხრივ იყოფა:

საწვავები – 1. კარბურატორიანი ძრავებისათვის (საავიაციო და საავტომობილო), 2. რეაქტიული ძრავებისათვის, 3. დიზელებისათვის 4. სალუმელე 5. საქვაბე 6. აირტურბინის 7. კომუნალური-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების გათხევადებული აირები.

ნავთობგადამამუშავებელი მრეწველობის ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას წარმოადგენს მაღალხარისხიანი ნავთობპროდუქტების წარმოება.

ხარისხის შესაფასებლად შემუშავებულია მათი სხვადასხვა ფიზიკური, ქიმიური და საექსპლუატაციო თვისებების განსაზღვრა, კერძოდ: სიმკვრივის, სიბლანტის, ფრაქციული შედგენილობის, ფეთქებისა და აალების ტემპერატურის განსაზღვრა; საწვავების მუავიანობის, კოროზიულად აგრესიული ნივთიერებების, ფაქტიური ფისების, გოგირდის შემცველობის, წყლის, მექანიკური მინარევებისა და საწვავის სტაბილობის განსაზღვრა. გარდა ამ საერთო მახასიათებლებისა, თითოეული ნავთობპროდუქტისათვის დადგენილია ასევე სპეციფიკური მახასიათებლების განსაზღვრა. მაგ.: ბენზინებისათვის – დეტონაციური მდგრადობის (ოქტანური რიცხვის), დიზელის საწვავებისათვის – აალების უნარის (ცეტანური რიცხვის) და სხვა.

7.1. სიმკვრივე

სიმკვრივე წარმოადგენს ერთეული მოცულობის ნივთიერებების მასას. საერთაშორისო სისტემაში მისი განზომილებაა გ/სმ³.

აშშ-ში ნავთობგადამამუშავებელ მრეწველობაში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სიმკვრივის მნიშვნელობის გამოსახვისათვის შემუშავებულია ნავთობის ამერიკის ინსტიტუტის ერთეული ⁰API, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი ფორმულიდან:

$${}^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{ფარდობითი სიმკვრივე}} - 131.5$$

ცხრილი 7.1

ზოგიერთი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის ფარდობითი სიმკვრივეები და სიმკვრივეები ⁰API-ის ერთეულში

ნავთობი(ნავთობპროდუქტი)	ფარდობითი სიმკვრივე	სიმკვრივე ⁰ API
მძიმე ნავთობი	0.95	17.45
მსუბუქი ნავთობი	0.84	36.95
ბენზინი	0.74	59.72
ნავთობის ბიტუმი	0.99	11.43

ინდივიდუალური ნივთიერებების შემთხვევაში სიმკვრივე ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია და ცნობილ ნივთიერებათა შემთხვევაში მათი იდენტიფიკაციისა და სისუფთავის დასადგენად გამოიყენება.

გარდა იმისა, რომ სიმკვრივე ნავთობის ფრაქციების ერთ-ერთი მახასიათებელი სიდიდეა, ის იძლევა გარკვეულ ინფორმაციას ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ქიმიური შედგენილობის – ნახშირწყალბადოვანი სტრუქტურულ-ჯგუფური შედგენილობის დასადგენად.

ნავთობპროდუქტების ნახშირწყალბადოვანი შედგენილობის დადგენისას სიმკვრივის გამოყენება დაფუძნებულია იმ ფაქტზე, რომ ნახშირბადატომების ტოლი რიცხვის შემცველი სხვადასხვა რიგის ნახშირწყალბადებიდან, ალკანებს გააჩნიათ ყველაზე დაბალი სიმკვრივე, ხოლო არენებს – ყველაზე მაღალი.

ცხრილი 7.2.

ნახშირბადატომების ტოლი რიცხვის შემცველი სხვადასხვა რიგის ნახშირწყალბადების ფარდობითი სიმკვრივეები

ნახშირწყალბადები	ს ი მ კ ვ რ ი ვ ე , გ/სმ ³		
	მოლეკულაში ნახშირბადატომთა რიცხვი 6	მოლეკულაში ნახშირბადატომთა რიცხვი 8	მოლეკულაში ნახშირბადატომთა რიცხვი 10
ალკანები	0.659	0.703	0.730
ალკენები	0.675-0.681	0.715-0.719	0.744
ციკლოჰექსანი და მისი ჰომოლოგები	0.778	0.748	0.800
ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები	0.879	0.864	0.866

60°C-მდე ფრაქციაში, რომელიც არეწებს არ შეიცავს, ციკლოალკანების შემცველობას ადგენენ სიმკვრივის მიხედვით. მაგ.:

ცხრილი 7.3

ციკლოალკანების შემცველობა სიმკვრივის მიხედვით

სიმ- კვრივე ρ_{15}^{15}	ციკლო- ალკანე- ბის მასუ- რი წილი %	სიმკვ- რივე ρ_{15}^{15}	ციკლო- ალკანე- ბის მასური წილი %	სიმკვ- რივე ρ_{15}^{15}	ციკლო- ალკანე- ბის მასური წილი %	სიმკ- ვრივე ρ_{15}^{15}	ციკლო ალკანე- ბის მასური წილი %
0.650	0	0.680	32	0.710	61	0.740	88
0.660	11	0.690	42	0.720	70	0.750	97
0.670	22	0.700	52	0.730	79	0.754	100

ნავთობის სიმკვრივე ასევე დამოკიდებულია მასში გახსნილი აირების, ფისოვან ნივთიერებათა, მარილებისა და სხვა ნივთიერებათა რაოდენობაზე.

ნავთობის სიმკვრივე დროში იცვლება, რაც რიგი ფაქტორებით არის გამოწვეული:

- 1) მსუბუქი ფრაქციების აორთქლება (გამოფიტვა);
- 2) თანამდე ჟანგვითი პროცესების წარმართვა, რის შედეგადაც ფისოვანი ნივთიერებები წარმოიქმნება.

ასევე მნიშვნელოვანია ის, რომ ერთი საბადოს სხვადასხვა ფენის სიმკვრივე განსხვავებულია. როგორც წესი, სიღრმის ზრდასთან ერთად სიმკვრივე მცირდება, რაც გაპირობებულია იმით, რომ ზედა ფოროვან ფენებში მდებარე ნავთობი (როგორც ზემოთ იყო განხილული) დროთა ვითარებაში ნაწილობრივ ორთქლდება და იჟანგება, ხოლო დაბლა ჰორიზონტებში მდებარე ნავთობის შედგენილობა შენარჩუნებულია, განსაკუთრებით თუ ზემოდან დაცულია თიხოვანი ფენებით.

არის საწინააღმდეგო შემთხვევებიც: ზოგიერთი საბადოს ნავთობის სიმკვრივე მატულობს ფენის განლაგების სიღრმის მიმართულებით. ეს შეიძლება აიხსნას იმით, რომ თავდაპირველი ჩანოლის ჰორიზონტიდან შედარებით მაღალ ფენებში მიგრაციის პროცესში, ფოროვან ქანებში გავლისას, ნავთობი იფიტრება და თავისუფლდება უფრო მძიმე ფისოვანი ნაწილისაგან, რის შედეგადაც ზედა ფენებში არსებული ნავთობი უფრო მსუბუქია.

ნედლი ნავთობის სიმკვრივე 0.73-1.0გ/სმ³, უფრო ხშირად – 0.61-0.985გ/სმ³-ის ფარგლებშია.

ჩვეულებრივ ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სიმკვრივეს საზღვრავენ არეომეტრული და პიკნომეტრული მეთოდებით. ლაბორატორიებში უპირატესად საზღვრავენ ფარდობით სიმკვრივეს 20°C-ზე. საკვლევი სითხის გარკვეული მოცულობის მასას, გაზომილს 20°C-ზე აფარდებენ 4°C-ზე გაზომილ იმავე მოცულობის წყლის მასასთან, აღინიშნება ρ_4^{20} .

სიმკვრივის განსაზღვრა შეიძლება ნებისმიერ ტემპერატურაზე და ρ_4^{20} -ის მნიშვნელობა გაიანგარიშება ფორმულით:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + 5\gamma(t-20)$$

სადაც ρ_4^t არის სიმკვრივე განსაზღვრული ცდის ტემპერატურაზე, γ სითხის მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი, t ტემპერატურა, რომელზედაც განისაზღვრა სიმკვრივე.

ამ ფორმულით სარგებლობა შესაძლებელია 0-50°C-ის ფარგლებში და იმ შემთხვევაში, როდესაც ნავთობი და ნავთობპროდუქტები მყარ პარაფინებსა და არომატულ ნახშირწყალბადებს არ შეიცავს.

γ მნიშვნელობის გამოთვლა შეიძლება შემდეგი ფორმულიდან

$$\gamma = 0.001828 - 0.00132\rho_4^{20}$$

აშშ-სა და ინგლისში ფარდობითი სიმკვრივის განსაზღვრისათვის საკვლევი ნივთიერებისა და წყლის მასებს საზღვრავენ ერთსა და იმავე ტემპერატურაზე, კერძოდ 15.56°C-ზე. ρ_4^{20} -ის გაანგარიშება ხდება შემდეგი ფორმულიდან:

$$\rho_4^{20} = \rho_{15.56}^{15.56} - 5\gamma$$

აღსანიშნავია, რომ სიმკვრივე წარმოადგენს სანვავებისა და ზეთების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ქიმიოტოლოგიურ მანორმირებელ მაჩვენებელს.

მოცემული სანვავისათვის 20°C-ზე სიმკვრივის მნიშვნელობების დასაშვები სიდიდეებია:

- საავტომობილო ბენზინებისათვის – 0.750გ/სმ³;
- რეაქტიული ძრავებისათვის – 0.755-0.840გ/სმ³;
- სწრაფმავალი დიზელებისათვის – 0.830-0.860გ/სმ³;
- საშუალო და მცირე ბრუნვის მქონე ძრავებისათვის – 0.93-0.97გ/სმ³;
- აირ-ტურბინული დანადგარებისათვის – 0.935გ/სმ³;
- საქვაბე დანადგარებისათვის – 0.955-1.015გ/სმ³;

7.2. მოლეკულური მასა

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისათვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს მოლეკულური მასა. ნავთობის ვიწრო ფრაქციებისათვის მოლეკულური მასა მასში შემავალ ნივთიერებათა მოლეკულური მასების საშუალო არითმეტიკულ სიდიდეს წარმოადგენს. სხვადასხვა ნავთობის ერთნაირ ტემპერატურულ ინტერვალში (50°C) გამოხდელი ფრაქციების მოლეკულური მასები დაახლოებით ერთნაირია.

მოლეკულური მასის ცოდნა აუცილებელია ნავთობპროდუქტების სტრუქტურულ-ჯგუფური შედგენილობის დასადგენად, მოლეკულური რეფრაქციის განსაზღვრისათვის და სხვა.

ექსპერიმენტულად ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მოლეკულური მასის განსაზღვრისათვის გამოიყენება კრიოსკოპული ან ებულიოსკოპული მეთოდები.

არსებობს მოლეკულური მასის გამოსათვლელი ემპირიული ფორმულები, რომელთა შორის ყველაზე მეტად გამოიყენება ვინოვის მიერ მოწოდებული ფორმულა:

$$M = a + bt_{\text{საშ}} + ct_{\text{საშ}}^2$$

სადაც $t_{\text{საშ}}$ – ნავთობპროდუქტის საშუალო დუღილის ტემპერატურაა, a, b, c მუდმივებია, რომლებიც ცალკეული თუ სხვადასხვა რიგის ნახშირწყალბადებისათვის განსხვავებულია. მაგ.: პარაფინული ფრაქციებისათვის

$$M_{\text{საშ}} = 60 + 0.3t_{\text{საშ}} + 0.001t_{\text{საშ}}^2$$

ნავთობის ფრაქციის ქიმიური შედგენილობის გათვალისწინებით

$$M = (7K - 21.5) + (0.76 - 0.04K)t_{\text{საშ}} + (0.0003K - 0.00245)t_{\text{საშ}}^2$$

სადაც K მახასიათებელი ფაქტორია, რომელიც გამოითვლება ფრაქციის საშუალო დუღილის ტემპერატურითა და სიმკვრივით :

$$K = \frac{1.216 \sqrt[3]{t_{\text{საშ}} + 273}}{\rho_{15.56}^{15.56}}$$

K -ს მნიშვნელობა 10.0-12.5-ის ფარგლებში მერყეობს.

7.3. სიბლანტე

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისათვის სიბლანტე მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს. მისი ცოდნა აუცილებელია ნავთობის ამოღების სქემის შემუშავებაში, ტრანსპორტირებისას, ტექნოლოგიური დანადგარების გაანგარიშებისათვის, ხოლო ზეთებისა და მძიმე ნავთობპროდუქტებისათვის საექსპლუატაციო თვალთახედვითაც.

სიბლანტე ანუ სითხის შინაგანი ხახუნის ენოდება სითხის თვისებას, გაუწიოს წინააღმდეგობა მისი ერთი ნაწილის გადაადგილებას მეორის მიმართ (ნანაცვლების, გაჭიმვის ან სხვა დეფორმაციების დროს), მასზე გარეშე ძალების მოქმედებისას.

სითხის შინაგანი ხახუნის მოლეკულათშორისი შეჭიდულობის ძალების დამახასიათებელი ფიზიკური თვისებაა.

ბუნებრივია, სიბლანტის სიდიდე დამოკიდებულია სითხის ქიმიურ ბუნებაზე – მის ქიმიურ აღნაგობაზე.

ნიუტონის კანონის თანახმად სითხის შინაგანი ხახუნის ძალა F დამოკიდებულია მისი ფენების შეხების ზედაპირზე S , მათი შეფარდებითი მოძრაობის სიჩ-

ქარეთა სხვაობაზე ΔV , ფენებს შორის მანძილზე Δh და სითხის მოლეკულურ თვისებებზე:

$$F = \eta \cdot S \cdot \frac{dV}{dh}$$

F-ს ეწოდება შიდა ხახუნის კოეფიციენტი ანუ დინამიკური სიბლანტე.

η – პროპორციულობის კოეფიციენტია, რომელიც დამოკიდებულია სითხის მოლეკულურ თვისებებზე:

როცა $\Delta h \rightarrow 0$

$$F = \eta \cdot S \cdot \frac{dV}{dh}$$

dV/dh სიჩქარის გრადიენტია, რომელიც ახასიათებს მის ცვლილებას ფენების შეხების სიბრტყის პერპენდიკულარული მიმართულებით.

სიჩქარის გრადიენტის არსი განვიხილოთ მინის მილებში სითხის მოძრაობის მაგალითზე.

მილის ზედაპირთან მდებარე სითხის თხელი ფენა თითქოს ეკვრის მას და უძრავი ხდება, რადგან მოლეკულური შეჭიდულობა სითხის და მინის მოლეკულებს შორის მეტია, ვიდრე თვით სითხის მოლეკულებს შორის. ამიტომ მინის მილში სითხის მოძრაობისას სითხის სხვადასხვა ფენები სხვადასხვა სიჩქარით მოძრაობენ. სითხის ფენის მოძრაობის სიჩქარე მით მეტია, რაც უფრო დაშორებულია ის მილის კედლიდან და პირიქით.

სითხის ცალკეული ფენების ერთმანეთის მიმართ მოძრაობის დამუხრუჭებაში ვლინდება სწორედ შიდა ხახუნის ძალა.

განასხვავებენ დინამიკურ, კინემატიკურ და პირობით სიბლანტეს. დინამიკური სიბლანტე წარმოადგენს სიბლანტის რაოდენობრივ მახასიათებელს:

$$\eta = \tau \frac{h}{V}$$

სადაც τ შემხები დაძაბულობაა, რომელიც მოქმედებს სითხის ფენებს შორის ერთი ფენის მეორის მიმართ გადანაცვლებისას, V – ფარდობითი მოძრაობის სიჩქარეა, h მანძილი ფენებს შორის.

დინამიკური სიბლანტის განზომილებაა პა/წმ; პრაქტიკაში იყენებენ მპა/წმ-ს.

დინამიკური სიბლანტე განისაზღვრება მინის დაკალიბრებული ვისკოზიმეტრის კაპილარიდან განსაზღვრული მოცულობის სითხის გადმოღინების დროით.

1840 წ. პუაზეილმა მოგვანოდა ფორმულა, რომელშიც მოცემულია დამოკიდებულება დინამიკურ სიბლანტეს η , წნევას, (რომლის გავლენითაც მოძრაობს სითხე), სითხის მოცულობას V , კაპილარში სითხის გადმოღინების დროს τ , კაპილარის რადიუსს r და კაპილარის სიგრძეს L შორის:

$$\eta = \frac{\pi \cdot P \cdot r^4 \cdot \tau}{8 \cdot L \cdot V}$$

რადგან ყოველი (ინდივიდუალური) კაპილარისათვის r , L და V მუდმივი სიდიდეებია, პუაზეილის განტოლება გამარტივებული სახით ასე გამოისახება:

$$\eta = D \cdot P \cdot \tau$$

სადაც D – ვისკოზიმეტრის მუდმივაა, რომელიც განისაზღვრება ვისკოზიმეტრის დაკალიბრებით ცნობილი ეტალონის მიხედვით.

პრაქტიკაში უფრო მეტად გამოიყენება კინემატიკური და პირობითი სიბლანტე.

კინემატიკური სიბლანტე წარმოადგენს სითხის დინამიკური სიბლანტის ფარდობას სიმკვრივესთან. სიბლანტე და სიმკვრივე ერთსა და იმავე ტემპერატურაზე უნდა იყოს გაზომილი.

კინემატიკური სიბლანტის განზომილებაა $\text{მ}^2/\text{წმ}$.

პრაქტიკაში კინემატიკურ სიბლანტეს გამოსახავენ სტოქსებში (სტ) ან მეასედ სტოქსებში (სსტ), $1_{\text{სტ}} = 10^{-4} \text{მ}^2/\text{წმ}$.

პირობითი სიბლანტე (პს) განისაზღვრება გარკვეული მოცულობის (200სმ^3) ნავთობპროდუქტის გადმოდინების დროის ფარდობით იმავე მოცულობის წყლის გადმოდინების დროსთან ან უბრალოდ ისაზღვრება სტანდარტული ხელსაწყოდან ნავთობპროდუქტის გადმოდინების დროით.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისათვის სიბლანტე დიდად არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე, რასაც გამოსახავენ გრაფიკულად სიბლანტის მრუდებით; აბსცისთა ღერძზე გადაზომავენ ტემპერატურას, ხოლო ორდინატთა ღერძზე სიბლანტეს.

ნახშირწყალბადებიდან ყველაზე მცირე სიბლანტით და სიბლანტის მრუდის ყველაზე დიდი დამრეცობით ხასიათდებიან ნ-ალკანები, ყველაზე მაღალი სიბლანტითა და ყველაზე ციცაბო მრუდით – არომატული ნახშირწყალბადები, განსაკუთრებით ბი- და პოლიციკლური ნახშირწყალბადები.

ტემპერატურის გავლენა ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სიბლანტეზე, თავის მხრივ, დამოკიდებულია მათ ფრაქციულ და ნახშირწყალბადოვან შედგენილობაზე. დუღილის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად მათი სიბლანტე მნიშვნელოვნად იზრდება.

მაგალითად, თუ ბენზინის კინემატიკური სიბლანტე $\nu_{20^{\circ}\text{C}} = 0.6\text{სსტ-ს}$, მძიმე ნარჩენი ზეთებისათვის $\nu_{20^{\circ}\text{C}} = 300\text{-}400\text{ სსტ-ია}$. ნავთობის კომპონენტებიდან ყველაზე დიდი სიბლანტით ხასიათდებიან ფისოვანი ნივთიერებები.

რადგან ნავთობის ზეთები ტემპერატურის ფართო ინტერვალში მუშაობს, ამიტომ სიბლანტის ტემპერატურული მრუდის ხასიათი მათთვის წარმოადგენს

მნიშვნელოვან საექსპლუატაციო მახასიათებელს. ზეთები, რომლებსაც დამრეცი ტემპერატურული მრუდი აქვთ მაღალი ხარისხისაა.

ტემპერატურის შემცირებით მაღალი სიბლანტის მქონე ნავთობმა, ბუნებრივმა ბიტუმებმა, გუდრონმა შეიძლება გამოავლინონ ანომალური სიბლანტე ე.წ. სტრუქტურული სიბლანტე. ბევრი ნავთობი, ასევე ზოგიერთი ზეთი, განსაზღვრულ ტემპერატურამდე გაცივებისას, მასში შემავალ კომპონენტთა ნაწილის კრისტალიზაციის ან კოაგულაციის შედეგად წარმოქმნის დისპერსულ სისტემებს. ამ შემთხვევაში სითხის დენადობა აღარ არის მოდებული დატვირთვის ძალის პროპორციული (არ ემორჩილება ნიუტონის კანონს), რადგან სითხის შიგნით წარმოიქმნება რომელიღაც კომპონენტის (ასფალტენების, პარაფინების, ცერეზინების და სხვა) კოაგულანტი. ასეთი სისტემების სიბლანტეს სტრუქტურულს უწოდებენ. ასეთი სტრუქტურის დასარღვევად საჭირო ხდება ძალა, რომელსაც დრეკადობის ზღვარს უწოდებენ. სტრუქტურის დარღვევის შედეგად სითხე ისევ ემორჩილება ნიუტონის კანონს და მისი დენადობა მოდებული ძალის პროპორციული ხდება.

ნავთობპროდუქტებში სივრცითი სტრუქტურის წარმოქმნა ზოგჯერ სასურველიც არის, მაგ.: ბიტუმები ამის გამო მეტ სიმტკიცეს იძენს, ხოლო საცხები ზეთების დენადობა ექსპლუატაციის ტემპერატურაზე მცირდება.

მონოდებულია რამდენიმე ემპირიული ფორმულა, რომელშიც ასახულია სიბლანტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება.

ყველაზე ფართო გამოყენება მოიპოვა ვალტერის ფორმულამ:

$$\lg \lg(V_t + 0.6) = A - B \lg T$$

სადაც A და B კონსტანტებია; V კინემატიკური სიბლანტეა, T – აბსოლუტური ტემპერატურა (K).

ვალტერის ფორმულის საფუძველზე აგებენ ბადისებურ დიაგრამებს, სადაც აბსცისთა ღერძზე გადაზომილია $\lg T$ მნიშვნელობები, ხოლო ორდინატთა ღერძზე $\lg \lg(V + 0.6)$ -ის პროპორციული მნიშვნელობები. საკმარისია სიბლანტის ცოდნა ორ ტემპერატურაზე, რომ განისაზღვროს მისი მნიშვნელობა ნებისმიერ ტემპერატურაზე ამ ტემპერატურული ინტერვალის ფარგლებში.

რადგან სიბლანტე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, ამიტომ ყოველთვის მიეთითება მისი განსაზღვრის ტემპერატურაც.

კვლევის უნიფიცირებული პროგრამის მიხედვით ნავთობის სიბლანტეს საზღვრავენ 0-დან 50°C-მდე ყოველი 10°C-ის შემდეგ. დაბალი სიბლანტის ნავთობისთვის განსაზღვრას იწყებენ 20°C-დან, ნავთის ფრაქციისათვის საზღვრავენ 20°C-სა და 40°C-ზე; დიზელის სანავისათვის – 20°C-ზე; ზეთოვანი ფრაქციებისათვის – 40°C, 50°C და 100°C; 350°C-ზე ზევით გამოხდილი ან ნარჩენი ფრაქციებისათვის – 50°C, 80°C, 100°C- ზე.

7.4. გამყარების, უმცირესისა და კრისტალიზაციის ტემპერატურები

ნავთობი და ნავთობპროდუქტები არ ხასიათდებიან ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლის განსაზღვრული ტემპერატურით. ტემპერატურის დანევსას ნავთობსა და ნავთობპროდუქტებში შემავალ კომპონენტთა ნაწილის სიბლანტე იზრდება, ნაკლებ მოძრავი ხდება, ხოლო ნაწილი – თხევად კომპონენტებში გახსნილი მყარი ნივთიერებები, გამოიყოფიან ნალექის ან კრისტალების სახით. ეს თვისება, შიგანვის ძრავების სანვავებისათვის უაღრესად არასასურველია, რადგან დაბალ ტემპერატურაზე მუშაობისას ხდება ფილტრების გაჭედვა, სანვავის გამტარ მილებში საცობების წარმოქმნა, რაც იწვევს ძრავის მუშაობის დაბრკოლებას. ასევე ძალიან არასასურველია კრისტალიზაციის მოვლენა საცხებ ზეთებში.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გამყარება დამოკიდებულია ძირითადად მათში მყარი პარაფინებისა და ცერეზინების შემცველობაზე. რაც უფრო მეტია მათში მყარი პარაფინები, მით უფრო ადვილად გადადის ის მყარ მდგომარეობაში. მაგ.: გროზნოს ერთ-ერთი საბადოს ნავთობი (პარაფინული) მყარდება $+11^{\circ}\text{C}$, ხოლო სხვა საბადოს ნავთობი (ნაკლებად პარაფინული) -20°C .

გამყარების ტემპერატურად ითვლება ტემპერატურა, რომლის დროს ფრაქცია გაცივებისას სინჯარაში არ იცვლის დონეს 45° -იანი კუთხით დახრისას.

ნავთობპროდუქტიდან ყველაზე დაბალი გამყარების ტემპერატურა (-80°C -ზე დაბლა) აქვთ ბენზინებს, გამოხდის ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად გამყარების ტემპერატურა იზრდება.

ტემპერატურის გარდა, ნავთობპროდუქტების კრისტალიზაციაზე დიდ გავლენას ახდენს მათში არსებულ ნივთიერებათა ბუნება, სხვადასხვა მინარევის – მათ შორის ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებათა არსებობა და სხვა.

ყველაზე მაღალი კრისტალიზაციის ტემპერატურა აქვთ სიმეტრიული აღნაგობის მოლეკულებს. რამდენიმე ალკილის რადიკალის შემცველი ძლიერ განშტოებული ალკანები, მონოციკლური ციკლოალკანები, არენები არ კრისტალებიან. ისინი გამოიყოფიან ამორფულ მდგომარეობაში. რაც უფრო დაბალია ტემპერატურა, მით მეტია კრისტალიზაციის ცენტრების ჩასახვის სიჩქარე, ამიტომ დაბალ ტემპერატურაზე ხდება წვრილმარცვლოვანი კრისტალების წარმოქმნა, ხოლო შედარებით მაღალ ტემპერატურაზე ხდება კრისტალების გამსხვილება.

ჩვეულებრივ, პარაფინები და ცერეზინები კრისტალებიან უფრო მაღალ ტემპერატურაზე, ვიდრე ნავთობპროდუქტები კარგავენ ძვრადობას. ამიტომ საექსპლუატაციო მიზნებისათვის მნიშვნელოვანია არა მხოლოდ გამყარების ტემპერატურის, არამედ კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურის ცოდნაც.

პარაფინის კრისტალიზაციას თან ახლავს ნავთობპროდუქტის შემღვრევა. ტემპერატურას, რომელზედაც ადგილი აქვს წვრილი კრისტალების „ღრუბლის“

გაჩენას ნავთობპროდუქტში, ენოდება შემღვრევის ტემპერატურა. ის ისაზღვრება ვიზუალურად, გამჭირვალე ეტალონთან შედარებით.

7.5. ფეთქების, აალებისა და თვითაალების ტემპერატურები

ფეთქების, აალების და თვითაალების ტემპერატურა საწვავის მნიშვნელოვან მახასიათებელ სიდიდეებს წარმოადგენს.

ფეთქების ტემპერატურა ენოდება იმ მინიმალურ ტემპერატურას, რომლის დროსაც საკვლევი ნივთიერების ნარევი ჰაერთან, მასში აალების წყაროს (ალი, ელექტრონაპერნკალი და ა.შ) შეტანისას წარმოქმნის ალს ხანმოკლე დროის განმავლობაში.

ფეთქებას (სუსტ აფეთქებას) ადგილი აქვს ჰაერთან ნარევი ნახშირწყალბადის მკაცრად განსაზღვრული კონცენტრაციის დროს. განასხვავებენ ალის გავრცელების ქვედა და ზედა ზღვრებს. ზედა ზღვრისათვის დამახასიათებელია ჰაერთან ნარევი ნახშირწყალბადის მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომლის ზევით აალების წყაროს შეტანისას ჟანგბადის უკმარისობის გამო აალებას და წვას ადგილი არა აქვს. ქვედა ზღვრისათვის ნივთიერების კონცენტრაცია მინიმალურია, რომლის ქვევით გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა იმდენად მცირეა, რომ არ არის საკმარისი მოცულობაში რეაქციის წარმართვისათვის.

ნავთი, დიზელის საწვავი, საცხები ზეთები, მაზუთები და სხვა მძიმე ნავთობპროდუქტები ხასიათდებიან ფეთქების ქვედა ზღვრით (განსაზღვრა წარმოებს გაცხელებით).

ბენზინები, რომელთა ორთქლის წნევა ოთახის ტემპერატურაზეც კი მნიშვნელოვანია, ჩვეულებრივ ხასიათდება ფეთქების ზედა ზღვრით (განსაზღვრა წარმოებს გაცივების პირობებში).

აალების ტემპერატურა ენოდება მინიმალურ ტემპერატურას, რომლის დროსაც საკვლევი ნივთიერების ორთქლი ჰაერთან ნარევი აალების წყაროს შეტანისას წარმოქმნის მდგრად, უქრობ ალს. აალების ტემპერატურა ფეთქების ტემპერატურაზე უფრო მაღალია, რიგ შემთხვევაში რამდენიმე ათეული გრადუსით.

თვითაალების ტემპერატურა ენოდება იმ მინიმალურ ტემპერატურას, რომლის დროსაც ნავთობპროდუქტის ორთქლი ჰაერთან ნარევი თვითაალებს (აალების წყაროს გარეშე). ზოგჯერ თვითაალების ტემპერატურა ფეთქების ტემპერატურაზე მაღლაა რამდენიმე ასეული გრადუსით.

ფეთქების ტემპერატურაზე გავლენას ახდენს ჰაერის სინესტე და ატმოსფერული წნევა. ფეთქების ტემპერატურა დამოკიდებულია საკვლევი ნივთიერების დუღილის ტემპერატურაზე. ინდივიდუალური ნახშირწყალბადებისათვის ორმანდიმ და კრევინმა მოგვანოდეს მათი ერთმანეთთან დამაკავშირებელი ფორმულა:

$$T_{\text{ფეთქ}} = K \cdot T_{\text{დუღ}}$$

სადაც კოეფიციენტი $K = 0.736$. ნავთობის ორთქლის ფეთქების ტემპერატურა უმრავლეს შემთხვევაში 0°C -ზე დაბალია.

ფეთქების ტემპერატურის მიხედვით ნავთობპროდუქტებს ყოფენ ორ ჯგუფად: ადვილად აალებადი და სანვავები. ადვილად აალებად ნავთობპროდუქტებს ეკუთვნის ისეთი ნავთობპროდუქტები, რომელთა ორთქლის ფეთქების ტემპერატურა დახურულ ტიგელში 61°C -ზე დაბალია, ხოლო სანვავების – ღია ტიგელში 66°C -ზე მეტია.

ადვილად აალებად ნავთობპროდუქტებს ეკუთვნის ძრავის სანვავები: საავტომობილო ბენზინის ფეთქების ტემპერატურა დახურულ ტიგელში 12°C -ია, საავიაციოსი 30°C , რეაქტიული ძრავისა $35/61^{\circ}\text{C}$.

დიზელის სანვავების აალების ტემპერატურა $57-119^{\circ}\text{C}$ -ის ფარგლებშია, ხოლო თვითაალების ტემპერატურა – $300-330^{\circ}\text{C}$. ბენზინების თვითაალების ტემპერატურა 500°C -ზე მაღალია. ნავთობპროდუქტების თვითაალების ტემპერატურა მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად მცირდება.

ფეთქების, აალების და თვითაალების ტემპერატურის მიხედვით ხდება მოსალოდნელი ხანძრისა და ნავთობპროდუქტების აფეთქების საშიშროების შეფასება.

7.6. წვის სითბო

სანვავებისათვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს წვის სითბო. ყველა თანამედროვე ძრავა სანვავის წვის შედეგად გამოყოფილი სითბური ენერჯის ხარჯზე მუშაობს, რომელიც ძრავის სასარგებლო მუშაობად გარდაიქმნება. თუ რა გზით ხდება სითბური ენერჯის ძრავის სასარგებლო მუშაობად გარდაქმნა, განისაზღვრება ძრავის ტიპით.

დგუმიან ძრავებში წვის შედეგად წარმოქმნილი აირები მაღალი ტემპერატურის გავლენით ძალიან ფართოვდებიან და მოქმედებენ დგუშზე, რომლის მოძრაობა გადაეცემა ძრავის მუხლუხა ლილვს, ე.ი. სანვავის სითბური ენერჯია უშუალოდ გარდაიქმნება მუხლა ლილვის ბრუნვის მექანიკურ მუშაობად.

რეაქტიულ ძრავებში სანვავის სითბური ენერჯია გარდაიქმნება საქმენიდან გამომავალი აირების კინეტიკურ ენერჯიად.

აირტურბინებში აირის ნაკადი, ხვდება რა ტურბინის ნიჩბებზე, იწვევს მისი ლილვის ბრუნვას.

ამიტომ ბუნებრივია, რომ წვის სითბო სანვავის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს.

წვის სითბო (თბოუნარიანობა) ეწოდება სითბოს რაოდენობას (კჯოულებში), რომელიც გამოიყოფა 1მ^3 აირის ან 1კგ თხევადი ან მყარი სანვავის სრული წვის შედეგად.

განასხვავებენ წვის სითბოს ზედა და ქვედა ზღვრებს.

წვის ზედა სითბო წარმოადგენს მოცულობის ან მასის ერთეული სანვავის წვის და წარმოქმნილი წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგად გამოყოფილ

სითბოთა ჯამს; წვის ქვედა სითბოში არ არის გათვალისწინებული წყლის ორთქლის კონდენსაციისას გამოყოფილი სითბო.

წვის სითბო დამოკიდებულია საწვავის შედგენილობაზე, რადგან წყალბადის წვის სითბო მნიშვნელოვნად მეტია ნახშირბადის წვის სითბოზე, ამიტომ რაც მეტია H/C თანაფარდობა ნახშირწყალბადში, მით მეტია წვის სითბო. ყველაზე მაღალი წვის სითბო გააჩნიათ ალკანებს, ყველაზე დაბალი არენებს.

7.7. ქიმიური სტაბილურობა

საწვავების ქიმიური სტაბილურობა განისაზღვრება მათი უნარით, სხვადასხვა ფაქტორების: ჰაერის, ჟანგბადის, ტემპერატურის, სინათლის, მეტალთა (კატალიზური) მოქმედების შედეგად უცვლელად შეინარჩუნონ თვისებითი მახასიათებლები.

საწვავების ქიმიური სტაბილურობა პირველ ყოვლისა დამოკიდებულია მათში უჯერი ნაერთების შემცველობაზე, რომლებიც ადვილად იჟანგებიან და პოლიმერიზდებიან ფისოვანი ნივთიერებებისა და მჟავების წარმოქმნით.

ქიმიური სტაბილურობა განისაზღვრება ინდუქციის პერიოდით – (დროით), რომლის განმავლობაში საწვავი არ იცვლის შედგენილობას 100°C-ზე გაცხელებისას 7 ატმ. წნევის ქვეშ.

საწვავის სტაბილურობა გარდა მისი ქიმიური შედგენილობისა, დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ჰაერთან შეხების ზედაპირზე და სინათლისა და მეტალების კატალიზურ მოქმედებაზე. მეტალების კატალიზური მოქმედება განსაკუთრებით ვლინდება საწვავის შეხებისას მეტალის ზედაპირთან. ყველაზე დიდი კატალიზური აქტიურობით ხასიათდება სპილენძი და მისი შენადნობები (თითბერი). მაგ.: კრეკინგ-ბენზინის ინდუქციის პერიოდი სპილენძის თანაობისას მცირდება 82%-ით.

ფისების წარმოქმნისას საწყის ეტაპზე, მათი მცირე კონცენტრაციის დროს, ისინი მთლიანად იხსნებიან საწვავში. მათი შემცველობის გაზრდისას და ასევე წარმოქმნილი ფისების სტრუქტურის გართულებისას, მათი ხსნადობა მცირდება და გარკვეული დროის შემდეგ ფისები საწვავებიდან გამოიყოფიან.

ქიმიური სტაბილურობის გასაზრდელად, უჯერი ნახშირწყალბადების შემცველობისას, საწვავში შეაქვთ ანტიოქსიდანტები: პარაოქსიდიფენილამინი, იონოლი, 2, 6-დი-მესამ.ბუტილ-პ.კრეზოლი და სხვა.

7.8. კოროზიული აქტიურობა

საწვავში შემავალი ნახშირწყალბადები და მისი წვის შედეგად წარმოქმნილი პროდუქტები მეტალის კოროზიას არ იწვევენ.

საწვავში შემავალი ნივთიერებებიდან, რომლებიც კოროზიულად აქტიურებია, აღსანიშნავია ნავთობური მჟავები, ელემენტური გოგირდი და გოგირდის შემცველი ნაერთები, წყალი, წყალში ხსნადი მჟავები და ტუტეები, სულფომჟავები და გოგირდმჟავას მჟავა ეთერები.

ნავთობპროდუქტებში წყალში ხსნადი მჟავებისა და ტუტეების არსებობა აიხსნება მათი გოგირდმჟავით და ტუტის წყალხსარით დამუშავების შემდეგ წყლით არასაკმარისი გარეცხვით.

საწვავში ნავთობური მჟავების არსებობა, ერთი მხრივ, განპირობებულია მათი ნავთობში არსებობით, მეორე მხრივ, ნავთობპროდუქტებში მიმდინარე ჟანგვითი პროცესებით.

ყველა აღნიშნული ნაერთი იწვევს მეტალური ნაწილების კოროზიას: წყალში ხსნადი მჟავები ახდენენ თითქმის ყველა მეტალის კოროზიას, ტუტეები საწვავის მიმწოდებელი სისტემის ავზის მასალების შემადგენლობაში შემავალ ალუმინისა და დურალუმინის კოროზიას.

წყლის თანაობისას ძლიერდება საწვავის კოროზიული მოქმედება. მაგალითად, ფოლადის კოროზია მშრალ ნავთობში შესამჩნევი ხდება 20 დღე-ღამის შემდეგ, ხოლო წყალთან შეხებაში მყოფ ნავთობში უკვე 1 დღე-ღამის შემდეგ.

კოროზიული აგრესიულობით ხასიათდებიან ნავთობში არსებული ელემენტური S, H₂S და დაბალი რიგის მერკაპტანები.

გოგირდწყალბადი ენერგიულად მოქმედებს განსაკუთრებით თუთიასთან, რკინასთან, სპილენძთან, თითბერთან, ალუმინთან სულფიდების წარმოქმნით. ელემენტური გოგირდი თითქმის მეყსეულად ურთიერთქმედებს სპილენძთან სულფიდის წარმოქმნით. მერკაპტანები ახდენენ ფერადი მეტალების კოროზიას, შედიან ურთიერთქმედებაში მათთან მერკაპტიდების წარმოქმნით. მეტალთა კოროზია გოგირდმეცველი ნაერთებით ძლიერდება ასევე წყლის თანაობისას.

ამიტომ წყლისა და კოროზიულად აქტიური ნივთიერებების შემცველობა ნავთობსა და ნავთობპროდუქტებში დაუშვებელია.

7.9. საწვავის ნაჯერი ორთქლის წნევა და ფრაქციული შედგენილობა

ძრავის ნორმალური მუშაობისათვის აუცილებელია საწვავის სწრაფი და თანაბარი წვა. რადგან წვის პროცესში მონაწილეობს მხოლოდ საწვავის ორთქლი, საწვავის აორთქლებას ენიჭება დიდი მნიშვნელობა.

საწვავის აორთქლების სიჩქარე და სისრულე დამოკიდებულია რიგ ფიზიკურ პარამეტრებზე: ნაჯერი ორთქლის წნევაზე, ორთქლის დიფუზიის კოეფიციენტზე, სიბლანტეზე, საწვავის დუღილის (დანყებისა და დამთავრების) ტემპერატურაზე.

საწვავის ნაჯერი ორთქლის წნევა წარმოიქმნება საწვავის მაქსიმალური კონცენტრაციისას, როდესაც სითხიდან აორთქლებულ და ორთქლიდან სითხეში დაბრუნებული მოლეკულების რიცხვი თანაბრდება, ანუ როდესაც ორთქლსა და სითხეს შორის მყარდება დინამიკური წონასწორობა.

დალტონის კანონის თანახმად თავისუფალი აორთქლების სიჩქარე W – ნაჯერი ორთქლის წნევის პირდაპირპროპორციულია.

$$W=AP_s$$

სადაც A პროპორციულობის კოეფიციენტი, P_s სანვავის ნაჯერი ორთქლის წნევა.

დახურულ სისტემაში აორთქლების სიჩქარე ნაჯერი ორთქლისა და სანვავის ორთქლის პარციალური წნევათა სხვაობის პროპორციულია.

$$W=A(P_s-P)$$

სადაც P სანვავის ორთქლის პარციალური წნევაა.

სანვავი მით უფრო დიდი სიჩქარით ორთქლდება, რაც უფრო დიდია (P_s-P) სხვაობა. რაც უფრო მაღალია ნახშირწყალბადის დუღილის ტემპერატურა, მით უფრო დაბალია ნაჯერი ორთქლის წნევა.

ნაჯერი ორთქლის წნევა ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების შემთხვევაში დამოკიდებულია ნახშირწყალბადის აღნაგობასა და ტემპერატურაზე, ხოლო სანვავის შემთხვევაში ნაჯერი ორთქლის წნევაზე გავლენას ახდენს მასში არსებული თითოეული ნახშირწყალბადის კონცენტრაცია და ასევე აირადი და თხევადი ფაზების თანაფარდობა.

ნაჯერი ორთქლის წნევის გასაზომი ხელსაწყო შეიმუშავა რეიდმა, რის გამოც გაზომილ ორთქლის წნევას ეწოდება ორთქლის წნევა რეიდის მიხედვით.

სანვავის აორთქლების ხარისხი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული სანვავის ზედაპირზე. რაც მეტია ზედაპირი, მით მეტია აორთქლების ხარისხი. სანვავის გაფრქვევის შემთხვევაში, რაც მეტია ერთეულ მოცულობაში სანვავის წვეთების რაოდენობა (რაც უფრო მცირეა სანვავის წვეთების რადიუსი) მით მეტია სანვავის ზედაპირი, ე.ი. აორთქლების ხარისხი. სანვავის გაფრქვევისას წვეთების ზომა დამოკიდებულია სითხის სიბლანტესა და ზედაპირულ დაჭიმულობაზე. სანვავის აორთქლების სიჩქარე დამოკიდებულია ასევე ჰაერის ნაკადისა და სანვავის დიფუზიის სიჩქარეზე.

სანვავის გაფრქვევისას ნაწილაკთა ზომები პირდაპირპროპორციულია ზედაპირული დაჭიმულობისა და უკუპროპორციულია სანვავის სიბლანტისა და ჰაერის ნაკადის სიჩქარის კვადრატისა.

სანვავების ზედაპირული დაჭიმულობა და სიბლანტე იზრდება მათი დუღილის ტემპერატურის გაზრდით და მცირდება სანვავის გაცხელებისას ტემპერატურის გაზრდით.

სანვავების აორთქლების შესაფასებლად გამოიყენება სანვავების ფრაქციული შედგენილობის განსაზღვრა. კერძოდ, სანვავის გარკვეული %-ული რაოდენობის გამოხდის ტემპერატურული ინტერვალის დადგენა. (მაგ.; ბენზინისათვის 10%, 50% და 90%-ის რაოდენობების, დიზელის სანვავებისათვის – 50%, 96%-ის).

სანვავის ფრაქციული შედგენილობა განაპირობებს ძრავის ამუშავებას, მის გაცხელების სიჩქარეს, სანვავის ორთქლისა და ჰაერის ნარევის წარმოქმნის პირობებსა და ხარისხს, სანვავის გაფრქვევის ხარისხს, სანვავის სრულ წვას და სხვა.

ამიტომ სანვავების ფრაქციულ შედგენილობას, მათი გამოხდის ტემპერატურულ ინტერვალებს წაეყენებათ განსაზღვრული მოთხოვნები.

შემუშავებულია ემპირული ფორმულები, რომელთა საშუალებითაც ბენზინის შემთხვევაში დამყარებულია რაოდენობრივი თანაფარდობა სანვავის ფრაქციულ შედგენილობასა და ძრავის ამამუშავებელ ტემპერატურას შორის. მაგ.;

$$t_{\text{ამამ}} = \frac{2}{3} t_{10} - 58$$

$t_{\text{ამამ}}$ – არის ძრავის ამუშავების ტემპერატურა;

t_{10} – სანვავის 10%-ის გამოხდის ტემპერატურა.

7.10. ნავთობის ოპტიკური თვისებები

ნავთობის ოპტიკური თვისებებია: ნავთობის ფერი, ფლუორესცენცია, ოპტიკური აქტიურობა და გარდატეხის მაჩვენებელი.

ნავთობთა უმრავლესობა მუქი ფერის სითხეა – ყავისფერი, მონითალო-ყავისფერი, მუქი ყავისფერი და შავი; უფრო იშვიათად მოყვითალო და ბაცი ყვითელი ფერის. ცნობილია გამონაკლისი – თეთრი ფერის ნავთობი – სურახანის საბადოს ნავთობი (კასპიის ზღვის სამხრეთით).

რადგან ნახშირწყალბადები უფრო ნივთიერებებია, ნავთობის ფერს განაპირობებს მასში არსებული ფისოვან-ასფალტენური ნივთიერებები და სავარაუდოა, გოგირდშემცველი ნაერთები; რაც უფრო მეტ ფისოვან-ასფალტენურ ნაერთებს შეიცავს ნავთობი, მით უფრო მუქი ფერისაა იგი. თეთრი ნავთობი ძალიან მსუბუქია, არ შეიცავს ფისოვან ნაერთებს. მიაჩნიათ, რომ ის აირკონდენსატური წარმოშობისაა. ნავთობის დისტილატების ღრმა განმენდის შედეგად, შესაძლებელია უფრო მაღალმოლეკულური პარაფინისა და ზეთების მიღება.

ნავთობის ფერი ემსახურება მის ზოგად დახასიათებას. ნავთობპროდუქტების შემთხვევაში კი ფერი შედის მათ ტექნიკურ ნორმებში, რადგან ფერი ნავთობპროდუქტის განმენდის ხარისხისა და მათი სტაბილობის მაჩვენებელია.

ნავთობისა და ბუნებრივ ბიტუმიწოზურ ნივთიერებათა დასხივებისას ულტრაიისფერი სხივებით ისინი იწყებენ ნათებას – ლუმინესცენციას. ლუმინესცენცია არის ნივთიერების ნათება, რომელიც წარმოიქმნება აღმგზნები ენერგიის შთანთქმის შედეგად. მისი ხანგრძლივობაა 10^{-10} წმ-დან რამდენიმე საათამდე. სპექტრი შესამჩნევი ხდება ულტრაიისფერ და ინფრანითელ უბნებშიც. მისი ერთ-ერთი (ხანმოკლე) სახეობაა ფლუორესცენცია.

ეს თვისება ახასიათებს ფისებს, პოლიციკლურ არომატულ ნახშირწყალბადებს, პორფირინებსა და რიგ მაღალმოლეკულურ ნივთიერებებს.

შემუშავებულია ლუმინესცენციური ანალიზის სახეობანი, რომლებიც გამოიყენება ნავთობისა და ბიტუმების ანალიზის დროს, ასევე ბურღვის დროს მთის ქანებში, წყლებში, თიხოვან ხსნარებში ბიტუმინოზურ ნივთიერებათა თვისებითი და რაოდენობითი ანალიზისათვის. ეს მეთოდი ძირითადად გამოიყენება გეოლოგიურ-სადაზვერვო სამუშაოების დროს.

ფლუორესცენცია ეწოდება ნივთიერებათა ნათებას, რომელიც წარმოიქმნება აღმგზნები ენერჯის შთანთქმის შედეგად და ქრება მისი მოცილებისთანავე. ფლუორესცენცია დამახასიათებელია ნედლი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისათვის. ფლუორესცირებენ განმედილი ფრაქციებიც – ღია მწვანე ფერიდან იისფერამდე.

ცნობილია, რომ ფლუორესცენციით ხასიათდება სხვადასხვა სახის პოლიციკლური არომატული ნაერთები და მათი მცირე რაოდენობით არსებობა ნავთობპროდუქტებში იწვევს დამახასიათებელ ნათებას.

ნავთობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან თვისებას წარმოადგენს ოპტიკური აქტიურობა (სხივის პოლარიზაციის სიბრტყის შეცვლის უნარი).

შესწავლილი იყო ნავთობის სხვადასხვა ფრაქციის ოპტიკური აქტიურობა. აღმოჩნდა, რომ დაბალი ფრაქციები (ბენზინი, ნავთი) ოპტიკურად არააქტიურები არიან. ოპტიკურ აქტიურობას ამჟღავნებენ დიზელის საწვავის ფრაქციები, ფრაქციების დუღილის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ოპტიკური აქტიურობა იზრდება.

ასევე აღსანიშნავია, რომ ალკანურ-ციკლოალკანური ნავთობი შედარებით ნაკლები ოპტიკური აქტიურობით ხასიათდება, ხოლო არენულ-ციკლოალკანური მნიშვნელოვნად დიდი აქტიურობით.

ნავთობის ოპტიკური აქტიურობა წარმოადგენს ნავთობის ორგანული წარმოშობის თეორიის განმამტკიცებელ ფაქტორს, რადგან ოპტიკური აქტიურობა დამახასიათებელია მხოლოდ ცოცხალი ორგანიზმის ორგანული ნივთიერებებისათვის.

7.10.1. გარდატეხის მაჩვენებელი

ნავთობპროდუქტების შედგენილობისა და ხარისხის სწრაფი განსაზღვრისათვის გამოიყენება ისეთი ოპტიკური მახასიათებლები, როგორიცაა გარდატეხის მაჩვენებელი, მოლეკულური რეფრაქცია და დისპერსია.

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.

გარდატეხის მაჩვენებელი ყოველი ნივთიერებისათვის დამახასიათებელ სიდიდეს წარმოადგენს. გარდატეხის მაჩვენებელი დამოკიდებულია სინათლის ტალღის სიგრძესა და ტემპერატურაზე, ამიტომ განსაზღვრას აწარმოებენ მუდმივი ტემპერატურისა და მონოქრომატული სხივის გამოყენებით. ლაბორატორიულ პრაქტიკაში ძირითადად სინათლის წყაროდ იყენებენ ნატრიუმის ალის ყვითელ ხაზს D, რომლის ტალღის სიგრძე $\lambda = 589\text{nm}$ შეესაბამება, ან წყალბადის სპექტრის სამი ხაზიდან ერთ-ერთს – ნითელს $H_{\alpha}(C)$, ცისფერს $H_{\beta}(H)$ ან იისფერს $H_{\gamma}(G)$. ამიტომ გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრისას აუცილებელია ტალღის სიგრძისა და ტემპერატურის მითითება.

ჩვეულებრივ, ნავთობპროდუქტის გარდატეხის მაჩვენებელს საზღვრავენ 20°C . ამ პირობებში განსაზღვრული გარდატეხის მაჩვენებელი აღინიშნება n_D^{20} .

გარდატეხის მაჩვენებლის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

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

სადაც t ანალიზის ჩატარების ტემპერატურაა ($^{\circ}\text{C}$), α - შესწორების კოეფიციენტი, რომელიც 1°C -ზე 0.0004 -ის ტოლია.

გარდატეხის მაჩვენებელი გამოიყენება პირველყოვლისა ნივთიერებათა იდენტიფიკაციისათვის, მათი სისუფთავის და ხსნარში ნივთიერებათა კონცენტრაციის განსაზღვრავად.

ის მეტად მნიშვნელოვან სიდიდეს წარმოადგენს ნავთობპროდუქტებისათვის, რადგან იძლევა გარკვეულ ინფორმაციას მათ შედგენილობაზე. ყველაზე დაბალი გარდატეხის მაჩვენებელი აქვთ ალკანებს, ყველაზე მაღალი არენებს.

ცხრილი 7.4

ტოლი ნახშირბადატომების შემცველი სხვადასხვა რიგის ნახშირწყალბადების გარდატეხის მაჩვენებელი

მოლეკულაში ნახშირბად- ატომების რიცხვი	ალკანები		ალკენები		ციკლოალკანები		არენები	
	ნახშირ- წყალბადი	n_D^{20}	ნახშირ- წყალბადი	n_D^{20}	ნახშირ- წყალბადი	n_D^{20}	ნახშირ- წყალბადი	n_D^{20}
C ₅	პენტანი	1.3575	პენტენ-1	1.3715	ციკლო- პენტანი	1.4065	-	-
C ₆	ჰექსანი	1.3749	ჰექსენ-1	1.3870	ციკლო- ჰექსანი	1.4262	ბენზოლი	1.5011
C ₇	ჰეპტანი	1.3876	ჰეპტენ-1	1.3998	ციკლო- ჰეპტანი	1.4230	ტოლუ- ოლი	1.4969

C ₈	ოქტანი	1.3974	ოქტენ-1	1.4087	ციკლო- ოქტანი	1.4330	ეთილბენ- ზოლი	1.4959
C ₉	ნონანი	1.4054	ნონენ-1	1.4157	პროპილ- ციკლო- ჰექსანი	1.4371	პროპილ- ბენზოლი	1.4920
C ₁₀	დეკანი	1.4119	დეცენ-1	1.4217	პროპილ- ციკლო- ჰეპტანი	1.4408	ბუტილ- ბენზოლი	1.4898

ნავთობის საშუალო ფრაქციებში (ტდლ.დასაწყისი >250°C) ნახშირწყალბადოვანი ჯგუფური შედგენილობის დადგენის ერთ-ერთი მეთოდი დაფუძნებულია თხევად-აღსორბციული მეთოდით გამოყოფილი ფრაქციების გარდატეხის მაჩვენებელზე.

n_D^{20} -ის მიხედვით ხდება ნახშირწყალბადთა დაყოფა შემდეგ ქვეჯგუფებად:

1. ნორმალური აღნაგობის ნახშირწყალბადები (რომელთა გამყარების ტემპერატურა 20°C-ზე მაღალია) $n_D^{20} < 1.45$;
2. იზოაღნაგობის (განშტოებული) ალკანები $n_D^{20} = 1.45-1.47$;
3. მონოციკლური ციკლოალკანები $n_D^{20} = 1.47-1.48$;
4. ბიციკლური ციკლოალკანები $n_D^{20} = 1.48-1.49$;
5. მონოციკლური არენები $n_D^{20} < 1.53$;
6. ბიციკლური არენები $n_D^{20} = 1.53-1.55$;
7. ტრიციკლური არენები $n_D^{20} < 1.55-1.59$.
8. პოლიციკლური არენები $n_D^{20} > 1.59$

პოლიციკლური არენების გამოყოფის შემდეგ ხდება გარდატეხის მაჩვენებლის შემცირება.

ნახშირწყალბადების ჰომოლოგიურ რიგში შეიმჩნევა წრფივი დამოკიდებულება გარდატეხის მაჩვენებელსა და სიმკვრივეს შორის. ასე მაგ.; C₆-დან C₁₈ შედგენილობის ნახშირწყალბადებისათვის დადგენილია შემდეგი თანაფარდობა:

$$n_D^{20} = 0.52167\rho + 1.03104$$

ან

$$\rho_{420} = \frac{(n_D^{20} - 1.03104)}{0.52167}$$

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მნიშვნელოვან მახასიათებელ სიდიდეებს წარმოადგენენ ხვედრითი რეფრაქცია, მოლეკულური რეფრაქცია, დისპერსია და რეფრაქციის ინტერცეპტი.

ხვედრითი რეფრაქციის განსაზღვრისათვის გლადსტონმა და დეილიმ მოგვანოდეს შემდეგი ფორმულა:

$$R = \frac{(n_D - 1)}{\rho}$$

ხოლო ლორენტცმა და ლორენტცმა:

$$R = \frac{n_D^2 - 1}{n_D^2 + 2} \cdot \frac{1}{\rho}$$

სადაც ρ სიმკვრივეა, განსაზღვრული იმავე ტემპერატურაზე, რომელზედაც n_D .

მოლეკულური რეფრაქცია კი წარმოადგენს ხვედრითი რეფრაქციის ნამრავლს მოლეკულურ მასაზე:

$$R_m = \frac{n_D - 1}{\rho} \cdot M$$

სადაც M საკვლევი ნივთიერების მოლეკულური მასაა. მოლეკულური რეფრაქცია ინდივიდუალური ნივთიერებისათვის ადიტიური სიდიდეა და წარმოადგენს ატომურ რეფრაქციასა და ჯამს.

მრავალრიცხოვანი ცდების საფუძველზე დადგენილი იყო, რომ ნახშირწყალბადების მოლეკულის CH_2 ჯგუფით გაზრდა იწვევს მოლეკულური რეფრაქციის გაზრდას 4.6-ით.

ნივთიერების გარდატეხის მაჩვენებელი დამოკიდებულია მასზე დაცემული სინათლის ტალღის სიგრძეზე. რაც უფრო მცირეა ტალღის სიგრძე, მით მეტია გარდატეხის მაჩვენებელი. მის დამოკიდებულებას სინათლის ტალღის სიგრძეზე ეწოდება სინათლის დისპერსია (გაფანტვა).

სხვაობას $n_F - n_G$ ეწოდება საშუალო დისპერსია, ფარდობას $\frac{n_F - n_G}{n_D - 1} 10^3$ – ფარდობითი დისპერსია, ხოლო $\frac{n_F - n_G}{\rho} 10^4 = \delta$ – ხვედრითი დისპერსია.

სხვადასხვა რიგის ნახშირწყალბადებისათვის ხვედრითი დისპერსია მნიშვნელოვნად განსხვავებულია:

- ნაჯერი ნახშირწყალბადებისათვის 99,
- ბენზოლისათვის 190.56,
- ტოლუოლისათვის 184.9,
- ეთილბენზოლისათვის 179.2,
- პოლიციკლური არენებისათვის 465-მდეა.

ხვედრითი დისპერსიის გამოთვლა შეიძლება ადიტიურობის მიხედვით. ეს იძლევა ბენზინის ფრაქციაში არენების შემცველობის განსაზღვრის საშუალებას.

რეფრაქტომეტრული სხვაობა ანუ რეფრაქციის ინტერცეპტი RI წარმოადგენს სხვაობას გარდატეხის მაჩვენებელსა და სიმკვრივის ნახევარს შორის:

$$RI = n_D^{20} - \frac{\rho^{20}}{2}$$

ეს სიდიდე ერთი და იგივე ჰომოლოგიური რიგის ნახშირწყალბადებისათვის მუდმივია, ალკანებისათვის 1.0469, ალკენებისათვის 1.052, ციკლოალკანებისათვის 1.040, არენებისათვის 1.0663.

8. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დაყოფის მეთოდები

ნავთობის ქიმიური შედგენილობის დასადგენად უპირველეს ყოვლისა ახდენენ მის ვიწრო ფრაქციებად დაყოფას და შემდეგ თითოეული ფრაქციის შედგენილობისა და თვისებების შესწავლას. ნავთობის ფრაქციებად დასაყოფად ძირითადად იყენებენ გამოხდას – რექტიფიკაციას, მოლეკულურ გამოხდას, ხოლო შემდეგ უფრო ზუსტი დაყოფისათვის მიმართავენ ისეთ მეთოდებს, როგორცაა: ზუსტი რექტიფიკაცია, ქრომატოგრაფია, ექსტრაქცია, ადსორბცია, თერმოდეფუზია, კრისტალიზაცია, სხვადასხვა ნივთიერებასთან გარკვეული აღნაგობის ნახშირწყალბადების მიერ კომპლექსების წარმოქმნა.

8.1. გამოხდა-რექტიფიკაცია

გამოხდა კომპონენტთა დაყოფის ფიზიკური მეთოდია, რომლის დროს ნივთიერებების დუღილის შედეგად წარმოქმნილი ორთქლი კონდენსირდება.

ჩვეულებრივი წილადური გამოხდით შეიძლება ისეთი ნარეგების დაყოფა, რომელთა კომპონენტების დუღილის ტემპერატურა საკმაოდ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და ერთმანეთთან აზეოტროპიულ ნარეგს არ წარმოქმნის.

გამოხდის დროს ორთქლის ფაზა წონასწორობაში იმყოფება თხევად ფაზასთან, რის შედეგად ის მდიდრდება უფრო დაბალ ტემპერატურაზე მდულარე ნივთიერებებით (დ. პ. კონოვალოვის „ფაზური წონასწორობის კანონი“) და ცხადია, მიღებულ კონდენსატში ადვილად აქროლად ნივთიერებათა კონცენტრაცია მეტი იქნება, ვიდრე საწყისში. მიღებული კონდენსატის გამოხდით, წარმოქმნილი ორთქლი კვლავ მდიდრდება დაბალ ტემპერატურაზე მდულარე ნივთიერებებით და ახალ კონდენსატში მისი შემცველობა კიდევ უფრო მეტი იქნება და მრავალჯერადი გამოხდით შესაძლებელია ადვილად აქროლადი პროდუქტის გამოყოფა ნარევიდან.

გამოხდათა რიცხვის შემცირების მიზნით, წილადური გამოხდის დროს, კოლბასა და მაცივარს შორის ათავსებენ დეფლეგმატორს, რომლის დანიშნულებაცაა გაზარდოს ორთქლსა და კონდენსირებულ სითხეს შორის შეხების ფართობი. დეფლეგმატორში ასული ორთქლი მინის ცივ კედლებთან შეხებისას თანდათან ცივდება და ნაწილობრივ კონდენსირდება – წარმოიქმნება ფლეგმა, რომელიც უკან კოლბისაკენ მოედინება და გზაზე შეხებაშია კოლბიდან ამომავალ ორთქლთან. კონტაქტის დროს ორთქლი მდიდრდება დაბალმდულარე ნივთიერებებით, ხოლო ფლეგმა – მაღალმდულარეთი. ორთქლის გამოსასვლელ გვერდით მილში ასვლამდე ორთქლის ფაზა და მაშასადამე, კონდენსატიც გამდიდრებული იქნება დაბალმდულარე ნივთიერებების ორთქლით.

დაყოფის ეფექტურობა დამოკიდებულია დეფლემატორის კონსტრუქციასა და სიგრძეზე. რაც უფრო გრძელია დეფლემატორი და ბევრია მასში წყობურების რაოდენობა, მით უფრო ეფექტურად ხდება ნარევი შემავალი კომპონენტების დაყოფა.

ნავთობის გამოკვლევისა და მასში შემავალი ნახშირწყალბადების ნარევის სრული დაყოფისათვის ფართოდ გამოიყენება ზუსტი რექტიფიკაცია – გამოხდა სარექტიფიკაციო სვეტის გამოყენებით. სარექტიფიკაციო სვეტების გამოყენებისას ადგილი აქვს ურთიერთსაინანაღმდეგო მიმართულებით მოძრავი სითხისა და ორთქლის მრავალჯერად კონტაქტს, რაც ხელს უწყობს ორთქლის ფაზის მაქსიმალურად გამდიდრებას დაბალმდულარე კომპონენტებით და ნარევის ეფექტურ დაყოფას.

ნარევი შემავალი კომპონენტების დაყოფის ხარისხი დამოკიდებულია სვეტის სიმაღლეზე, მასში მოთავსებული წყობურების რაოდენობაზე, სითბოიზოლაციასა და ფლეგმის რიცხვზე.

იმისათვის, რომ ნარევის ფრაქციებად ან ინდივიდუალურ ნივთიერებად დაყოფა იყოს ეფექტური, გამოხდა უნდა განხორციელდეს ადიაბატურ პირობებში, ე.ი. ადგილი უნდა ჰქონდეს სვეტსა და გარემომცველ ჰაერს შორის სითბომომოცვლას.

თხევად ნივთიერებათა გამოხდის დროს (მათი დუღილის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად) ადგილი აქვს სითბოს დაკარგვას არა მარტო ძირითადად გარემოსადმი მისი გადაცემით, არამედ სითბოს გამოსხივების შედეგადაც. სითბოს დანაკარგების თავიდან ასაცილებლად იყენებენ ლითონის რეფლექტორებს: ახდენენ მუფთის შიდა ზედაპირის მოვერცხლას, ან სვეტს ათავსებენ ალუმინის გაპრიალებული ფოლგისაგან დამზადებულ ცილინდრში. ზოგჯერ იყენებენ ორმაგკედლიან ჭურჭელს, რომელშიც ცირკულირებს მუდმივი ტემპერატურის მქონე სითხე.

ყველაზე ხშირად სითბოდანაკარგების კომპენსაციას ახდენენ ელექტროგამაცხელებლით – სვეტის მუფთაზე ახვევენ ნიქრომის სპირალს (რომელსაც 220ვ. ძაბვის დროს აქვს 100-200 ომი წინლობა) და მას ათავსებენ მინის მილში. გამაცხელებელი სპირალის ტემპერატურას საჭიროების მიხედვით (ფლეგმის რიცხვის მიხედვით) არეგულირებს.

სვეტის ეფექტურობა დამოკიდებულია ასევე მასში არსებული წყობურების ზედაპირის ფართობზე, რაც მეტია წყობურის ზედაპირის ფართობი, მით უფრო ეფექტურია დაყოფა. რეკომენდებულია, წყობური დამზადებული იყოს 0.2-0.1მმ სისქის ნიქრომის სპირალისაგან, რომლის ხვიებს შორის შიდა დიამეტრი 1.2-1.5მმ-ია.

კომპონენტების დაყოფის ხარისხი დამოკიდებულია ასევე ფლეგმის რიცხვზე (ფლეგმის რიცხვი წამოადგენს უკუმაცივრიდან სვეტში დაბრუნებული სითხის რაოდენობის ფარდობას დროის ამავე მონაკვეთში მიმღებში გადასული დისტილატის რაოდენობასთან). ეფექტური სვეტების გამოყენებით შესაძლებელია ისეთი ნივთიერებების დაცილება, რომელთა დუღილის ტემპერატურებს შორის განსხვავება არის 1-0.5°C.

დეფლემატორებისა და სარექტიფიკაციო სვეტების გამოყენებით გამოხდას ანარმოებენ როგორც ატმოსფერულ წნევაზე, ასევე შემცირებული წნევის პირობებში.

ატმოსფერულ წნევაზე გამოხდით გამოყოფენ ნივთიერებებს, რომელთა დუღილის ტემპერატურა 200°C -მდეა. მას იყენებენ შედარებით ადვილადაქროლად ნივთიერებათა ნარევის დასაყოფად.

ჩვეულებრივ, ვაკუუმგამოხდას მიმართავენ მაღალმდულარე ნახშირწყალბადების, მაგ., ნავთის ფრაქციასა და საპოხ ზეთებში შემავალი ნახშირწყალბადების გამოსაყოფად.

ზოგ შემთხვევაში ვაკუუმგამოხდას მიმართავენ ასევე დაბალმდულარე ფრაქციის გამოსახდელად ნარევიში შემავალი კომპონენტების დაცილების მიზნით, რადგან ვაკუუმში გამოხდის დროს წნევის შემცირება სხვადასხვა ნივთიერების დუღილის ტემპერატურაზე ერთნაირად არ მოქმედებს, რის გამოც იზრდება სხვაობა ნარევიში შემავალ კომპონენტთა დუღილის ტემპერატურებს შორის და შესაძლებელი ხდება მათი დაცილება.

ასე მაგალითად, ატმოსფერულ წნევაზე დაახლოებით ერთნაირი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნახშირწყალბადების ვაკუუმგამოხდის დროს ყველაზე მეტად მცირდება არომატულ ნახშირწყალბადთა დუღილის ტემპერატურა, შემდეგ ციკლოალკანების, ყველაზე ნაკლებად კი ალკანების. ამიტომ შემცირებული წნევის პირობებში გამოხდით შესაძლებელია მათი დაცილება.

ნავთობიდან მაღალმდულარე ნახშირწყალბადების გამოსაყოფად წარმატებით გამოიყენება მოლეკულური გამოხდა. გამოხდას ანარმოებენ ღრმა ვაკუუმში (ნარჩენი წნევა $<0.1\text{კა}$). ასაორთქლებელი სითხისა და კონდენსატის ზედაპირებს შორის მანძილი უფრო მცირეა ($10\text{-}30\text{მმ}$), ვიდრე მოლეკულის თავისუფალი გარბენის სიგრძე, ამიტომ აორთქლებული მოლეკულები არ ეჯახებიან ერთმანეთს და კონდენსატში აღწევენ ენერჯის მინიმალური დანაკარგებით. თანამედროვე როტორული აპარატები შესაძლებლობას იძლევა დაშლის გარეშე გამოიხადოს ფრაქცია 650°C -მდე დუღილის ტემპერატურით.

ნავთობის ზეთოვანი ფრაქციისა და ფისების დასაყოფად გამოიყენება წყლის ორთქლით გამოხდა. პირველყოვლისა, ამ დროს მცირდება გამოსახდელი ნივთიერების დუღილის ტემპერატურა (ატმოსფ. წნევას უტოლდება წყლის ორთქლის და გამოსახდელ ნივთიერებათა პარციალურ წნევათა ჯამი) და მეორე, წყლის ორთქლით გამოხდისას სხვადასხვა ნივთიერება სხვადასხვა სიჩქარით იხდება, რაც ნარევის დაყოფის შესაძლებლობას იძლევა.

8.2. აზეოტროპული და აქსტრაქციული რექტიფიკაცია

ბენზინის ვინრო ფრაქციაში შემავალ კომპონენტთა დასაყოფად გამოიყენება აზეოტროპული გამოხდა.

აზეოტროპული ნარევი ეწოდება ორი ან მეტი კომპონენტისაგან შემდგარ ნარევს, რომელიც დულს მუდმივ ტემპერატურაზე, ამიტომ კონდენსატი ისევ სანყისი კომპონენტებისაგან შედგება.

განასხვავებენ „მინიმალურ აზეოტროპს“, როდესაც ნარევი დულს უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, ვიდრე ძირითადი კომპონენტები და „მაქსიმალურ აზეოტროპს“, როდესაც ნარევი დულს უფრო მაღალ ტემპერატურაზე, ვიდრე ძირითადი კომპონენტები.

როგორც აღინიშნა, აზეოტროპული ნარევის დასაყოფად გამოიყენება ვაკუუმგამოხდა, რადგან წნევის შემცირება სხვადასხვაგვარად მოქმედებს ნარევეში შემავალ ნივთიერებათა დუღილის ტემპერატურაზე. აზეოტროპული ნარევების დასაყოფად უმეტესად გამოიყენება ე.წ. აზეოტროპული რექტიფიკაცია და ექსტრაქცია.

„აზეოტროპული რექტიფიკაციის“ დროს გამოხდით დაუყოფავ ნივთიერებათა ნარევეს უმატებენ სპეციალურ ნივთიერებებს – დაბალმოლეკულურ სპირტს ან მჟავას, რომლებიც ერთ-ერთ ნივთიერებასთან თვითონ წარმოქმნიან აზეოტროპულ ნარევეს და ამით ათავისუფლებენ მეორე კომპონენტს. თუ დამატებული ნივთიერება ნარევის ერთ-ერთ კომპონენტთან წარმოქმნის „მინიმალურ აზეოტროპს“, იგი გამოიხდება და მეორე კომპონენტი რჩება ნაშთში; ხოლო თუ დამატებული ნივთიერება წარმოქმნის „მაქსიმალურ აზეოტროპს“, მაშინ გამოიხდება მეორე კომპონენტი, ხოლო აზეოტროპი რჩება ნაშთში. გამოხდის შემდეგ მიღებულ აზეოტროპს ამუშავებენ წყლით ან ტუტით.

8.3. ექსტრაქცია

ბენზინისა და ნავთის ფრაქციებიდან კომპონენტების გამოსაყოფად ფართოდ გამოიყენება ექსტრაქცია – ანუ ე.წ. ცივი ფრაქციონირება. საკვლევ ნარევეს ამუშავებენ ისეთი გამხსნელით, რომელიც შერჩევითად ახდენს ნარევიდან გარკვეული რიგის ნახშირწყალბადების ამონვლილვას, მაგ; თხევადი SO₂-ით ხდება ფისოვანი ნივთიერებების, არენული და უჯერი ნახშირწყალბადების ექსტრაქცია და მათი დაცილება ალკანების და ციკლოალკანებისაგან.

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

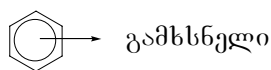
არენებისათვის ძალიან ეფექტურ ექსტრაგენტს წარმოადგენს სულფოლანი, რომლის გამოყენებისას 62-140°C ფრაქციიდან ბენზოლის გამოტანის ხარისხია 99.9%, ტოლუოლის – 99.5%, ხოლო ქსილოლების – 98%.

როგორც აზეოტროპულ რექტიფიკაციას, ისე ექსტრაქციას საფუძვლად უდევს ნარევეში შემავალი კომპონენტების განსხვავებული ურთიერთქმედება გამხსნელთან.

ნახშირბადატომების ერთი და იგივე რიცხვის შემცველი სხვადასხვა რიგის ნახშირწყალბადების ხსნადობა პოლარულ გამხსნელში იზრდება შემდეგი თან-

მიმდევრობით : ალკანები<ციკლოალკანები<ალკენები<ალკადიენები<ალკინები<არენები.

არენები, ალკენები და ალკინები ნაჯერი ნახშირწყალბადებისაგან განსხვავებით წარმოადგენენ π -ელექტრონების დონორს და უნარი აქვთ ელექტრონო-აქცეპტორული გამსხნელის მოლეკულებთან წარმოქმნან π -კომპლექსები:



დამატებით, ალკინების შემთხვევაში ძლიერ, პოლარულ გამსხნელებთან ადგილი აქვს წყალბადური ბმების დამყარებას განაპირა $\equiv\text{CH}$ ბმით.

რიგ შემთხვევებში თავს იჩენს გამსხნელისა და ნახშირწყალბადების მოლეკულებს შორის ინდუქციური ურთიერთქმედება, რომლის ძალა იზრდება ალკანებიდან – არენებისაკენ გადასვლისას. ამ თანმიმდევრობითვე იზრდება ნახშირწყალბადის მოლეკულის პოლარიზებადობა მოცულობით ერთეულზე (რაც განაპირობებს ინდუქციური ურთიერთქმედების ძალის გაზრდას).

8.4. თერმული დიფუზია

ნავთობის ფრაქციებისა და ნავთობპროდუქტების დასაყოფად გამოიყენება თერმული დიფუზია. ეს მეთოდი დამყარებულია შემდეგ პრინციპზე: ნარევი ტემპერატურული გრადიენტის წარმოქმნა განაპირობებს კომპონენტთა კონცენტრაციების გრადიენტების წარმოქმნას.

პროცესი ტარდება თერმოდირექტორულ სვეტებში, რომლებიც შედგება ორი აქსიალური ცილინდრისაგან, რომელთა შორის არსებობს 0.25-0.5მმ სიგრძის ღრეო. ცილინდრებს შორის თავსდება დასაყოფი ნარევი, ერთ ცილინდრს აცხელებენ, მეორეს აცივებენ: წარმოქმნილი ტემპერატურული გრადიენტის გავლენით ნარევი არსებული ერთი ნივთიერების მოლეკულები გადაადგილდებიან ცივი ცილინდრისაკენ, ხოლო მეორეს მოლეკულები ცხელი ცილინდრისაკენ. ცივი ცილინდრისაკენ გადაადგილებული მოლეკულები ეშვებიან და გროვდებიან სვეტის ქვედა ნაწილში, ხოლო ცხელი ცილინდრისაკენ გადაადგილებული კომპონენტები მიემართებიან და გროვდებიან სვეტის ზედა ნაწილში.

ნარევი მყოფი ნივთიერებების დაცილების ამ მეთოდისათვის დამახასიათებელია შემდეგი კანონზომიერებები:

1. ცივი ცილინდრისაკენ მიემართებიან უფრო მეტი ნახშირბადის ატომის შემცველი და უფრო მაღალი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნახშირწყალბადები.
2. ერთნაირი დუღილის ტემპერატურის მქონე ნივთიერებათა შემთხვევაში ცივი ცილინდრისაკენ მიემართება უფრო მცირე მოცულობის მქონე ნივთიერებები.

3. ერთნაირი დუღილის ტემპერატურისა და ერთნაირი მოლეკულური მოცულობების შემთხვევაში, ცივი ცილინდრისკენ მიემართებიან მოლეკულები, რომელთა ზედაპირი უმცირესია.

ნავთობის შემთხვევაში თერმოდინამიკური დაყოფა გამოიყენება ძირითადად 25-50°C-ის ინტერვალში გამოხდელი ფრაქციებისათვის, რომელიც წინასწარ დაყოფილია ალკანურ-ციკლოალკანურ და არენულ ნახშირწყალბადებად.

ალკანურ-ციკლოალკანურ ნახშირწყალბადების თერმული დიფუზიის დროს, სვეტის ზედა ნაწილში ხდება ალკანების კონცენტრირება, შუა ნაწილში – მონო- და ბიციკლოალკანების, ხოლო ქვედა ნაწილში – პოლიციკლოალკანების.

თერმული დიფუზიის გამოყენება საშუალებას იძლევა დაიყოს ნივთიერებები, რომელთა დუღილის ტემპერატურებს შორის სხვაობა ძალიან მცირეა: მაგ., ციკლოჰექსანი და 2,4-დიმეთილპენტანი (დუღილის ტემპერატურებს შორის სხვაობა 0.24°C) ცის- და ტრანს-დეკალინები, ცის- და ტრანს -1,2-დიმეთილციკლოჰექსანები.

თერმული დიფუზია წარმატებით გამოიყენება მრეწველობაში დაბალი გამყარების ტემპერატურისა და მაღალი სიბლანტის ინდექსის მქონე ზეთების მისაღებად.

8.5. კრისტალიზაცია

ნავთობიდან და ნავთობის ფრაქციებიდან, მაღალი ლღობის ტემპერატურის მქონე ჯგუფური და ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების გამოსაყოფად გამოიყენება კრისტალიზაციის მეთოდი.

ნავთობის ფრაქციებიდან მაღალი ლღობის ტემპერატურის მქონე ნივთიერების გამოყოფა ზოგჯერ უბრალო გაცივებით – გამოყინვით ხერხდება. ამ მეთოდის გამოყენებით ახდენენ, მაგალითად, ქსილოლის იზომერების დაცილებას; პ-ქსილოლი კრისტალდება 13.26°C-ზე, ო-ქსილოლი – 25.24°C, ხოლო მ-ქსილოლი – 47.74°C; იზომერული ქსილოლების ნარევის გაცივებისას 0°C-ზე იწყება პ-ქსილოლის კრისტალიზაცია, შემდგომი გაცივებისას -52°C მდე იზრდება მყარი ფაზის რაოდენობა, რომელიც ძირითადად პ-ქსილოლისაგან შედგება, ხოლო - 52.7°C-ზე მთელი ხნარი კრისტალდება. ამიტომ ნარევის – 52°C-მდე გაცივებით ხსნარიდან გამოყოფენ პ-ქსილოლს (გაფილტვრით ან ცენტრიფუგირებით); ასეთი დამუშევრებით გამოიყოფა ნარევეში არსებული პ-ქსილოლის 65%.

ეს მეთოდი გამოიყენება C₁₀ შედგენილობის ალკილბენზოლების ნარევეებიდან 1,2,4,5-ტეტრამეთილბენზოლის გამოსაყოფად.

რიგ შემთხვევებში გაცივებისას ნავთობპროდუქტების სიბლანტე საკმაოდ იზრდება, რაც აბრკოლებს ნივთიერებათა გამოკრისტალებას, ამიტომ საჭირო ხდება ნავთობპროდუქტის წინასწარი განზავება გამხსნელებით. ამ მიზნით გამხსნელებად ძირითადად გამოიყენება მსუბუქი ბენზინის ფრაქცია, დიეთილის ეთერი, დიქლორმეთანი, დიქლორეთანი და სხვა.

მყარ კომპონენტთა დაკრისტალებას ხელს უშლის ასევე ნავთობსა და ნავთობპროდუქტებში ფისოვან ნივთიერებათა არსებობა. ამიტომ საჭიროა წინასწარ მათი გასუფთავება ფისებისა და ასფალტენებისაგან. ფისებისა და ასფალტენებისაგან განმედილი ნავთობიდან და ნავთობპროდუქტებიდან მყარ პარაფინებს გამოყოფენ აცეტონისა და ტოლუოლის ნარევით.

კრისტალიზაციის მნიშვნელოვან სახეობას წარმოადგენს ექსტრაქციული კრისტალიზაცია. ამშემთხვევაში გამხსნელად გამოიყენება სელექტიური გამხსნელი, რომელიც შერჩევითად ხსნის დაბალღებობად ნივთიერებებს, ამასთანავე ის უზრუნველყოფს თხევადი ფაზის არსებობას უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, ვიდრე ევტექტიკური ნარევის გამყარების ტემპერატურაა, ამცირებს ხსნარის სიბლანტეს, რაც გაფილტვრის სტადიაზე ხელს უწყობს თხევადი ფაზის სრულყოფილ მოცილებას.

ექსტრაქციული კრისტალიზაცია გამოიყენება მაღალღებობადი ციკლოალკანების, არენების და ნ-ალკანების დასაყოფად.

ადამანტანის, 1- და 2-მეთილადამანტანის გამოსაყოფად ნავთობიდან, წინასწარ ნავთობს გადადენიან წყლის ორთქლით, შემდეგ თიოშარდოვანათი დამუშავებით გამოყოფენ კომპლექსურ ნაერთს, რომლის დაშლის შედეგად ახდენენ აღნიშნული ნაერთების საფეხურებრივ კრისტალიზაციას მეთილის სპირტიდან.

დიდი გამოყენება მოიპოვა ექსტრაქციულმა კრისტალიზაციამ როგორც ზეთების დეპარაფინიზაციისათვის, ასევე მყარი პარაფინების ზეთისაგან გასაწმენდად.

ამ მიზნით ყველაზე ფართოდ სელექტიურ გამხსნელებად გამოიყენება მეთილეთილკეტონის – ტოლუოლის, მეთილეთილკეტონის –მეთილიზობუტილკეტონის, აცეტონის – პროპენის, დიქლორეთანის – დიქლორმეთანის ნარევი, თხევადი პროპენი.

აღსანიშნავია, რომ ზეთების დეპარაფინიზაციის პროცესში გამოყენებული კეტონების მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად მათი სელექტიურობა მცირდება, მაგრამ ზეთოვანი კომპონენტების მიმართ გახსნის უნარი იზრდება.

8.6. ქრომატოგრაფია

ნავთობის შედგენილობის შესასწავლად და კომპონენტთა დასაყოფად ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ქრომატოგრაფია.

ქრომატოგრაფია – კომპონენტთა ანალიზისა და დაყოფის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდია, რომელიც დაფუძნებულია ნარევეში შემავალი ნივთიერებების განაწილებაზე ორ ფაზას – უძრავ და მოძრავ ფაზებს შორის.

ქრომატოგრაფიული მეთოდების ბევრი სახეობა არსებობს. მათ კლასიფიკაციას ახდენენ სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით.

კომპონენტთა დაყოფისას მიმდინარე პროცესების ბუნების მიხედვით განასხვავებენ ადსორბციულ, გამანაწილებელ და დალექვით ქრომატოგრაფიას.

ადსორბციული ქრომატოგრაფიის ძირითად პროცესს საფუძვლად უდევს ნარევი არსებული კომპონენტების განსხვავებული ადსორბციის უნარი ადსორბენტის ზედაპირზე.

გამანაწილებელი ქრომატოგრაფიის საფუძველია გახსნილ ნივთიერებათა განაწილება ორ ერთმანეთში შეურევად სითხეს (ან სითხესა და აირს) შორის, რაც დამოკიდებულია ამ ორ სითხეში (ან სითხესა და აირში) ნივთიერებათა განსხვავებულ ხსნადობასა და განაწილების განსხვავებულ კოეფიციენტებზე.

დალექვითი ქრომატოგრაფია ეფუძნება დასაყოფ ნივთიერებათა მიერ ნალექის წამოქმნას, დამლექავთან ქიმიური რეაქციის შედეგად.

ქრომატოგრაფიის კლასიფიკაციას ახდენენ აგრეთვე ფაზების აგრეგატული ნიშნის მიხედვით.

უძრავი ფაზა შეიძლება იყოს მყარი ან თხევადი, მოძრავი კი სითხე ან აირი; თუ უძრავ ფაზას მყარი ნივთიერება წარმოადგენს, ხოლო მოძრავს აირი, ქრომატოგრაფიას აირად-ადსორბციული ქრომატოგრაფია ეწოდება. თუ მოძრავ ფაზას სითხე წარმოადგენს, მაშინ ქრომატოგრაფია თხევად-ადსორბციული ქრომატოგრაფიაა. თუ უძრავ ფაზას წარმოადგენს სითხე, მოძრავს კი აირი – აირ-თხევადი ქრომატოგრაფიაა, ხოლო თუ ორივე ფაზას სითხე წარმოადგენს – თხევად-თხევადი ქრომატოგრაფიაა.

კომპონენტთა დაყოფა შეიძლება განხორციელდეს სვეტებში – ეს სვეტური ქრომატოგრაფიაა; კაპილარებში, სადაც უძრავ ფაზას წარმოადგენს სითხე ანდა სითხით გაჟღენთილი მყარი ნივთიერებების ფხვნილი – კაპილარული ქრომატოგრაფიაა, ქრომატოგრაფია სპეციალურ ფოროვან ქაღალდზე – ქაღალდზე ქრომატოგრაფიაა, ხოლო სორბენტის თხელ ფენაზე, რომელიც დატანილია თხელ ფირზე – თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია.

ნარევის დაყოფა შეიძლება როგორც მუდმივ წნევასა და ტემპერატურაზე, ასევე ტემპერატურისა და აირ-მატარებლის წნევის თანდათანობით გაზრდის პირობებში.

სვეტში დასაყოფი ნარევის გადაადგილების მიხედვით განასხვავებენ გამომჟღავნებით, ფრონტალურ და გამოძევებით ქრომატოგრაფიებს.

ყველაზე ხშირად ლაბორატორიულ პრაქტიკაში გამოიყენება გამომჟღავნებითი ქრომატოგრაფია, რომლის დროსაც ადსორბენტით შევსებულ სვეტში შეაქვთ განსაზღვრული რაოდენობით დასაყოფი ნარევი და შემდეგ გამხსნელი ან აირ-მატარებელი (გამომჟღავნებელი), რომელიც უფრო სუსტად ადსორბირდება, ვიდრე ნარევის კომპონენტები. შედეგად ხდება ნარევი შემავალი კომპონენტების გადანაცვლება და მათი ზონებად დაყოფა. პირობების შერჩევა ნარევის სრული დაყოფის და ანალიზის ჩატარების საშუალებას იძლევა.

ფრონტალური ანალიზის დროს, კომპონენტთა ნარევის მუდმივად (უწყვეტად) ატარებენ ადსორბენტით შევსებულ სვეტში. ჯერ გამოდის მცირედ ადსორბირებული კომპონენტი, შემდეგ კომპონენტთა ნარევი. ამ მეთოდით შესაძლებელია მხოლოდ მცირედ ადსორბირებული კომპონენტების გამოყოფა.

გამოძვევებითი ქრომატოგრაფიის დროს სვეტში შეჰყავთ კომპონენტთა ნარევი, შემდეგ გამოძვევებელი, რომელიც კომპონენტებზე უფრო ძლიერი ადსორბციის უნარით ხასიათდება. ამ მეთოდით შესაძლებელია სუფთა სახით კომპონენტების გამოყოფა მცირე რაოდენობით. ზონათა საზღვარზე მათი ურთიერთდიფუზიის გამო მათი სრული დაყოფა ვერ ხერხდება.

ლაბორატორიულ პრაქტიკაში ნავთობისა და ნავთობროდუქტების დასაყოფად გამოიყენება სვეტური ქრომატოგრაფია.

ამოცანის შესასრულებლად გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ადსორბენტისა და დესორბენტის სწორად შერჩევას.

ნავთობროდუქტების დასაყოფად გამოიყენება ორი ტიპის ადსორბენტი: 1. ადსორბენტი მოუნესრიგებელი კრისტალური სტრუქტურითა და არაერთგვაროვანი ფორიანობით (სილიკაგელი, აქტიური ალუმინის ოქსიდი, აქტიური ნახშირი) და 2. ადსორბენტები ერთგვაროვანი ფორებით (ცეოლითები, მოლეკულური საცრები).

სილიკაგელზე განსაკუთრებით ძლიერად ადსორბირდებიან ნავთობში შემავალი ჰეტეროატომის შემცველი კომპონენტები, ასევე პოლიციკლური არენები, ნაკლები სიძლიერით – არენები ერთი არომატული ბირთვით და მნიშვნელოვნად სუსტად – ალკანები და ციკლოალკანები.

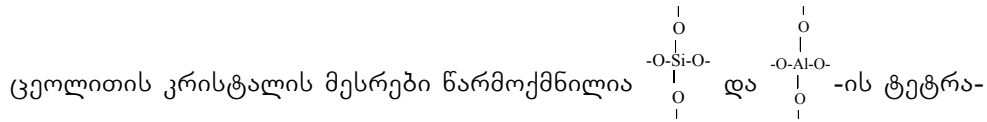
სილიკაგელებს განასხვავებენ ფორიანობის მიხედვით – წვრილფორიან და მსხვილფორიანად, რომელთა კლასიფიკაციას ახდენენ მარცვლების ზომების მიხედვით. მსხვილფორიანი სილიკაგელების ფორების საშუალო დიამეტრი 14.9-17.2 ნმ-ია, ხოლო წვრილფორიანის – 1.7-2 ნმ. მსხვილფორიანი სილიკაგელები შეიცავენ 94% SiO₂-ს, მინარევების სახით: 0.2-0.55% Al₂O₃-ს, 0.1% Fe₂O₃-ს, ტუტე და ტუტემინათა ლითონების ოქსიდებს. წვრილფორიანი სილიკაგელში SiO₂-ის შემცველობა 89%-ია. განმამტკიცებელი დანამატის სახით შეიცავს 7-10% Al₂O₃-ს.

ალუმინის ოქსიდზე უფრო ეფექტურად შეიძლება დაიყოს ნახშირწყალბადები გოგირდშემცველი ნაერთებიდან და ასევე მონო-, ბი- და პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები ერთმანეთისაგან.

განსაკუთრებით სელექტიურ ადსორბენტებს წარმოადგენენ როგორც ბუნებრივი, ისე სინთეზური ცეოლითები. თავისი შედგენილობით ცეოლითები ალუმოსილიკატებია.

ბუნებრივი ცეოლითებიდან გავრცელებულია კლინოპტილოლიტები, რომელთა შედგენილობა: Na₂O(H₂O)Al₂O₃ · 10SiO₂ · 8H₂O, ასევე მორდენიტი, ფილიპსიტი და შაბაზიტი. ადსორბენტებად და კატალიზატორებად ბუნებრივ ცეოლითებთან ერთად ფართოდ გამოიყენება სინთეზური ცეოლითები, რომლებიც მიიღებიან ტუტის წყალხსნარის გაცხელებით ალუმოსილიკატებთან ერთად. მათი შედგენილობა ზოგადად შეიძლება ასე გამოვსახოთ: M_{2n}O · Al₂O₃ · XSiO₂ · YH₂O, სადაც M ტუტე ან ტუტემინათა ლითონია. SiO₂-ისა და Al₂O₃-ის მოლთა ფარდობა (X-ის მნიშვნელობა) განსაზღვრავს ცეოლითის ტიპს.

A ტიპის ცეოლითში $x=2$; X ტიპის ცეოლითში $x=2.2-2.8$, ხოლო Y ტიპის ცეოლითებში $x=3.5$.



ედრებით. ეს ტეტრაედრები ჯგუფდებიან პოლიედრების წარმოქმნით (8 ტეტრაედრი წარმოქმნის კუბს, 12 – ჰექსაგონლურ პრიზმას, 24 – კუბოოქტაედრს).

Si^{+4} -ის ჩანაცვლება Al^{+3} -ით იწვევს მესერში უარყოფითი მუხტის წარმოქმნას, რომელიც ნეიტრალდება მესერის შიდა ღრუებში განლაგებული ტუტე და ტუტემინათა მეტალების კათიონებით.

პოლიედრებს შორის და პოლიედრებში წარმოქმნილი ღრუები დაკავშირებულია ერთმანეთთან არხებით ან ჟანგბადოვანი რგოლებით (ფანჯრებით). ამ ღრმულებსა და ფანჯრებს აქვთ მოლეკულური ზომები და ცეოლითის ყოველი ტიპისათვის ის დამახასიათებელ სიდიდეს წარმოადგენს.

ცეოლითების სტრუქტურული ერთეულის კუბოოქტაედრის შიგნით არსებული მოცულობა (მცირე ფორები) ერთნაირია A და X ტიპების ცეოლითებისათვის, ხოლო დიდი ფორები (ღრუები) სივრცე კუბოოქტაედრსა და ჟანგბადის ხიდებს შორის ზომით მცირედ განსხვავდებიან. ძირითადი განსხვავება გაპირობებულია დიდი ღრუს ფანჯრების ზომების სიდიდით. A ტიპის ცეოლითების დიდი ღრუები ერთმანეთს უკავშირდებიან რვანევრიანი ჟანგბადის ფანჯრებით, ხოლო X ტიპის ცეოლითის – 12 ნევრიანი ჟანგბადის ფანჯრებით. ამ ფანჯრების დიამეტრები ერთმანეთისაგან განსხვავებულია. ფანჯრების დიამეტრი დამოკიდებულია ასევე კათიონის ბუნებაზე.

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

თვალსაჩინოებისათვის მოვიყვანოთ ზოგიერთი ცეოლითისთვის დიდი ღრუებისა და შემაერთებელი ფანჯრების ზომები ნმ-ში:

ცხრილი 8.1

ზოგიერთი ცეოლითისთვის დიდი ღრუებისა და შემაერთებელი ფანჯრების ზომები ნმ-ში

ცეოლითი	LiA	NaA	KA	CaA	NaX NaY	CaX CaY
დიდი ღრმულების დიამეტრი	1.2	1.1-1.2	1.1	1.1	1.1-1.3	1.1-1.3
ფანჯრების ზომები	0.4-4	0.4	0.38	5.0	9	8

სწორედ ამიტომ გარკვეული სტრუქტურის ცეოლიტებს მხოლოდ შესაბამისი ზომის მოლეკულების ადსორბციის უნარი გააჩნიათ, რაც განაპირობებს მათ მაღალ სელექციურობას ადსორბციისა და კატალიზის პროცესებში.

მაგ.; KA ადსორბირებს მხოლოდ წყალს, NaA – H_2O , CO_2 , H_2S , NH_3 , CH_3OH , C_2H_4 , C_3H_6 , C_2H_6 ; CaA – 20 ატომამდე ნახშირბადატომების შემცველობის ნ-ალნაგობის ნახშირწყალბადებს და სპირტებს, ასევე მეთილ- და ეთილთიოსპირტებს, ეთილენოქსიდს; CaX ცეოლითი ადსორბირებს განშტოებული ალნაგობის ალკანებს და სპირტებს, ბენზოლს, ციკლოჰექსანს და მათ ჰომოლოგების დაბალ წევრებს. CaX-ზე ვერ ადსორბირდება ბენზოლის ჰომოლოგები დიდი და განშტოებული რადიკალებით, მაგ., 1.3.5-ტრიეთილბენზოლი.

ცეოლიტები პოლარული ადსორბენტებია, ამიტომ ადსორბციული მეთოდით კომპონენტთა დაყოფა ხდება არა მარტო მოლეკულური ზომების მიხედვით, არამედ პოლარობის ხარისხის მიხედვითაც.

ნავთობის ფრაქციებისა და ნახშირწყალბადთა დაყოფა ცეოლიტებზე ფართოდ გამოიყენება არა მარტო ლაბორატორიებში პრეპარატულ-ანალიზური მიზნებისათვის, არამედ მრეწველობაშიც.

CaA – ცეოლიტზე ადსორბციით ნავთ-გაზოილის ფრაქციიდან ($200-320^{\circ}C$) გამოიყოფა $C_{10}-C_{18}$ შედგენილობის ალკანები.

ძალიან სპეციფიკურად მიმდინარეობს ცეოლიტებზე ქსილოლების ადსორბცია. BaY-ზე სელექციურად ადსორბირდება პ-ქსილოლი, CaY-ზე და SrY-ზე – მ-ქსილოლი, ხოლო NaY-ზე ო-ქსილოლი.

ბუნებრივი და მჟავით მოდიფიცირებული ტუფის შემცველი კლინოპტილოლიტები ძლიერად და სელექციურად ადსორბირებენ ნავთობში შემავალი ჰეტეროატომების შემცველ ნივთიერებებს; ჰეტეროატომების შემცველი ნივთიერებებისა და არენებისაგან რეაქტიული სანვავის გასასუფთავებლად გამოიყენება ასევე სინთეზური ცეოლიტები: NaX და CaX.

ნავთის ფრაქციიდან რეაქტიული სანვავისათვის მნიშვნელოვანი კომპონენტების გამოსაყოფად, ჯერ ახდენენ ნავთის დეარომატიზაციას, ხოლო შემდეგ მის დაყოფას CaNaX ცეოლიტზე, სადაც უპირატესად ადსორბირდება ბი- და ტრიციკლური ციკლოალკანები. შემდგომი მათი დესორბციით კი ხდება რეაქტიული სანვავისათვის მაღალხარისხოვანი კომპონენტების გამოყოფა.

ადსორბირებული ნახშირწყალბადების სელექციური დესორბციის მიზნით დიდი მნიშვნელობა აქვს გამხსნელების (დესორბენტების, მოძრავი ფაზის) სწორ შერჩევას, მაგ., ნაჯერი ნახშირწყალბადების დესორბციისათვის გამოიყენება C_5-C_7 შედგენილობის ნ-ალკანები, არომატული და ჰეტეროატომის შემცველი ნივთიერებებისათვის – ბენზოლი, სპირტისა და ბენზოლის ნარევი, აცეტონი, ქლოროფორმი. მოძრავი ფაზის პოლარულობის თანდათანობით გაზრდა შესაძლებელს ხდის შემცირდეს ადსორბენტზე ნივთიერებების დაკავების დრო. ამ მეთოდს გრადიენტულ ელუირებას უწოდებენ.

9. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შედგენილობის შესწავლა

ნავთობის გამოყენების სწორი მიმართულების განსაზღვრა მოითხოვს ნავთობისა და მისი ფრაქციების შედგენილობის შესწავლას.

ნავთობის კვლევისთვის გამოყენებული მეთოდები საშუალებას იძლევა ბენზინისა და ნავთის ფრაქციებში განისაზღვროს ნახშირწყალბადთა ჯგუფური შედგენილობა, გაზოილის, ზეთების და ნავთობის მძიმე ნარჩენებისათვის სტრუქტურულ-ჯგუფური შედგენილობა, ხოლო ნავთობური აირების, ბენზინისა და ნავთის ვიწრო ფრაქციებში ინდივიდუალურ ნივთიერებათა შემცველობა.

9.1. ელემენტური ანალიზი

ნავთობის გადამუშავების მატერიალური ბალანსის შედგენისათვის აუცილებელია ნავთობის შედგენილობაში შემავალი ელემენტების, ძირითადად C, H, S, N-ის განსაზღვრა.

C, H-ის და N-ის განსაზღვრა ხდება საყოველთაოდ ცნობილი – წვის მეთოდით.

წყალბადისა და ნახშირბადის განსაზღვრა ეფუძნება ნავთობის ან ნავთობპროდუქტის სრულ დაწვას ჟანგბადის არეში და წარმოქმნილი (მინარევებისაგან განმედილი) წყლისა და ნახშირორჟანგის შეკავებას შესაბამისი მშთანქმელებით. მათი რაოდენობის განსაზღვრით (წონითი მეთოდით) ხდება აღებულ პროდუქტებში წყალბადისა და ნახშირბადის მასური წილის განსაზღვრა.

აზოტის შემცველობის განსაზღვრა ხდება დიუმას ან კიელდალის მეთოდით.

დიუმას მეთოდის მიხედვით ხდება ნახშირბადის დიოქსიდის არეში სპილენძის (II) ოქსიდით ნავთობპროდუქტების დაჟანგვა; წარმოქმნილი სპილენძი აღადგენს დაჟანგვის პროცესში წარმოქმნილ აზოტის ოქსიდებს აზოტამდე. აზოტისა და ნახშირბადის დიოქსიდის ნარევი ტარდება ტუტის ხსნარში, რომელიც შთანთქავს ნახშირბადის დიოქსიდს და დარჩენილი აზოტის მოცულობით საზღვრავენ აზოტის მასურ წილს ნავთობპროდუქტებში.

კიელდალის მეთოდის მიხედვით ნავთობპროდუქტი იჟანგება კონცენტრირებული გოგირდმჟავათი, წარმოქმნილი ამონიუმის სულფატზე ტუტის მოქმედებით გამოყოფილი ამიაკი იტიტრება მჟავათი.

ჟანგბადის მასური წილი მეტწილად ისაზღვრება სხვაობით (100-ს გამოკლებული ყველა ელემენტის მასური წილების ჯამი).

არსებობს ჟანგბადის განსაზღვრის პირდაპირი მეთოდი, კერძოდ – ნავთობპროდუქტის პიროლიზით ინერტული აირის ნაკადში პლატინირებული გრაფიტისა და სპილენძის ოქსიდის თანდასწრებით. ჟანგბადის რაოდენობა ისაზღვრება გამოყოფილი ნახშირბადის დიოქსიდის მასის მიხედვით.

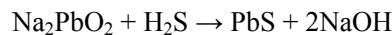
დღეისათვის დამუშავებული და გამოყენებულია ნავთობსა და ნავთობროდუქტებში გოგირდშემცველ ნაერთთა თვისებითი და რაოდენობითი ანალიზის სხვადასხვა მეთოდი. თვისებითი მეთოდები უპირველეს ყოვლისა გამოიყენება გოგირდწყალბადის, თიოლებისა და თავისუფალი გოგირდის განსაზღვრისათვის.

ლაბორატორიულ პრაქტიკაში თვისებითი ანალიზის მეთოდებიდან ყველაზე მეტად გამოიყენება სინჯი სპილენძის ფირფიტაზე და ე.წ. „საექიმო სინჯი“.

სინჯი სპილენძის ფირფიტაზე მიღებულია სტანდარტულ მეთოდად და საერთაშორისო გამოყენება აქვს. მისი არსი შემდეგში მდგომარეობს: გაცხელებულ ნავთობსა და ნავთობროდუქტებში (ბენზინი, ნავთი, რეაქტიული სანვაგი, დიზელის სანვაგი, საცხები ზეთი) სპილენძის ფირფიტის მოთავსებისას გარკვეული დროის შემდეგ ფირფიტა შეიღებება სხვადასხვა ფერად (მასზე ჩნდება სხვადასხვა ფერის ლაქა) – ღია ნაცრისფერიდან თითქმის შავ ფერამდე. დაახლოებით 100°C-ზე სპილენძის ფირფიტაზე მოყვითალო-ნარინჯისფერი ლაქების გაჩენა მიუთითებს ნავთობპროდუქტებში თიოლების და სულფიდების არსებობაზე.

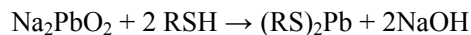
ნავთობროდუქტებში თავისუფალი გოგირდის აღმოჩენა შეიძლება მეტალური ვერცხლისწყლით, მასზე შავი ფერის ლაქის გაჩენით.

ე.წ. „საექიმო სინჯის“ მეთოდი შემდეგში მდგომარეობს: ნავთობპროდუქტისა და ნატრიუმის პლუმბატის ხსნარს ინტენსიურად ურევენ. თუ ნავთობპროდუქტი შეიცავს გოგირდწყალბადს, გამოიყოფა ტყვიის სულფიდის შავი ფერის ნალექი.



„საექიმო სინჯი“ ძალიან მგრძობიარეა. მისი საშუალებით შესაძლებელია გოგირდწყალბადის აღმოჩენა 0.0006%-მდე შემცველობისას.

Na_2PbO_2 -თან რეაქციაში შედიან ასევე თიოლებიც:



თიოლების შემთხვევაში საანალიზო ნავთობპროდუქტი იღებს ნარინჯისფერს, ყავისფერს და შავ ფერს.

შემუშავებულია გოგირდშემცველ ნაერთთა ჯგუფური და სტრუქტურული შედგენილობის განსაზღვრის ინსტრუმენტული მეთოდები: აირად-თხევადი, თხევად-თხევადი ქრომატოგრაფია, პოლაროგრაფია, პოტენციომეტრული და ამპერიმეტრული გატიტვრა, უი-, ინ- და ბმრ სპექტროსკოპია, მას-სპექტრომეტრია.

პოლაროგრაფიული მეთოდი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ნავთობსა და ნავთობპროდუქტში გოგირდწყალბადის, თავისუფალი, თიოლური, სულფიდური და დისულფიდური გოგირდის შემცველობა.

ძრავის სანვავებში (ბენზინში, რეაქტიულ და დიზელის სანვავებში) გოგირდწყალბადსა და თიოლურ გოგირდს საზღვრავენ სახელმწიფო სტანდარტის მიხედვით – პოტენციომეტრული მეთოდით; გატიტვრის მრუდების საშუალებით შესაძლებელია თვისებრივად შეფასდეს თავისუფალი გოგირდის არსებობა.

მერკაპტანების განსაზღვრისათვის იყენებენ დინიტროქლორბენზოლს. ეს მეთოდი დამყარებულია 2.4-დინიტროქლორბენზოლის თვისებაზე – მომენტალურად შევიდეს რეაქციაში მერკაპტანებთან კრისტალური ნივთიერების წარმოქმნით.

მიღებული კრისტალური ნივთიერებები ხასიათდებიან განსაზღვრული ლღობის ტემპერატურით.

ასევე აღსანიშნავია, რომ მიღებული ნივთიერებები ადვილად იჟანგებიან პერმანგანატით შესაბამისი სულფონების წარმოქმნით. სულფონებიც ასევე კრისტალურ ნივთიერებებს წარმოადგენენ დამახასიათებელი ლღობის ტემპერატურით.

ინდივიდუალური სახით გოგირდშემცველ ნაერთთა განსაზღვრა ძალიან ძნელია, ამიტომ ჩვეულებრივ ისაზღვრება საერთო გოგირდის შემცველობა, რომელიც წარმოადგენს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ერთ-ერთ ძირითად მახასიათებელს.

საერთო გოგირდის განსაზღვრის მეთოდებს ყოფენ ორ კლასად: ქიმიურ და ფიზიკურ მეთოდებად.

ანალიზის ფიზიკურ მეთოდს ეკუთვნის შემდეგი მეთოდები: ნეიტრონულ-აქტივაციური (ნაა), რენტგენულ-ფლუორესცენტური (რფა), რენტგენულ-რადიომეტრული (რრმ) და ატომურ-აღსორბციული მეთოდი.

ნეიტრონულ-აქტივაციური მეთოდი დაფუძნებულია საანალიზო ნივთიერებების ბირთვებთან ნეიტრონის ურთიერთქმედებაზე (საშუალებას იძლევა განისაზღვროს 5-10⁻²% გოგირდი).

რენტგენულ-ფლუორესცენტურ მეთოდს საფუძვლად უდევს რენტგენის სხივების შთანთქმის ხარისხის განსაზღვრა, თუ ცნობილია დამოკიდებულება საანალიზო ნივთიერებათა კონცენტრაციასა და რენტგენის სხივების შთანთქმას შორის (მეთოდი გამოიყენება 1.10⁻²% გოგირდის შემცველობისას).

რენტგენულ-ფლუორესცენტური მეთოდის გამოყენებისას ზომავენ რენტგენის ფლუორესცენციის კვანტების ნაკადს, რომელთა ენერგია ახასიათებს განსაზღვრავ ელემენტს, ხოლო ინტენსიურობა – მის შემცველობას (გოგირდის განსაზღვრის ზღვარი 5.10⁻³% შეადგენს).

საერთო გოგირდის განსაზღვრის ქიმიური მეთოდებიდან ყველაზე ფართოდ გამოიყენება დაჟანგვის მეთოდი; სხვადასხვა კონსტრუქციის ხელსაწყოში (ნათურაში, კალორიმეტრულ ყუმბარაში, კვარცის მილში, ტიგელში, კოლბაში, დიოქსანის სანთურაში) წვავენ ნავთობს და ნავთობპროდუქტს. წვის შედეგად წარმოქმნილ გოგირდის ოქსიდებს აბსორბერში აკავებენ და შემდეგ ახდენენ მათ რაოდენობრივ განსაზღვრას.

ნათურის მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს: სპეციალურ ნათურაში ინვება ნავთობპროდუქტი (არამბოლავი ალით), რის შემდეგ აბსორბერში ხდება წარმოქმნილი გოგირდის (IV) ოქსიდის შთანთქმა სოდის ხსნარით. მიღებულ ხსნარში გატიტვრით ისაზღვრება ჭარბი სოდის რაოდენობა, რითაც გაიანგარიშება გოგირდის (IV) ოქსიდის შთანთქმისას დახარჯული სოდის რაოდენობა, შესაბამისად – გოგირდის რაოდენობა.

9.2. ნახშირწყალბადათა ჯგუფური და სტრუქტურულ-ჯგუფური შედგენილობის განსაზღვრა

ტექნიკური მიზნებისათვის ნავთობის ფრაქციების ინდივიდუალურ შედგენილობის შესწავლა არ არის საჭირო, საკმარისია მათში კლასების მიხედვით ნახშირწყალბადათა ჯგუფური შემცველობის განსაზღვრა.

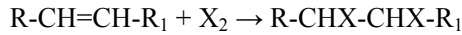
ამ მიზნით გამოიყენება 1. ქიმიური, 2. ფიზიკურ-ქიმიური, 3. ფიზიკური და 4. კომბინირებული მეთოდები.

1. ქიმიური მეთოდები დამყარებულია რომელიმე რეაგენტის შერჩევით მოქმედებაზე განსაზღვრული კლასის ნახშირწყალბადათთან (არენებთან ან ალკენებთან), რომელთა რაოდენობრივი შემცველობა განისაზღვრება რეაგენტის მოქმედების შედეგად საწყისი ნარევის მოცულობის ცვლილებით ან მიღებული რეაქციის პროდუქტის რაოდენობით.
2. ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდი დამყარებულია სხვადასხვა კლასისა და აღნაგობის ნახშირწყალბადათების განსხვავებული ექსტრაქციისა და ადსორბციის უნარზე.
3. ფიზიკური (ინსტრუმენტული) მეთოდებია: ულტრაიისფერი, ინფრანითელი, ბმრ სპექტროსკოპული და ქრომატო-მას-სპექტრომეტრული მეთოდები.
4. კომბინირებული მეთოდები. ამ მეთოდის დროს ერთდროულად გამოიყენება რომელიმე ორი მეთოდი. მაგ.; საზღვრავენ ნავთობპროდუქტის ფიზიკურ თვისებებს (გარდატეხის მაჩვენებელს, სხვა გმხსნელში გახსნის კრიტიკულ ტემპერატურას) არენების მოცილებამდე და მოცილების შემდეგ. ნარევი შემაჯალი ინდივიდუალური კომპონენტების დაყოფა ხდება პრეპარატული ქრომატოგრაფიით, ხოლო იდენტიფიკაცია – სპექტრალური ან სხვა მეთოდებით.

ქიმიური მეთოდის გამოყენებით ძირითადად ისაზღვრება ალკენები და არომატული ნახშირწყალბადათები.

ბუნებრივი ნავთობი და მისგან გამოხდით მიღებული ნავთობპროდუქტები უჯერ ნახშირწყალბადათებს არ შეიცავენ. უჯერი ნახშირწყალბადათები შედიან თერმული და თერმოკატალიზური გადამუშავების შედეგად მიღებულ ნავთობპროდუქტებში.

ნავთობპროდუქტებში უჯერი ნახშირწყალბადათების განსაზღვრა ემყარება მათ გაზრდილ რეაქციისუნარიანობას მიერთების რეაქციებში, კერძოდ, ჰალოგენებთან (ბრომთან, იოდთან)



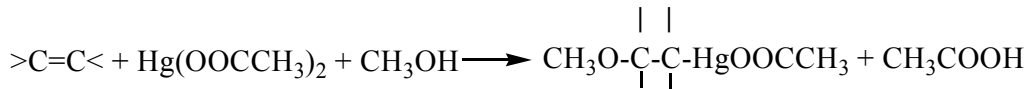
უჯერი ნაერთების შემცველობას ნავთობპროდუქტებში გამოსახვენ იოდის ან ბრომის რიცხვით.

იოდის (ბრომის) რიცხვი ენოდება იოდის (ბრომის) რაოდენობას გ-ში, რომელიც განსაზღვრულ პირობებში უერთდება 100გ საკვლევ პროდუქტს.

ალკენების განსაზღვრისათვის ზოგ შემთხვევაში მიმართავენ ჰიდრირების რეაქციას, რომელიც ტარდება პლატინის ან პალადიუმის კატალიზატორების მონაწილეობით ოთახის ტემპერატურაზე. ამ პირობებში არენები არ ჰიდრირდებიან. ამ შემთხვევაში საკვლევ პროდუქტის უჯერობის ხარისხს ახასიათებენ წყალბადის რიცხვით.

წყალბადის რიცხვი ენოდება წყალბადის (მოცულობით) რაოდენობას სმ³-ში, რომელსაც იერთებს 1 გ საკვლევ ნივთიერება.

სუფთა სახით ალკენების გამოსაყოფად იყენებენ რეაქციას ვერცხლისწყლის აცეტატთან მეთანოლის არეში:



რეაქციის პროდუქტს გამოყოფენ რეაქციაში შეუსვლელი გამხსნელისა და ნახშირწყალბადების გადადენით ვაკუუმში. მიღებულ ვერცხლისწყლის ნაწარმზე არაორგანული მჟავების მოქმედებით ხდება ალკენების გამოყოფა.

ბენზინის ფრაქციებიდან ალკენების მოცილება ხდება 85%-იანი გოგირდმჟავით.

არომატული ნახშირწყალბადების განსაზღვრისთვის გამოიყენება 98-99%-იანი გოგირდმჟავა ან 5-10%-იანი ოლეუმი ოთახის ტემპერატურაზე. ალკანებისა და ციკლოალკანებისაგან განსხვავებით, არენები რაოდენობრივად შედიან სულფირების რეაქციაში, წარმოქმნილი არომატული სულფომჟავა იხსნება ჭარბ გოგირდმჟავაში. საწყისი ფრაქციის მოცულობის შემცირება (ΔV) შეესაბამება მასში არსებული არენების მოცულობას.

ქიმიური რეაქციისუნარიანობით განსხვავდებიან ნაფთალინის, ანტრაცენის და ფენანტრენის რიგის ნახშირწყალბადები, რაც თითოეული მათგანის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა.

ნავთობის ფრაქციებში შემავალი ნაფთალინის რიგის და სხვა პოლიციკლური ნახშირწყალბადების განსაზღვრა ეფუძნება მათ უნარს პიკრინის მჟავას ან სხვა ძლიერ ელექტრონოაქცეპტორულ ნივთიერებებთან წარმოქმნან კომპლექსური ნაერთები.

ანტრაცენისა და მისი ჰომოლოგების გამოყოფა ადვილად ხდება მალეინის ან-ჰიდრიდით გაცხელებისას. ადუქტის წარმოქმნა ანალოგიურად მიმდინარეობს ნაფთალინის წარმოებულებთანაც, მაგრამ უფრო ძნელად. ფენანტრენის რიგის ნახშირწყალბადების გამოსაყოფად იმავე მალეინის ანჰიდრიდთან პროცესს ატარებენ სინათლეზე – ადუქტის წარმოქმნა მიმდინარეობს ფოტოკონდენსაციით.

აღსანიშნავია, რომ ფენანტრენში 9,10-მდგომარეობაში ჩამნაცვლებლის არსებობა იწვევს ადუქტის გამოსავლიანობის გაზრდას, მაგრამ დიდი მოცულობის რადიკალები აბრკოლებენ რეაქციის წარმართვას. საერთოდ, მალეინის ანჰიდრიდთან ფენანტრენის ნაწარმების ადუქტის გამოსავლიანობა შეადგენს 40-60%-ს.

ამრიგად, ფრაქციის მალეინის ანჰიდრიდით დამუშავებისას სიბნელეში ხდება ანტრაცენის რიგის ნახშირწყალბადების გამოყოფა, ხოლო შემდეგ ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებით ხდება ფენანტრენისა და მისი ჰომოლოგების გამოყოფა.

აღსანიშნავია, რომ ულტრაიისფერი დასხივების ხანგრძლივობის ვარირებით შესაძლებელია ნავთობის ფრაქციებიდან ნაფთალინის (2 სთ-იანი დასხივება), ფენანტრენისა (6 სთ-იანი დასხივება) და ბენზოლის რიგის ნახშირწყალბადების (28 სთ-იანი დასხივება) თანმიმდევრული გამოყოფა.

კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებიდან ჯგუფური შედგენილობის დასადგენად ფართოდ გამოიყენება თხევად-აღსორბციული მეთოდი. ამ მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია ნავთობის ფრაქციებიდან არა მხოლოდ ალკანურ-ციკლოალკან-არომატული ნახშირწყალბადების გამოყოფა, არამედ გრადიენტული ელუირების მეთოდის გამოყენებით ციკლოალკანების და არომატული ნახშირწყალბადების დაყოფა ბირთვების რაოდენობის მიხედვით მონო-, დი-, ტრი-, და პოლიციკლურ ნახშირწყალბადებად.

პროცესი ტარდება ქრომატოგრაფიულ სვეტებში; ადსორბენტებად გამოიყენება სილიკაგელი ან ორმაგი ადსორბენტი – ალუმინის ოქსიდი და სილიკაგელი. ნავთისა და ზეთების ფრაქციის ანალიზისას ნაჯერი ნახშირწყალბადების დესორბენტებად (გამოსარეცხად) გამოიყენება C₅-C₇ შედგენილობის ნ. ალკანები, არომატული და ჰეტეროატომის შემცველი კომპონენტების გამოსატანად – ბენზოლი, სპირტისა და ბენზოლის ნარევი, აცეტონი, ქლოროფორმი (მოდრავი ფაზის პოლარობის თანდათანობით გაზრდით).

ჩამოსულ ფრაქციებს აგროვებენ მცირე ულუფობით (3-3მლ-ის რაოდენობით). გამსხნელის მოცილების შემდეგ ელუენტს უსაზღვრავენ n_D-ს. ფრაქციებს, რომელთა n_D 0.0005-ზე მეტი რიცხვით არ განსხვავდებიან, აერთიანებენ.

1. ნორმალური ან მცირედ განტოტვილი ალკანების, რომელთა გამყარების ტემპერატურა 20°C-ზე მეტია, (n_D < 1.45-ზე).
2. განშტოებული იზოალნაგობის ალკანების (n_D = 1.45-1.47).
3. მონოციკლური ციკლოალკანების (n_D = 1.47-1.48).
4. ბიციკლური ციკლოალკანების (n_D = 1.48-1.49).
5. ტრი- და პოლიციკლური ციკლოალკანების (n_D > 1.49).

არენების გამოსვლის დასაწყისი მონმდება ფორმალური რეაქციით (1 მლ 98% გოგირდმუყავასა და 2-3 წვეთი 10%-იანი ფორმალინის ხსნარს ემატება 1 მლ სვეტიდან ჩამოსული ხსნარი. ხსნარის ნითლად შეფერვა მიუთითებს არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობაზე.

1. მონოციკლური არენების ($n_D < 1.53$)
2. ბიციკლური არენების ($n_D = 1.53-1.55$)
3. ტრი- და პოლიციკლური არენების ($n_D > 1.55$)

ჯგუფური ანალიზის დროს ფართო გამოყენება მოიპოვა ხსნარის ადსორბციამ ქრომატოგრაფიულ სვეტზე ფლუორესცირებადი (ლუმინესცირებადი) ინდიკატორის გამოყენებით ე.წ. ფია-ის მეთოდმა. სილიკაგელით შევსებულ სვეტში საანალიზო ფრაქციასთან ერთად მცირე რაოდენობით შეაქვთ ფლუორესცირებადი ინდიკატორი და საღებარი, რომელიც კარგად იხსნება არომატულ ნახშირწყალბადებში და არ იხსნება ალკანებსა და ციკლოალკანებში. ულტრაიისფერი სხივებით გაშუქებისას არენების ზონა იძლევა მკვეთრ ცისფერ ფლუორესცენციას. ამ ზონის სიმაღლის ფარდობით ადსორბენტის საერთო ფენის სიმაღლესთან, საზღვრავენ არენების შემცველობას ნავთობში.

ნავთობში შემავალი ფისების და ასფალტენების ანალიზისათვის გამოიყენება ქრომატოგრაფია ქალაღზე. აქ ქრომატოგრაფიული სვეტის როლს ასრულებს ფოროვანი ქალაღის ზოლი, უძრავ ფაზას წარმოადგენს წყალი, რომელსაც ცელულოზას ბოჭკოები აკავებს, ხოლო მოძრავს – ორგანული გამხსნელი.

ქალაღის ზოლს ათავსებენ ნიმუშის სპირტ-ბენზოლის ხსნარში და ტოვებენ 12-14 სთ-ით. ქალაღის ხსნარიდან ამოღების შემდეგ გამხსნელი ორთქლებს. ულტრაიისფერი სხივებით გაშუქებისას ფისი იძლევა მკვეთრ ყვითელ ლუმინესცენციას, ასფალტენები – მუქ ყავისფერს.

ნავთობის მძიმე (400°C -ზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე გამოხდით) ფრაქციების საანალიზოდ გამოიყენება ე.წ. გელ-ქრომატოგრაფია ან ექსკლუზიური ქრომატოგრაფია. სვეტი ივსება გელით, რომელსაც გააჩნია გარკვეული ზომის ფორები. თუ დასაყოფი ნარევი შეიცავს უფრო დიდი ზომის მოლეკულებს, ვიდრე გელის ფორების სიდიდეა, ისინი ვერ შედიან გელის ფორებში, გადიან გელის ნაწილაკებს შორის და ელუენტის ნაკადით სწრაფად გამოდიან სვეტიდან. ამრიგად, ისინი მოქმედებენ მოლეკულური საცრების მექანიზმით.

საშუალო ზომის მოლეკულები შედიან გელის ზოგიერთ ფორმებში, შესაბამისად, სვეტში ყოვნიდან შედარებით მეტ ხანს და ჩამოედინებიან დიდი ზომის მოლეკულების შემცველი ფრაქციის შემდეგ. მცირე ზომის მოლეკულები კი შედიან გელის ნებისმიერ ფორმებში, მათი გზა გრძელდება და სვეტიდან ჩამოედინებიან ბოლო ფრაქციის სახით.

ადსორბენტებად გელ-ქრომატოგრაფიაში გამოიყენება სეფადექსი LH-20 და სტიროლდვინილბენზოლის გელები, რომლებშიც ალკანების და ციკლოალკანების გამოსვლა ხდება მოლეკულურ საცრებში, ხოლო პოლიციკლური არენების ელუირება დამოკიდებულია გამხსნელზე. ქლოროფორმისა და ტეტრაჰიდროფურანის გამოყენებისას არენების ელუირებაც გელ-ფილტრაციის ანალოგიურად მიმდინარეობს. ელუენტებად კეტონების, სპირტების, აცეტონიტრილის გამოყენებისას თავს იჩენს ადსორბციული ეფექტი. არომატული ბირთვების რიცხვის ზრდასთან ერთად ნაერთის შეკავების დრო იზრდება.

ნავთობპროდუქტებში ნახშირწყალბადთა ჯგუფური შედგენილობის განსაზღვრის ერთ-ერთ ფართოდ გამოყენებულ მეთოდს წარმოადგენს ანილინური მეთოდი, რომელსაც საფუძვლად უდევს სხვადასხვა კლასის ნახშირწყალბადის განსხვავებული ხსნადობა ანილინში.

ნავთობის ფრაქციის ანილინთან შერევისას ხდება ორი შრის წარმოქმნა, რადგან ანილინში ნავთობის ფრაქციაში შემავალი ყველა კომპონენტი არ იხსნება. თუ ამ ნარევის მუდმივი შენჯღრევის პირობებში გავაცხელებთ, რომელიმე ტემპერატურაზე მოხდება ანილინისა და ნავთობპროდუქტების ერთმანეთში სრული გახსნა და ხსნარი ხდება ერთგვაროვანი. იმ ტემპერატურას, რომელზედაც ხდება ნავთობპროდუქტებისა და ანილინის ერთმანეთში გახსნა, უწოდებენ ანილინის წერტილს ან მოცემული ნავთობპროდუქტების ანილინში გახსნის კრიტიკულ ტემპერატურას. ნახშირწყალბადთა შორის ყველაზე დაბალი ანილინის წერტილი აქვთ არენებს, ყველაზე მაღალი – ალკანებს, შუალედური – ციკლოალკანებს. ალკანებსა და ციკლოალკანებს გააჩნიათ რამდენადმე დაბალი ანილინის წერტილი ნახშირბადატომთა იმავე რიცხვის შემცველ ციკლოალკანებთან შედარებით.

ჰომოლოგიური რიგის ნახშირწყალბადებისათვის ანილინის წერტილი იზრდება მოლეკულური მასის (შესაბამისად დუღილის ტემპერატურის) ზრდასთან ერთად.

არსებობს ანილინის წერტილის განსაზღვრის ორი მეთოდი: ტოლი მოცულობებისა და მაქსიმალური ანილინის წერტილის განსაზღვრის მეთოდები.

პირველი მეთოდის მიხედვით ურევენ ტოლი მოცულობით საკვლევ ფრაქციასა და ანილინს და საზღვრავენ მათ ერთმანეთში გახსნის შესაბამის ტემპერატურას.

მეორე მეთოდის მიხედვით ფრაქციის განსაზღვრულ მოცულობას თანდათანობით ემატება ანილინი და ყოველი დამატების შემდეგ ხდება ანილინის წერტილის განსაზღვრა. შეიმჩნა, რომ ანილინის რაოდენობის გაზრდისას სრული გახსნის ტემპერატურა თავდაპირველად იზრდება და ნავთობის ფრაქციისა და ანილინის მოცულობათა რომელიმე განსაზღვრულ თანაფარდობაზე აღწევს მაქსიმუმს, ხოლო ანილინის რაოდენობის შემდგომი გაზრდა იწვევს დაკლებას. ტემპერატურა, რომელზედაც ხდება სრული ურთიერთგახსნა, მიჩნეულია ანილინის მაქსიმალურ წერტილად, ანუ ანილინში ხსნადობის კრიტიკულ ტემპერატურად.

ამ მეთოდით ბენზინის ჯგუფური შედგენილობის დასადგენად ბენზინის ფრაქციას ხდიან დეფლეგმატორიან კოლბიდან და აგროვებენ ვიწრო ფრაქციებს:

60°C-მდე არენებს არ შეიცავს;

60-95°C – ბენზოლის შემცველი;

95-122°C – ტოლუოლის შემცველი;

122-150°C – ქსილოლების და ეთილბენზოლის შემცველი;

150-200°C – C₉-C₁₀ შედგენილობის არენების შემცველი.

თითოეული ფრაქციისათვის საზღვრავენ ანილინის წერტილს (T), რის შემდეგ ახდენენ ფრაქციის დეარომატიზაციას (არენებს აცილებენ ადსორბციით

SiO₂-ზე ან 98-100% გოგირდმჟავით დამუშავებით). კვლავ საზღვრავენ დეარომატიზებული ფრაქციებისათვის ანილინის წერტილს – T₁ (ტოლი მოცულობების მეთოდით).

არომატულ ნახშირწყალბადთა მასური წილი A % გაიანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$A = K (T_1 - T),$$

სადაც (T₁-T) ანილინის წერტილის დეპრესიაა, რომელიც დამოკიდებულია არენების შემცველობაზე, K – კოეფიციენტი, რომელიც შეესაბამება არენების იმ რაოდენობით შემცველობას, რომელიც ფრაქციის დეარომატიზაციისას იწვევს ანილინის წერტილის 1^oC-ით შემცირებას.

K დამოკიდებულია ვიწრო ფრაქციაში არსებულ არენების ბუნებასა და რაოდენობაზე. ისინი განსაზღვრულია ექსპერიმენტულად (არენების კონცენტრაციაზე დამოკიდებულებით).

არენების მოცილების შემდეგ ფრაქციაში რჩება ალკანები და ციკლოალკანები. მათი სხვადასხვა რაოდენობრივი თანაფარდობით მიღებული ნარევებისათვის ნაპოვნია ანილინის წერტილი, რომელიც თავის მხრივ საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ფრაქციაში ციკლოალკანების მასური წილი.

ამრიგად, ციკლოალკანების მასურ წილს დეარომატიზებულ ფრაქციაში – H₁-ს საზღვრავენ ანილინური წერტილის მიხედვით, ხოლო ციკლოალკანების მასურ წილს სანყის ფრაქციაში – შემდეგი ფორმულით:

$$H = \frac{H_1(100-A)}{100}$$

სადაც A არენების მასური წილია, ხოლო ალკანების მასურ წილს (π%) სანყის ფრაქციაში საზღვრავენ სხვაობით:

$$\pi = 100 - (A + H)$$

60^oC-მდე ფრაქციაში, რომელიც არენებს არ შეიცავს, ციკლოალკანების შემცველობას ადგენენ ფრაქციის სიმკვრივის მიხედვით.

არენების მასურ წილს ბენზინში საზღვრავენ შემდეგი ფორმულით:

$$A = \frac{A_1B_1 + A_2B_2 + \dots + A_nB_n}{100}$$

სადაც A₁, A₂...A_n არენების მასური წილია ვიწრო ფრაქციებში, ხოლო B₁, B₂...B_n – ვიწრო ფრაქციების მასური წილი ბენზინში.

მსგავსად იანგარიშება ციკლოალკანების და ალკანების შემცველობა ბენზინში.

ძვირ და საშუალო ნავთობპროდუქტების ანალიზისთვის ფართო გამოყენება მოიპოვა ანალიზის ინსტრუმენტულმა და ფიზიკურ-ქიმიურმა მეთოდებმა,

როგორებიცაა: ქრომატოგრაფია, მას-სპექტრომეტრია, ბმრ-, ინ- და უი-სპექტროსკოპია. განსაკუთრებით კარგ შედეგს იძლევა ამ მეთოდების კომპლექსური გამოყენება.

ნავთობში არომატულ ნახშირწყალბადთა შემცველობის დადგენა შესაძლებელია უი-სპექტროსკოპიის გამოყენებით (λ 190-400 ნმ უბანში).

არომატული ნახშირწყალბადების შესაბამისი უი-სპექტრები, ციკლების რიცხვისა და აღნაგობისგან (ხაზოვანი თუ ანგულარული) დამოკიდებულებით, მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მაგ; მონოციკლური არომატული ნახშირწყალბადებისათვის შთანთქმის მაქსიმუმი 255-275ნმ უბანშია, ბიციკლური არენებისთვის კი შთანთქმის ზოლი უფრო ინტენსიურია და 275-290ნმ უბანშია, ამასთანავე მათთვის დამახასიათებელია 310-330ნმ უბანში ერთმანეთის გვერდით განლაგებული ორი პიკი (გამხსნელად ყველაზე ხშირად იყენებენ სილიკაგელზე გასუფთავებულ იზოოქტანს).

განსხვავებული ტიპის არომატული ბირთვების სპექტრული მონაცემების გასაშუალების საფუძველზე მიღებულია განტოლებანი, რომლებიც საშუალებას იძლევიან განისაზღვროს ბენზოლური ($C_{ბენ}$), ნაფთალინური (C_6), ფენანტრენული ($C_{ფენ}$) ნახშირწყალბადების მასური წილი ნარევეში:

$$C_{ბენ} = 0.184K_{198} - 0.025 K_{230} - 0.045 K_{255} - 0.002 K_{270} - 0.111 K_{338} + 0.854 K_{375} + 0.320 K_{435},$$

$$C_{ნაფ} = 0.011K_{198} - 0.159 K_{230} - 0.025 K_{255} - 0.020 K_{270} - 0.101 K_{338} + 0.255 K_{375} + 0.022 K_{435},$$

$$C_{ფენ} = 0.001K_{198} - 0.001 K_{230} - 0.391 K_{255} - 0.121 K_{270} - 0.023 K_{338} + 60312 K_{375} + 0.710 K_{435}.$$

სადაც K_{198} , K_{230} , K_{255} , K_{270} , K_{338} , K_{375} , K_{435} საანალიზო ფრაქციის შთანთქმის ხვედრითი კოეფიციენტებია 198, 230ნმ და ა.შ. შესაბამის ტალღის სიგრძეზე.

მოწოდებულია ანალოგიური განტოლებანი ნავთობის ფრაქციებში ანტრაცენის, ქრიზენის, ბენზოფლუორენის, პირენის და მათი ჰომოლოგების განსაზღვრისათვის.

ნავთობის საშუალო და მძიმე (ნავთის, გაზოილის და ზეთების) ფრაქციებში ნახშირწყალბადთა ჯგუფური შემცველობის დადგენა ბენზინის ფრაქციის მსგავსად (ფიზიკური კონსტანტების საფუძველზე არომატული ნახშირწყალბადების მოცილებამდე და მოცილების შემდეგ) მიუღებელია, რადგან მაღალ ფრაქციებში მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად იზრდება ჰიბრიდული სტრუქტურის მქონე ნაერთების შემცველობა და ნახშირწყალბადთა ჯგუფების დაცილება ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით გაძნელებულია. შერეული სტრუქტურის ნახშირწყალბადები (მაგ., ნონილტეტრალინი), რომლის მოლეკულა ერთდროულად შეიცავს არომატულ, ციკლოალკანურ და ალკანის (გრძელჯაჭვიან) რადიკალს, იხსნება კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში და ისაზღვრება როგორც წმინდა არომატული ნახშირწყალბადი. ალკილის გრძელი ჯაჭვის არსებობა ასევე გარკვეულ გავლენას ახდენს ნაერთის ქიმიურ თვისებებზე. ყოველივე ამის გამო, ნავთობის მაღალი ფრაქციების ჯგუფური შედგე-

ნილობის განსაზღვრა გაძნელებულიც არის და მიზანშეუნონელიც. ნავთობის მძიმე ფრაქციების შესწავლის დროს ძირითადად ხდება სტრუქტურულ-ჯგუფური შედგენილობის შესწავლა.

9.3. ნავთობპროდუქტებში ინდივიდუალურ ნივთიერებათა განსაზღვრისათვის წარმატებით გამოიყენება აირად-ადსორბციული, აირად-თხევადი ქრომატოგრაფია, რომელიც ტარდება სპეცილურ ხელსაწყოებში – ქრომატოგრაფებში.

ნავთობპროდუქტებში ინდივიდუალურ ნივთიერებათა განსაზღვრისათვის წარმატებით გამოიყენება აირად-ადსორბციული, აირად-თხევადი ქრომატოგრაფია, რომელიც ტარდება სპეცილურ ხელსაწყოებში – ქრომატოგრაფებში.

ქრომატოგრაფი შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან:

1. ქრომატოგრაფიული სვეტი;
2. დეტექტორი;
3. დინების სიჩქარის მრიცხველი (რეგულატორი);
4. სინჯის და აირმატარებლის მიმწოდებელი მოწყობილობა;
5. სარეგისტრაციო დანადგარი.

სვეტი შეიძლება იყოს 4-8 მმ დიამეტრის რამდენიმე მეტრი სიგრძის მეტალის ან მინის მილისაგან დახვეული სპირალი, ან 0.25-0.35 მმ დიამეტრის რამდენიმე ათეული და ზოგჯერ ასეული მეტრის სიგრძის კაპილარისაგან დამზადებული სპირალი.

აირად-ადსორბციული ქრომატოგრაფიის დროს სვეტს ავსებენ წვრილად დაქუცმაცებული მყარი ადსორბენტით, ხოლო აირად-თხევადი ქრომატოგრაფიის დროს მყარი ინერტული სარჩულით, რომელიც გაჟღენთილია უძრავი, მცირედაქროლადი სითხით; კაპილარული სპირალის დროს კი თხევადი ფაზა უშუალოდ დააქვთ კაპილარის შიდა კედლებზე.

განასხვავებენ სელექციურ და არასელექციურ ფაზებს.

არასელექციურ ფაზაზე დაყოფა ხდება მხოლოდ დუღილის ტემპერატურის შესაბამისად. ამ შემთხვევაში თხევად ფაზად გამოიყენება არაპოლარული ან მცირედ პოლარული სითხეები (მისი ქიმიური ბუნებისაგან განურჩევლად), ხოლო სელექციურ ფაზად გამოიყენება სხვადასხვა პოლარული გამხსნელი, რომელთაც შეუძლიათ სხვადასხვა სიძლიერით დააკავონ სხვადასხვა კლასის ნახშირწყალბადები.

საანალიზო ნარევი ქრომატოგრაფში შეჰყავთ შპრიცის ან სპეციალური მადოზირებელი მოწყობილობის საშუალებით, რომელიც ორთქლდება ასაორთქლებელში, ეს უკანასკნელი გაცხელებულია ფრაქციის დუღილის ტემპერატურაზე მაღლა. წარმოქმნილი საანალიზო ნარევის ორთქლი წარიტაცება აირმატარებლით და გადადის სვეტში. სვეტში გადაადგილებისას ნარევი შემავალი კომპონენტები ნაწილდებიან უძრავ ფაზაში. დაყოფილი კომპონენტები სხვადასხვა დროის შუალედში გამოდიან სვეტიდან და გადადიან დეტექტორში. დეტექტორის მოქმედების პრინციპი შეიძლება იყოს სხვადასხვაგვარი. ფართო გა-

მოყენება აქვს დეტექტორებს, რომელთა მოქმედება ემყარება სუფთა აირ-მატარებლისა და საანალიზო ნარევის თბოგამტარობის სხვაობის განსაზღვრას. ასეთ დეტექტორებს კატარომეტრები ეწოდებათ.

კატარომეტრის კორპუსში არის ორი კამერა, რომელთა ღერძებზე დაჭიმულია ერთნაირი წინაღობის პლათინის ან ვოლფრამის მავთულები. ისინი შედიან უიტსტონის ბოგირის სქემაში, რომელთა განშტოებაში გადის მუდმივი დენი. სანამ დეტექტორის ორივე კამერაში მხოლოდ აირ-მატარებელი გადის, თითოეული მავთულისაგან სითბოს გადაცემა ხდება ერთნაირი სიჩქარით, მავთულების ტემპერატურა და წინაღობა ($R_1=R_2$) ერთნაირია. უიტსტონის ბოგირი იმყოფება წონასწორობაში. მაგრამ როდესაც ერთ-ერთ კამერაში აირ-მატარებელთან ერთად შედის საანალიზო ნარევი მყოფი კომპონენტები, რომლის თბოგამტარობა განსხვავდება აირ-მატარებლის თბოგამტარობისგან, სითბოს გადაცემის სიჩქარე იცვლება და ამიტომ იცვლება მავთულის ტემპერატურა და ამის შედეგად მისი წინაღობა, უიტსტონის ბოგირის წონასწორობა და სისტემაში აღიძვრება პოტენციალთა სხვაობა. ის ძლიერდება, გადაეცემა მარეგისტრირებელ დანადგარს, სადაც განსაზღვრული სიდიდის პიკის სახით ფიქსირდება დიაგრამაზე. გარკვეული დროის შემდეგ დეტექტორში შედის სვეტიდან გამოსული შემდეგი კომპონენტი, რომელსაც დიაგრამაზე შეესაბამება მეორე პიკი და ა.შ. პიკის ფართი დამოკიდებულია კომპონენტთა რაოდენობაზე.

აირად ქრომატოგრაფიაში ასევე ფართოდ გამოიყენება ალურ-იონიზაციური დეტექტორები. მათი მუშაობის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: ჩვეულებრივ მდგომარეობაში აირები დენს არ ატარებენ, მაგრამ ალის და ასევე გამოსხივების ზემოქმედებით აირში ხდება იონების და ელექტრონების წარმოქმნა და მას უკვე შეუძლია დენის გატარება (ხდება გამტარი), დეტექტორში წყალბადის წვის შედეგად წარმოიქმნება ალი, რომელიც მოხვდება რა საანალიზო კომპონენტთა ნარევი, წარმოქმნის დამუხტულ ნაწილაკებს და ელექტროდებს შორის გაივლის დენი, რომელიც აღირიცხება მარეგისტრირებელ დანადგარზე.

ზოგჯერ იყენებენ სპეციალურ დეტექტორებს – ელექტრონების ჩამჭერებს, მიკროკულონომეტრებს და ა.შ., რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი სელექციურობით გარკვეული ჯგუფის მიმართ.

კულონომეტრული დეტექტორის მოქმედება დაფუძნებულია ელუატის წვის შედეგად მიღებული პროდუქტების ბრომით გატიტვრაზე. ეს მეთოდი გამოიყენება გოგირდშემცველი ნაერთების განსაზღვრისათვის.

ელექტრონის ჩამჭერი (წამტაცებელი) დეტექტორი ხასიათდება რა ელექტრონისადმი დიდი სწრაფვით, აქვს მაღალი მგრძობიარობა ფოსფორ- და ჰალოგენშემცველი ნაერთებისადმი.

ნარევი კომპონენტთა იდენტიფიკაციისათვის ფართოდ გამოიყენება მათი ფარდობითი დაკავების დრო:

$$t_{\text{ფარდ}} = \frac{t'_R}{t'_{\text{სტ}}}$$

სადაც t_{n+1} სტანდარტული ნივთიერების (ყველაზე ხშირად სტანდარტულ ნივთიერებად იყენებენ ნ-ალკანს) დაკავების შესწორებული დროა, ხოლო t_R – ნარევიში შემავალი კომპონენტების დაკავების შესწორებული დრო (t_R და t_{n+1} ერთსა და იმავე პირობებში ისაზღვრება).

დაკავების შესწორებული დრო $t_R = t_R - t_0$, სადაც t_R არის დრო ნიმუშის სვეტში შეყვანიდან პიკის მაქსიმუმის გამოსვლის მომენტამდე, t_0 – კომპონენტის აირად ფაზაში ყოფნის დრო.

მოცემულ უძრავ ფაზაში ნაერთთა დაკავების დრო დამოკიდებულია აირ-მატარებლის სიჩქარეზე, სვეტში გამხსნელის რაოდენობაზე.

ასევე კომპონენტთა იდენტიფიკაციისათვის ფართოდ გამოიყენება კოვარის ინდექსები:

$$I = 100 \frac{\lg t_R^1 - \lg t_n}{\lg t_{n+1} - \lg t_n} + 100n$$

სადაც t_n , t_{n+1} არის n და $n+1$ ნახშირბადატომების შემცველი ნ. ალკანების დაკავების შესწორებული დრო.

კოვარის სისტემის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ მოცემული ნაერთის ფარდობითი შეკავების დროს უპირისპირებენ ნ-ალკანების შეკავების დროს, რომელთა შეკავების ინდექსების მნიშვნელობა მიღებულია, როგორც ნახშირბადატომების რიცხვის ნამრავლი 100-ზე. კოვარის ინდექსით გაანგრიშების დროს საჭიროა ალკანები ისე შეიჩქარეს, რომ საკვლევი ნივთიერება ელუირებდეს მათში.

ფარდობითი შეკავების დროის და კოვარის ინდექსების მნიშვნელობები მოცემულია საცნობარო ლიტერატურაში. კომპონენტთა შეკავების ფარდობითი დროის (განგარიშებული) უპირისპირებით ლიტერატურულ მონაცემებთან ხდება საკვლევ ნივთიერებათა იდენტიფიცირება.

ქრომატოგრაფიული მეთოდის გამოყენებით ხდება არა მარტო კომპონენტთა იდენტიფიკაცია, არამედ მათი რაოდენობითი შემცველობის დადგენა.

საანალიზო ნარევის რაოდენობრივი შედგენილობის განსაზღვრას აწარმოებენ პიკების სიმაღლის და ფართობის მიხედვით, რადგან ნარევიში კომპონენტთა შემცველობა ამ სიდიდეების პროპორციულია.

არსებობს კომპონენტთა რაოდენობრივი განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი:

1) **შინაგანი ნორმალიზაციის მეთოდი.** ეს მეთოდი შემდეგში მდგომარეობს: რომელიმე კომპონენტის პროცენტული შემცველობა განისაზღვრება მისი პიკის დაყვანილი ფართობის შეფარდებით ყველა პიკის დაყვანილი ფართობის ჯამთან:

$$C_i = \frac{S_i^1}{\sum S_i^1} * 100$$

სადაც S_i^1 კომპონენტების პიკის დაყვანილი ფართობია. პიკის დაყვანილი ფართობი S_i^1 არის S_i -ის პიკის ფართობის ნამრავლი შესწორების კოეფიციენტ K -ზე,

რომელიც ითვალისწინებს მოცემული კომპონენტის მიმართ დეტექტორის მგრძობიარობას:

$$S_i^1 = S_i K_i = h_i b_i K_i$$

პიკის ფართობი განისაზღვრება მისი სიმაღლის ნამრავლით პიკის შუა ნაწილის შესაბამის სიგანეზე:

$$S_i = h_i b_i$$

2) **აბსოლუტური დაკალიბრების მეთოდი.** ამ მეთოდის მიხედვით ნარევეში კომპონენტთა პროცენტულ შემცველობას საზღვრავენ საკალიბრო გრაფიკის მიხედვით. საკალიბრო გრაფიკს აგებენ შემდეგ კოორდინატებში: პიკის ფართობი – ნარევეში კომპონენტის პროცენტული შემცველობა. მას აგებენ ცნობილი შედგენილობის (ხელოვნურად დამზადებული) ნარევეების ქრომატოგრაფიული ანალიზის მონაცემების საფუძველზე. ქრომატოგრამების მიხედვით საზღვრავენ თითოეული პიკის პარამეტრებს და აგებენ გრაფიკს.

3) **შინაგანი სტანდარტის მეთოდი.** საანალიზო ნარევეში შეყავთ სტანდარტული ნივთიერება, რომლის პიკი ქრომატოგრამაზე მკვეთრად უნდა იყოს გამოყოფილი სხვა პიკებისაგან. ნარევის ნებისმიერი კომპონენტის შემცველობა %-ში განისაზღვრება შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$C = S_i'/S'_{სტ} \cdot P \cdot 100$$

სადაც S_i' კომპონენტის პიკის დაყვანილი ფართობია, $S'_{სტ}$ – სტანდარტული ნივთიერების პიკის დაყვანილი ფართობი, ხოლო P – სტანდარტული ნივთიერების მასის ფარდობა საანალიზო ნიმუშის მასასთან.

C_1-C_5 ნახშირბადატომების შემცველ ნახშირწყალბადთა განსაზღვრის მეთოდს საფუძვლად უდევს ნივთიერებათა დაყოფა აირად-თხევადი ქრომატოგრაფიით და მათი რეგისტრაცია დეტექტორით თბოგამტარობის მიხედვით.

სორბენტად გამოყენებულია ვაზელინის ზეთით მოდიფიცირებული ალუმინის ოქსიდი. ნავთობში არსებული ფისოვანი ნაწილის შესაკავებლად ქრომატოგრაფიის სვეტის ცარიელ ბოლოს უკავშირებენ 60 მმ სიგრძის მილისებურად დახვეულ ფილტრის ქაღალდს.

საანალიზო ნავთობის ნიმუშში თითოეული ნახშირწყალბადის მასური წილი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$X_i = \frac{S_i A}{m_2} \cdot 100$$

სადაც S_i მოცემული ნახშირწყალბადების პიკის დაყვანილი ფართობია; A – ნ-ჰექსანის მიხედვით დამაგრადუირებული კოეფიციენტი გ/მმ²; m_2 – სინჯის მასა.

ნ-ჰექსანის მიხედვით დამაგრადუირებელი კოეფიციენტი (A) გ/მმ² გამოითვლება ფორმულით

$$A = \frac{m_1 X}{S} \cdot 100$$

სადაც m_1 ქრომატოგრაფში შეყვანილი დამაგრადუირებელი ნარევის მასაა; X – დამაგრადუირებელ ნარევეში ნ-ჰექსანის მასური წილი %-ში; S – ნ-ჰექსანის პიკის ფართობი.

ტარდება პარალელური განსაზღვრებები და იღებენ საშუალო არითმეტიკულ სიდიდეს.

აღსანიშნავია, რომ ნავთობიდან გამოყოფილი ბენზინის ფრაქცია შეიცავს 5-10 ნახშირბადატომის შემცველ ნახშირწყალბადებს და მათ ჰეტერონანარმებს.

ბენზინის ფრაქციის ანალიზისათვის ნავთობიდან გამოყოფენ ნაერთებს, რომელთა დუღილის ტემპერატურა 200°C-მდეა (ეს ფრაქცია შეიცავს დაახლოებით 200-მდე განსხვავებულ ნახშირწყალბადს). მისი ინდივიდუალური შედგენილობის შესასწავლად სვეტური ქრომატოგრაფიის საშუალებით (აღსორბენტად ACK მარკის სილიკაგელის გამოყენებით) არენებისაგან აცილებენ ალკანებსა და ციკლოალკანების ნარევეს. არენების ანალიზს ატარებენ აირად-თხევადი ქრომატოგრაფიით კაპილარული სვეტის გამოყენებით, ხოლო ალკანებისა და ციკლოალკანების ნარევეს გამოხდის 25-50 თეორიულ თეფშის ეფექტურობის სარექტიფიკაციო სვეტზე და ცალ-ცლკე აწარმოებენ 125°C-მდე და 125-150°C-ის ინტერვალში მიღებული ფრაქციების ქრომატოგრაფიულ ანალიზს.

125°C-მდე ფრაქციის ანალიზის დროს, როდესაც სვეტის ტემპერატურა 30°C-ია, ერთდროულად გამოიყოფა მეთილციკლოჰექსანი, 1.1.3-ტრიმეთილციკლოპენტანი და 2.2-დიმეთილჰექსანი (მათ ერთი ქრომატოგრაფიული პიკი შეესაბამება), 70°C-ზე კი ხდება ამ ნახშირწყალბადების დაყოფა. ასევე 50°C-ის დროს 1.2-ტრანს-დიმეთილციკლოპენტანი, ნ-ოქტანი და 1.2.3.4-ტრანს, ტრანს, ტრანს-ტეტრამეთილციკლოპენტანი ერთდროულად გამოდიან, 70°C-ზე კი ხდება მათი დაყოფა. გარდა ამისა, ტემპერატურის გაზრდისას ციკლოალკანების გამოსვლის დრო იზრდება ეტალონური ალკანების მიმართ, ამიტომ ძირითად ტემპერატურას წარმოადგენს 70°C.

მიღებულ ქრომატოგრამაზე პიკების იდენტიფიკაციის მიზნით ქრომატოგრაფში ეტალონებად შეჰყავთ ინდივიდუალური ნახშირწყალბადები (მაგ. ნ-ჰექსანი, ნ-ჰეპტანი, ნ-ოქტანი) იმ ტემპერატურაზე, რომელზედაც ტარდება ანალიზი. თუ ეტალონური ნახშირწყალბადების შეკავების დრო ემთხვევა საანალიზო ფრაქციის რომელიმე პიკს, მაშინ ახდენენ ამ პიკის იდენტიფიცირებას.

ნ-ჰექსანის შეკავების დროს იღებენ ერთეულის ტოლად, ითვლიან ქრომატოგრამაზე ყველა პიკისათვის შეკავების დროის მნიშვნელობებს და ადარებენ მას ლიტერატურულ მონაცემებთან და ახდენენ პიკების იდენტიფიცირებას.

9.4. მას-სპექტრომეტრია

მას-სპექტრომეტრიის გამოყენებამ ნავთობის კვლევაში შესაძლებელი გახდა ნავთობის საშუალო და მძიმე ფრაქციების შედგენილობის განსაზღვრა.

მას-სპექტრომეტრული მეთოდი დაფუძნებულია მოლეკულების იონიზაციაზე, წარმოქმნილი მოლეკულური იონისა და მისი დისოციაციის შედეგად მიღებული ე.წ. ნამსხვრევი იონების დაყოფასა და რეგისტრაციაზე.

მას-სპექტრომეტრი შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან: იონების წყარო, რომელშიც ხდება საანალიზო ნივთიერებების მოლეკულების იონიზაცია; ანალიზატორი, რომელიც ახორციელებს იონების დაშორებას; ნივთიერებათა იონების წყაროში შემყვანი სისტემა, მას-სპექტრის რეგისტრაციის სისტემა და ამომტუმბავი სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს დანადგარში ვაკუუმის შექმნას.

იონიზაციისათვის გამოიყენება ლაზერული გამოსხივების, ელექტრონების ან აჩქარებულ ნაწილაკთა (მაგ., ინერტული აირების ან ჟანგბადის დადებითად დამუხტული იონების) ნაკადი.

წარმოქმნილი იონების ერთმანეთისაგან დაცილება ხდება მას-ანალიზატორში მუდმივი მაგნიტური ან ცვლადი ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედებით m/e ფარდობის მიხედვით (m – იონთა მასაა; e – მუხტი).

იონების რეგისტრაციას აწარმოებენ ელექტრული ან ფოტოგრაფული მეთოდით, რის შედეგადაც მიიღება ხაზების ერთობლიობა (მას-სპექტრი), რომელთა მდებარეობის და პიკების მიხედვით ისაზღვრება m/e , ე.ი. ხდება იონთა იდენტიფიცირება, ხოლო მათი ინტენსივობის მიხედვით იონთა ფარდობითი (რაოდენობითი) შემცველობის დადგენა წარმოქმნილ იონთა ნარევეში.

ორგანული მოლეკულის იონიზაციისათვის ყველაზე ფართოდ გამოიყენება მაღალი – 70 ევ ან დაბალი 10-13 ევ ენერგიების მქონე ელექტრონების მოქმედება. ვაკუუმში, როგორც ცნობილია ალკანების იონიზაციის პოტენციალია 10-13 ევ ალკენების – 9-10 ევ ალკილბენზოლების 8,5-9,5 ევ, ხოლო პოლიციკლური არენებისათვის 8 ევ-ზე ნაკლები.

მაიონიზირებელ ელექტრონებთან დაჯახებისას ნახშირწყალბადთა მოლეკულებიდან ხდება სავალენტო ელექტრონების მოხლეჩა და მოლეკულური იონის M^+ წარმოქმნა. შემდეგში მოლეკულური იონი დისოცირდება შედარებით სტაბილური იონების წარმოქმნის მიმართულებით.

მოლეკულის მდგრადობა ელექტრონის დარტყმის მიმართ გამოისახება შემდეგი ფორმულით :

$$W_m = \frac{I_{\text{მოლ}}}{I_{\text{მოლ}} + \sum I_{\text{ნამსხვ.}}}$$

სადაც W_m არის დაუშლელი მოლეკულური იონების რაოდენობა, $I_{\text{მოლ}}$ და $\sum I_{\text{ნამსხვ.}}$ არის მოლეკულური და ნამსხვრევი იონების რაოდენობა, მოლეკულების იონი-

ზაცია მიმდინარეობს სწრაფად 10^{-15} წამში, ხოლო დაშლა 10^{-6} - 10^{-10} წმ-ში. დროის ამ შუალედში იონიზაციის პროცესში იონიზირებული მოლეკულის მიერ ელექტრონისაგან მიღებული ჭარბი ენერგია (რომელიც აღემატება იონიზაციის ენერგიას), გადანაწილდება ბრუნვით, რხევით და ელექტრონულ მდგომარეობებზე; თუ მოლეკულაში არსებობს შეუღლებულბმებიანი სისტემა, მაშინ იონიზირებული მოლეკულის ჭარბი ენერგია ასწრებს გადანაწილებას მთელ მოლეკულურ იონში, ასეთი სტრუქტურის მოლეკულური იონი შედარებით მდგრადია და მისი ნამსხვრევ იონებად დისოციაციის ხარისხი შედარებით დაბალია. მოლეკულაში შეუღლებულბმებიანი სისტემის არარსებობისას, იონიზირებული მოლეკულის ჭარბი ენერგია ვერ ასწრებს გადანაწილებას მთელ მოლეკულურ იონში, დადებითი მუხტის ლოკალიზება ხდება ყველაზე სუსტი ბმით შეკავშირებულ განაპირა ატომზე, რომლის ენერგია საკმარისია ბმის გასახლეჩად – შედეგად ხდება დისოციაცია.

ყველაზე ადვილად იონიზირდება არომატული ნახშირწყალბადები, შემდეგ ციკლოალკანები და შემდეგ ალკანები. ყველაზე ნაკლებ მდგრადია და სწრაფად დისოცირდება ალკანების მოლეკულური იონები, შემდეგ ციკლოალკანები და შემდეგ არენები.

ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ ალკანების შემთხვევაში, უფრო ნაკლებად მდგრადია იზოალნაგობის ალკანები – განტოტვილი ჯაჭვით. ციკლოალკანების შემთხვევაში ექვსწევრიანი ციკლოალკანები ხუთწევრიან ციკლოალკანებზე შედარებით უფრო სტაბილურები არიან, ხოლო ბიციკლურები-მონოციკლურებზე. როგორც ალკილციკლოალკანების, ისე არილციკლოალკანების შემთხვევაში ბმის გახლეჩა ხდება მუხტის მატარებელი ნაწილაკის მიმართ β მდგომარეობაში.

მოლეკულური იონის დისოციაციის შედეგად წარმოქმნილი ნამსხვრევი იონების სტრუქტურა და ინტენსივობა დამოკიდებულია საწყისი მოლეკულის აღნაგობაზე; შესაძლებელია წინასწარ მათი წარმოქმნის გათვალისწინება. შებრუნებით, ნამსხვრევი იონების იდენტიფიკაციით შესაძლებელია საწყისი მოლეკულის სტრუქტურის განსაზღვრა.

9.5. ბმრ სპექტრული ანალიზი

ბმრ სპექტრული ანალიზი ძირითადად გამოიყენება სხვადასხვა სტრუქტურებში არსებული პროტონების განსასაზღვრავად. ^1H ბმრ სპექტრების 6,5-8,5 ველის მ.ნ. გამოვლენილი პროტონების სიგნალები შეესაბამება არომატული ბირთვის პროტონებს. არომატული ბირთვის მიმართ α -მდგომარეობაში არსებულ CH -, CH_2 -, CH_3 -ჯგუფის პროტონებს 1,8-4,0 მ.ნ. ველში გამოვლენილი პროტონები. 1,0-1,8 ველის მ.ნ. არომატულ ბირთვის მიმართ β მდგომარეობაში მყოფ CH_3 -ის ჯგუფის პროტონებს, ხოლო 0,7-1,0 მ.ნ. ბირთვიდან γ მდგომარეობაში მყოფ CH_3 -ის ჯგუფის პროტონებს.

ფრაქციის საშუალო მოლეკულური მასის და ელემენტური შედგენილობის გამოთვლით თუ ცნობილია საშუალო ემპირიული ფორმულა, მაშინ შესაძლებელია წყალბადის ატომების განლაგება სტრუქტურულ ჯგუფებში. ^1H ბმრ სპექტროსკოპია იძლევა „საშუალო მოლეკულების“ უფრო ფართო დახასიათების საშუალებას, მაგრამ მეთოდის ნაკლია ნახშირბადოვანი ჩონჩხის აღნაგობის გამოთვლა წყალბადის განლაგების მიხედვით, მთელი რიგი დაშვებებით.

ერთადერთი მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა არაუშუალოდ გაიზომოს არომატული ნახშირბადის წილი, არის ^{13}C ბმრ სპექტროსკოპია. ნავთობური ფრაქციის ტიპური ^{13}C ბმრ სპექტრი შეიცავს ნაჯერი (0-70 მ.წ.) და არომატული (100-170 მ.წ.) სტრუქტურების ნახშირბადის ატომების შთანთქმის ფართო ზოლს.

10. ნავთობის და ნავთობპროდუქტების გადამუშავება

10.1. ნავთობის პირველადი გადამუშავება – გამოსლა

საბადოდან მოპოვებული ნავთობი – ნედლი ნავთობი – შეიცავს გრუნტის წყალს, მასში გახსნილ მარილებს და აირებს (H_2S , CO_2 , CH_4 - C_4H_{10}), მექანიკურ მინარევებს: თიხის, ქვიშის, კირქვის ნაწილაკებს. მოპოვებული ნავთობის 1ტ. საშუალოდ შეიცავს 50-100მ³ აირებს, 200-300კგ წყალს.

ნავთობში შემავალი C_1 - C_4 შედგენილობის აირები და ბენზინის ფრაქციის ადვილად აქროლადი ნახშირწყალბადების უმრავლესობა შენახვისა და ტრანსპორტირების დროს ორთქლდება, რის შედეგადაც ადგილი აქვს როგორც სანვავის დანაკარგებს, ისე გარემოს გაჭუჭყიანებას. ამიტომ ნავთობგადამამუშავებელ ქარხანაში გადაგზავნამდე აუცილებელია აირადი ნახშირწყალბადების მოცილება.

ნავთობიდან აირებისა და ადვილად აქროლადი ნახშირწყალბადების მოცილების პროცესს ნავთობის სტაბილიზაცია ეწოდება.

ნავთობის სტაბილიზაცია ხორციელდება სეპარაციითა და რექტიფიკაციით.

სეპარაციის მეთოდით ნავთობიდან აირების მოცილება ხდება ნედლეულის ერთჯერადი და მრავალჯერადი აორთქლებით სეპარატორის საშუალებით (პირველი საფეხურის სეპარაცია). ამის შემდეგ ნავთობში კიდევ რჩება 1,5-2,0%-მდე C_1 - C_4 შედგენილობის ნახშირწყალბადები. უფრო ღრმა სტაბილიზაციისათვის მსუბუქი ნახშირწყალბადების მოცილება ხდება სპეციალურ დანადგარზე, რომელიც აღჭურვილია სარექტიფიკაციო სვეტებით.

ამ დანადგარის გამოყენებით მიიღება 1) სტაბილური ნავთობი და 2) აირკონდენსატი; აირკონდენსატის დაყოფა ინდივიდუალურ ნახშირწყალბადებად ხდება სპეციალურ დანადგარზე – სარექტიფიკაციო სვეტზე.

ნავთობის გამოსლამდე ასევე აუცილებელია მასში არსებული წყლისა და მარილების მოცილება, რადგან წყლის დიდი რაოდენობით შემცველობა იწვევს ნავთობის გამოხდისას აპარატურაში წნევის გაზრდას, აპარატურის მწარმოებლობის შემცირებას, წყლის გაცხელებასა და აორთქლებაზე ზედმეტი სითბოს ხარჯვას, ხოლო მარილები ეფინება ღუმელებისა და სითბომომცველების მილების კედლებზე, რის გამოც სითბოგადაცემის კოეფიციენტი მცირდება. ამიტომ საჭირო ხდება მილების ხშირი განმენდა. განსაკუთრებით უარყოფითი მოქმედება ახასიათებს ქლორიდებს, რადგან ისინი ნავთობის გამოსდისას ჰიდროლიზდებიან და იწვევენ აპარატურის კოროზიას, გროვდებიან მახუთსა და გუდრონში და ამცირებენ მათ ხარისხს.

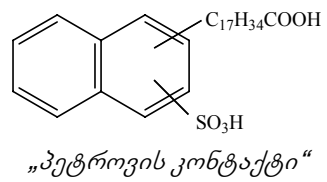
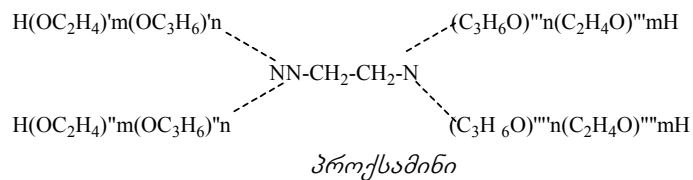
ნარმოებაში ნავთობიდან წყლის ძირითადი მასის მოსაცილებლად გამოიყენება მექანიკური დაწდომის მეთოდი. აღსანიშნავია, რომ წყალთან ერთად ნავთობს სცილდება მარილების მნიშვნელოვანი რაოდენობა.

წყლის დარჩენილი ნაწილი ნავთობში იმყოფება ემულსიის სახით. უმრავლეს შემთხვევაში არსებობს წყლის ემულსია ნავთობში, სადაც სადისპერსიო არეს ნარმოადგენს ნავთობი, ხოლო დისპერსიულ ფაზას – წყალი. ასეთი ემულსიები ჰიდროფობურებია, წყალში მოთავსებისას ზევით ამოტივტივდებიან, ხოლო ბენზინში – თანაბრად ნაწილდებიან გამხსნელის მთელ მასაში.

ემულსიების დასაშლელად გამოიყენება 1) თერმული, 2) ქიმიური და 3) ელექტრული მეთოდები.

თერმული მეთოდი: ემულსიების დაშლას ახდენენ ნავთობის გაცხელებით, რის შედეგადაც ემულგატორის აფსკი ფართოვდება და სკდება, ხოლო სითხის წვეთები ერწყმიან ერთმანეთს.

ქიმიური მეთოდი: ემულსიების დაშლას ახდენენ დეემულგატორებით; ამ მიზნით გამოიყენება არაიონოგენური დეემულგატორები – პროქსამინი, ოქსიეთილირებული ცხიმოვანი მჟავები, და სხვა.



დეემულგატორები ამცირებენ წყლის წვეთის გარემომცველი ფენების სტრუქტურულ მექანიკურ სიმტკიცეს.

ემულსიის დაშლის ელექტრული მეთოდი დაფუძნებულია ელექტრული ველის მოქმედებაზე, რომელიც ზრდის წყლის გლობულების შეჯახებების ალბათობას. ცალკეული წვეთები მიისწრაფვიან დადებითი ელექტროდისადმი, ეჯახებიან ერთმანეთს, ერთდებიან უფრო მსხვილ წვეთებად.

ნავთობიდან წყლისა და მარილების მოსაცილებლად მრეწველობაში ფართოდ გამოიყენება ემულსიების დაშლის კომბინირებული მეთოდები: თერმოქიმიური, ელექტროქიმიური და სხვა. უპირატესად გამოიყენება თერმოქიმიური მეთოდი – ნავთობის 80%-ს ამ მეთოდით ამუშავებენ.

ამ მიზნით ნავთობს ემატება დეემულგატორი, შემდეგ ის ცხელდება და გადადის დასაწდომად; ატმოსფერულ წნევაზე და არაჰერმეტიულ დანადგარში

პროცესის ჩატარებისას შესაძლებელია მსუბუქი ნავთობპროდუქტების აორთქლება-დაკარგვა. ამის თავიდან ასაცილებლად პროცესი ტარდება შემდეგნაირად:

აირმოცილებულ ნედლ ნავთობს ემატება დეემულგატორი, ტუმბოს საშუალებით გადაიტუმბება თბომომცვლელში (რომელიც ცხელდება ორთქლით), შემდეგ გადადის თბოდამნდომში, რომელშიც 1,5-2 მპა წნევის პირობებში ნავთობს აყოვნებენ 1-3 სთ-ის განმავლობაში. ასევე იყენებენ ელექტროქიმიურ მეთოდს, ამ მეთოდში შერწყმულია ნავთობის თერმოქიმიური მეთოდი და ემულსიის დამუშავება ელექტრული დენით.

გაუნყლოებული ნავთობი თბომცვლელი მილის საშუალებით გადადის რეზერვუარში, სადაც ხდება დამატებით წყლის მოცილება ნავთობის დაწდომით; მიღებულ წყალს გადაქაჩავენ ნავთობის ჭაბურღილში ან მასში გახსნილი დეემულგატორის გამო, ხელმეორედ გამოიყენება ამავე დანიშნულებით.

თერმოქიმიური მეთოდით ნავთობის დამუშავებისას წყლის შემცველობა მცირდება 0,5-1,0%-მდე. ამ დროს სცილდება ასევე მნიშვნელოვანი რაოდენობით მარილებიც. უმრავლეს შემთხვევებში საჭიროა ნავთობის დამატებითი განმენდა წყლისა და მარილებისაგან ადსორბციული მეთოდებით.

ტუმბოს საშუალებით ნავთობი რეზერვუარიდან გადმოიქაჩება გამოსახდეულ სისტემაში. გამოსახდეული დანადგარი შედგება გამახურებელი მილოვანი ლუმელისა და სარექტიფიკაციო სვეტისაგან.

მილოვან ლუმელში მოთავსებულია კლაკნილი გრძელი მილსადენი, რომელშიც უწყვეტად მიედინება ნავთობი. ლუმელს ახურებენ მაზუთით ან აირით. ნავთობი ცხელდება 385-400°C-მდე და წამოქმნილი ორთქლისა და სითხის ნარევი გადადის სარექტიფიკაციო სვეტში.

სარექტიფიკაციო სვეტი ვერტიკალური, ცილინდრული ფორმის უჟანგავი ფოლადისაგან აგებული დანადგარია, რომელიც აღჭურვილია ჰორიზონტალურად განლაგებული ხვრეტილებიანი მეტალური ტიხრებით ან ძვიდებით ე.წ. თეფშებით. ხვრეტილებზე განსაზღვრული სიმაღლის მილოვანი ჭანჭიკებია (ძირნაცლილი ჭიქებია) დამაგრებული, რომლებიც ზევიდან ლითონის ფირფიტებით არის გადახურული. „ჭიქებსა“ და „სახურავებს“ შორის გარკვეული სიდიდის ღრეჩობია, რომელშიც თავისუფლად გადის ზევით მიმავალი ორთქლი.

სარექტიფიკაციო სვეტში შემავალი, მილოვან ლუმელში გაცხელებული ნავთობის თხევადი, მძიმე ნაწილი (მაზუთი) ქვევით ჩამოედინება და ფსკერზე გროვდება; ხოლო ორთქლი ხვრეტილებში გადის და ზევით მოძრაობისას ცივდება. მასში შემავალი კომპონენტები თანდათანობით კონდენსირდება და თავსდება ამა თუ იმ თეფშზე მათი დუღილის ტემპერატურის შესაბამისად.

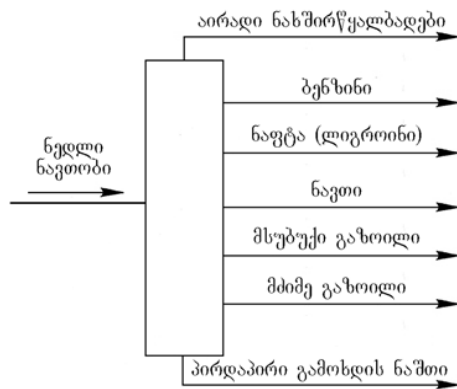
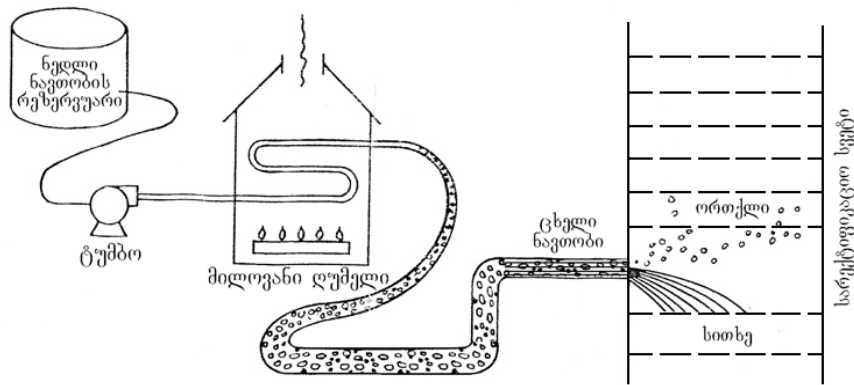
სვეტის მუშაობის დროს „ჭიქები“ ჩაძირულია თეფშებზე კონდენსირებულ სითხეში და წარმოქმნიან ჰიდრაულიკურ ჩამკეტს, რომელშიც ბარბოტირებს ქვევიდან ამომავალი ორთქლი, რაც იძლევა სითხისა და ორთქლის მრავალჯერადი კონტაქტის საშუალებას. შედეგად ორთქლის ფაზა მაქსიმალურად მდიდრდება დაბალმდულარე კომპონენტებით, ხოლო სითხე მაღალმდულარეთი.

თეფშები ერთმანეთთან შეერთებულია გარკვეული სიმაღლის მილოვანი „უსახურავო“ ჭიქებით, რომელთა მეშვეობით სითხე ქვედა თეფშებზე ჩამოედინება, საიდანაც ისევ ორთქლდება და ადის ზედა თეფშებზე და ა.შ. ამ პროცესის მრავალჯერადი გამეორებით მიიღწევა რექტიფიკაციის მაღალი ხარისხი.

ჩვეულებივ წნევაზე გამოსხდისას ნავთობიდან გამოიყოფა ღია ფერის ნავთობპროდუქტები (ბენზინი, ნავთი, გაზოილი). დარჩენილი მაზუთის გამოსხდა ხდება შემცირებული წნევის პირობებში (3-5კპა) – ვაკუუმ-დანადგარებში.

ვაკუუმ-დანადგარებში მაზუთი ჯერ მილოვან ღუმელში ცხელდება, მაზუთში შემავალი ნახშირწყალბადები შემცირებული წნევის პირობებში ორთქლდება და სარექტიფიკაციო სვეტში გადადის, სადაც ხდება მისი ფრაქციებად დაყოფა; მიიღება მძიმე გაზოილი და სხვადასხვა სახის საცხები ზეთი. კომპის ფსკერზე გროვდება გამოუხდელი ნაწილი – გუდრონი.

ხშირად ნავთობის გამოსახდელი აპარატები ატმოსფერულ წნევაზე და შემცირებული წნევის პირობებში ცალკ-ცალკეა აგებული, ზოგჯერ კი – ერთად, კომბინირებულად არის აგებული (ატმოსფერულ-ვაკუუმური დანადგარი).



ნავთობის პირდაპირი გამოსხდა

10.2. ნავთობის მეორადი გადამუშავება

ნავთობის მეორადი გადამუშავების პროცესებია: ნავთობპროდუქტების კრეკინგი, ჰიდროკრეკინგი, პიროლიზი, დაკოქსვა, განმენდა და სხვა.

მეორადი პროცესების გამოყენებით ხდება მძიმე ფრაქციიდან და ნარჩენებიდან ბენზინის, ნავთის და დიზელის საწვავების მიღება და მათი ხარისხის გაზრდა, კერძოდ, ბენზინის ანტიდეტონაციური მდგრადობის (ოქტანური რიცხვის) და რეაქტიული საწვავის თერმული მდგრადობის გაზრდა, პირდაპირ გამომხდით მიღებულ ნავთობპროდუქტებში გოგირდის შემცველობის შემცირება და სხვა. ნავთობგადამუშავების მეორადი პროცესების შედეგად მიიღება აგრეთვე ნავთობქიმიური მრეწველობისათვის საჭირო რიგი ნივთიერებები, თხევადი და აირადი ალკანები, ალკენები, დიენები, აცეტილენი, არენები, კოქსი და სხვა.

10.2.1. კრეკინგი

ნახშირწყალბადები გარკვეული ზღვრული ტემპერატურის ზემოთ გახურებისას, იხლინებიან და წარმოქმნიან უფრო მცირე მოლეკულური მასის მქონე ნახშირწყალბადების ნარევს. ამ პროცესს კრეკინგი ეწოდება (ინგლისური სიტყვიდან cracking – გახლეჩა).

თავდაპირველად კრეკინგის დანიშნულება იყო ნავთობის მაღალი ფრაქციიდან ბენზინის მიღება. ამჟამად კრეკინგის შედეგად, ბენზინის გარდა, იღებენ ნავთისა და დიზელის ფრაქციებს და საქვებზე საწვავს.

არჩევნ ორი ტიპის კრეკინგს: თერმულს და კატალიზურს.

თერმული კრეკინგი, თავის მხრივ, იყოფა თხევადფაზურ და აირადფაზურ კრეკინგად. თერმულ კრეკინგს ეკუთვნის აგრეთვე ვისბრეკინგი (მსუბუქი კრეკინგი).

ნახშირწყალბადების დაშლის ტემპერატურა დამოკიდებულია მის მოლეკულურ მასასა და აგებულებაზე. ნახშირბადატომების ტოლი რიცხვის შემცველობის შემთხვევაში, ნახშირწყალბადთა თერმული მდგრადობა იზრდება შემდეგი თანმიმდევრობით: ალკანები < ალკენები < ალკადიენები < ნაფტენები < ბენზოლის რიგის ნახშირწყალბადები < კონდენსირებული არომატული ნახშირწყალბადები.

თითოეულ ჰომოლოგიურ რიგში ნაერთის თერმული მდგრადობა მცირდება ნახშირბადოვანი ჯაჭვის გაზრდით და მცირედ იზრდება ჯაჭვის განშტოებით.

კრეკინგი რთული პროცესია, ის მოიცავს – C-C- ბმების გახლეჩის, დეჰიდრირების, იზომერიზაციის, ალკილირების, პოლიმერიზაციის, არომატიზაციის და სხვა პროცესებს.

კრეკინგის პირველად პროცესებს შეადგენენ ის რეაქციები, რომლებიც დაკავშირებულია C-C და C-H ბმების განყვეტასთან, ხოლო იზომერიზაციის და პოლიმერიზაციის რეაქციები კრეკინგის მეორადი პროცესებია. პირველადი პროცესებიდან უფრო ადვილია C-C ბმის გახლეჩა, რადგან მისი ენერგია საშუალოდ

260 კჯ/მოლის ტოლია, ხოლო C-H ბმის ენერგია საშუალოდ 360 კჯ/მოლის ტოლია.

კრეკინგის ბუნება, სიღრმე და მიმართულება დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელთაგან უმნიშვნელოვანესია ტემპერატურა, რეაქციის დრო და წნევა.

თერმული კრეკინგი იწყება 260°C-ზე. ბენზინის მაღალი გამოსავლიანობის მისაღწევად აუცილებელია 400-500°C, ტემპერატურის შემდგომი გაზრდისას 700-800°C-მდე მნიშვნელოვანი რაოდენობით მიიღება უჯერი ნახშირწყალბადები, 800-1000°C-ზე ძირითადად აირადი პროდუქტები წარმოიქმნება, ხოლო 1000-1200°C-ზე ხდება სრული დესტრუქცია ნახშირბადად და წყალბადად.

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გაცხელების ზონაში ნარევის ყოფნის ხანგრძლივობას. აღსანიშნავია, რომ პროცესის ხანგრძლივობის და ტემპერატურის ზრდა ერთი მიმართულებით აჩქარებენ რეაქციას – როგორც ამბობენ, ისინი ურთიერთშემცველებია. მაღალ ტემპერატურაზე მცირე დროის განმავლობაში პროცესის ჩატარებისას ხდება ძირითადად დაბალი და საშუალო მოლეკულური მასის ნახშირწყალბადების, უპირატესად არომატული ნახშირწყალბადების და ოლეფინების წარმოქმნა, ხოლო კრეკინგის ხანგრძლივობა ხელს უწყობს მძიმე არომატიზირებული ნარჩენების წარმოქმნას.

წნევის ცვლილება ცვლის კრეკინგის შედეგად მიღებული პროდუქტების ნარევის შედგენილობას. კერძოდ, წნევის გაზრდის შედეგად (ლე-შატელიეს პრინციპიდან გამომდინარე) მცირდება აირადი პროდუქტების გამოსავლიანობა. ნახშირწყალბადების გახლეჩა ძირითადად ხდება შუა ადგილას. წარმოქმნილი ალკენები მაღალ წნევაზე ადვილად ჰიდრირდებიან.

კრეკინგის ერთ-ერთი სახეა ელექტროკრეკინგი. მაგალითად, მეთანში ელექტრული განმუხტვით მიმდინარე პროცესი. შედეგად მიიღება ეთილენი და აცეტილენი. ეს პროცესი ხორციელდება აგრეთვე 1000-1300°C და 0.14 მპა წნევის პირობებში 0.01-0.1წმ-ის განმავლობაში.

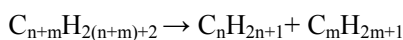
თხევადფაზურ კრეკინგს ატარებენ 420-550°C და 5 მპა წნევაზე. ეს მეთოდი ემყარება იმ ფაქტს, რომ ნახშირწყალბადთა უმრავლესობისათვის კრიტიკული ტემპერატურაა 400°C და ამის გამო ისინი მაღალი წნევის ქვეშ თხევად ფაზაში იმყოფებიან.

აირადფაზურ კრეკინგს ატარებენ ნორმალური წნევის პირობებში 500-550°C-ზე. ამ პირობებში ნახშირწყალბადთა უმრავლესობა ორთქლდება და კრეკინგი აირად ფაზაში მიმდინარეობს.

თერმული კრეკინგის მექანიზმი განვიხილოთ სხვადასხვა რიგის ნახშირწყალბადთა მაგალითზე:

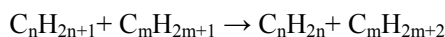
ალკანების მოლეკულების C-C და C-H ბმების ენერგიები რამდენადმე განსხვავებულია, მაგ.; $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ მოლეკულაში C₁-C₂ და C₇-C₈ ბმის ენერგიები 335 კჯ/მოლია; C₂-C₃ და C₆-C₇ – 322 კჯ/მოლის; C₃-C₄ და C₅-C₆ 314 კჯ/მოლი; C₄-C₅ ბმის 310 კჯ/მოლის. შესაბამისად, C-H ბმის ენერგიებია (კჯ/მოლი): 394, 373, 364, 360.

ამრიგად, ბმების ენერგიები მოლეკულის ცენტრში ყველაზე უფრო მცირეა, ამიტომ თერმული კრეკინგის პირობებში (400-550⁰C) ჯაჭვის გახლეჩა უპირატესად მოლეკულის შუა ნაწილში მიმდინარეობს:



უფრო მაღალ ტემპერატურაზე შესაძლებელია სხვა ბმების გახლეჩაც. წარმოქმნილი რადიკალები განიცდიან შემდეგ გარდაქმნებს:

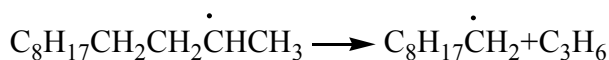
1) დისპროპორციონირების რეაქციას – რადიკალებს შორის წყალბადატომების გადანაწილება, შედეგად წარმოიქმნება ალკანები და ალკენები:



(მიღებული ნახშირწყალბადები განიცდიან შემდგომ დაშლას კრეკინგის პირობებში მდგრადი საბოლოო პროდუქტების წარმოქმნამდე).

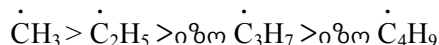
2) რადიკალების დაშლა უჯერი ნახშირწყალბადებისა და უფრო მცირე მოლეკულური მასის ახალი თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნით.

დაშლა ძირითადად მიმდინარეობს გაუწყვილებელი ელექტრონის მქონე ნახშირბადატომის მიმართ β-მდგომარეობაში, მაგ.:

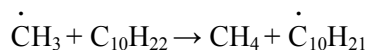


β-დაშლის რეაქცია მიმდინარეობს მანამდე, სანამ არ წარმოიქმნება შედარებით მდგრადი რადიკალი (რომელსაც არ გააჩნია გაუწყვილებელი ელექტრონის მქონე β ნახშირბადატომი).

თერმული დაშლის მიმართ რადიკალების შედარებითი სტაბილობა მცირდება რიგში:

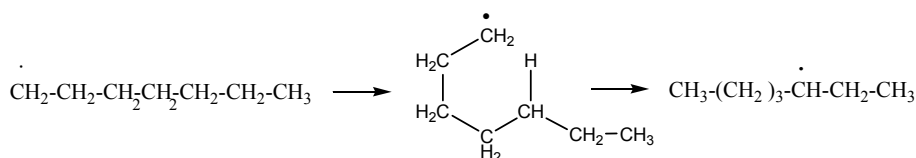


ეს რადიკალები შედიან რეაქციაში ალკანებთან ახალი თავისუფალი რადიკალის წარმოქმნით და აგრძელებენ ჯაჭვურ პროცესს:



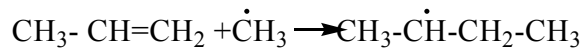
3) რადიკალის იზომერიზაცია.

იზომერიზაცია მიმდინარეობს ციკლური გარდამავალი მდგომარეობის გავლით:



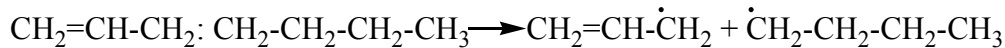
რადიკალის 1.5 იზომერიზაციის გარდა ადგილი აქვს 1.4; 1.6 და 1.7 იზომერიზაციას.

4) რადიკალის მიერთება ეთილენურ ნახშირწყალბადთან (β-დაშლის შეზღუდული რეაქცია):

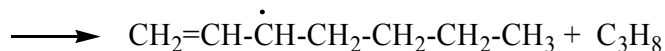
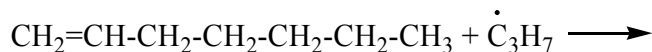
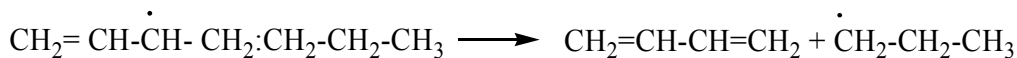
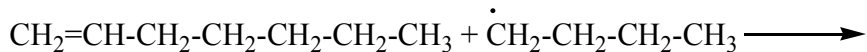


თერმული კრეკინგის თავისუფალ-რადიკალური მექანიზმი მონოდებული იყო რაისების მიერ 1940 წელს.

მაღალი რიგის ალკენების 400-500°C ტემპერატურაზე გაცხელებისას უპირატესად მიმდინარეობს ორმაგი ბმის მიმართ β C-C ბმების გახლეჩა:



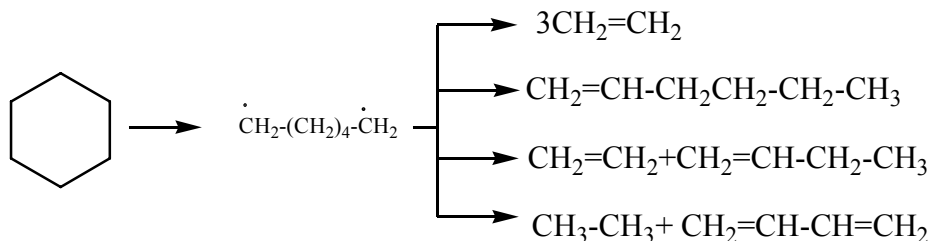
ჯაჭვი გრძელდება რეაქციებით:



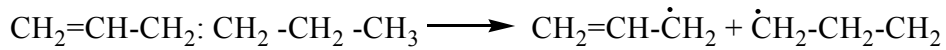
C=C ბმის მიმართ β C-H ბმის გარდა შესაძლებელია γ, δ და ა.შ. მეორეული წყალბადის მოხლეჩა (გარდა α C-H-ისა); ალკენების სიგრძის ზრდასთან ერთად იზრდება სხვა წყალბადატომის მოხლეჩის შესაძლებლობა.

ციკლოალკანების შემთხვევაში მიმდინარეობს როგორც C-C (უპირატესად), ისე C-H ბმების დახლეჩა.

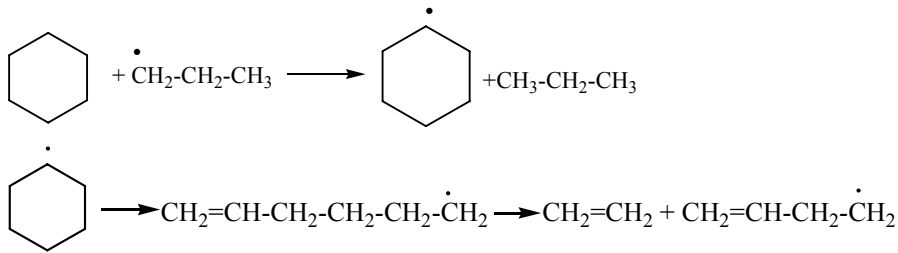
მიაჩნიათ, რომ ციკლოპექსანში ერთი C-C ბმის გახლეჩის შედეგად ხდება ბირადიკალის წარმოქმნა, რომელიც შემდეგ გარდაიქმნება ალკენად.



რეაქციის სიჩქარე დაბალია, რადგან რეაქციის I სტადია – რეაქციის ინიცირება საჭიროებს მაღალ ენერგიას, ხოლო ალკენების დაგროვების შედეგად პროცესი მიმდინარეობს რადიკალურ-ჯაჭვური მექანიზმით ორმაგი ბმის მიმართ β მდგომარეობაში არსებული C-C ბმების დახლეჩით.



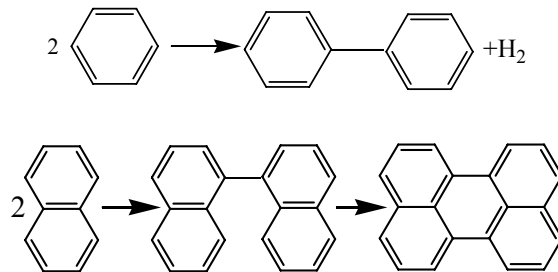
წარმოქმნილი რადიკალები განაპირობებენ პროცესის გაგრძელებას რადიკალურ-ჯაჭვური მექანიზმით:



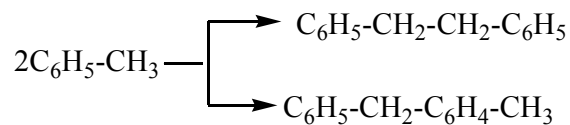
ალკილციკლოალკანების შემთხვევაში ხდება გვერდით ჯაჭვში C-C ბმის გახლეჩა თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნით, რომლებიც ახდენენ ჯაჭვური პროცესების წარმართვას.

კრეკინგის დროს ნაკლები ხარისხით, მაგრამ მაინც ადგილი აქვს ციკლოჰექსანისა და ციკლოპენტანის ბირთვების შემცველი ნაერთების დეჰიდრირებას – შესაბამისად არომატული და ციკლოპენტადიენური ნახშირწყალბადების წარმოქმნას.

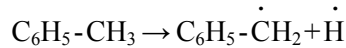
არომატული ნახშირწყალბადები სხვა რიგის ნახშირწყალბადებთან შედარებით, თერმულად მნიშვნელოვნად მდგრადებია. თერმოდინამიკურად შესაძლებელია არომატული ნახშირწყალბადების სრული დაშლა – დესტრუქცია ნახშირბადად და წყალბადად, ციკლის გახსნა ხდება ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე. ამიტომ ბენზოლის და ნაფთალინის თერმული კრეკინგის ძირითადი მიმართულებაა დეჰიდროკონდენსაცია:



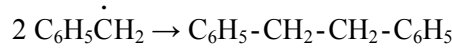
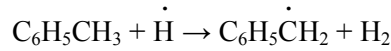
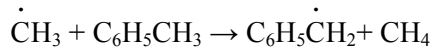
ტოლუოლი, ისევე როგორც ბენზოლი, განიცდის დეჰიდროკონდენსაციას:



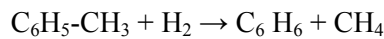
საწყისი სტადია მიდის შედარებით ნელა:



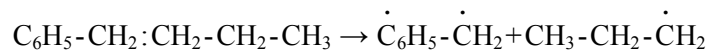
შემდეგ კი პროცესი ვითარდება რადიკალური ჯაჭვური მექანიზმით:



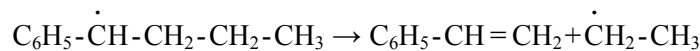
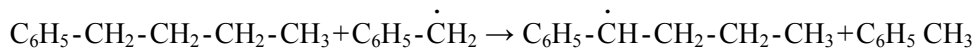
გამოყოფილი წყალბადის მოქმედებით მიმდინარეობს აგრეთვე დემეთილირების რეაქცია:



გვერდით ჯაჭვში გრძელი ალკილის რადიკალის შემცველი არენების შემთხვევაში ადგილი აქვს ალკილის ჯგუფების დაშლას. ბუნებრივია, ყველაზე ადვილად ხდება არომატული ბირთვის მიმართ β C-C ბმის განწყვეტა:



რადიკალის საწყისი მოლეკულასთან მოქმედებისას შესაძლებელია ნებისმიერი მეორეული წყალბადატომის მოხლეჩა, უპირატესად კი არომატული ბირთვის მიმართ α CH₂ ჯგუფიდან:



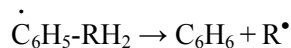
ნარმოქმნილი რადიკალები აგრძელებენ პროცესს.

თხევადფაზური და აირადფაზური კრეკინგის შედეგად მიღებული ბენზინები შედგენილობით მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან.

თხევადფაზური კრეკინგის შედეგად მიღებული ბენზინი ძირითადად შეიცავს ალკანებს და 10-12%-მდე ალკენებს. ასეთი ბენზინები შენახვისადმი მდგრადები არიან. მათ აქვთ დაბალი ოქტანური რიცხვი. აირადფაზური კრეკინგის გზით მიღებული ბენზინი შეიცავს 45-50% ალკენებს, 45-50% არომატულ ნახშირწყალბადებს და ნაფტენებს. აღსანიშნავია, რომ უმრავლეს შემთხვევაში ნახშირწყალბადთა ნარევის თერმული დაშლა უფრო დიდი სიჩქარით მიმდინარეობს, ვიდრე ინდივიდუალური ნახშირწყალბადებისა, რადგან ცალკეული სუფთა ნახშირწყალბადების დაშლა შეიძლება წარიმართოს არაჯაჭვური მექანიზმით – ინიცირების დაბალი სიჩქარის გამო, მაშინ როდესაც ნახშირწყალბადების ნარევის დაშლა ყოველთვის ჯაჭვური მექანიზმით მიმდინარეობს.

მაგ.: ბენზოლის დაშლისას წარმოქმნილი ფენილის რადიკალი უერთდება ბენზოლის მოლეკულას დიფენილის რადიკალის წარმოქმნით, რომლის სიჩქარე დაბალია, ამიტომ პროცესი მუხრუჭდება.

მაგრამ, თუ ბენზოლი არის ალკანებთან ნარევი, მაშინ ფენილის რადიკალი შედის ალკანებთან რეაქციაში ბევრად სწრაფად, ვიდრე ბენზოლთან – ალკილის რადიკალის წარმოქმნით:



რომლის გარდაქმნა გაცილებით სწრაფად მიმდინარეობს, განსაკუთრებით არასტაბილური რადიკალების წარმოქმნისას, როდესაც ისინი შეიცავენ β C-C ბმებს.

დადგენილია, რომ ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების თერმული დაშლის პროდუქტები განსხვავდებიან ნახშირწყალბადთა ნარევის თერმული დაშლის პროდუქტებისაგან.

10.2.2. ვისბრეკინგი

ვისბრეკინგი (მსუბუქი კრეკინგი) თერმული კრეკინგის სახეობაა, რომელსაც იყენებენ საქვაბე სანვავის სიბლანტის შესამცირებლად.

ვისბრეკინგს ატარებენ 450-480°C ტემპერატურაზე 2-5 მპა წნევის პირობებში.

ვისბრეკინგის ნედლეულს წარმოადგენს ნავთობის ნარჩენები, გუდრონები, ასფალტები, ექსტრაქტები, კატალიზური კრეკინგის შედეგად მიღებული გაზოილი.

ვისბრეკინგის შედეგად ძირითადი პროდუქტის გარდა წარმოიქმნება ნახშირწყალბადოვანი აირი, კრეკინგ-ბენზინი, ნავთ-გაზოილის ფრაქცია, თერმოგაზოილი და კრეკინგის ნარჩენი.

ვისბრეკინგის გზით მიღებულ ბენზინს აქვს დაბალი ოქტანური რიცხვი, შეიცავს გოგირდ- და აზოტშემცველ ნაერთებს და ალკენებს, რის გამოც ის ქიმიური არასტაბილურობით ხასიათდება. ძრავის სანვავად გამოყენებისათვის საჭიროა მისი გადამუშავება: ჰიდროგანმენდა და რიფორმინგი.

ნავთ-გაზოილის ფრაქცია (200-350°C) წარმოადგენს ფლოტის მაზუთის ძვირფას კომპონენტს.

თერმოგაზოილს (>350°C) იყენებენ, როგორც ნედლეულს კატალიზური კრეკინგის (ჰიდროკრეკინგის) და ტექნიკური ნახშირბადის წარმოებაში. კრეკინგის ნარჩენს იყენებენ როგორც საქვაბე სანვავს. პირდაპირი გამოხდის მაზუთთან შედარებით მას გააჩნია მაღალი სიმკვრივე და წვის სითბო.

10.2.3. კატალიზური კრეკინგი

კატალიზატორის გამოყენებამ კრეკინგის პროცესში შესაძლებელი გახადა დაბალმდულარე ფრაქციების (ძრავის საწვავების) გამოსავლიანობის, ხარისხის და პროცესის სიჩქარის მნიშვნელოვანი გაზრდა.

XX საუკუნის დასაწყისიდან ტარდება ფართო გამოკვლევები კრეკინგის რეაქციებში კატალიზური მოქმედების ნივთიერებათა გამოვლენის მიმართულებით.

დადგენილია, რომ ამ პროცესში მრავალი მეტალი ავლენს კატალიზურ მოქმედებას, ხელს უწყობს C-C და C-H ბმების დახლეჩას. ამასთანავე ზოგიერთი მათგანი, მაგალითად Cu და Pd წარმართავს ძირითადად დეჰიდრირების რეაქციას – (C-H) ბმების დახლეჩას, Fe, Ni და Co კი ახდენენ ნახშირწყალბადების სრულ დაშლას ნახშირბადად და წყალბადად.

კატალიზური აქტიურობით ხასიათდებიან ასევე რიგი შენადნობები, მეტალთა ოქსიდები და ჰალოგენიდები.

თავდაპირველად წარმოებაში კატალიზატორად ძირითადად გამოიყენებოდა $AlCl_3$ და Fe_2O_3 .

$AlCl_3$ -ის გამოყენებისას ნედლეულს ამატებდნენ 5-10% $AlCl_3$ და აცხელებდნენ 260-280°C-ზე, რის შედეგადაც მიიღებოდა 70% ბენზინი, 10% აირი და 20% კოქსი.

წარმოქმნილი ბენზინი ალკენებს არ შეიცავს: შედგება ძირითადად ციკლოალკანების, ალკანებისა და მცირე რაოდენობით არენებისაგან. იხდება 170°C-მდე, ოქტანური რიცხვი 77-80-ის ფარგლებშია.

$AlCl_3$ -ის გამოყენება წარმოებაში რიგ სიძნელებთან არის დაკავშირებული, რის გამოც მან ფართო გამოყენება ვერ მოიპოვა.

კატალიზური კრეკინგის განვითარებას ხელი შეუწყო კატალიზატორებად ბუნებრივი და სინთეზური ალუმოსილიკატების გამოყენებამ; ხშირად მათ აქტივატორების სახით უმატებდნენ 0.5 -1%-მდე Fe-ის, Ni-ის, Co-ის, Cu-ის, Cr-ის და Mn-ის მარილებს.

ამჟამად კრეკინგისათვის წარმატებით გამოიყენება 10-25% ცეოლითის შემცველი ალუმინსილიკატები, განსაკუთრებით იშვიათმინა ელემენტების შემცველი ან დეკატიონირებული ფორმის Y ტიპის ცეოლიტები, რომლებიც თანაბრად არიან განაწილებულნი ამორფულ ალუმინსილიკატებზე.

ამ კატალიზატორების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა მნიშვნელოვნად გაზრდილიყო პროცესის სიჩქარე; ამასთანავე 30-40% გაიზარდა მიზნობრივი პროდუქტების გამოსავლიანობა. კატალიზური კრეკინგის ნედლეულად გამოიყენება როგორც ატმოსფერული, ისე ვაკუუმური გაზოილი, ასევე ნავთობის მეორადი გადამუშავების – დაკოქსვის, დეასფალტიზაციის შედეგად მიღებული პროდუქტების კრეკინგი. განსაკუთრებით მიზანშეწონილია ამ მიზნით ნაფტენებისა და ალკანების მაღალი შემცველობის ნედლეულის გამოყენება.

კატალიზური კრეკინგის შედეგად მიღებული პროდუქტების შედგენილობა და რაოდენობა დამოკიდებულია გამოყენებულ ნადლეულზე, კატალიზატორზე და პროცესის რეჟიმზე.

მაღალტექანური ბენზინის გარდა, კატალიზური კრეკინგის პროდუქტებს წარმოადგენს აირადი ნახშირწყალბადები, მსუბუქი გაზოილი (195-350°C), მძიმე გაზოილი (>350°C).

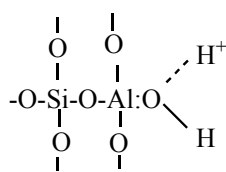
მსუბუქი გაზოილი გამოიყენება დიზელის სანვავის კომპონენტად და მაზუთის განზავებისათვის, ხოლო მძიმე გაზოილი (>350°C) გამოიყენება საქვაზე სანვავად ან ნედლეულად თერმული კრეკინგისა და დაკოქსვისათვის.

კატალიზური კრეკინგი, თერმული კრეკინგისაგან განსხვავებით მიმდინარეობს იონური-კარბკატიონური ჯაჭვური მექანიზმით, რასაც განაპირობებს გამოყენებული კატალიზატორის ბუნება.

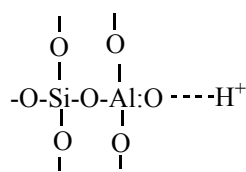
კატალიზური კრეკინგის დროს – C-C- ბმების დახლეჩის გარდა, მიმდინარეობს იზომერიზაციის, დეალკილირების, ალკილირების, დეჰიდროციკლიზაციის და კონდენსაციის პროცესები.

ამორფულ ალუმოსილიკატს, რომელზედაც განაწილებულია ცეოლითი, გააჩნია საკუთარი აქტიურობა. იგი შეიცავს კატალიზურად აქტიურ როგორც ბრენსტედის, ისე ლუისის მჟავურ ცენტრებს. ბრენსტედის მჟავურ ცენტრს შეიძლება წარმოადგენდეს: 1) ალუმინის ატომთან კოორდინაციულად ქემოსორბირებული წყლის პროტონი, 2) ალუმინის ატომთან დაკავშირებული ჰიდროქსილის ჯგუფის პროტონი, 3) Si-ის ატომთან დაკავშირებული OH-ის პროტონი.

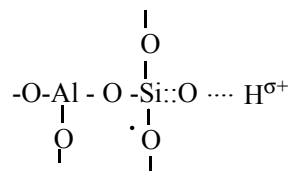
1)



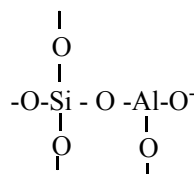
2)



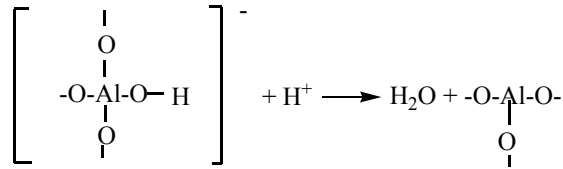
3)



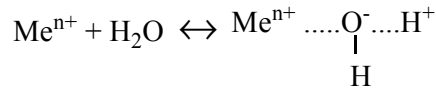
ლუისის მჟავური ცენტრი შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სტრუქტურით:



შესაძლებელია ბრენსტედის მჟავური ცენტრის გარდაქმნა ლუისის მჟავურ ცენტრად:



მიაჩნიათ, რომ ცეოლითშემცველი ალუმინსილიკატურ კატალიზატორებში მეტალის კატიონის როლი უნდა მდგომარეობდეს წყლის მოლეკულის იონიზაციის შედეგად დამატებითი მჟავური ცენტრების შექმნაში:

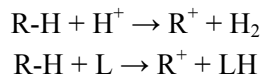


რეაქციის სიჩქარე ცეოლითშემცველ კატალიზატორებზე 2-3 რიგით მეტია, ვიდრე ამორფულ ალუმინსილიკატურ კატალიზატორზე. ამასთანავე, ცეოლით-შემცველი ალუმინსილიკატური კატალიზატორები ხასიათდებიან უფრო მაღალი თერმული და მექანიკური სტაბილურობით, ვიდრე სუფთა ცეოლითები.

განვიხილოთ კატალიზური კრეკინგის მექანიზმი სხვადასხვა კლასის ნახშირწყალბადებისათვის.

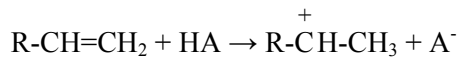
ალკანების შემთხვევაში იონური მექანიზმით ჯაჭვის ჩასახვა ანუ კარბკატიონის წარმოქმნა შესაძლებელია ორი გზით:

1) კატალიზატორის პროტონული ან აპროტონული ცენტრის მოქმედებით ხდება ალკანებიდან ჰიდრიდონის მოხლეჩა და კარბკატიონის წარმოქმნა:



სადაც L აღნიშნავს კატალიზატორის აქტიურ ცენტრს.

2) პროცესის დასაწყისში შესაძლებელია მოხდეს ნახშირწყალბადების თერმული დაშლა ალკანისა და ალკენის წარმოქმნით (ასევე შესაძლებელია ალკენის შეიცავდეს ნედლეული). ალკენი კატალიზატორიდან მიიერთებს პროტონს და წარმოქმნის კარბკატიონს:

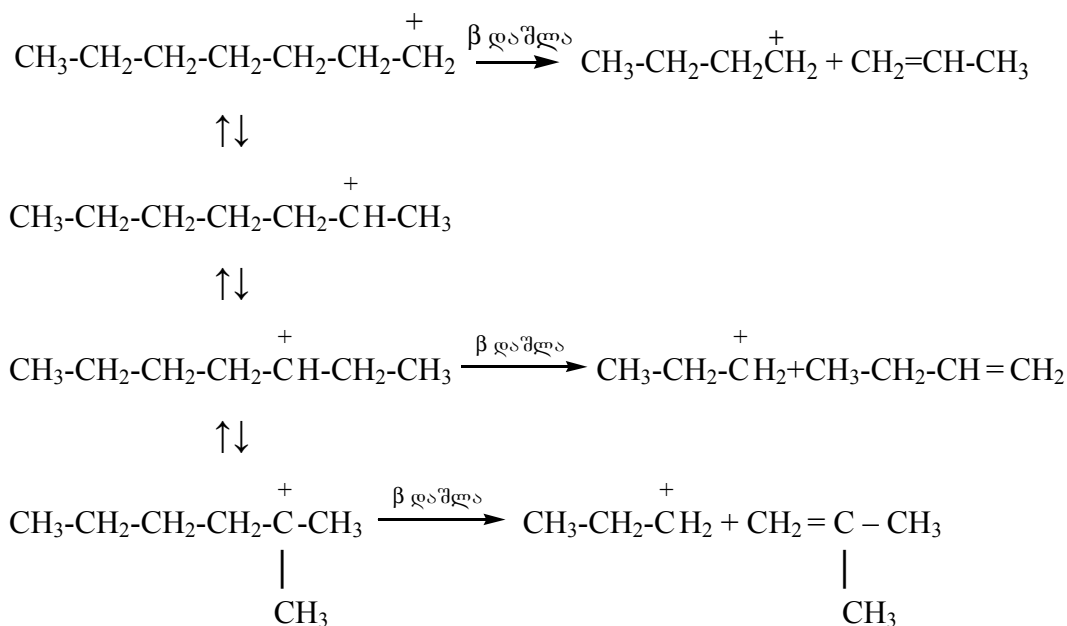


წარმოქმნილი კარბკატიონი განაპირობებს პროცესის კარბკატიონური ჯაჭვური მექანიზმით წარმართვას.

ჯაჭვის გაგრძელება შეიძლება წარიმართოს კარბკატიონის გარდაქმნის ყველა შესაძლო მიმართულებით.

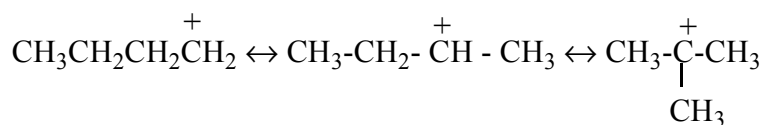
მაგ.: თუ პროცესის პირველ სტადიაზე ადგილი აქვს პირველადი კარბკატიონის წარმოქმნას, მაშინ ყველაზე სააღბათოა პირველადი კარბკატიონის იზო-

მერიზაცია უფრო სტაბილურ მეორეულ და განსაკუთრებით მესამეულ კარბკატიონად და კარბკატიონების დაშლა – β-ნესის მიხედვით – ახალი კარბკატიონების წარმოქმნით:

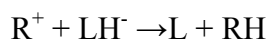


ამრიგად, კატალიზური კრეკინგის დროს ალკანები დაშლასთან ერთად განიცდიან იზომერიზაციას.

წარმოქმნილი დაბალმოლეკულური კარბკატიონები იზომერიზაციის შედეგად გარდაიქმნებიან მეორეულ და მესამეულ კარბკატიონებად.

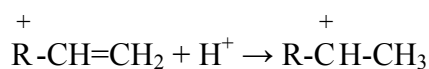


ჯაჭვის განყვეტა ხდება კარბკატიონის ურთიერთქმედებით კატალიზატორის ცენტრთან:

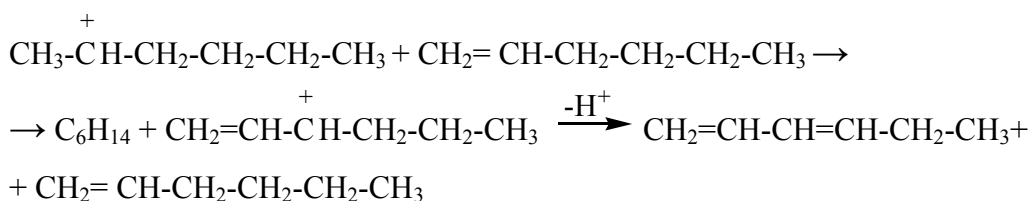


ალკანების კატალიზური კრეკინგის სიჩქარე ერთი-ორი რიგით უფრო მაღალია თერმულ კრეკინგთან შედარებით.

ალკანების კრეკინგის სიჩქარე 2-3 რიგით უფრო მაღალია შესაბამისი ალკანების კრეკინგის სიჩქარესთან შედარებით, რასაც განაპირობებს კარბკატიონის წარმოქმნის მაღალი სიჩქარე:

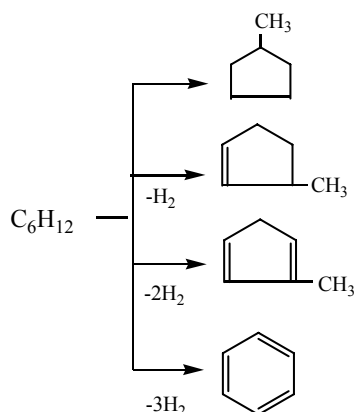


მსგავსი რეაქციების გარდა ალკენებისათვის დამახასიათებელია ასევე წყალბადატომების გადანაწილების, დეპროტონირების და ციკლიზაციის რეაქციები:

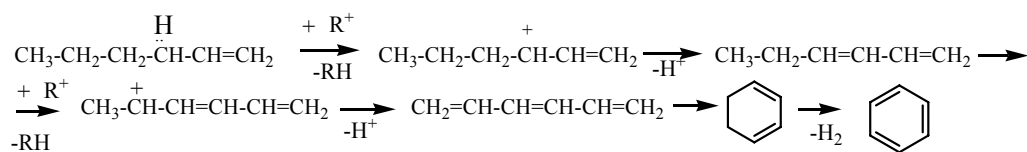


ციკლიზაციისას შეიძლება წარმოიქმნას ციკლოპენტანები, ციკლოპენტენები, ციკლოპენტადიენები და არომატული ნახშირწყალბადები.

მაგალითად ჰექსენის შემთხვევაში:



რეაქციის მექანიზმი ასეთია:



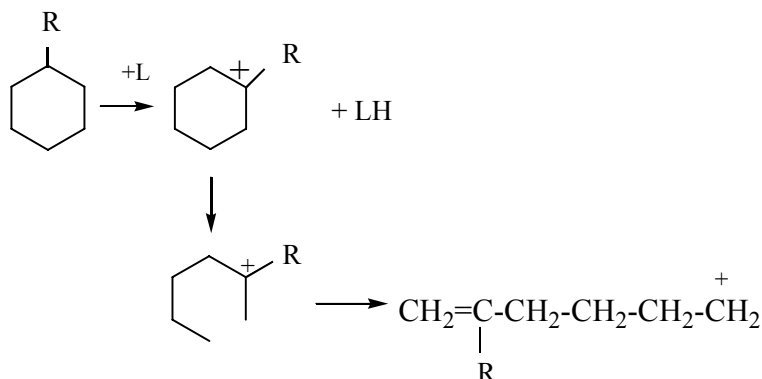
ციკლოალკანების შემთხვევაში ძირითადად მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციები:

1. ციკლის გახსნა ალკენებისა და ალკადიენების წარმოქმნით;
2. დეჰიდრირება – არენების წარმოქმნით;
3. ციკლისა და გვერდითი ჯაჭვის იზომერიზაცია.

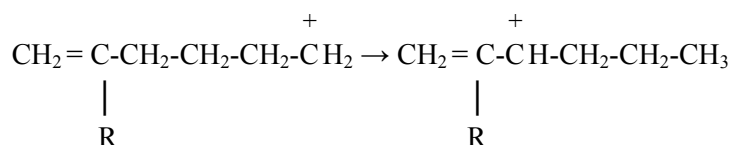
კარბკატიონის წარმოქმნა ხდება ალკანების ანალოგიურად. წარმოქმნილი კარბკატიონი ახდენს ჰიდრიდიონის მოხლეჩას ციკლოალკანების მოლეკულიდან. ამიტომ ეს პროცესი ადვილდება ჩანაცვლებული ციკლოალკანების შემთხვევაში და ჩანაცვლებლის რიცხვის ზრდასთან ერთად იზრდება კრეკინგის ხარისხი. ციკლოპექსანის, დიმეთილციკლოპექსანისა და ტრიმეთილციკლოპექსანის კრეკინგის ხარისხი შესაბამისად ტოლია 47; 75,6; 78,6.

მონოჩანაცვლებული ციკლოჰექსანის შემთხვევაში წარმოქმნილი ციკლოჰექსილის იონი შეიძლება დაიშალოს 1) C-C ან 2) C-H ბმების გახლეჩის მიმართულებით.

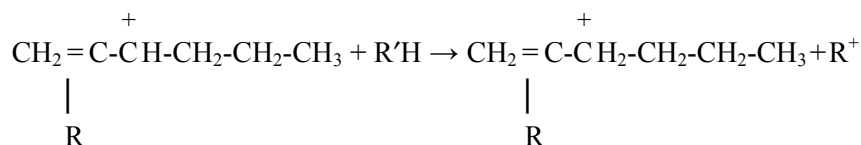
1) C-C ბმების გახლეჩის შედეგად წარმოიქმნება ალკენები და ალკადიენები შემდეგი მექანიზმის მიხედვით:



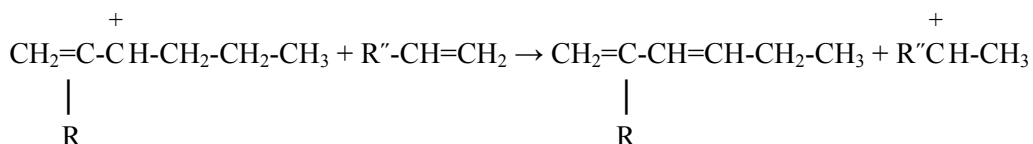
წარმოქმნილი ალკენილიონი სწრაფად გარდაიქმნება ალილის იონად:



რომელიც საწყის მოლეკულას ართმევს ჰიდრიდონს:



ან ალკენის მოლეკულას გადასცემს – β-პროტონს.

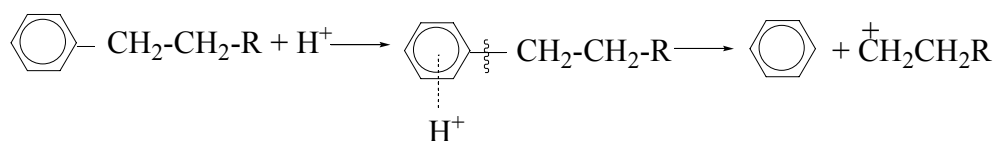


წარმოქმნილი კარბკატიონები ჯაჭვური მექანიზმით აგრძელებენ პროცესს.

კრეკინგის პროცესში მიმდინარეობს ციკლოჰექსანების იზომერიზაცია ციკლოპენტანებად და პირიქით, ალკილციკლოპენტანების გარდაქმნა ციკლოჰექსანებად. ეს პროცესი მიმდინარეობს იმავე კატიონური მექანიზმით.

კატალიზური კრეკინგის პირობებში ციკლოპენტანები უფრო მდგრადებია, ვიდრე ციკლოჰექსანები. ამ პირობებში ციკლოჰექსანები განიცდიან დეჰიდრირებას და წარმოქმნიან არომატულ ნახშირწყალბადებს.

ჩაუნაცვლებელი არენები კრეკინგის პირობებში მდგრადი ნაერთებია. ალკილ-ჩანაცვლებული არენების ძირითად რეაქციას დელკილირების რეაქცია წარმოადგენს:



რეაქციის სიჩქარე იზრდება ალკილის რადიკალის სიგრძისა და განშტოების გაზრდით. პროცესის სიჩქარე განსაკუთრებით მაღალია მესამეული ნახშირბადატომის შემცველი ალკილის რადიკალის შემთხვევაში. მეთილჩანაცვლებული არენების შემთხვევაში კი ძირითადად მიმდინარეობს დისპროპორციონირების რეაქციები.



კრეკინგის სიჩქარე კატალიზატორების გამოყენებისას თერმულთან შედარებით ყველა შემთხვევაში მნიშვნელოვნად იზრდება. ალკანებისათვის – 6-60-ჯერ, ალკენებისათვის – 100-1000-ჯერ, ნაფტენებისათვის – 1000-ჯერ, არომატული-სათვის – 10000-ჯერ.

კატალიზური კრეკინგის შედეგად მიღებული ნარევის რაოდენობრივი შედეგნილობა საშუალოდ ასეთია:

1. სასაქონლო ბენზინი – 41-53% (ოქტანური რიცხვი 90-94 კვლევითი მეთოდით).
2. აირადი ნახშირწყალბადები – 10-20%
3. მსუბუქი გაზოილი – 17-24%
4. მძიმე გაზოილი – 8-12%
5. კოქსი – 4-7%

წარმოქმნილი აირები ძირითადად შეიცავენ პროპან-პროპენსა და ბუტან-ბუტენებს და მცირე რაოდენობით წყალბადს, რადგან დეჰიდრირების შედეგად გამოყოფილი წყალბადი იხარჯება ალკენების ჰიდრირების და ჰიდროგენოლიზის პროცესებზე.

10.2.4. ჰიდროკრეკინგი

ჰიდროკრეკინგი ნახშირწყალბადთა კრეკინგის კატალიზური პროცესია, რომელიც მიმდინარეობს წყალბადის არეში (260-450⁰C-სა და 5-20 მპა წნევის პირობებში). ნახშირწყალბადების კრეკინგის შედეგად წარმოქმნილი უჯერი ფრაგმენტები, იერთებენ წყალბადს და წარმოქმნიან საწყის ნახშირწყალბადებთან შედარებით უფრო მცირე მოლეკულური მასის მქონე ნივთიერებებს.

ჰიდროკრეკინგისათვის ძირითად ნედლეულს წარმოადგენს ნავთობის მაღალ-მდულარე ფრაქციები და ნარჩენები; იყენებენ ასევე სხვა ნავთობპროდუქტებსაც.

კატალიზატორის, პირობებისა და ნედლეულის შერჩევით ჰიდროკრეკინგის საშუალებით შესაძლებელია ნავთობპროდუქტების ფართო ასორტიმენტის მიღება.

1. ბენზინის ფრაქციის ჰიდროკრეკინგით მიიღება C₄-C₅ შედგენილობის ნახშირწყალბადები, რომლებიც გამოიყენებიან ნავთობქიმიურ სინთეზში და მაღალოქტანურ კომპონენტებად საავტომობილო ბენზინებისათვის.
2. პირველადი და მეორადი გადამუშავების შედეგად მიღებული საშუალო დისტილატების (200-350°C) ჰიდროკრეკინგი გამოიყენება ბენზინისა და რეაქტიული სანავის მისაღებად.
3. ატმოსფერული, ვაკუუმგამოხდის, დაკოქსვისა და კატალიზური კრეკინგის შედეგად მიღებული გაზოილის ჰიდროკრეკინგი – ბენზინის, რეაქტიული და დიზელის სანავის მიღების მიზნით.
4. ნავთობის მძიმე დისტილატების ჰიდროკრეკინგი – რეაქტიული და დიზელის სანავების, საპოხი ზეთების, მცირეგოგირდოვანი საქვებე სანავისა და კატალიზური კრეკინგისათვის ნედლეულის მისაღებად.
5. ნავთობპროდუქტების ჰიდროკრეკინგი გამოიყენება ნავთობპროდუქტების ხარისხის გასაუმჯობესებლად:
 - ა) ბენზინის ოქტანური რიცხვის გაზრდის მიზნით;
 - ბ) რეაქტიული და დიზელის სანავის გამყარების ტემპერატურის დაწვევის მიზნით;
 - გ) ზეთის ფრაქციის ფერის გაუმჯობესების, სტაბილობის გაზრდისა და გამყარების ტემპერატურის შემცირების მიზნით;
 - დ) ჰიდროდეარომატიზაციის მიზნით.

ჰიდროკრეკინგისათვის ძირითადად გამოიყენება ბიფუნქციური – მაჰიდრირებელი და მჟავე ბუნების კომპონენტების შემცველი კატალიზატორები.

მჟავა კომპონენტებად იყენებენ ცეოლითებს, ალუმინის ოქსიდს, ალუმინ-სილიკატებს, რომლებიც განაპირობებენ იზომერიზაციისა და კრეკინგის რეაქციებს, ხოლო მაჰიდრირებელ კომპონენტებს წარმოადგენენ VIII ჯგუფის მეტალები (Pt, Pd, Ni, Co, Fe), VI ჯგუფის მეტალების (Mo, W) ოქსიდები და ზოგ შემთხვევაში Mo-ის და W-ის სულფიდები.

ჰიდროკრეკინგისათვის ცეოლითშემცველი კატალიზატორებიდან წარმატებით გამოიყენება ალუმინ-კობალტ-მოლიბდენის, ალუმინ-მოლიბდენის და ალუმინ-ნიკელ-ვოლფრამის კატალიზატორები.

მჟავური ფუნქციის გაძლიერების მიზნით კატალიზატორში შეჰყავთ ჰალოგენები, სხვადასხვა ოქსიდები, აგრეთვე ახდენენ ცეოლითის დეალუმინირებას ან დეკატიონირებას. ხოლო მაჰიდრირებელი თვისების გაზრდის მიზნით, ახდენენ მათ პრომოტირებას; საუკეთესო პრომოტორებს წარმოადგენენ როდიუმი, რენიუმი, ირიდიუმი. VIII ჯგუფის ელემენტების შემცველი კატალიზატორების პრომოტორებად იყენებენ იშვიათმინა ელემენტებს, ხოლო VI ჯგუფის მეტალების შემცველი კატალიზატორებისათვის კობალტისა და ნიკელის ოქსიდებს.

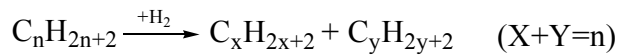
VIII ჯგუფის მეტალების შემცველი კატალიზატორების აქტივაციისათვის ახდენენ წინასწარ მათ აღდგენას წყალბადით, ხოლო მოლიბდენისა და ვოლფრამის ოქსიდების შემცველობისას – მათ სულფიდირებას.

რადგან კატალიზატორში არსებული VIII ჯგუფის მეტალები ადვილად ინამლებიან ნავთობში შემავალი ჰეტეროატომის (S, N, O, P, As, Sb და მეტალების) შემცველი ორგანული ნაერთებით, ამიტომ ჰიდროკრეკინგის განხორციელებამდე საჭიროა ნედლეულის განმენდა. ამ მიზნისათვის ძირითადად იყენებენ ჰიდროგანმენდას. რომლის დროსაც კატალიზატორად გამოიყენება აქტიურ ალუმინის ოქსიდზე, ალუმინსილიკატზე ან ცეოლითზე დაფენილი ნიკელის, კობალტის, მოლიბდენის ან ვოლფრამის ოქსიდები და სულფიდები; შედეგად ადგილი აქვს როგორც ჰეტეროატომების მოცილებას, ასევე პოლიციკლური არომატული ნაერთების არალრმა ჰიდროკრეკინგს.

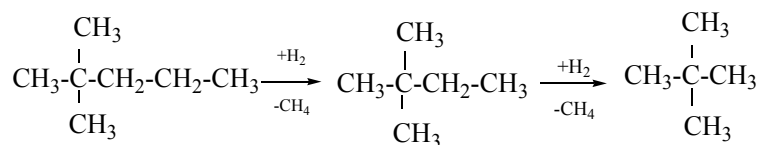
განვიხილოთ ცალკეული რიგის ნახშირწყალბადების ჰიდროკრეკინგის რეაქციები.

1) ალკანების ჰიდროკრეკინგი.

მონოფუნქციურ მაჰიდრირებელ კატალიზატორებზე ხდება მხოლოდ C-C ბმების დახლეჩა და წარმოქმნილი რადიკალების წყალბადით გაჯერება.



პლატინის გამოყენებისას ყველა C-C ბმის დახლეჩის სიჩქარე დაახლოებით თანაბარია; Ni-ის კატალიზატორზე უფრო სწრაფად მიდის განაპირა C-C ბმების დახლეჩა, ამიტომ მნიშვნელოვანი რაოდენობით ხდება მეთანის წარმოქმნა; კაოლინზე დაფენილი Ni-ის კატალიზატორზე იზოსტრუქტურის მქონე ალკანების გატარებისას 240-260⁰C-ზე ხდება მეთილის ჯგუფის მოხლეჩა, ამასთან მეთილის ჯგუფის მოხლეჩა ყველაზე ადვილად ხდება მეორეული ნახშირბადიდან, უფრო ძნელად მესამეულიდან, მეოთხეულიდან კი საერთოდ არ მოიხლეჩება. პროცესი მიმდინარეობს მანამ, სანამ არ მიაღწევს მეოთხეულ ნახშირბადის ატომს – ამ პროცესს შერჩევითი დემეთილირება ეწოდება.



ბიფუნქციური კატალიზატორების შემთხვევაში ალკანები ჰიდროკრეკინგთან ერთად განიცდიან იზომერიზაციას.

თავდაპირველად კატალიზატორის მაჰიდრირებელ-მადეჰიდრირებელ ცენტრებზე ხდება ალკანების დეჰიდრირება (C-H ბმების დახლეჩა), ალკენების წარმოქმნით; ალკენები მჟავურ ცენტრებზე ადვილად წარმოქმნიან კარბკაციო-

ნებს, ეს უკანასკნელები კი ახორციელებენ იზომერიზაციის პროცესის წარმართვას კარბკატიონური ჯაჭვური მექანიზმით.

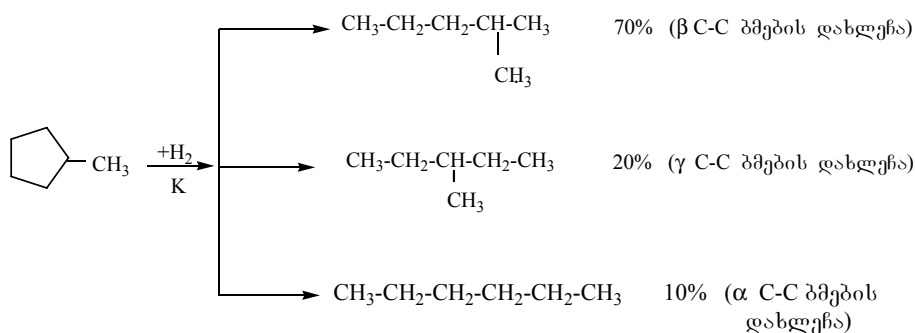
მაღალი მაჰიდრირებელი და ზომიერი მჟავური აქტიურობის კატალიზატორებზე ალკანების გარდაქმნა ნაკლებად ხდება, რადგან სწრაფად მიმდინარეობს წარმოქმნილი კარბკატიონის გაფერება წყალბადით.

მაღალი მჟავური აქტიურობის და ზომიერი მაჰიდრირებელი უნარის მქონე კატალიზატორების შემთხვევაში, მჟავურ ცენტრებზე სწრაფად ხორციელდება წარმოქმნილი კარბკატიონის იზომერიზაცია და კრეკინგიც. ამიტომ ამ შემთხვევაში ჰიდროკრეკინგის სიჩქარეც მაღალია და პროცესის შედეგად დიდი რაოდენობით დაბალმოლეკულური იზოალკანები წარმოიქმნება.

აღსანიშნავია, რომ ჰიდროკრეკინგის პროცესის სიჩქარე, კატალიზური კრეკინგის მსგავსად, იზრდება ალკანის მოლეკულის სიგრძის ზრდასთან ერთად. განსაკუთრებით სწრაფად მიმდინარეობს პროცესი მესამეული ნახშირბადატომის შემცველი იზოალკანის შემთხვევაში.

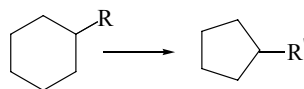
2) ციკლოალკანების გარდაქმნა.

მაჰიდრირებელი კატალიზატორების თანაობისას როგორც ჩაუნაცვლებელი, ისე მეთილციკლოალკანების შემთხვევაში მიმდინარეობს ციკლის გახსნა ალკანების წარმოქმნით. მეთილციკლოალკანებში ციკლის გახსნა უპირატესად ხდება მეთილის რადიკალის მიმართ β მდგომარეობაში. შედარებით მცირე ხარისხით ხდება სხვა ბმების დახლეჩაც. მაგ.: მეთილციკლოპენტანის ჰიდროკრეკინგის შედეგად, ალუმინ-პლატინის კატალიზატორზე 250-270°C-ზე 2.1მპა წნევის პირობებში, წარმოიქმნება შემდეგი პროდუქტები:



ასეთივე შედეგი მიიღება დაბალი მჟავური აქტიურობის ბიფუნქციური კატალიზატორების გამოყენების დროსაც.

დაბალი მაჰიდრირებელი და მაღალი მჟავური აქტიურობის კატალიზატორზე ციკლის გახსნა ხდება უმნიშვნელო ხარისხით, ძირითადად მიმდინარეობს იზომერიზაციის რეაქციები – ექვსწევრიანი ციკლოალკანები იზომერიზდებიან ხუთწევრიანად:

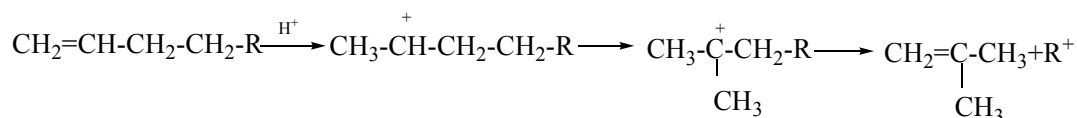


გვერდით ჯაჭვში გრძელი ალკილის რადიკალის შემცველი ციკლოალკანების შემთხვევაში ადგილი აქვს ძირითადად რადიკალის იზომერიზაციასა და დახლეჩას.

ბიციკლურ ნახშირწყალბადებში ჰიდროკრეკინგის დროს ხდება ერთი ციკლის გახსნა და მონოციკლური ციკლოალკანის წარმოქმნა – უპირატესად ციკლოპენტანის ნაწარმების წარმოქმნით.

3) ალკენების ჰიდროგენოლიზი.

ალკენები, ბიფუნქციური კატალიზატორების მჟავე ცენტრებზე ადვილად წარმოქმნიან კარბკაციონებს, რომლებიც იზომერიზდებიან მესამეული კარბკაციონის წარმოქმნით. წარმოქმნილი კარბკაციონი იშლება β წესის მიხედვით, შედეგად წარმოიქმნება დაბალმოლეკულური განშტოებული ალკენები. მაგ.,

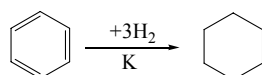


R⁺ აგრძელებს პროცესს.

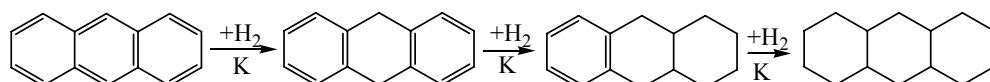
მაჰიდრირებელ ცენტრებზე ხდება როგორც საწყისი, ისე დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ალკენების ჰიდრირება.

4) არენების ჰიდროკრეკინგი.

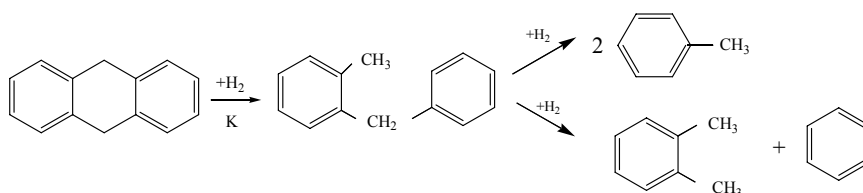
მაღალი მაჰიდრირებელი და დაბალი მჟავური აქტიურობის კატალიზატორების თანაობისას არომატული ნახშირწყალბადები ჰიდრირდებიან შესაბამისი ციკლოალკანების წარმოქმნით. ამასთანავე ბენზოლი უფრო ადვილად ჰიდრირდება, ვიდრე მისი ჰომოლოგები.



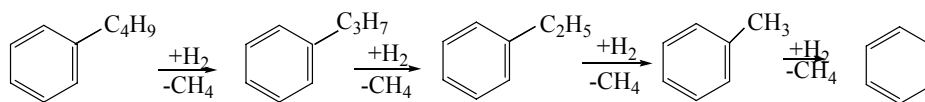
კონდენსირებულბირთვიანი არენები ჰიდრირდებიან უფრო სწრაფად, ვიდრე ბენზოლი. ჰიდრირება მიმდინარეობს თანდათანობით, ბენზოლის ბირთვების რაოდენობის შემცირებასთან ერთად ჰიდრირების რეაქციის სიჩქარე მცირდება.



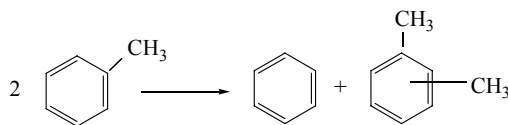
ამასთანავე მიმდინარეობს წარმოქმნილი ციკლოალკანების ბირთვის ჰიდროგენოლიზი – ციკლის გახსნა:



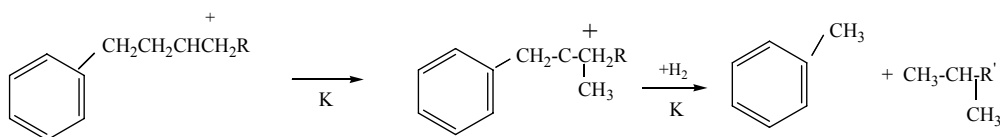
ალკილნაცვლებული ბენზოლების შემთხვევაში მაღალი მაჰიდრირებელი აქტივობის კატალიზატორზე უპირატესად მიმდინარეობს გვერდითი რადიკალის ჰიდროგენოლიზი – თანდათანობითი დემეთილირების რეაქცია.



დაბალი მაჰიდრირებელი და მაღალი მჟავური აქტიურობის კატალიზატორზე ბენზოლი გარდაქმნას არ განიცდის. დაბალი რიგის ალკილბენზოლები შედიან დისპროპორციონირების რეაქციებში.



გრძელი ალკილის რადიკალის შემცველი ბენზოლის შემთხვევაში მჟავურ ცენტრებზე მიმდინარეობს კარბკატიონის წარმოქმნა, რომელიც განიცდის გვერდითი რადიკალის იზომერიზაციას და დაშლას.



სხვადასხვა კლასის ნახშირწყალბადების ჰიდროკრეკინგის რეაქციების სირქარეთა შედარება აჩვენებს, რომ ყველაზე მაღალი სირქარით მიმდინარეობს პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების ჰიდრირება მონოციკლური არომატული ან ციკლოალკანური ნახშირწყალბადების წარმოქმნით. ციკლოალკანური ციკლის გახსნა მიმდინარეობს შედარებით ნელა. ასევე მიმდინარეობს ალკანების ჰიდროგენოლიზიც. ამით აიხსნება ის ფაქტი, რომ ჰიდროკრეკინგის პროდუქტებში უპირატესად გროვდება მონოციკლური არენები, ციკლოალკანები და განტოტვილი აღნაგობის ალკანები.

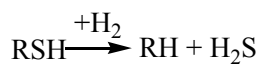
ჰიდროკრეკინგის დროს გამოირიცხულია პოლიმერიზაციის, დეჰიდრირებისა და დაკოქსვის პროცესები.

კატალიზური ჰიდროკრეკინგის სახეობაა ნავთობპროდუქტის კატალიზური ჰიდროგანმენდა, რომელიც გამოიყენება მაღალი ხარისხის ნავთობპროდუქტების მისაღებად.

პროცესს ატარებენ 380-420⁰C-ზე წყალბადის არეში, 2.5-4 კპა წნევის პირობებში ალუმინ-ნიკელ-მოლიბდენური კატალიზატორის თანდასწრებით:

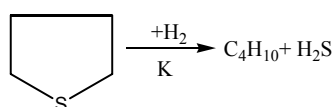
ამ დროს მიმდინარეობს C-El (El = S, N, O, Me) ბმების დახლეჩა და წარმოქმნილი ნაწილაკების წყალბადით გაჯერება, შედეგად – ჰეტეროატომებისაგან ნავთობპროდუქტის განმენდა.

მერკაპტანები, სულფიდები და დისულფიდები გაცხელებისას იშლებიან ალკანებისა და გოგირდწყალბადის წარმოქმნით. ჰიდროკრეკინგის შედეგად ხდება H₂S-ისა და ალკანების წარმოქმნა.

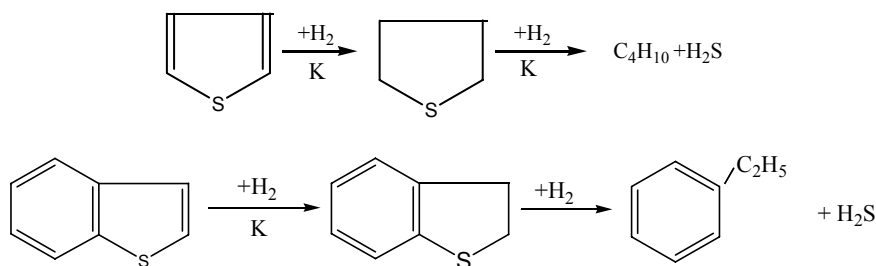


ჰიდრირების პროცესის სიჩქარე მცირდება ნივთიერების მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად. ნავთობის მძიმე ფრაქციებიდან S-ის მოცილება საკმაოდ ძნელდება.

ციკლოალკანები S-ის ატომით ციკლში, ასევე იშლებიან გოგირდწყალბადისა და ალკანების წარმოქმნით.

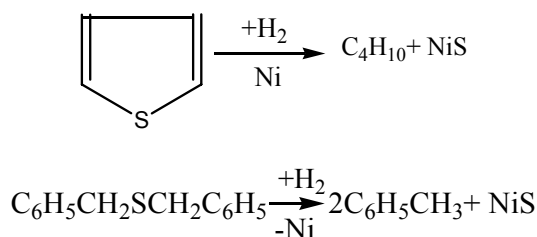


თიოფენის და ბენზოთიოფენის შემთხვევაში თავდაპირველად მიმდინარეობს გოგირდის შემცველი ბირთვის ჰიდრირება და შემდეგ მისი დესტრუქცია.



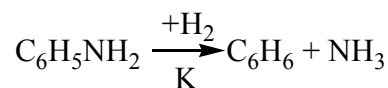
გოგირდშემცველი ნაერთებისაგან ნავთობპროდუქტების ჰიდროგანმენდისას კატალიზატორებად გამოიყენება MoS₂ და MoS₃ (350-400⁰C და ჰკპა წნევა).

ამ პროცესისათვის წარმატებით გამოიყენება აგრეთვე რენეის ნიკელი, რომელიც გოგირდის მოცილებას ახდენს ოთახის ტემპერატურაზეც.



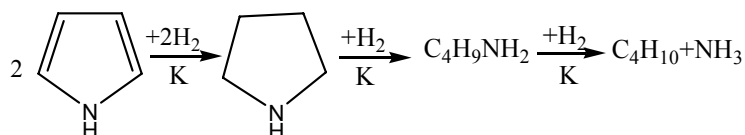
აზოტი ნავთობპროდუქტებში ძირითადად შედის პირიდინის და ქინოლინის ნაწარმების (მონო-, დი- და ტრიმეთილჩანაცვლებულების) სახით. უფრო იშვიათად, ანილინის ჰომოლოგების სახით. აღსანიშნავია, რომ C-N ბმა უფრო ძნელად იხლიჩება, ვიდრე C-S ბმა.

ჰიდროგენოლიზის რეაქციაში ყველაზე ადვილად შედიან ამინები.

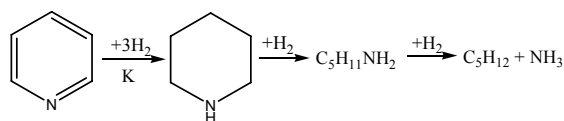


უფრო ძნელად მიდის პროცესი აზოტშემცველი ციკლური ნაერთების შემთხვევაში. მით უფრო ძნელად, რაც უფრო მდგრადია ციკლური სისტემა. ჰიდროგენოლიზის რეაქციები მიმდინარეობს საფეხურებრივად:

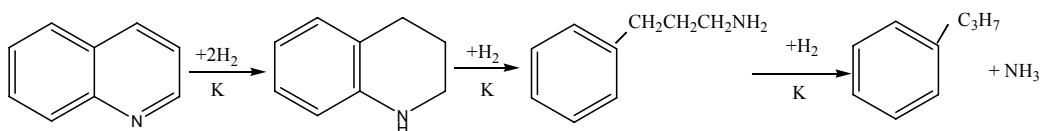
აზოტშემცველი მონოციკლური არომატული ნაერთების შემთხვევაში ჯერ მიმდინარეობს ბირთვის ჰიდრირება; ციკლის გახსნა ამინის წარმოქმნით, შემდეგ მიღებული ამინის ჰიდროგენოლიზი ალკანისა და ამიაკის წარმოქმნით. მაგ.: პიროლის შემთხვევაში



პირიდინის ჰიდროგენოლიზის საბოლოო პროდუქტებს ასევე წარმოადგენენ ალკანი და ამიაკი:



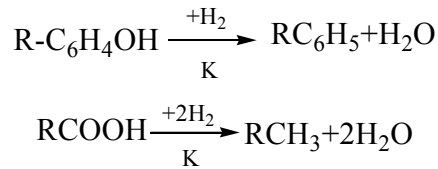
ბიციკლური და საერთოდ პოლიციკლური არომატული ნაერთების შემთხვევაში თავდაპირველად რეაქციაში შედის აზოტშემცველი ციკლი.



როგორც ცნობილია, ჟანგბადი ნავთობში შედის სპირტების, ეთერების, ფენოლებისა და ნაფთენური მჟავების სახით. ჟანგბადს შეიცავენ ასევე ფისები და ასფალტენები.

ჟანგბადშემცველი ნაერთებისაგან განმეხდა ჰიდროკატალიზური მეთოდით მიმდინარეობს გოგირდშემცველი ნაერთების ანალოგიურ პირობებში.

ჟანგბადშემცველი ნაერთების ჰიდროგანმენდის პროდუქტებია ნახშირწყალბადები და წყალი.



ფისები და ასფალტენები ჰიდროკრეკინგის შედეგად გარდაიქმნებიან უფრო დაბალმოლეკულურ ნაერთებად.

ნავთობში შემავალი მეტალშემცველი ნაერთები კატალიზური ჰიდროგანმენდის დროს იშლებიან თავისუფალი მეტალის გამოყოფით. ამ გზით ნავთობი მეტალშემცველი ნაერთებისაგან სუფთავდება 75-95%-ით.

კატალიზური ჰიდროგანმენდის დროს ალკენები, ალკადიენები და ნანილობრივ პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები შედიან ჰიდროგენიზაციის რეაქციებში.

ამრიგად, ჰიდროგანმენდით ნავთობპროდუქტები თითქმის მთლიანად თავისუფლდება ჰეტეროატომებისაგან.

10.2.5. პიროლიზი

პიროლიზის პროცესი ტარდება 700-1000°C ტემპერატურაზე ატმოსფერულ წნევაზე.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, თერმული კრეკინგის დროს 450-500°C ტემპერატურის პირობებში C-C ბმების დახლეჩა ხდება ძირითადად მოლეკულის ცენტრში, ხოლო პროცესის 700-1000°C ტემპერატურაზე ჩატარებისას C-C ბმების დახლეჩა შესაძლებელია ნებისმიერ ადგილას და შესაბამისად დიდი რაოდენობით დაბალმოლეკულური პროდუქტების წარმოქმნა (H₂, CH₄, C₂H₆, C₂H₄, C₃H₆, C₄H₈, C₄H₆).

პიროლიზისათვის გამოიყენება სხვადასხვა ნედლეული: ბენზინის, ნავთის, გაზოილის ფრაქციები, კრეკინგისა და რიფორმინგის შედეგად მიღებული ნარევიდან ბენზინის ფრაქციის გამოხდის შემდეგ დარჩენილი პროდუქტები და ნავთობის მძიმე ფრაქციები. ამ შემთხვევაში პიროლიზის პროცესამდე ახდენენ მათ წინასწარ ჰიდროგანმენდას, ჰიდროდეარომატიზაციას, ჰიდროკრეკინგს ან ექსტრაქციულ დეარომატიზაციას.

პიროლიზის შედეგად მიიღება აირადი და თხევადი პროდუქტები – პიროკონდენსატი, რომელსაც პიროლიზურ ფისს უწოდებენ.

გამოყენებული ნედლეულის მიხედვით პიროლიზის პროდუქტების შედგენილობა ფართო ზღვრებში იცვლება.

გაზოილის, პირდაპირი გამოხდის ბენზინის და ვაკუუმგაზოილის პიროლიზის შედეგად მიღებული პროდუქტების შედგენილობა მასურ წილებში დაახლოებით ასეთია:

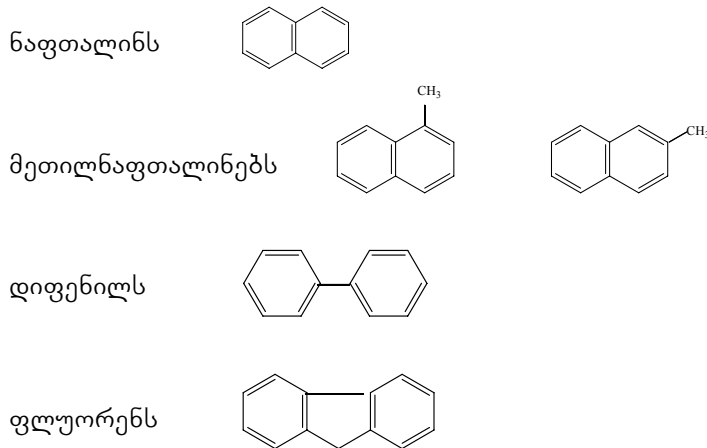
ბენზინის პიროლიზის შედეგად მიღებული პროდუქტების შედგენილობა (%)

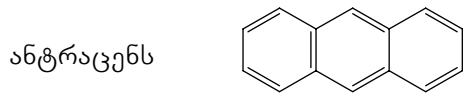
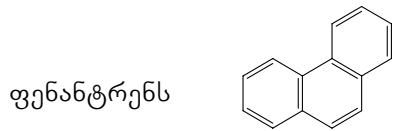
კომპონენტი	პირდაპირი გა- მოხდის ბენზინი	ვაკუუმური გაზოილი	ვაკუუმური გაზოილი ჰიდროკრეკინგის შემდეგ
CH ₄	15.6	7.6	10.1
C ₂ H ₄	26.0	17.6	26.2
C ₃ H ₆	14.0	10.9	13.1
C ₄ H ₈	4.3	4.0	4.4
C ₄ H ₆	3.8	3.5	4.7
პიროკონდენსატი	23.1	17.0	19.8
ბენზოლი	7.0	3.0	5.0
ტოლუოლი	4.5	2.0	2.2

თხევად პროდუქტებს ე.წ. „პიროლიზურ ფისს“ ყოფენ ვიწრო ფრაქციებად:
 დუღილის ტემპერატურის დასაწყისი 175⁰C ---- მსუბუქი ზეთი
 175-200⁰C --- სოლვენტი
 200-250⁰C ---- ნაფთალინის ზეთი
 250-350⁰C ---- მნვანე ზეთი
 >350⁰C ---- ნარჩენი

70⁰C-მდე გამოხდილი ფრაქციიდან გამოყოფენ იზოპრენს და ციკლოპენტა-
 დიენს. 70-130⁰C-მდე გამოხდილი ფრაქციიდან, რომელშიც არომატული ნახშირ-
 ნყალბადების შემცველობა 80%-ია, გამოყოფენ ბენზოლს, ტოლუოლს და ქსი-
 ლოლებს.

200⁰C-ის ზევით გამოხდილ ფრაქციას მძიმე ზეთი ეწოდება.
 მძიმე ზეთი შეიცავს:

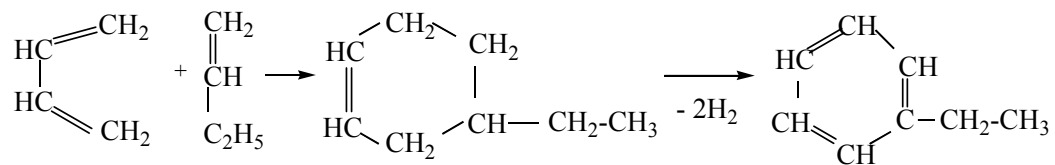
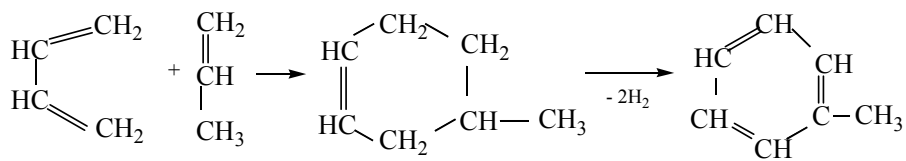




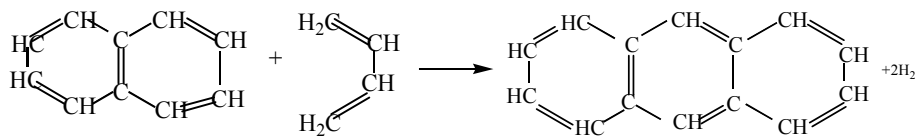
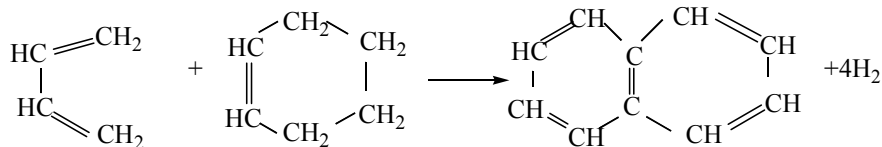
200-250⁰C-ზე გამოხდელი ნაფთალინის ზეთიდან გამოყოფენ ნაფთალინს.

230⁰C-ის ზევით გამოხდელ ფრაქციას იყენებენ ტექნიკური ნახშირბადის მისაღებად.

პიროკონდენსატში არომატული ნახშირწყალბადების წარმოქმნა შესაძლებელია აიხსნას ციკლოალკანების დეჰიდრირებით, აგრეთვე პიროლიზის პროცესში ალკანების დახლეჩის და დეჰიდრირების შედეგად წარმოქმნილი დიენური ნახშირწყალბადების ალკენებთან კონდენსაციით:



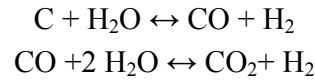
ხოლო კონდენსირებული არომატული ნახშირწყალბადების წარმოქმნა აიხსნება ციკლოპექსანური და არომატული ნახშირწყალბადების კონდენსაციით დიენებთან:



აგრეთვე, როგორც განხილული იყო, არომატული ნახშირწყალბადების დეჰიდროკონდენსაციით.

ადრე პიროლიზის პროცესს იყენებდნენ არომატული ნახშირწყალბადების მისაღებად, ამჟამად უპირატესად უჯერი ნაერთების, კერძოდ C₂H₄-ისა და C₃H₆-ის მისაღებად..

პიროლიზის პროდუქტებში ეთილენის გამოსავლიანობის გაზრდის მიზნით სარეაქციო არეში შეყავთ 75%-მდე (ნედლეულის მასის მიმართ) წყლის ორთქლი, რომელიც ერთი მხრივ, ამცირებს ნედლეულის პარციალურ წნევას, რითაც ხელს უწყობს მოლეკულების დახლეჩის გაღრმავებას, მეორე მხრივ, ამცირებს კოქსის დაგროვებას, რადგან წყლის ორთქლი რეაქციაში შედის კოქსთან:



ეთილენის გამოსავლიანობის გაზრდას ხელს უწყობს ასევე პიროლიზის დაბრუნება სარეაქციო ციკლში – რეცირკულაცია.

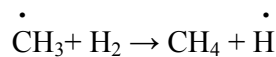
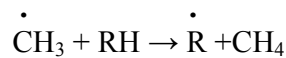
შემუშავებული იყო პიროლიზის პროცესის ჩატარება, როგორც ჰეტეროგენული კატალიზატორების, ასევე ჰომოგენური ინიციატორების თანდასწრებით. გამოყენებული კატალიზატორებიდან ყველაზე დიდი აქტიურობა გამოავლინეს კალიუმის ვანადატმა KVO₃, რკინა-ქრომის ოქსიდურმა კატალიზატორმა – (88% Fe₂O₃ + 7%Cr₂O₃). კოქსის წარმოქმნის შესამცირებლად კატალიზატორების დანამატებად იყენებენ K₂CO₃-ს, K₂SO₄-ს, Fe(NO₃)₂-ს და H₃BO₃-ს.

პიროლიზის პროცესის ჰომოგენურ ინიციატორებად მოწოდებული იყო რიგი ნივთიერებებისა: ჰალოგენები, ქლორწყალბადი, წყალბადის პეროქსიდი, გოგირდი და გოგირდმემცველი ნაერთები, წყალბადი და ნაერთები, რომლებიც თერმული დაშლის შედეგად წარმოქმნიან წყალბადს.

ინიციატორის გამოყენება ზრდის ნედლეულის დაშლის რეაქციის სიჩქარეს და ეთილენის გამოსავლიანობას.

წყალბადის თანაობისას პროცესი ტარდება 800-900⁰C-ზე, წყალბადის წნევა 2.0-2.5 მპა, კონტაქტის დრო 0.1 წმ.

ინიციატორად წყალბადის გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის პიროლიზის პროცესის სიჩქარეს, რაც აიხსნება შემდეგნაირად: პიროლიზის პროცესში წარმოქმნილი ალკილის რადიკალი, განაპირობებს პროცესის რადიკალურ-ჯაჭვური მექანიზმით წარმართვას; ის მოქმედებს როგორც საწყის ნახშირწყალბადთან, ისე წყალბადის მოლეკულასთან.



ამასთან, მეთილის რადიკალის წყალბადის მოლეკულასთან რეაქციის სიჩქარე ერთი რიგით აღემატება ნახშირწყალბადთან ურთიერთქმედების სიჩქარეს.

რეს, ხოლო ატომური წყალბადის ურთიერთქმედების სიჩქარე 2-3 რიგით აჭარბებს მეთილის რადიკალის ნახშირწყალბადთან მოქმედების სიჩქარეს.

ამის გარდა მოლეკულური წყალბადის მონაწილეობა ამცირებს დიენების, პოლიკონდენსაციის მძიმე პროდუქტებისა და კოქსის წარმოქმნას. ის მნიშვნელოვნად ზრდის ეთილენის გამოსავლიანობას. მაგ., პირდაპირი გამოხდის ბენზინის ჰიდროპიროლიზისას ეთილენი წარმოიქმნება 40-45%. ჰიდროპიროლიზის პროცესის უარყოფით მხარედ ითვლება წყალბადის დიდი დანახარჯი.

10.2.6. რიფორმინგი

რიფორმინგი – ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნავთობქიმიური პროცესია, რომელიც გამოიყენება როგორც ბენზინის ხარისხის ასამაღლებლად (ოქტანური რიცხვის გასაზრდელად), ასევე, არომატული ნახშირწყალბადების მისაღებად. რიფორმინგი კატალიზური პროცესია, რომელიც ტარდება 470-540⁰C ინტერვალში, 1.5-4 მპა წნევის პირობებში. რიფორმინგის ნედლეულს წარმოადგენს ნავთობის პირდაპირი გამოხდის, ასევე მეორადი პროცესების, თერმული, კატალიზური, ჰიდროკრეკინგის და დაკოქსვის შედეგად გამოყოფილი ბენზინის ფრაქცია. ვინაიდან Pt-ის კატალიზატორები ადვილად ინამლება ნავთობში შემაკალი ჰეტეროატომებით, აუცილებელია ნედლეულის წინასწარი გაწმენდა.

როდესაც რიფორმინგის პროცესის დანიშნულება არის სანავთობის ოქტანური რიცხვის გაზრდა, გამოიყენება 85-180⁰C-ზე გამომდინარე ფრაქცია, ხოლო თუ პროცესის დანიშნულებაა ინდივიდუალური არომატული ნახშირწყალბადების მიღება, მაშინ იყენებენ ვინრო ფრაქციებს – ბენზოლის მისაღებად (62-85⁰C), ტოლუოლის მისაღებად (85-105⁰C), ხოლო ქსილოლების მისაღებად (105-140⁰C). კატალიზატორებად გამოიყენება ბიფუნქციური (მაჰიდრირებელ-მადეჰიდრირებელი და მჟავური თვისებების) კატალიზური სისტემები. კერძოდ, ალუმინის ოქსიდზე ან ცეოლითებზე დაფენილი VIII ჯგუფის მეტალები.

თავდაპირველად ამ მიზნით გამოიყენებოდა ალუმინ-მოლიბდენური კატალიზატორი. პროცესს ეწოდებოდა ჰიდროფორმინგი, ხოლო Pt-ის შემცველი კატალიზატორებით მიმდინარე პროცესს ეწოდა პლატინური რიფორმინგი.

რიფორმინგის პროცესში ფართო გამოყენება მოიპოვა ალუმინის ოქსიდზე დაფენილმა წვრილად დისპერგირებულმა პლატინამ. აღნიშნული კატალიზატორი ხასიათდება მაღალი აქტიურობით, მაგრამ ადვილად დეზაქტივირდება, რადგან იფარება კოქსით.

უკეთესი შედეგები მიიღება პლატინა-რენიუმის (Pt – 0.3-0.6%; Re – 0.3-0.4%) კატალიზატორის გამოყენებისას, რომელმაც შესაძლებელი გახდა პროცესის წნევის შემცირება 1.05-2 მპა-მდე და ბენზინის გამოსავლიანობის გაზრდა. მიაჩნიათ, რომ რენიუმი წარმოქმნის რა შენადნობს პლატინასთან, ააქტიურებს ჰიდრირების პროცესს და ამცირებს კატალიზატორის ზედაპირზე კოქსის წარმოქმნას. ამიტომ ამ ბიმეტალური კატალიზატორის „სიცოცხლის ხანგრძლივობა“ (მუდმივი აქტიურობის პერიოდი) გაცილებით დიდია.

ასეთივე შედეგები მიიღწევა პლატინაზე ირიდიუმის დამატებით. რიფორმინგის პროცესისათვის შემუშავებულია პოლიმეტალური კატალიზატორები. პლატინას უმატებენ გერმანიუმს, კალას, ტყვიას, ასევე იშვიათმინა ელემენტებს: ლანთანს, ცერიუმს, ნეოდიუმს. კატალიზურად არააქტიური მეტალები ამუხრუჭებენ არასასურველ თანამდე პროცესებს – კატალიზატორის სელექციურ მონამვლას, ზრდიან მისი მუშაობის ხანგრძლივობას. პოლიმეტალური კატალიზატორების სიცოცხლის ხანგრძლივობა 6-7 წელია.

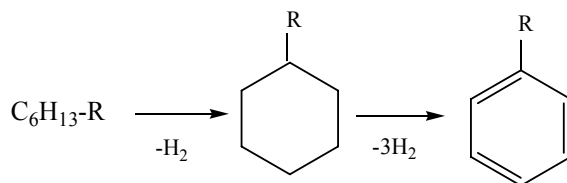
კატალიზატორის მჟავური აქტიურობის გაზრდის მიზნით ალუმინის ოქსიდში შეჰყავთ 0.5-2% ქლორი. ქლორი ალუმინის ოქსიდში ანაცვლებს ადსორბირებული H_2O -ის შედეგად წარმოქმნილი OH^- ჯგუფების ნაწილს (Al^{3+} კათიონი აღმოჩნდება დაკავშირებული ორ სხვადასხვა ანიონთან Cl^- და OH^-). მუშაობის პროცესში Cl^- -ის ნაწილი იკარგება ნედლეულში არსებულ ტენთან ურთიერთქმედების შედეგად. ამიტომ საჭირო ხდება პერიოდულად ნედლეულში ქლორ-შემცველი ორგანული ნაერთების (დიქლორეთანის, ტეტრაქლორმეთანის ან ქლორეთილის) დამატება. ქლორი, გარდა იმისა, რომ ზრდის კატალიზატორის მჟავურ აქტივობას, პლატინასთან წარმოქმნის კომპლექსნაერთებს და ამით იცავს მის ნაწილაკებს შეცხოებისაგან (უნარჩუნებს პლატინის ნაწილაკებს დისპერსიულობას).

კატალიზატორის რეგენერაცია ხდება კოქსის გამოწვითა და მისი შემდგომი ჟანგვითი ქლორირებით.

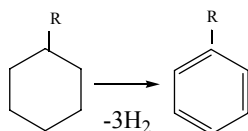
კატალიზური რიფორმინგის შედეგად მიღებული ბენზინი შეიცავს 50-70% არენებს, 30% ნორმალური და იზოალნაგობის ალკანებს, 10-15% ციკლოალკანებს და 2% უჯერ ნაერთებს. არენების შემცველობის გაზრდით მატულობს ნამწვის წარმოქმნა, ამის გამო მათ ძირითადად იყენებენ საავტომობილო ბენზინებისათვის მაღალქტანურ დანამატად.

კატალიზური რიფორმინგის დროს მიმდინარეობს შემდეგი პროცესები:

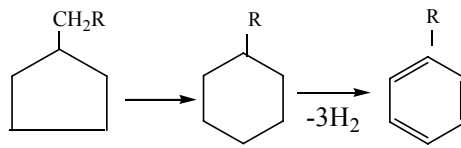
1. ალკანების დეჰიდროციკლიზაცია – არომატიზაცია;



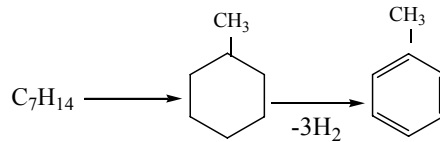
2. ექსნევრიანი ციკლოალკანების დეჰიდრირება – არომატული ნახშირწყალბადების წარმოქმნა:



3. ხუთწევრიანი ციკლოალკანების იზომერიზაცია ციკლის გაფართოებით და ექვსწევრიანი ციკლოალკანების დეჰიდრირება:



4. ალკენების ციკლიზაცია – არომატიზაცია:



ყველა განხილული რეაქციის შედეგად ხდება არენების დაგროვება. პარალელურად მიმდინარეობს ალკანების კრეკინგი და წარმოქმნილი ფრაგმენტების ჰიდრირება (ჰიდროკრეკინგი). ალკანების იზომერიზაცია და გვერდითი ჯაჭვის ჰიდროგენოლიზი, გოგირდ-, აზოტ- და ჟანგბადშემცველი ნაერთების დაშლა, არენებისა და ალკენების კონდენსაციის რეაქციები. კატალიზატორის ზედაპირზე მიმდინარე კონდენსაციის რეაქციები განაპირობებენ კოქსის წარმოქმნას და შედეგად კატალიზატორის დეზაქტივაციას.

პროცესის მაღალ ტემპერატურაზე (600°C) ჩატარებისას იზრდება აირადი პროდუქტების წარმოქმნა, მაგრამ ასევე იზრდება კატალიზატორის ზედაპირზე კოქსის და არომატული ნახშირწყალბადების გამოსავლიანობა.

ამჟამად რიფორმინგს ძირითადად იყენებენ არომატული ნახშირწყალბადების მისაღებად.

11. ნავთობპროდუქტების განმენდა

ნავთობის როგორც პირველადი გამოხდის, ისე მეორადი გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქტები (სანვავები, ზეთები) შეიცავენ რიგ კომპონენტებს, რომლებიც უარყოფითად მოქმედებენ მათ სასაქონლო მახასიათებლებზე; ასეთი სახით ნავთობპროდუქტების გამოყენება შეუძლებელია და საჭიროა მათი განმენდა არასასურველი მინარევებისაგან.

მინარევის ბუნებისა და ნავთობპროდუქტის გამოყენების სფეროს მიხედვით გამოიყენება 1) განმენდა გოგირდმჟავათი; 2) ტუტეებით განმენდა; 3) სელექციური გამხსნელებით განმენდა; 4) ადსორბენტებით განმენდა (ადსორბციული მეთოდი) და 5) კატალიზური განმენდა.

ზოგიერთი ნავთობის პირველადი გამოხდის ფრაქციები შეიცავენ კოროზიულად აგრესიულ მჟავა ბუნების ნაერთებს (ნავთობურ მჟავებს და ფენოლებს), რომლებსაც აცილებენ ტუტის ხსნარებით – ტუტოვანი განმენდა. გოგირდოვანი ნაერთების გადამუშავების შედეგად მიღებული ყველა ფრაქცია შეიცავს გოგირდოვან ნაერთებს, რომელთაგანაც კოროზიულად ყველაზე აქტიური ნივთიერებების გოგირდწყალბადისა და მერკაპტანების გასანმენდად გამოიყენება ტუტის ხსნარები და სხვადასხვა სახის დემერკაპტანიზაცია; ხოლო ისეთი გოგირდშემცველი ნაერთებისაგან, როგორებიცაა თიოფენები, სულფიდები, დისულფიდები, მაღალი რიგის მერკაპტანებისაგან გასანმენდად ყველაზე ეფექტური მეთოდია ჰიდროკრეკინგი.

შესაბამისი ნავთობპროდუქტებისაგან დაბალი გამყარების ტემპერატურის მქონე სანვავისა და ზეთების მისაღებად გამოიყენება დეპარაფინიზაციის პროცესები: დეპარაფინიზაცია კარბამიდით, ადსორბციული დეპარაფინიზაცია ცეოლიტების მონანილეობით, სელექციური გამხსნელებით მაღალი რიგის ნ. ალკანების ამონვლილვა. რიგი ნავთობპროდუქტებისათვის (ბენზინ-გამხსნელის, თხევადი პარაფინების, გასანათებელი ნავთის და სპეციალური ზეთებისათვის) მიუღებელია არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობა; დეარომატიზაციის ერთ-ერთი მეთოდია ნავთობპროდუქტების გოგირდმჟავათი დამუშავება.

კრეკინგ-ბენზინები მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავენ უჯერ ნაერთებს (ალკადიენებს, ციკლოალკენებსა და ციკლოალკადიენებს); ამ ნაერთებისაგან გასანმენდად გამოიყენება გოგირმჟავა, სხვადასხვა ადსორბენტები და კატალიზატორები.

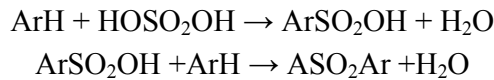
ნავთობის ფრაქციებიდან მაღალი ხარისხის ზეთების მისაღებად საჭიროა ასფალტურ-ფისოვანი ნივთიერებების, პოლიციკლური ნახშირწყალბადების, პარაფინების, ფისოვანი, გოგირდოვანი და უჯერი ნაერთებისაგან განმენდა, რის-

თვისაც გამოიყენება გოგირდმჟავათი განმენდა, ექსტრაქციული, ადსორბციული და ჰიდროგენიზაციული მეთოდები.

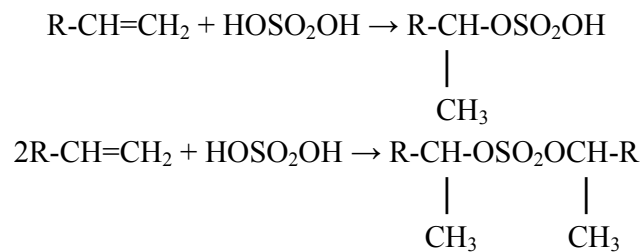
11.1. გოგირდმჟავათი განმენდა

ნავთობპროდუქტების გოგირდმჟავათი დამუშავებისას ხდება მათი განმენდა უჯერი ნახშირწყალბადების, გოგირდ- და აზოტშემცველი ნაერთებისა და ფისოვანი ნივთიერებებისაგან. გოგირდმჟავათი დამუშავებისას ხდება ნავთობპროდუქტების დეარომატიზაციაც.

დეარომატიზაციისათვის გამოიყენება 95%-იანი ან მბოლავი გოგირდმჟავა. ამ დროს ადგილი აქვს შემდეგ პროცესებს: არენებთან ურთიერთქმედებისას ხდება გოგირდმჟავაში ხსნადი სულფომჟავების და სულფონების წარმოქმნა.



უჯერი ნახშირწყალბადები შედიან რეაქციაში გოგირდმჟავასთან მჟავა და სრული ალკილ- და დიალკილსულფატების წარმოქმნით:

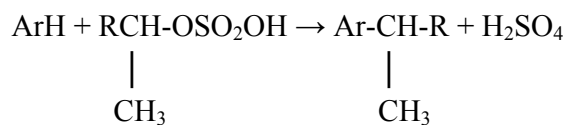


ალკილსულფატები წარმოიქმნებიან შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე, იხსნებიან წყალში, ტუტესთან წარმოქმნიან შესაბამის მარილებს.

ნავთობპროდუქტების გოგირდმჟავათი გასუფთავებისას მიღებული მჟავა ეთერები (ალკილსულფატები) კონცენტრირდებიან მჟავა გუდრონში, საიდანაც შემდგომ ხდება მათი დამატებითი გამორეცხვა.

დიალკილსულფატები კი წარმოიქმნება ალკენებთან 40°C-ზე ზევით გაცხელებისას, ან წარმოქმნილი მჟავე ეთერების გაცხელებით. ისინი წყალში უხსნადებია, მაგრამ კარგად იხსნებიან ნახშირწყალბადებში და ორგანულ გამხსნელებში. მათი წარმოქმნა არასასურველია, ამიტომ გოგირდმჟავათი გასუფთავებას ახორციელებენ შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე.

ამ მიზნობრივი პროცესების გარდა, გოგირდმჟავათი განმენდისას ადგილი აქვს თანამდე პროცესებს, კერძოდ, ალკენებთან გოგირდმჟავას მიერთებისას წარმოქმნილ ალკილგოგირდმჟავა შედის ალკილირების რეაქციაში არომატულ ნაერთებთან:



გოგირდმჟავა არეში ალკენები შედიან დიმერიზაციის, ტრიმერიზაციის და ტეტრამერიზაციის რეაქციებში; მიღებული ნივთიერებები იხსნებიან განმედილ პროდუქტში და აუარესებენ მათ მახასიათებლებს.

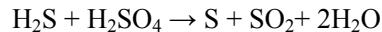
გარდა ამისა, უჯერი ნაერთები, განსაკუთრებით, დიოლფინები შედიან პოლიმერიზაციის და ე.წ. შეუღლებული პოლიმერიზაციის (ჰიდროპოლიმერიზაციის) რეაქციებში და წარმოქმნიან მაღალმოლეკულურ ნაერთებს, რომლებიც მთლიანად რჩებიან გოგირდმჟავაში. ეს თანამდე რეაქციები ამცირებენ ნავთობპროდუქტების განმედილ ეფექტურობას.

ნავთობში შემავალი აზოტოვანი ნაერთები გოგირდმჟავასთან წარმოქმნიან მარილებს – სულფატებს, რომლებიც გადადიან მჟავა გუდრონში. გოგირდმჟავათი დამუშავებისას ნავთობში შემავალი არომატული მჟავების ნაწილი იხსნება გოგირდმჟავაში, ხოლო ნაწილობრივ განიცდის სულფირებას ისე, რომ არ ხდება კარბოქსილის ჯგუფის დაშლა. აღსანიშნავია, რომ ნაფთენური მჟავების სულფირების პროდუქტები ამცირებენ გოგირდმჟავას სხვა ნივთიერებებთან მოქმედებას, ამიტომ გოგირდმჟავათი დამუშავებამდე ნავთობპროდუქტებისაგან საჭიროა ნაფთენური მჟავების წინასწარი მოცილება.

ფისოვანი ნივთიერებები ნაწილობრივ იხსნებიან გოგირდმჟავაში, ნაწილი კი შედის სულფირების რეაქციაში. ნეიტრალური ფისები კონდენსირდებიან ასფალტენებში – ეს უკანასკნელები კი კარბენებში. ყველა სულფირებული ნივთიერება რჩება მჟავა გუდრონში.

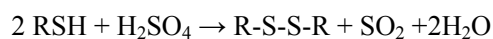
როგორც ცნობილია, გოგირდი ნავთობში შედის სხვადასხვა სახით: თავისუფალი გოგირდის, გოგირდწყალბადის, მერკაპტანების და სხვა გოგირდმემცველი ორგანული ნაერთების სახით.

თავისუფალი გოგირდი არ რეაგირებს გოგირდმჟავასთან და არც იხსნება მასში. გოგირდწყალბადი იჟანგება გოგირდმჟავათი, გოგირდისა და გოგირდის (IV) ოქსიდის წარმოქმნით:



გოგირდი იხსნება განმედილ ნავთობპროდუქტებში, ამიტომ გოგირდმჟავათი დამუშავებამდე საჭიროა გასანმედი პროდუქტის გოგირდწყალბადისაგან განმედა.

მერკაპტანებთან გოგირდმჟავა წარმოქმნის დისულფიდებსა და გოგირდის (IV) ოქსიდს.



თიოფენტან კონცენტრირებული გოგირდმჟავა წარმოქმნის თიოფენსულფომჟავას და გოგირდის დიოქსიდს.

იმის მიხედვით, თუ რა მიზნით გამოიყენება გოგირდმჟავათი განმედა, საჭიროა გოგირდმჟავას კონცენტრაციისა და პროცესის ჩატარების პირობების შერჩევა.

ფისოვან ნივთიერებათა მოცილებისათვის, გამოიყენება 93%-იანი გოგირდმჟავა; ხოლო დეარომატიზაციისათვის 98%-იანი გოგირდმჟავა ან ოლეუმი. თუ

ბენზინის განმენდას ახდენენ მისი ფერის გაუმჯობესების მიზნით იყენებენ 85%-იან გოგირდმჟავას.

განზავებული მჟავას გამოყენება უკეთესია, რადგან მცირდება პოლიმერიზაციის რეაქციები.

უმეტესად გოგირდმჟავათი განმენდას ატარებენ გასანმენდი ნედლეულის წინასწარი განმენდის გარეშე. ტემპერატურის გაზრდა ხელს უწყობს პოლიმერიზაციის რეაქციის წარმართვას.

ზოგიერთ შემთხვევაში, დეარომატიზაციისათვის (გამხსნელის, ბენზინების, გასანათებელი ნავთის, პარფიუმერული და სამედიცინო ზეთებისათვის) პროცესს ატარებენ 50-85°C.

ასევე მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს ნედლეულისა და გოგირდმჟავას შორის კონტაქტის დრო. ხანგრძლივი კონტაქტი აუარესებს ფერს და სტაბილურობას, ხოლო კონტაქტის არასაკმარისი დროის შემთხვევაში მჟავა არასრულად გამოიყენება.

11.2. ტუტით განმენდა

ტუტით განმენდა მიზნად ისახავს ნედლეულის განმენდას მჟავა ბუნების ნაერთებისაგან – ნაფთენური და ცხიმოვანი მჟავების, ფენოლების, გოგირდწყალბადისა და დაბალი რიგის მერკაპტანების, ასევე გოგირდმჟავათი დამუშავებისას წარმოქმნილი პროდუქტებისაგან გასუფთავებას.

ტუტოვანი განმენდის დროს ყველაზე ხშირად იყენებენ 3-დან 20%-მდე კონცენტრაციის NaOH-ის წყალხსნარს, ზოგჯერ იყენებენ Na_2CO_3 , NH_4OH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

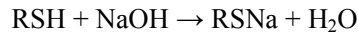
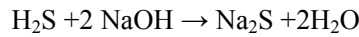
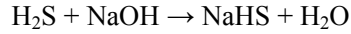
ამ პროცესის ქიმიზმი მდგომარეობს მჟავა ბუნების ნივთიერებების ტუტით განეიტრალებაში. მიღებული მარილები წყალში ხსნადებია, ამიტომ ისინი გადადიან ტუტის წყალხსნარში.

აღსანიშნავია, რომ კონკრეტული შემთხვევებისათვის გასათვალისწინებელია რიგი ფაქტორებისა:

ორგანული მჟავა ბუნების ნაერთების ნეიტრალიზაციის რეაქცია შექცევადია. ჰიდროლიზის ხარისხი დამოკიდებულია პირობებზე; კერძოდ ტუტის კონცენტრაციის გაზრდისას ჰიდროლიზის ხარისხი მცირდება, ტემპერატურის გაზრდისას კი იზრდება. ამიტომ პროცესი მიზანშეწონილია ჩატარდეს გაცხელების გარეშე ტუტის კონცენტრირებული ხსნარებით.

მაგრამ ამ ოპტიმალურ პირობებშიც პროცესის ჩატარებისას ადგილი აქვს ერთ არასასურველ მოვლენას. კერძოდ, ხდება მდგრადი ემულსიის წარმოქმნა: „მჟავა ზეთები ტუტის წყალხსნარში“. რეაქციის პროდუქტები ნაფთენურ მჟავათა მარილები – ჰიდროფილური ემულგატორებია. ამიტომ ტუტით განმენდის დროს ტუტის ხსნარის კონცენტრაციის შერჩევას გათვალისწინებული უნდა იყოს, როგორც ჰიდროლიზის, ასევე ემულსიის წარმოქმნის მოვლენა.

ტუტე შედის რეაქციაში ნავთობში არსებულ გოგირდწყალბადთან და მერკაპტანებთან:



უნდა აღინიშნოს, რომ გოგირდწყალბადისა და მერკაპტანების ტუტით მოცილების დროს წარმოიქმნება გარკვეული სიძნელებები. მერკაპტანები წყალში უხსნადებია და ტუტეებთან ძნელად შედიან კონტაქტში. სულფიდები და ჰიდროსულფიდები შხამებს წარმოადგენენ, რის გამოც მათი ჩამდინარე წყლებთან შერევა ძალიან არასასურველია.

რაც შეეხება მერკაპტიდებს, ისინი ძალიან ადვილად ჰიდროლიზდებიან. მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად მათი მჟავური თვისებები მცირდება.

რადგან ნავთობპროდუქტების მერკაპტანებისაგან განმეინდას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, შემუშავებულია რამდენიმე მეთოდი. კონცენტრირებული ტუტე ხსნარების გამოყენებისას უმატებენ ნივთიერებებს, რომლებიც ზრდიან მერკაპტანების ხსნადობას. ასეთი ნივთიერებებია მეთილის სპირტი, ტანინი, იზოერბომჟავას კალიუმის მარილი, ეთანოლამინი, კალიუმის ალკილფენოლატები და სხვა.

ტუტე ხსნარით განმეინდა შეიძლება განხორციელდეს როგორც გოგირდმჟავათი დამუშავებამდე, ასევე მას შემდეგ. ზოგჯერ ტუტით განმეინდას ახდენენ გოგირდმჟავათი დამუშავებამდეც და დამუშავების შემდეგაც. ამის შემდეგ საჭიროა ნავთობპროდუქტების წყლით ჩარეცხვა ტუტისა და მარილების მოსაცილებლად.

11.3. სელექციური გამხსნელებით განმეინდა

სელექციური გამხსნელებით განმეინდის მეთოდი ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ზეთების გასანმეინდად.

როგორც ცნობილია ზეთები შეიცავენ განსხვავებული შედგენილობის და აღნაგობის ნივთიერებებს, რომლებიც ერთმანეთისაგან რიგი ქიმიური და ფიზიკური თვისებებით განსხვავდებიან.

მაღალი ხარისხის ზეთების მისაღებად (ზეთების დანიშნულების მიხედვით) საჭიროა მათი განმეინდა ფისოვან-ასფალტენური, ფისოვანი ნივთიერებებისაგან, მოკლე გვერდითი ჯაჭვის მქონე პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადებისა და მყარი ალკანებისაგან.

სელექციური გამხსნელების გამოყენებისას შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ორ შემთხვევას: 1) გამხსნელებში კარგად იხსნება ნახშირწყალბადები (სასურველი ნივთიერებები), ხოლო არასასურველი კომპონენტები ხსნარიდან ილექება და ადვილად ხდება მათი მოცილება, 2) მეორე შემთხვევაში შებრუნებით. ზეთების ძირითადი შემადგენელი ნივთიერებები (საჭირო კომპონენტები) არ იხ-

სნება შერჩეულ გამხსნელში, ხოლო არასასურველი კომპონენტები კარგად იხსნება და ხდება მათი გამონლილვა.

მრეწველობაში ზეთების დეაფალტიზაციისათვის სელექციურ გამხსნელად გამოიყენება გათხევადებული პროპანი. მოკლე გვერდითი ჯაჭვის მქონე პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადებისა და ფისოვან ნივთიერებებისაგან გასანმენდად სელექციურ გამხსნელებად ადრე იყენებდნენ თხევად გოგირდოვან ანჰიდრიდს და ნიტრობენზოლს, ამჟამად გამოიყენება ფენოლი, ფურფუროლი. მყარი ალკანებისაგან გასანმენდად დეპარაფინიზაციისათვის – კეტონის (აცეტონის და მეთილეთილკეტონის) ნარევი – ბენზოლთან და ტოლუოლთან, პროპანი, კარბამიდი; არენების ამოსანვლილად – დი-, ტრი- და ტეტრაეთილენგლიკოლები, სულფოლანი, პროპილენკარბონატი, მეთილპიროლიდონი და სხვა. გამხსნელების სელექციურობა იდეალური არ არის. მათ სელექციურობის გასაზრდელად უმატებენ სხვადასხვა ნივთიერებებს, მაგ.: ფენოლს, რომელიც გამოიყენება ზეთებიდან პოლიციკლური არომატული ნაერთების ამოსანვლილად, არენების კარგი გამხსნელია, მაგრამ ამასთანავე ნაწილობრივ ხსნის ზეთებში შემავალ სხვა ნახშირწყალბადებსაც. ფენოლისათვის 6-8%-ით წყლის დამატებით მისი სელექციურობა იზდება, მცირდება ზეთებში არსებულ საჭირო კომპონენტების მიმართ საერთო გამხსნელობითი უნარი.

ზეთების სელექციური გამხსნელებით განმენდისას მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება გამხსნელისა და ნედლეულის თანაფარდობას, პროცესის ტემპერატურას და ასევე კონტაქტის დროს. მნიშვნელოვანია ნედლეულთან გამხსნელის ურთიერთქმედების მეთოდი, მაგ.: ფენოლისა და ნედლეულის თანაფარდობის როლი ჩანს მიღებული ზეთების მახასიათებლებზე (კერძოდ სიბლანტის ინდექსსა და კოქსვალობაზე).

თანაფარდობა	სიბლანტის ინდექსი	კოქსვალობა
3:1	87,5	1,0
6:1	92,8	0,8
12:1	97,5	0,6

11.4. განმენდის ადსორბციული და კატალიზური მეთოდები

ნავთობპროდუქტების გასანმენდად არასასურველი მინარევებისაგან ფართოდ გამოიყენება ადსორბციული მეთოდი. ადსორბენტებად იყენებენ ბუნებრივ და სინთეზურ ალუმოსილიკატებს, სილიკატებს, ალუმოგელს და სხვა პოლარულ ადსორბენტებს.

განმენდის ადსორბციული მეთოდი გამოიყენება ძირითადად ზეთებისა და მყარი ალკანების გასანმენდად, გარდა ამისა ნავთობპროდუქტების თერმული კრეკინგის დისტილატებიდან უჯერი ნახშირწყალბადების მოსაცილებლად.

კრეკინგის შედეგად მიღებული პროდუქტების განმენდას აწარმოებენ ორთქლის ფაზაში 15 კპა და 230-250°C ტემპერატურაზე. ამ პირობებში მიმდინარე-

ობს გასანმენდ პროდუქტში არსებული უჯვრი ნახშირწყალბადების პოლიმერიზაცია. ამ მეთოდით განმენდილი ბენზინები არასაკმარისად სტაბილურია და საჭიროებს ანტიდამჟანგავის დამატებას.

მინარევებისაგან ზეთების განმენდის ადსორბციული მეთოდი გამოიყენება მათი კომბინირებული განმენდის ბოლო ეტაპზე. ადსორბციული მეთოდით ზეთები იმინდება ფისოვანი და პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების ნარჩენებისაგან, ასევე გოგიდმჟავათი განმენდის შედეგად დარჩენილი გოგიდმჟავას, სულფომჟავების, დიალკილსულფატების, მჟავე გუდრონის და სხვა მინარევებისაგან. ტუტოვანი განმენდის შემთხვევაში ადსორბციული განმენდის მიზანია ზეთებისაგან ტუტის და მარილების ნარჩენების მოცილება.

არსებობს ადსორბციული განმენდის ორი მეთოდი: კონტაქტური და პერკოლაციური.

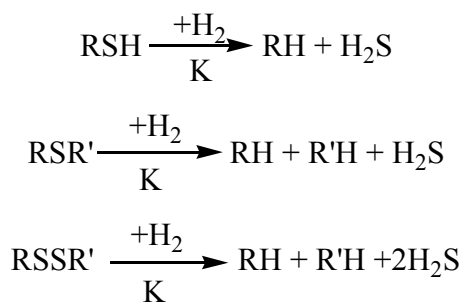
კონტაქტური განმენდის დროს ზეთსა და წვრილად დაფხვიერებულ ადსორბენტს ურევენ ერთმანეთში, ნარევეს აცხელებენ 300-350°C-ზე, აყოვნებენ გარკვეულ ტემპერატურაზე და შემდეგ ფილტრავენ. გაცხელება აუცილებელია ზეთის სიბლანტის შესამცირებლად და ადსორბენტის ფორებში შეღწევის უნარის მისანიჭებლად. პერკოლაციური განმენდის დროს ზეთები იფილტრება უძრავ, მარცვლოვან (0,3-2,00მმ ზომის) ადსორბენტებში.

განმენდის ადსორბციული მეთოდის გამოყენებისას ადგილი აქვს ზეთების მნიშვნელოვან დანაკარგებს, გარდა ამისა, ძნელია ადსორბენტების რეგენერაცია.

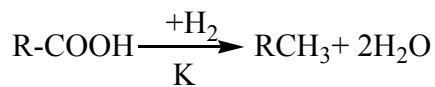
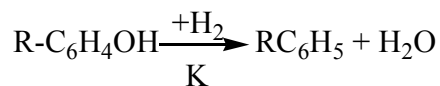
ადსორბციული განმენდის მეთოდი გამოიყენება ასევე პარაფინების გასანმენდად. თხევადი პარაფინები ადსორბციული მეთოდით შესაძლებელია საბოლოოდ გაიწმინდოს არომატული, გოგიდმემცველი ნაერთებისა და ფისოვანი ნივთიერებებისაგან, ხოლო მყარი პარაფინები – არასტაბილური, შეფერილი და უსიამოვნო სუნის მქონე ნივთიერებებისაგან.

მაღალი ხარისხის ნავთობპროდუქტების მისაღებად გამოიყენება კატალიზური ჰიდროგანმენდა. პროცესს ატარებენ 380-420°C-ზე წყალბადის არეში 2,5-4 კპა წნევის პირობებში ალუმინ-ნიკელ-მოლიბდენური კატალიზატორების თანდასწრებით.

გოგიდმემცველი ნაერთების ჰიდროკრეკინგის შედეგად ხდება გოგიდწყალბადისა და ალკანების წარმოქმნა.



ჟანგბადშემცველი ნაერთების ჰიდროგანმენდის პროდუქტებია ნახშირ-წყალბადი და წყალი.



ფისები და ასფალტენები ჰიდროკრეკინგის შედეგად გარდაიქმნებიან უფრო დაბალმოლეკულურ ნაერთებად.

ნავთობში შემავალი მეტალშემცველი ნაერთები კატალიზური ჰიდროგანმენდის დროს იშლებიან თავისუფალი მეტალის გამოყოფით. ამ გზით ნავთობი ამ ნაერთებისაგან სუფთავდება 75-95%-ით.

კატალიზური ჰიდროგანმენდის დროს ალკანები, ალკადიენები და ნაწილობრივ პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები შედიან ჰიდროგენიზაციის რეაქციებში (ეს პროცესები დეტალურად განხილულია § 10.2.4.).

ნავთობიდან მაღალი ხარისხის ზეთების მისაღებად გამოიყენება კომლექსური მეთოდები; თანდათანობით ნედლეულს აცილებენ ასფალტოვან-ფისოვან ნივთიერებებს, კოქსვადობის მაღალი უნარის მქონე პოლიციკლურ ნახშირწყალბადებს, ფისოვან ნივთიერებებს, პარაფინებს, უჯერ ნახშირწყალბადებს და გოგირდოვან ნაერთებს. განმენდისათვის იყენებენ ექსტრაქციულ, ადსორბციულ და ჰიდროგენიზაციურ მეთოდებს.

12. ძირითადი ნავთობპროდუქტები და მათი საექსპლუატაციო მახასიათებლები

12.1. ბენზინი, მისი მახასიათებელი პარამეტრები

ბენზინის ხარისხის ძირითად მახასიათებელ მაჩვენებლებს წარმოადგენს: დეტონაციური მედეგობა, ნაჯერი ორთქლის წნევა, ფრაქციული შედგენილობა და ქიმიური სტაბილობა.

ბენზინის მახასიათებელი პარამეტრების არსის გასარკვევად განვიხილოთ ბენზინზე მომუშავე შიდაწვის ძრავის მოქმედების პრინციპი.

ბენზინიანი ძრავის მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს ბენზოაფი (რომელიც ივსება ბენზოგასამართ სადგურზე), ბენზოტუმბო, კარბურატორი, ცილინდრი, დგუში და ასანთი (სანთელი).

ძრავის ჩართვისას ბენზოტუმბო ახდენს საწვავის შეწოვას და კარბურატორში გაგზავნას, სადაც ხდება მისი გაშხეფება-აორთქლება და ჰაერთან შერევა. ბენზინისა და ჰაერის ნარევი ცილინდრში შეიწოვება დგუშის ქვევით მოძრაობისას. ამ დროს ცილინდრის მოცულობა მაქსიმალურია. შემდეგ შემშვები სარქველი იკეტება და დგუში მოძრაობს ზევით. ამ დროს ის ახდენს აირთა ნარევის შეკუმშვას.

შიდაწვის ძრავის მუშაობის ციკლის ერთ-ერთ პრინციპულ სტადიას წარმოადგენს ბენზინის ორთქლის აალება და შემდეგ უკვე მისი თანაბარი წვა. ბენზინის აალებისათვის საჭიროა ნარევი ბენზინის ორთქლისა და ჰაერის გარკვეული თანაფარდობა.

იმისათვის, რომ ცივი ძრავის ჩართვისას ბენზინის ორთქლმა ჰაერთან წარმოქმნას აალებადი ნარევი, ბენზინი უნდა შეიცავდეს მნიშვნელოვანი რაოდენობით ადვილად აქროლად ნახშირწყალბადებს. ნივთიერებების აქროლადობის საზომს წარმოადგენს ნაჯერი ორთქლის წნევა, რომელიც დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და ბენზინის ფრაქციულ შედგენილობაზე.

ბენზინის ფრაქციული შედგენილობის ძირითად მახასიათებელს წარმოადგენს ბენზინის მოცულობის 10, 50, და 90%-ის გამოხდის ტემპერატურები. 10%-ის დუღილის დამთავრების ტემპერატურა არ უნდა აღემატებოდეს 75°C , 50%-ის – 120°C , 90% – 190°C .

ცივი ძრავის ჩართვისას საჭიროა ~10%-ის ორთქლის მდგომარეობაში გადასვლა, რათა ჰაერთან წარმოქმნას აალებადი ნარევი. ამ რაოდენობის ბენზინის ორთქლის წვისას გამოყოფილი სითბო უზრუნველყოფს ბენზინის დარჩენილი ნაწილის აორთქლებასა და წვას. ასევე აუცილებელია, რომ გახურებული

ძრავის ხელმეორედ ამუშავებისას არ უნდა ხდებოდეს დიდი რაოდენობით ბენზინის ორთქლის გადასვლა. წინააღმდეგ შემთხვევაში ცილინდრში გადასვლისას შეუძლებელი შეიქმნება საჭირო მოცულობის ჰაერთან შერევა და შედეგად აალება.

ამრიგად, ბენზინის 10% განაპირობებს სანვავის ამამუშავებელ თვისებებს, 50% – ძრავის გახურების სიჩქარეს და მრავალცილინდრიანი ძრავის დროს თითოეულ ცილინდრზე სანვავის თანაბრად განაწილების უნარს, 90% – ბენზინის სრულ წვას.

აქედან გამომდინარე, ბენზინის ფრაქციული შედგენილობა და ნაჯერი ორთქლის წნევა ბენზინის ძირითად საექსპლუატაციო პარამეტრებს წარმოადგენენ.

ბენზინის ორთქლის წნევა ისაზღვრება ერთსა და იმავე ტემპერატურაზე – 38°C.

სიცივეში ძრავის ამუშავებისათვის გამოყენებული ბენზინის ნაჯერი ორთქლის წნევა რეიდის მიხედვით 0.91 ატმ-ს ტოლი უნდა იყოს, ხოლო ცხელ პერიოდში არ უნდა აღემატებოდეს 0.60 ატმ.

ბენზინის უმნიშვნელოვანეს მახასიათებელს წარმოადგენს დეტონაციური მდგრადობა. განვიხილოთ მისი არსი: როდესაც ბენზინის ორთქლისა და ჰაერის ნარევი მიეწოდება ცილინდრს, დგუში მოძრაობს ზევით და ახდენს ნარევის შეკუმშვას. შეკუმშვისას ორთქლი ცხელდება. თუ ბენზინის ორთქლისა და ჰაერის ნარევი ძლიერად შეკუმშავთ, ის ძლიერად გაცხელდება. ზოგიერთი ბენზინი ასანთები სანთლის გარეშე შეიძლება თვითააღდეს, ე.ი. მოხდეს დეტონაცია მანამდე, სანამ დგუში მიაღწევს თავისი სვლის ზედა წერტილს; ეს შეენინაღმდეგება მუხლა ლილვის მოძრაობას იმის ნაცლად, რომ ხელს უწყობდეს მის მოძრაობას.

ამრიგად, დეტონაციის დროს, სანვავ-ჰაერის ნარევის შეკუმშვისას სანვავის ნაწილი თვითააღდება, რაც იწვევს დარჩენილი ნაწილის მეცხეულად აალებას. ამ დროს ალის გავრცელების სიჩქარე აღწევს 1500-2500მ/წმ ნაცვლად 20-30მ/წმ-ისა. ხოლო წნევა იცვლება ნახტომისებურად. წნევის მკვეთრი ვარდნა იწვევს დეტონაციური ტალღის წარმოქმნას, რომელიც ეცემა ძრავის ცილინდრის კედლებს: დეტონაციური ტალღის მრავალჯერადი არეკვლა იწვევს მეტალურ კაკუნს, ძრავის მექანიკური ნაწილების დაზიანებას, გამონაბოლქვ აირებში შავი ბოლის გაჩენას, ცილინდრის კედლების ტემპერატურის გაზრდას.

დეტონაციის მოვლენის ერთ-ერთ განმსაზღვრელ მახასიათებელს წარმოადგენს სანვავის (ან მისი კომპონენტების) შეკუმშვის ხარისხი.

მარტივად, შეკუმშვის ხარისხი განისაზღვრება დგუშის ქვედა ნაწილში ყოფნისას არსებული ცილინდრის მოცულობის შეფარდებით ცილინდრის იმ მოცულობასთან, რომელიც დარჩება დგუშის ზედა ზღვრამდე მიღწევისას (რადროსაც ხდება სანვავის თვითააღება). სწორედ ნახშირწყალბადების კუმშვის ხარისხი განსაზღვრავს მათ დეტონაციურ მდგრადობას.

საავტომობილო ძრავების ექსპლუატაციის პირობები საზაფხულო და ზამთრის პერიოდებში განსხვავებულია. ზაფხულში გამოყენებული ბენზინები ხასიათდებიან ორთქლის უფრო დაბალი ნნევით (ე.ი. შეიძლება შეიცავდნენ შედარებით მაღალმდულარე ნახშირწყალბადებს), ხოლო ზამთრის სეზონში გამოყენებულმა ბენზინმა რომ უზრუნველყოს ძრავის ამუშავება, მას უმატებენ 30% მსუბუქ კომპონენტებს, მაგ.: ბუტანს (გათხევადებულს). საზაფხულო ბენზინში ბუტანის შემცველობა თუ 2-3%-ია, ზამთრისაში მისი რაოდენობა 5-8% უნდა იყოს.

სანვავის კუმშვის ხარისხი განსაზღვრავს ძრავის სიმძლავრეს. რაც უფრო დიდია კუმშვის სიდიდე, მით ხანგრძლივია სამუშაო ტაქტი და მით უფრო მძლავრია ძრავა.

დეტონაციის მოვლენა დამოკიდებულია როგორც ძრავის კონსტრუქციაზე, ასევე სანვავის (ნახშირწყალბადოვან) შედგენილობაზე. სანვავის დეტონაციისადმი მდგრადობას ახასიათებენ ოქტანური რიცხვით.

პირობითად, ნორმალური ჰექსანის (C_6H_{14}) დეტონაციური მდგრადობა 0-ის ტოლად არის მიღებული, ხოლო იზოოქტანის – 2,2,4-ტრიმეთილპენტანის – 100-ის ტოლად.

ოქტანური რიცხვი არის პირობითი ერთეული, რომელიც რიცხობრივად ტოლია იზოოქტანის (2,2,4-ტრიმეთილპენტანის) მოცულობითი პროცენტული შემცველობისა ნ-ჰექსანთან ნარევაში.

თუ საცდელი ბენზინი თავისი დეტონაციური მდგრადობით ეკვივალენტურია 80% იზოოქტანისა და 20% ჰექსანის ნარევისა, მაშინ სანვავის ოქტანური რიცხვია 80.

არსებობს ოქტანური რიცხვის განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი. მათგან აღსანიშნავია ძრავული და კვლევითი მეთოდები.

ძრავული მეთოდის დროს შეისწავლება ბენზინის ანტიდეტონაციური თვისებები ძრავის ფორსირებულ რეჟიმში მუშაობის პირობებში. კვლევითი მეთოდი კი – ქალაქის პირობებში: მანქანის არამალალი სიჩქარით მოძრაობისას, ხშირი გაჩერების პირობებში.

ძრავული მეთოდით განსაზღვრის პირობები უფრო ხისტია: ბრუნვის სიხშირე 900 ბრუნი/წთ-ია, სამუშაო ტემპერატურა (კარბურატორის შემდეგ) $149^{\circ}C$ -ია. ეს მეთოდი მიზანშეწონილია ისეთი სანვავების დეტონაციური მდგრადობის განსაზღვრისათვის, რომელიც გამოიყენება მცირე კუმშვის სიდიდის მქონე ძრავებში. მაღალფორსირებული ძრავების სანვავების ოქტანური რიცხვის განსაზღვრისათვის უფრო მიზანშეწონილია კვლევითი მეთოდის გამოყენება. ამ დროს განსაზღვრა ტარდება უფრო რბილ პირობებში. სამუშაო ნარევი კარბურატორის წინ არ ცხელდება. ბრუნვის სიხშირეა 600 ბრუნი/წთ-ში.

ორივე მეთოდით განსაზღვრის შედეგად მიღებულ ანტიდეტონაციურ მნიშვნელობებს შორის გასხვავებას – სანვავის მგრძობიარობა ეწოდება.

დეტონაციური მდგრადობის საბოლოო შეფასებას აწარმოებენ საგზაო გამოცდების პირობებში. ასეთ პირობებში დადგენილ ოქტანურ რიცხვს საგზაო ოქტანური რიცხვი ეწოდება.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, სანავის დეტონაციური მდგრადობა პირველყოვლისა დამოკიდებულია მასში შემავალი ნახშირწყალბადების აღნაგობაზე.

დადგენილია, რომ აირად ალკანებს აქვთ მაღალი ოქტანური რიცხვი, მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად ნ-ალკანების ოქტანური რიცხვი მცირდება, ჰეპტანისათვის 0-ს უტოლდება.

ცხრილი 12.1

ნ-ალკანების ოქტანური რიცხვი

ალკანები	ოქტანური რიცხვი ძრავული მეთოდით	ოქტანური რიცხვი კვლევითი მეთოდით
ბუტანი	92	94
პენტანი	62	62
ჰექსანი	25	25
ჰეპტანი	0	0
ოქტანი	-20	0

განშტოებული აღნაგობის ალკანები ხასიათდებიან უფრო მაღალი დეტონაციური მდგრადობით. მათ შორის ყველაზე მაღალი დეტონაციური მდგრადობა გააჩნიათ იზომერებს, რომლებშიც ერთ ნახშირბადის ატომთან ორი მეთილის ჯგუფი დგას.

ცხრილი 12.2

განშტოებული ნ-ალკანების ოქტანური რიცხვი

ალკანები	ოქტანური რიცხვი ძრავული მეთოდით	ოქტანური რიცხვი კვლევითი მეთოდით
იზობუტანი	99	101
2-მეთილპენტანი	90	92
2,2-დიმეთილბუტანი	94	92
2,3-დიმეთილბუტანი	95	102
2-მეთილპენტანი	73	73
2,4-დიმეთილპენტანი	93	93
2,2,3-ტრიმეთილბუტანი	102	106
2,2,4-ტრიმეთილპენტანი	100	100
2,5-დიმეთილჰექსანი	54	55

ალკანებთან შედარებით ალკენების დეტონაციური მდგრადობა უფრო მაღალია. ორმაგი ბმის ცენტრისაკენ გადაადგილება იწვევს დეტონაციისადმი მდგრადობის გაზრდას. ასევე დეტონაციისადმი მდგრადობა იზრდება ალკენებში განშტოების გაზრდით.

ცხრილი 12.3

ალკენების ოქტანური რიცხვი

ალკენები	ოქტანური რიცხვი ძრავული მეთოდით	ოქტანური რიცხვი კვლევითი მეთოდით
პროპენი	85	101
პენტენ-2	80	98
ჰექსენ-2	78	89
2-მეთილ-ჰექსენ-2	79	90
2,4,4-ტრიმეთილპენტენ-1	86	103
ოქტენ-2	56	56

დაბალი რიგის ციკლოალკანები ხასიათდებიან მნიშვნელოვანი დეტონაციური მდგრადობით. ნ-ალკილის რადიკალის შემცველი ციკლოალკანები ხასიათდებიან მათთან შედარებით უფრო დაბალი დეტონაციური მდგრადობით, ამასთანავე გვერდითი ჯაჭვის სიგრძის ზრდასთან ერთად დეტონაციური მდგრადობა მცირდება, ხოლო გვერდითი ჯაჭვის განშტოებისა და რაოდენობის გაზრდით, დეტონაციური მდგრადობა იზრდება. ციკლების რაოდენობის გაზრდა იწვევს დეტონაციური მდგრადობის შემცირებას.

ცხრილი 12.4

ციკლოალკანების ოქტანური რიცხვი

ციკლოალკანები	ოქტანური რიცხვი ძრავული მეთოდით	ოქტანური რიცხვი კვლევითი მეთოდით
ციკლოპენტანი	87	100
მეთილციკლოპენტანი	81	91
ეთილციკლოპენტანი	61	67
ციკლოჰექსანი	77	83
მეთილციკლოჰექსანი	72	75
დეკალინი	38	–
ტეტრალინი	65	–

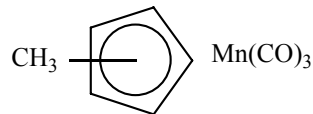
ბენზოლის რიგის ნახშირწყალბადები ხასიათდებიან მაღალი დეტონაციური მდგრადობით.

არომატული ნახშირწყალბადების ოქტანური რიცხვი

არენები	ოქტანური რიცხვი ძრავული მეთოდით	ოქტანური რიცხვი კვლევითი მეთოდით
ბენზოლი	107	113
ტოლუოლი	101	112
ეთილბენზოლი	97	103
ო-ქსილოლი	100	100
მ-ქსილოლი	103	100
პ-ქსილოლი	103	100
კუმოლი(იზოპროპილბენზოლი)	99	108

სანვავს, დეტონაციური მდგრადობის გაზრდის მიზნით, უმატებენ სპეციალურ ნივთიერებებს – ანტიდეტონატორებს. ერთ-ერთ ყველაზე მეტად გამოყენებულ ანტიდეტონატორს წარმოადგენდა ტეტრაეთილტყვია $Pb(C_2H_5)_4$; $Pb(C_2H_5)_4$ -ის დამატებისას სანვავის ოქტანური რიცხვის გაზრდას, ანუ $Pb(C_2H_5)_4$ -ის დამატების ეფექტურობის მაჩვენებელს – მიმდებიანობა ეწოდება. ის გვიჩვენებს ერთეულთა რიცხვს, რა რიცხვითაც იზრდება სანვავის ოქტანური რიცხვი $Pb(C_2H_5)_4$ -ის განსაზღვრული რაოდენობით დამატებისას.

ანტიდეტონატორად გამოიყენებოდა ასევე მანგანუმის მეთილციკლოპენტადიენილტრიკარბონილი.



აღნიშნული ნაერთი ტეტრაეთილტყვიასთან შედარებით ნაკლებად ტოქსიკურია და რიგ შემთხვევაში ხასიათდება უფრო მაღალი ანტიდეტონაციური მოქმედებებით. ამასთანავე გააჩნია უარყოფითი მხარეები: მუშაობის პროცესში ხდება მანგანუმის დაფენა სანთელზე, რაც მაღალ ტემპერატურზე იწვევს სანთლის იზოლატორის წინაღობის მკვეთრ შემცირებას და ძრავის მუშაობის წყვეტილობას. გარდა ამისა, მანგანუმის მეთილციკლოპენტადიენილტრიკარბონილი ძვირი ნივთიერებაა.

70-იანი წლებიდან, გარემოს დაცვის ორგანიზაციების მიერ დაისვა მოთხოვნები ანტიდეტონატორად ტოქსიკური ტეტრაეთილტყვიის გამოყენების შეზღუდვისა და ამ მიზნით ეკოლოგიურად სუფთა ნაერთების გამოყენების მიმართულებით.

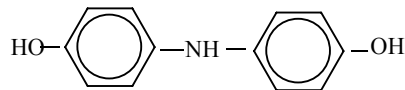
ბენზინის ოქტანური რიცხვის გასაზრდელად ამჟამად წარმატებით გამოიყენება ჟანგბადშემცველი ნივთიერებები: სპირტები და მარტივი ეთერები. კერ-

ძოდ, მეთანოლი, ეთანოლი, მესამეული ბუტილის სპირტი, მესამეული ამილისა და მესამეული ბუტილის სპირტების მეთილის ეთერები.

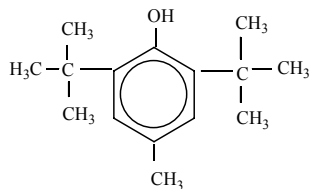
გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, ბენზინები უნდა ხასიათდებოდნენ ქიმიური სტაბილურობით. მაღალი სტაბილურობით ხასიათდებიან ნავთობის პირდაპირი გამოსხდით მიღებული ბენზინები; ისინი არ შეიცავენ ალკენებს, ხოლო კრეკინგით მიღებული ბენზინები შეიცავენ ალკენებს, რომლებიც ადვილად იჟანგებიან, პოლიმერიზდებიან და წარმოქმნიან ფისებს. საავტომობილო ბენზინების ქიმიურ სტაბილობას ახასიათებენ ინდუქციური პერიოდის ხანგრძლივობით და ფისების შემცველობით.

ქიმიური სტაბილობის გასაზრდელად, უჯერი ნაშირწყალბადების შემცველობისას, სანვავში შეაქვთ ანტიდამჟანგავები.

4,4'-დიჰიდროქსიდიფენილამინი



2,6-დიმესამეულბუტილკრეზოლი



ბენზინის ხარისხისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მასში გოგირდშემცველი ნაერთების არსებობას.

გოგირდწყალბადი და დაბალი რიგის მერკაპტანები იწვევენ გამაცხელებელი სისტემის ძლიერ კოროზიას. ასევე არასასურველია ბენზინებში სხვა სახის გოგირდშემცველი ნაერთების არსებობა, რადგან წვისას ისინი წარმოქმნიან ძლიერ კოროზიულად აგრესიულ ნივთიერებებს: SO_2 , SO_3 . ამიტომ დაწესებულია ბენზინის ხარისხიანობის დასადგენად გოგირდის შემცველობის განსაზღვრა.

ასევე სახელმწიფო სტანდარტით აუცილებელია ბენზინში მჟავიანობის, წყალში ხსნადი მჟავებისა და ტუტეების, კოროზიულად აგრესიულ ნივთიერებათა, მექანიკური მინარევებისა და წყლის შემცველობის განსაზღვრა.

12.2. სანვავები საჰაერო-რეაქტიული ძრავებისათვის

თანამედროვე საფრენი აპარატების უმრავლესობა მუშაობს აირტურბინული-აირხრახნიანი და ტურბორეაქტიული ძრავებით.

ორივე ტიპის ძრავაში ტურბოკომპრესორის საშუალებით შეკუმშული ჰაერი მიეწოდება სანვავ კამერას, სადაც ხდება თხევადი სანვავის შეფრქვევა. სანვავი ინთება ელექტრონაპერნკლის საშუალებით. ჰაერისა და სანვავის მიწოდება,

სანვავის წვა და ცხელ აირთა ჭავლის წარმოქმნა ხდება ერთდროულად. აირები ფართოვდებიან ტურბინებში, რაც იწვევს ჰაერის შემკუმშავი კომპრესორისა და საჰაერო ხრახნის (რომელიც ქმნის ძირითად წნევას) ბრუნვას; აირების საბოლოო გაფართოება ხორციელდება რეაქტიულ საქმენში, ამასთანავე საქმენიდან გამომდინარე აირების ჭავლით იქმნება დამატებითი (8-12%) წნევა. თანამედროვე ტურბორეაქტიულ ძრავებში ტურბინის შემდეგ აირები მიემართება ფორსაჟულ კამერაში, სადაც სანვავის ნაწილი დამატებით იწვის, აქედან აირები უფრო მაღალი ტემპერატურითა და უფრო დიდი სიჩქარით გადადიან რეაქტიულ საქმენში, რის გამოც იზრდება გამწვევი ძალა.

სანვავები საჰაერო-რეაქტიული ძრავებისათვის – (რეაქტიული სანვავი, საავიაციო ნავთი) მიიღება ძირითადად ნავთობის პირდაპირი გამოხდის ფრაქციებისა და ასევე, კატალიზური კრეკინგის შედეგად მიღებული პროდუქტების საფუძველზე.

რუსეთში რეაქტიული ძრავებისათვის შემუშავებული იყო სანვავის 20 მარკა ნედლეულის, ფრაქციული შედგენილობის, დანამატების, დამზადების მეთოდების მიხედვით. მაგ.:

სანვავი T-1 – მცირე გოგირდოვანი ნავთობის პირდაპირი გამოხდის ნავთის ფრაქციაა (150-280⁰C).

TC-1 – დამძიმებული ლიგროინის ფრაქცია (150-250⁰C).

T-2 – მზადდება გოგირდოვანი ნავთობიდან გამოყოფილი ბენზინის, ლიგროინის, ნავთისა და გაზოილის ფრაქციების გამოყენებით (60-280⁰C).

T-5 – მიიღება მცირეგოგირდოვანი ნავთობის პირდაპირი გამოხდით და მიღებული ფრაქციების გოგირდმჟავით განმწმობით.

PT – მიიღება ნავთობის პირდაპირი გამოხდით, ჰიდროგანმწმობით და ჰიდროგანმწმობილი სხვა კომპონენტების დამატებით (135-280⁰C).

T-6 – თერმოსტაბილური სანვავი, გაზოილის ფრაქცია (195-315⁰C). მიიღება ნავთობის პირდაპირი გამოხდისა და ნავთობპროდუქტების მეორადი გადამშავების (სპეციალური კატალიზატორების გამოყენებისას) შედეგად მიღებული პროდუქტების შერევით.

T-8 და T-B თერმოსტაბილური სანვავებია (165-280⁰C). გამოიყენებიან ზებგერთი სიჩქარეებით ფრენისას. ხასიათდებიან დაბალი კრისტალიზაციის ტემპერატურით (-60⁰C).

T-8B მზადდება ვაკუუმური დისტილატების ჰიდროკრეკინგით და ჰიდროდეარომატიზაციით.

რეაქტიული სანვავის ძირითად მაჩვენებელს წარმოადგენს სიმკვრივე, წვის სითბო, ფრაქციული შედგენილობა, სიბლანტე, კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურა, არენების, გოგირდის, ფისებისა და უჯერი ნაერთების შემცველობა, თერმული სტაბილობა, არამბოლავი ალის სიმალლე, ლუმინომეტრული რიცხვი.

სანვავის სიმკვრივე და დაწვის სითბო ახასიათებს სანვავის ენერგეტიკულ შესაძლებლობებს, რაც უფრო მაღალია სიმკვრივე, მით მეტი რაოდენობით სანვა-

ვის ჩატვირთვაა შესაძლებელი ავზში, რაც, თავის მხრივ, ხელს უწყობს ფრენის ხანგრძლივობას. ბუნებრივია, სანვავისათვის უდიდესი მნიშვნელობა გააჩნია მისი წვის სითბოს. ყველაზე მაღალი წვის სითბო ახასიათებს ალკანებს – ყველაზე ნაკლები არენებს. ასევე, სანვავისათვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია სანვავის სრული წვა. არენების (განსაკუთრებით – პოლიციკლურის) წვისას ხდება ჭვარტლისა და ნამწვის წარმოქმნა, რომელიც ეფინება აპარატურის კედლებს, რაც აბრკოლებს აირების ნაკადის გადასვლას სანვავ კამერებში, სანვავის ნაკადის გაფრქვევას. გარდა ამისა, ალში ჩნდება ნახშირბადის გავარვარებული ნაწილაკები, იზრდება ალის გამოსხივების ინტენსიურობა; შედეგად ხდება კამერის კედლების გადახურება. ამიტომ რეაქტიულ ძრავებში არენების შემცველობაზე დადგენილია შეზღუდვები, ბგერით სიჩქარემდე ფრენისას მათი შემცველობა დასაშვებია 20-22%-ის რაოდენობით, ხოლო ზებგერითი სიჩქარით ფრენისას 10%-მდე. რეაქტიული ძრავებისათვის სანვავის სრული და ეფექტური წვის მაჩვენებელს წარმოადგენს ასევე ალის სიმალლე. ის უნდა იყოს არა უმცირესი 20-25 მმ-ისა.

ლუმინომეტრული რიცხვი არის რეაქტიული სანვავის წვის დროს ალის სითბური გამოსხივების მაჩვენებელი.

ლუმინომეტრული რიცხვის დადგენისათვის ისაზღვრება საკვლევი და ეტალონური სანვავების (ტეტრალინისა და იზოოქტანის) წვის პროდუქტების ტემპერატურები მათი ალის გამოსხივების ერთნაირ დონეზე, კერძოდ, ხილული სპექტრის მწვანე-ყვითელი ზოლის უბანში (280-700ნმ).

სანვავების წვის პროდუქტების ტემპერატურა ისაზღვრება ალის ზემო ნაწილში მათი ნათების ინტენსივობისას, რომელიც ბოლის წარმოქმნის (არამბოლავი ალის ზედა წერტილში) წერტილში ტეტრალინის ალის ნათების ინტენსივობის ტოლია.

$$\text{ლ.რ.} = \frac{\Delta t_{\text{სანვ.}} - \Delta t_{\text{ტეტრ.}}}{\Delta t_{\text{იზოოქტ.}} - \Delta t_{\text{ტეტრ.}}}$$

სადაც ლ.რ. – ლუმინომეტრული რიცხვია; $\Delta t_{\text{სანვ.}}$, $\Delta t_{\text{ტეტრ.}}$, $\Delta t_{\text{იზოოქტ.}}$ – არის შესაბამისად სანვავის, ტეტრალინის და იზოოქტანის ალის ზემო ნაწილში აირთა ტემპერატურისა და სანთურასთან მყოფი ჰაერის ტემპერატურებს შორის სხვაობა. განსაზღვრა ხდება სპეციალურ ხელსაწყოში.

რეაქტიული სანვავებისათვის ნორმირებულია საბლანტის მნიშვნელობა. ბგერით სიჩქარემდე ფრენისას ის უნდა იყოს 1.05-1.5 მმ²/წ, ხოლო ზებგერითი სიჩქარის შემთხვევაში არა უმეტეს 4.5მმ²/წ. საჰაერო რეაქტიული ძრავების სანვავებისთვის მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია სანვავის კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურა. რადგან ბგერით სიჩქარემდე ფრენისას სანვავი ავზში ინტენსიურად ცივდება, გამყარების თავიდან ასაცილებლად კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურა არ უნდა იყოს -55-60⁰C-ზე მეტი.

თვითმფრინავებში, სანვავის მიმწოდებელ სისტემაში, სანვავები ცხელდება 150-250⁰C ტემპერატურამდე. ამ პირობებში ალკენები პოლიმერიზდებიან, მერ-

კაპტანები და ფისები იშლებიან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება სანვავში უხსნადი ნალექები, რაც იწვევს ფილტრების და მფრქვევანას გაჭედვას და გამაცივებელი ზედაპირის გაჭუჭყიანებას. ამიტომ რეაქტიული სანვავები უნდა ხასიათდებოდნენ მაღალი თერმომდგრადობით, რაც ხორციელდება სანვავების განმენდით და ასევე სპეციალური დანიშნულების დანამატებით.

12.3. დიზელის სანვავი, მისი მახასიათებელი პარამეტრები

შიდანვის ძრავის სახეობას წარმოადგენს დიზელის ძრავები. ის გამოიყენება სხვადასხვა სახის ტრანსპორტებისათვის, როგორცაა: ტრაქტორები, თბომავალი, ზღვისა და მდინარეების გემები, ავტომანქანები, ავტობუსები და მოძრავი თბოელექტროსადგურები.

დიზელის ძრავაში სამუშაო პროცესი ოთხტაქტიანია. პირველ ორ ტაქტში შეინოვება და იკუმშება ჰაერი, შეკუმშვის შედეგად ჰაერის ტემპერატურა აღწევს $550-650^{\circ}\text{C}$, ხოლო წნევა იზრდება $4\text{მპა}-\text{მდე}$. შეკუმშვის ბოლო სვლაზე შეკუმშულ და გაცხელებულ ჰაერში მაღალი წნევით (დროის გარკვეულ მონაკვეთში) ახდენენ სანვავის შეფრქვევას; შეფრქვეული სანვავის უწვრილესი წვეთები გადადიან ორთქლის მდგომარეობაში და შეერევიან ჰაერს, ძალიან მცირე დროში სანვავი თვითააღდება და მთლიანად იწვის. პერიოდს, სანვავის შეფრქვევასა და აალების დროს შორის, შეკავების პერიოდი ეწოდება.

თანამედროვე სწრაფმავალი ძრავებისათვის ეს პერიოდი 0.002 წამზე მეტი არ უნდა იყოს. სანვავის წვისას წნევა აღწევს $6-10\text{მპა}-ს$, ძრავის ნორმალური მუშაობის განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს აირების წნევის ზრდის სიჩქარე. მუხლა ლილვის 1° -ით შემობრუნებისას წნევის ზრდა $0.5\text{მპა}-ს$ არ უნდა აღემატებოდეს; წინააღმდეგ შემთხვევაში ძრავა იწყებს კაკუნს, ხოლო საკისარზე დატვირთვა ხდება უსაზღვრო. რაც უფრო ხანგრძლივია ეს პერიოდი, მით მეტი რაოდენობის სანვავი ასწრებს გადასვლას ძრავის ცილინდრში და ადგილი აქვს დიდი რაოდენობით სანვავის ერთდროულად აალებას, რაც იწვევს აფეთქებას. ამ დროს აირების წნევა იზრდება მომენტალურად, ნახტომისებურად. ამ მოვლენას ეწოდება ხისტი მუშაობა. ეს მოვლენა გარეგანი ნიშნებით ემსგავსება დეტონაციას.

შემდეგ ორ ტაქტში ხდება აირების გაფართოება – სამუშაო სვლა და გამობოლქვა – ძრავის ცილინდრის გასუფთავება წვის პროდუქტებისაგან.

დიზელის სანვავი წარმოადგენს ნავთობის ფრაქციას, რომელიც იხდება $180-360^{\circ}\text{C}$. ასევე იყენებენ მაზუთის კრეკინგისა და ჰიდროკრეკინგით მიღებულ გაზოილს (ამჟამად მათი გამოხდის ტემპერატურული ინტერვალი გაზრდილია $180-380^{\circ}\text{C}$, $180-400^{\circ}\text{C}$).

დიზელის სანვავის ძირითადი საექსპლუატაციო მახასიათებლებია: ფრაქციული შემადგენლობა, სიბლანტე, ფეთქების და აალების ტემპერატურები, ცეტანური რიცხვი, შემღვრევის და გამყარების ტემპერატურები, ფისოვან და კოროზიულად აქტიურ ნაერთთა შემცველობა.

დიზელის სანვავის აალებისათვის (რაიმე ასანთები წყაროს გარეშე) საჭიროა, რომ სანვავის თვითაალების ტემპერატურა 500-550⁰C-ზე დაბალი იყოს (ე.ი. იმაზე დაბალი, რა ტემპერატურაზეც ცხელდება ჰაერი ცილინდრში).

ყველაზე დაბალი აალების ტემპერატურა აქვს ნ-ალკანებს, ყველაზე მაღალი არენებს.

სანვავების აალების უნარის შეფასებისათვის შემოტანილია პირობითი სიდიდე – ცეტანური რიცხვი (ცეტანური ინდექსი).

პირობითად, α-მეთილნაფთალინის აალების უნარი მიღებულია 0-ის, ხოლო ცეტანის (ჰექსადეკანის) – 100-ის ტოლად.

სანვავის ცეტანური რიცხვი განისაზღვრება ცეტანის – C₁₆H₃₄-ის მოცულობითი შემცველობით α-მეთილნაფთალინთან ნარევეში, რომელსაც ისეთივე აალების უნარი აქვს, როგორც საანალიზო სანვავს. სანვავის აალების უნარის განსაზღვრა (შედარება სტანდარტულ ნარევეთან) ხდება სპეციალურ ძრავულ დასადგარზე სტანდარტულ პირობებში.

სანვავის აალების უნარი – ცეტანური რიცხვი დამოკიდებულია სანვავის ნახშირწყალბადოვან შედგენილობაზე.

აალების უნარის მიხედვით ნახშირწყალბადები შეიძლება განლაგდეს შემდეგი თანმიმდევრობით: ალკანები > იზოალკანები > ალკენები > ნაფთენები > > არომატული ნახშირწყალბადები > კონდენსირებულბირთვიანი არომატული ნახშირწყალბადები.

ალკენებისა და ალკანების მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად ცეტანური რიცხვი იზრდება, ხოლო ჯაჭვის განშტოების ხარისხის გაზრდით – მცირდება.

ბენზოლისა და ციკლოალკანების ჰომოლოგების ცეტანური რიცხვი უფრო მაღალია, ვიდრე ჩაუნაცვლებელი ნახშირწყალბადებისა, ამასთანავე ჯაჭვის სიგრძის გაზრდით ცეტანური რიცხვი იზრდება.

ცხრილი 12.6

ალკილბენზოლების ცეტანური რიცხვები

ნახშირწყალბადები	ცეტანური რიცხვი
ბენზოლი	-
ტოლუოლი	5
ნ-პენტილბენზოლი	8
ნ-ჰექსილბენზოლი	26
ნ-ჰეპტილბენზოლი	35
ნ-ნონილბენზოლი	4.4
ნ-დოდეცილბენზოლი	58
ნ-ტეტრადეცილბენზოლი	72

რადგან სანვავის ფიზიკური პარამეტრები და აალების უნარი დამოკიდებულია სანვავის ქიმიურ შედგენილობაზე, იყო ცდები სანვავის ცეტანური რიცხვი დაეკავშირებინათ მათ ქიმიურ შედგენილობასა და ფიზიკურ პარამეტრებთან.

მოწოდებულ იქნა ფორმულა, რომლის მიხედვითაც სანვავის ცეტანური რიცხვის (ც.რ.) განსაზღვრა შესაძლებელია მისი ნახშირწყალბადოვანი ჯგუფურ-ქიმიური შედგენილობის მიხედვით: ც.რ.=0.85P + 0.1N – 0.2A

სადაც P, N და A პარაფინული, ნაფთენური და არომატული ნახშირწყალბადების % შემცველობაა სანვავში.

შემუშავდა რამდენიმე ემპირიული ფორმულა, სადაც ცეტანური რიცხვი დაკავშირებულია სანვავის ფიზიკურ პარამეტრებთან – ფრაქციის საშუალო დუღილის ტემპერატურასა და სიმკვრივესთან:

$$\text{ც.რ.} = \frac{T_{\text{საშ.}} - 56}{5\rho}$$

სადაც $T_{\text{საშ}}$ – სანვავის საშუალო დუღილის ტემპერატურაა $^{\circ}\text{C}$, ხოლო ρ – სიმკვრივე 15°C .

ასევე შემუშავებულია ფორმულა, სადაც ცეტანური რიცხვი განისაზღვრება სანვავის სიმკვრივისა და სიბლანტის მიხედვით.

$$\text{ც.რ.} = \frac{(v_{20} + 17.8) \cdot 1.5879}{\rho}$$

სადაც v_{20} – სანვავის კინემატიკური სიბლანტეა 20°C , ხოლო ρ – სანვავის სიმკვრივე 20°C . 17.8 და 1.5879 ემპირიული კოეფიციენტებია.

ცხრილი 12.7

ძრავულ დანადგარზე გაზომილი ცეტანური რიცხვის მნიშვნელობები

სიბლანტე 20°C	სიმკვრივე 20°C	ცეტანური რიცხვი გაზომილი და ნადგარზე	ცეტანური რიცხვი განსაზღვრული ფორმულით
10,7	0.857	54	52.8
6.0	0.945	44	44.6
5.7	0.944	44	44.2
4.5	0.866	40	40.8
6.9	0.853	45	45.8
9.3	0.85	51	50.7

სანვავის აალების უნარის დასახასიათებლად შემოტანილ იქნა პირობითი სიდიდე – დიზელის ინდექსი (დ.ი.), რომელიც განისაზღვრება სანვავის ანილინური წერტილითა და სიმკვრივეთ.

$$\text{დ.ი.} = \frac{(1.8A + 32) \cdot (141.5 - 131.5\rho)}{100\rho}$$

სადაც A – საანალიზო სანვავის ანილინის წერტილია °C, ρ – სანვავის სიმკვრივე 15°C.

დადგენილია დამაკავშირებელი ფორმულა ცეტანურ რიცხვსა და დიზელის ინდექსს შორის.

$$\text{ც.რ.} = \frac{2}{3} \text{ დ.ი.} + 14$$

შემდეგში ეს ფორმულა შეიცვალა შემდეგი ფორმულით:

$$\text{ც.რ.} = \frac{2}{3} \text{ დ.ი.} + 0.68 T_{\text{საშ.}} - 22$$

სადაც $T_{\text{საშ.}}$ – სანვავის საშუალო დუღილის ტემპერატურაა ფარენგეიტის მიხედვით °F.

ცხრილი 12.8

დიზელის სანვავის ცეტანური რიცხვის (გაზომილი დანადგარზე) და დიზელის ინდექსის (განსაზღვრული ანილინის წერტილითა და სიმკვრივით) მნიშვნელობები

დიზელის ინდექსი	20	30	40	50	62	70	80
ცეტანური რიცხვი	30	35	40	45	55	65	80

დიზელის ძრავების ნორმალურ მუშაობას განაპირობებს ისეთი სანვავების გამოყენება, რომელთა ცეტანური რიცხვი 45-ზე მეტია.

დიზელის სანვავს ცეტანური რიცხვის გასაზრდელად უმატებენ ნიტრონაერთებს, როგორცაა 2-ნიტროპროპანი ($\text{CH}_3)_2\text{CHNO}_2$, 1-ნიტროპენტანი $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$ და ნიტროციკლოპექსანი $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}_2$.

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება დიზელის სანვავების ფრაქციულ შედგენილობას. ზაფხულის პირობებში გამოიყენება ფრაქცია, რომლის 50% იხდება არა უმეტეს 280°C, 96% – არაუმეტეს 360°C; ზამთარში ფრაქცია, რომლის 50% იხდება 280°C, 96% – 340°C; არქტიკულ პირობებში შესაბამისად 50% – 255°C, 96% – 330°C.

დიზელის სანვავებისათვის ძალიან მნიშვნელოვანია სიბლანტე, შემღვრევის და გამყარების ტემპერატურები, რაც განაპირობებს ძრავათა ცილინდრებში სანვავის მიწოდებისა და გაფრქვევის შესაძლებლობას. დაბალი სიბლანტისა და გამყარების დაბალი ტემპერატურის მქონე სანვავებს გააჩნიათ კარგი დენადობა მილსადენებში, ფილტრებში, ტუმბოებში და მფრქვევანებში; მათი შეფრქვევა

ხდება ადვილად (წარმოქმნიან ერთგვაროვან და წვრილწვეთოვან ნაკადს), რაც აადვილებს მათ აორთქლებას და წვას.

არასასურველია ძალიან დაბალი სიბლანტის მქონე სანვავის გამოყენება, რადგან ამ დროს შესაძლებელია ძრავის სწრაფი ცვეთა. დიზელის სანვავის სიბლანტე 20⁰C-ზე 1.8-6.0მმ²/წ ფარგლებში უნდა იყოს.

დიზელის სანვავისათვის დაწესებულია ნორმები სანვავის გამყარებისა და შემღვრევის ტემპერატურაზე, რადგან მაღალი შემღვრევის ტემპერატურის სანვავების გამოყენებისას ხდება მყარი პარაფინის კრისტალების გამოყოფა, რაც იწვევს სანვავის მექანიკური მინარევებისაგან გასანმენდად გამოყენებული ფილტრების გაჭედვას.

ზაფხულის სანვავისათვის გამყარების ტემპერატურა არ უნდა აღემატებოდეს -10⁰C, ზამთრის – -35⁰C, ზომიერ კლიმატურ პირობებში -45⁰C, არქტიკის პირობებში – 55⁰C.

უკანასკნელ წლებში დიდი ყურადღება ექცევა დიზელის სანვავის ფრაქციის სისუფთავეს. დიზელის სანვავების გასანმენდად ახდენენ მათ გაფილტვრას ქალაქის ფილტრებში, ამიტომ შემოღებულია გაფილტვრის კოეფიციენტის განსაზღვრა.

განსაზღვრას აწარმოებენ სპეციალურ ხელსაწყოში, სადაც იზომება ფილტრის გამტარი უნარი, განსაზღვრული თანაბარი მოცულობის სანვავის გატარების ხანგრძლივობის მიხედვით. კერძოდ, გაფილტვრის კოეფიციენტი გვიჩვენებს 2 მლ სანვავის გამოსვლის დროის შეფარდებას მის წინ ჩამოსული 2 მლ სანვავის გამოსვლის დროსთან. ასევე შეზღუდულია დიზელის სანვავში გოგირდის შემცველობა. ის არ უნდა აღემატებოდეს 0.2-0.5%-ს.

12.4. ნავთობის ზეთები, მისი მახასიათებელი პარამეტრები

ნავთობის ზეთებს სხვანაირად მინერალურ ზეთებს უწოდებენ, ნავთობიდან ზეთებს გამოყოფენ ვაკუუმგამოხდით, მაგრამ მიეთითება ის ტემპერატურული ინტერვალი, რომელიც შეესაბამება მათ ატმოსფერულ წნევაზე გამოხდის ტემპერატურას.

ცხრილი 12.9

ზეთის ფრაქციის გამოხდის ტემპერატურული ინტერვალი

ფრაქციის დასახელება	დუღილის ტემპერატურის დასაწყისი და დაბოლოება
მსუბუქი ზეთის ფრაქცია (ტრანსფორმატორის დისტილატი)	300-400 ⁰ C (350-420 ⁰ C)
საშუალო ზეთის ფრაქცია (მანქანის დისტილატი)	400-450 ⁰ C (420-470 ⁰ C)
მძიმე ზეთის ფრაქცია (ცილინდრის დისტილატი)	450-490 ⁰ C

ზეთების გამოყენების სფერო ძალიან ფართოა. მათ იყენებენ მანქანების ძრავების, საგლინავი დაზგების, სხვადასხვა მექანიზმების, მოძრავი ნაწილების, მყარი მეტალური ზედაპირების გასაპოხად. შედეგად ზედაპირზე ხდება ზეთოვანი აფსკის წარმოქმნა, რაც გამორიცხავს მშრალ ხახუნს, მნიშვნელოვნად ამცირებს ხახუნის კოეფიციენტს და ზრდის მოხახუნე მეტალური დეტალების ცვეთაგამძლეობას.

გარდა აღნიშნულისა, ნავთობის ზეთები გამოიყენება ელექტროტექნიკაში: ტრანსფორმატორებში, რეოსტატებში და სხვა აპარატებში იზოლაციისა და სითბოს არინებისთვის. ზეთის გამომრთველებში ზეთის დანიშნულებაა დენის გამორთვისას კონტაქტებს შორის წარმოქმნილი ვოლტას რკალის ჩაქრობა.

საცხები ზეთების მნიშვნელოვან ჯგუფს შეადგენს კარბურატორული, ავტოტრაქტორული, დიზელისა და საავიაციო ძრავებისათვის გამოყენებული ზეთები.

სიბლანტის მიხედვით ძრავისათვის გამოყენებულ ზეთებს (ძრავულ ზეთებს) ყოფენ კლასებად.

ზეთის მარკაში (მაგ.: რუსეთი) აღინიშნება კინემატიკური სიბლანტე 100°C -ზე, ხოლო შესქელებული ზეთებისათვის არსებობს ორმაგი მარკირება – მრიცხველში აღნიშნულია სიბლანტე – 18°C -ზე, ხოლო მნიშვნელში სიბლანტე 100°C -ზე. „3“ ინდექსი მიუთითებს შემასქელებელი დანამატის არსებობას ზამთრის პერიოდისათვის.

აღსანიშნავია, რომ განმენდის მეთოდების მიხედვით ზეთებს განასხვავებენ შემდეგნაირად: გაუნმენდავი (ნავთობის პირდაპირი გამოხდით მიღებული), მჟავურ-ფუძური, მჟავურ-კონტაქტური, სელექციური, ადსორბციული, ჰიდროკრეკინგით განმენდილი ზეთები.

ნავთობური საცხები ზეთების ძირითად საექსპლუატაციო მახასიათებლებს წარმოადგენს: სიბლანტე-ტემპერატურული თვისებები, ძვრადობა დაბალ ტემპერატურაზე და ჟანგვის მიმართ მდგრადობა.

საცხები ზეთებისადმი ნაყენებული ტექნიკური მოთხოვნები დამოკიდებულია მოხახუნე ზედაპირების მოძრაობის ბუნებასა და სიჩქარეზე. საავტომობილო ზეთების სიბლანტე $6-12\text{მმ}^2/\text{წ}$ (100°C) ფარგლებში უნდა იყოს, ხოლო სწრაფმავალი დიზელებისათვის $1.5-6.0\text{მმ}^2/\text{წ}$ (20°C).

ზეთების სიბლანტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების შესაფასებლად გამოიყენება სიბლანტის ინდექსი (სი) და სიბლანტის ტემპერატურული კოეფიციენტი (სტკ).

სიბლანტის ინდექსი (სი) არის 50°C -ზე კინემატიკური სიბლანტის ფარდობა 100°C -ზე კინემატიკურ სიბლანტესთან.

მსოფლიო პრაქტიკაში ზეთების სიბლანტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების შესაფასებლად გამოიყენება დინისა და დევისის მიერ მოწოდებული ფორმულა

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

სადაც L ეტალონური ზეთის სიმკვრივეა 37.8°C , რომლის $\rho=0$ (ეტალონად შერჩეულია დაბალი ხარისხის ზეთი მიღებული ფისოვან-აფალტენური ნავთობიდან). H მეორე ეტალონური ზეთის სიბლანტე 100°C , რომლის $\rho=100$ (პარაფინული ნავთობიდან მიღებული მაღალხარისხისანი ზეთი). X საკვლევი ზეთის სიბლანტეა.

რადგან ნავთობის ზეთები ტემპერატურის ფართო ინტერვალში მუშაობს, ამიტომ სიბლანტის ტემპერატურული მრუდის ხასიათი მისთვის წარმოადგენს მნიშვნელოვან საექსპლუატაციო მახასიათებელს. ზეთები, რომლებსაც დამრეცი ტემპერატურული მრუდი აქვთ მაღალი ხარისხისაა.

სიბლანტის ტემპერატურული კოეფიციენტი (სტკ) ახასიათებს სიბლანტის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე. ისაზღვრება სიბლანტე 0, 20, 50 და 100°C -ზე. შემდეგ კი მოცემული ფორმულის მიხედვით ახდენენ სიბლანტის ტემპერატურული კოეფიციენტის მნიშვნელობის გამოთვლას აღნიშნულ ტემპერატურულ ინტერვალში:

$$\text{სტკ}_{0-100} = \frac{V_0 - V_{100}}{V_{50(100-0)}} \cdot 100 = \frac{V_0 - V_{100}}{V_{50}}$$

$$\text{სტკ}_{20-100} = \frac{V_{20} - V_{100}}{V_{50(100-20)}} \cdot 100 = 1.25 \cdot \frac{V_{20} - V_{100}}{V_{50}}$$

ზეთებისათვის მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს ძვრადობის უნარი, რომელიც დაბალ ტემპერატურაზე ძალიან მცირდება, ეს მოვლენა შეიძლება აიხსნას ორი მიზეზით: 1) სიბლანტის მკვეთრი გაზრდით 2) მყარი ნახშირწყალბადების კრისტალებისაგან შემდგარი სტრუქტურის წარმოქმნით.

დაბალ ტემპერატურაზე ზეთების ძვრადობის მაჩვენებელს წარმოადგენს გამყარების ტემპერატურა. ავტომობილებისა და დიზელის ზეთების გამყარების ტემპერატურა უნდა იყოს -10°C -დან -40°C -ის ფარგლებში, ხოლო ტურბორეაქტიული საავიაციო ზეთებისათვის ის არ უნდა აღემატებოდეს -55°C .

დაბალ ტემპერატურაზე გამყარების უნარის მქონე ზეთების მისაღებად, ზეთის ფრაქცია უნდა გაიწმინდოს მყარი აღკანებისაგან, პილიციკლური არენებისაგან და მოკლე გვერდითი ჯაჭვის მქონე ციკლოალკანოარენებისაგან.

ზეთების ტექნიკურ მახასიათებელს წარმოადგენს გაპოხვის უნარი: მეტალების ზედაპირების ზეთებით დაფარვისას გარკვეული სისქის (0.1-1მკმ) სტაბილური, მტკიცე ფენის ზეთის წარმოქმნა.

ზეთებისათვის უმნიშვნელოვანეს თვისებას წარმოადგენს ქიმიური სტაბილობა – მდგრადობა ჰაერის ჟანგბადით დაჟანგვის მიმართ.

ჟანგბადით დაჟანგვის შედეგად ზეთებში წარმოიქმნება სხვადასხვა ჟანგბადშემცველი ნაერთები: პეროქსიდები, მჟავები, ჰიდროქსი- და კეტომჟავები, ფენოლები, ასფალტოგენური მჟავები, ფისები, ასფალტენები, კარბენები, რომლებიც ძალიან უარყოფითად მოქმედებენ მათ საექსპლუატაციო თვისებებზე.

ზეთების ჟანგვისადმი მდგრადობას ახასიათებენ შემდეგი მაჩვენებლებით: კოროზიული აქტიურობით, ლაქისა და ნალექის წარმოქმნის უნარით.

12.4.1. ტრანსფორმატორის ზეთი

ტრანსფორმატორის ზეთი გამოიყენება ელექტროტექნიკაში ტრანსფორმატორებში, რეოსტატებში, გამომრთველებსა და სხვა აპარატებში არედ იზოლაციისა და სითბოს არინებისათვის.

ზეთის გამომრთველებში ზეთის დანიშნულებაა ვოლტას რკალის ჩაქრობა, რომელიც კონტაქტებს შორის წარმოიქმნება დენის გამორთვისას.

ტრანსფორმატორები, გამომრთველები და სხვა ზეთით შევსებული ელექტროაპარატურა წარმოადგენს მეტისმეტად ფასეულ და საპასუხისმგებლო დანადგარს და ამიტომ ზეთის ხარისხი პირველყოფლისა ამ აპარატურის მუშაობის გამძლეობისა და საიმედოობის საკითხია.

ელექტროაპარატებში გამოყენებული ზეთი, უნდა უძლებდეს რაც შეიძლება ხანგრძლივ მუშაობას თვისებრივი შედგენილობის შეუცვლელად.

ზეთით ჩამოთვლილი აპარატების ტევადობა თანამედროვე ელექტროსადგურებსა და ქვესადგურებში, ხშირად აღწევს რამოდენიმე ტონას, ამიტომ ზეთის შეცვლა დაკავშირებულია მნიშვნელოვან მატერიალურ ხარჯებთან.

ბოლოს, ზეთის თვისებების ყოველგვარი ცვლილება დაძველების პროცესში აუარესებს მის, როგორც იზოლატორის ხარისხს, ხოლო ზეთში უხსნადი წვის მყარი პროდუქტები, დაფენილი აპარატის ელემენტების შიდა ზედაპირზე, ამცირებს სითბომიმოცვლას, ელექტროიზოლაციას და შეიძლება შეიქმნას ავარიის მიზეზი.

ტრანსფორმატორის ზეთის, როგორც დიელექტრიკის, უმნიშვნელოვანეს მახასიათებელს წარმოადგენს დიელექტრიკული სიმტკიცე ან გარღვევის ძაბვა. ის იზომება იმ ძაბვით, რომელიც საჭიროა 1 სმ სისქის დიელექტრიკის (ზეთის) ფენის გარღვევისათვის.

აპარატის ტიპის მიხედვით, ძაბვა და სიმძლავრე ზეთისგან მოითხოვს გარკვეულ დიელექტრიკულ სიმტკიცეს. თუმცა, როგორც წესი დიელექტრიკული სიმტკიცე (მდგრადობა) ახალი ზეთის უნდა იყოს არანაკლებ 40 კილოვატისა, ხოლო ექსპლუატაციისას ეს სიდიდე არავითარ შემთხვევაში არ უნდა იყოს 12 კილოვატზე ნაკლები.

ზოგჯერ ზეთების გამოყენებისას (კონდენსატორები, ზეთით შევსებული კაბელები) დიდი მნიშვნელობა აქვთ ზეთების მეორე მახასიათებელ სიდიდეს – დიელექტრიკულ დანაკარგს.

ელექტრული თვისებების მიხედვით ზეთები შეიძლება განხილულ იქნას როგორც ნეიტრალური (არაპოლარული) და პოლარული სითხეების წარწევი. არაპოლარულ-იდეალურ დიელექტრიკებს წარმოადგენენ ნახშირწყალბადები, ხოლო პოლარულს (დიპოლებს) ფისოვანი ნივთიერებები, ორგანული მჟავები და სხვა.

როდესაც დიპოლი იმყოფება ელექტრულ ველში, თავისი ღერძით ის ორიენტირდება ველის ძალხაზების მიმართულებით. ცვლადი ელექტრული ველის დროს ყოველი პერიოდის ნახევარში იცვლება დიპოლების მდებარეობა, რომელ-

საც ინვევს ველის მიმართულების ცვლილება. დიპოლების ეს ბრუნვა დაკავშირებულია ენერგიის ხარჯვასთან და სითბოდ გარდაქმნასთან. წარმოიქმნებიან მუდმივ დენთან შედარებით დამატებითი ე.წ. დიელექტრიკული დანაკარგები.

რ. ა. ლიპშტეინმა და ე. ნ. შტერნმა აჩვენეს, რომ ახალი საკონდენციო ტრანსფორმატორული ზეთების მაღალი დიელექტრიკული დანაკარგები დამოკიდებულია ძირითადად მათში მეტალშეცველი ზოგიერთი ორგანული ნივთიერებების არსებობაზე. მაგ.: ნატრიუმის, კალციუმის, რკინის და ა.შ. ნაფტენატების და სულფონაფტენატების.

ზეთების გარეცხვის ხარისხი, ზეთებიდან საპნის მოცილების სისრულე, კონტროლირდება ე.წ. ზეთში ნატრიუმის ტუტის შემცველობაზე.

დიელექტრიკული სიმტკიცე და დიელექტრიკული დანაკარგები დამოკიდებულია ასევე ზეთის მექანიკურ სისუფთავეზე (მექანიკური მინარევების არარსებობაზე). ზეთში ნესტის, ბოჭკოების, ქსოვილების, მტვერის და ა.შ. კვალის არსებობა მკვეთრად ამცირებს გარღვევის ძაბვას და ზრდის დანაკარგებს. ამიტომ ზეთში მექანიკური მინარევებისა და სინესტის განსაზღვრა აუცილებელია.

ტრანსფორმატორის ზეთის მეტად მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს მისი ჟანგვის მიმართ სტაბილობა.

ტრანსფორმატორის მუშაობისას ელექტროენერგიის დანაკარგის შედეგად ხდება სითბოს მნიშვნელოვანი რაოდენობით გამოყოფა, რაც გადაიტანება ზეთის მიერ ტრანსფორმატორის აქტიური ნაწილიდან გარსების კედლებისაკენ; ამ დროს ზეთი ცხელდება 70-80°C-მდე.

ზეთი ტრანსფორმატორში უნდა მუშაობდეს შეუცვლელად წლების განმავლობაში. მიუხედავად იმისა, რომ კონდენსატორის არსებობა ძალიან აბრკოლებს ჰაერის ჟანგბადის შეღწევას, ზომიერად მაღალი ტემპერატურისას ზეთი თანდათანობით მაინც იჟანგება; ზეთების დაჟანგვის შედეგად მასში ხდება უხსნადი პროდუქტების (შლამის) წარმოქმნა, რომლებიც ილექება ტრანსფორმატორის სხვადასხვა ნაწილებში, ხოლო ზეთებში გროვდება მჟავები და დაჟანგვის სხვა პროდუქტები.

ტრანსფორმატორის ზოგიერთი ელემენტის ზედაპირზე შლამის დაფენა აუარესებს შუა ნაწილიდან სითბოს გადაცემას და ინვევს მის გადახურებას, ზეთის საშუალო ტემპერატურის გაზრდას და ქმნის ავარიის საშიშროებას შლამში მოკლე ჩართვის გამო.

როდესაც ზეთში მჟავათა რაოდენობა აღწევს გარკვეულ ზღვარს, შეიძლება კოროზია განიცადოს აპარატის მეტალურმა ნაწილებმა, რაც ამცირებს საიზოლაციო ბამბის ქსოვილის მექანიკურ სიმტკიცეს.

პრაქტიკული თვალსაზრისით შესაძლებელია შლამის დიდი ნაწილი იხსნებოდეს ცხელ ზეთში და გაცივებისას კვლავ გამოიყოს, რასაც აჩვენებს 20°C და 80°C ზეთის გაფილტვრისას გამოყოფილი შლამის რაოდენობა.

ბოლოს, დაჟანგვა განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც მისი ერთ-ერთი პროდუქტი წყალია, შეიძლება იყოს ზეთების დიელექტრიკული სიმტკიცის შემცირე-

ბის მიზეზი. ამიტომ საჭიროა ზეთის შემონმება დაჟანგვის მიმართ სტაბილობაზე, რომელიც განისაზღვრება ლაბორატორიულ პირობებში დაჟანგვის შედეგად წარმოქმნილი მჟავური რიცხვისა და ნალექის რაოდენობით.

ტრანსფორმატორულ ზეთებს მოეთხოვებათ, რომ ნებისმიერ ტემპერატურაზე (რომლებიც შესაძლებელია განვითარდეს ზეთით შევსებულ აპარატში) ინარჩუნებდნენ ძვრადობას – 45°C-დან 35°C ტემპერატურამდე, რომელიც აუცილებელია ინტენსიური სითბომომოცვლისათვის და სწრაფი მიდინებისათვის ცხელ რკალთან ზეთის გამომრთველებში.

ტრანსფორმატორის ზეთის ძირითადი მახასიათებლებია:

სიბლანტე 20°C	-----	ა/უ 37სსტ;
სიბლანტე 50°C	-----	ა/უ 9.6სსტ;
გამყარების ტემპერატურა	-----	ა/უ – 45°C;
მჟავური რიცხვი	-----	ა/უ 0.35მგ KOH;
ნალექის შემცველობა	-----	ა/უ 0.1%;

გარდა ამისა, ზოგ შემთხვევაში (ზოგიერთი აპარატებისათვის) ზეთის ხარისხს წაეყენება სპეციფიკური მოთხოვნები:

1. რკალის ჩაქრობისას ზეთში ფისოვან ნივთიერებათა მინიმალური რაოდენობით წარმოქმნა.
2. მაღალი ხვერითი წინაღობა, რათა უზრუნველყოფილ იყოს მინიმალური დანაკარგები ზეთით შევსებულ კონდენსატორსა და კაბელებში.
ზეთის ვარგისიანობის გაზრდის მიზნით, გარდა ზემოთ განხილული ანტიდამყანგავების დამატებისა, საჭიროა შემდეგი ზომების მიღება:
 1. ზეთის დაცვა ჰაერთან შეხებისაგან;
 2. ზეთის უწყვეტი ფილტრაციის განხორციელება ადსორბენტებში ან ე.წ. თერმოსიფონურ ფილტრებში.

12.4.2. ზეთებისადმი დანამატები

ზეთების საექსპლუატაციო თვისებების ასამაღლებლად ზეთებში შეაქვთ დანამატები, რომელთაც მოქმედების მიხედვით ყოფენ: სიბლანტის გამაუმჯობესებლები, დეპრესორები, ანტიდამყანგავები, დეტერგენტები, ანტიკოროზიული, გამრეცხი, მადისპერგირებელი, ცვეთის საწინააღმდეგო, ქაფის საწინააღმდეგო.

სიბლანტის გამაუმჯობესებელი დანამატები ზრდიან ზეთების სიბლანტეს, შესაძლებელს ხდიან წარმოქმნან ზეთები უფრო დამრეცი სიბლანტის ტემპერატურული მრუდებით. ასეთ დანამატებად გამოიყენება ძაფისმაგვარი ალნაგობის, მაღალი მოლეკულური მასისა და დიდი სიბლანტის მქონე ნივთიერებები: პოლიიზობუტილენები მოლეკულური მასით 4000-6000 (KPI-5), 9000-15000(KPI-10), 15000-20000(KPI-20), და პოლიმეთილაკრილატები მოლეკულური მასით 3000-4300 (PIMA „B-1“) და 12000-17000 (PIMA „B-2“).

დეპრესორული დანამატები ეფექტურად ამცირებს ზეთების გამყარების ტემპერატურას და აუმჯობესებს დაბალ ტემპერატურაზე გლინვის უნარს. გამოყენებული დეპრესორებია ქლორპარაფინის კონდენსაციის პროდუქტი ნაფთალინთან და ფენოლთან, კალციუმის ალკილფენოლატი, მეთაკრილის მჟავას ეთერების პოლიმერიზაციის და ნორმალური აღნაგობის ცხიმოვანი სპირტების ნარევი.

დაჟანგვის ინჰიბიტორებს, მათი გამოყენების პირობების მიხედვით ყოფენ დაბალტემპერატურულ და მაღალტემპერატურულ ანტიდამჟანგავ დანამატებად.

დაბალტემპერატურულ დაჟანგვის ეფექტურ ინჰიბიტორს წარმოადგენს იონოლი. მას უმატებენ ტურბინის, ტრანსფორმატორების და ინდუსტრიულ ზეთებს.

მაღალტემპერატურულ ანტიდამჟანგავ ინჰიბიტორად გამოიყენება დითიოფოსფორმჟავას რთული დიეთერების ბარიუმისა და თუთიის მარილები (ДФ-1) და (ДФ-11), დიალკილარილდითიოფოსფორმჟავას კალციუმის მარილები (МНИ-III-22K) და სხვა. მაღალტემპერატურული ანტიდამჟანგავებს უმატებენ ძრავის ზეთებს.

დეტერგენტული (გამრეცხი) და დამაქუცმაცებელი დანამატები აბრკოლებენ დანალექების და აფსკის წარმოქმნას.

დეტერგენტულ დანამატებად გამოიყენება კალციუმის და ბარიუმის ალკილსულფონატები (СБ-3, С-300, ПМС), კალციუმის და ბარიუმის ალკილფენოლატები.

პოლარული აღნაგობის დეტერგენტები ადსორბირდებიან მეტალურ ზედაპირზე და აბრკოლებენ ფისოვანი ნივთიერებების, ლაქისებური აფსკებისა და დანალექების წარმოქმნას ძრავებში. ასევე ისინი აფერხებენ შუალედურად წარმოქმნილი ჰიდროქსიმჟავების კონდენსაციას – ფისების და ნალექების წარმოქმნას.

დამაქუცმაცებელი დანამატები ზეთებში კარგად ხსნადი ნივთიერებებია და ხასიათდებიან მყარი ნაწილაკების დისპერგირებისა და დიდი რაოდენობით მყარი ნაწილაკების შეტივარებულ მდგომარეობაში შეკავების უნარით, ამ თვისებებით ხასიათდებიან და გამოიყენებიან ქარვის მჟავას იმიდის ნაწარმები.

გაპოხვის უნარის გასაუმჯობესებლად ცვეთამედეგობის ასამაღლებლად ზეთებს უმატებენ დითიოფოსფორმჟავას ნაწარმებს (ЭФО, ЛЗ-309/2).

ენერგიული მორევის პირობებში ზეთები ჰაერთან წარმოქმნიან ქაფს, ამ მოვლენის აცილებისათვის ზეთებს უმატებენ ქაფწარმოქმნის საწინააღმდეგო საშუალებას –პოლიმეთილსილოქსანს (ПМС -200А).

არსებობს მრავალფუნქციური დანიშნულების დანამატები, რომლებიც შეიცავენ სხვადასხვა ფუნქციურ ჯგუფს, რის გამოც ერთდროულად ახდენენ რამდენიმე თვისების გაუმჯობესებას.

12.5. პლასტიკური საცხები მასალები

დახურული, განსაკუთრებით მაღალი დინამიკური დატვირთვისათვის (კბილოვანი ან ჯაჭვური) ან დიდი სიჩქარით მბრუნავი მექანიზმების ხახუნის კვანძებში გასაპოხად გამოიყენება პლასტიკური საცხები მასალები. მათ ფართო გამოყენება მოიპოვეს ასევე სხვადასხვა მეტალური ნაკეთობების დასაცავად გარემო არის კოროზიული ზემოქმედებისაგან და სხვადასხვა სისტემების ჰერმეტიზაციისათვის.

პლასტიკური საცხების შემადგენელი კომპონენტებია თხევადი ფაზა (საფუძველი), შემასქელებელი და შემავსებელი. თხევად ფაზად გამოიყენება ნავთობური ზეთები, ქლორ-, ფტორ-, სილიციუმორგანული ნაერთები, რთული ეთერები ან ამ ნივთიერებათა ნარევი.

შემასქელებლების მიხედვით საცხებ მასალებს ყოფენ სამ ტიპად.

I ტიპის საცხები, რომელშიც შემასქელებლად გამოყენებულია მყარი ნივთიერებები, რომლებიც ლღობის ტემპერატურასთან მიახლოებულ ტემპერატურაზე იხსნებიან ზეთებში და ლღობის ტემპერატურაზე ზეთებთან წარმოქმნიან ქვემარტივ ხსნარებს. ასეთი ნივთიერებებია მყარი ნახშირწყალბადები: პარაფინები, ცერეზინები, ცვილები. ასეთი ტიპის საცხების პლასტიკურობა შეზღუდულია შემავსებლის ლღობის ტემპერატურით;

II ტიპს მიეკუთვნება საცხები, რომლებშიც შემასქელებლად გამოყენებულია თერმულად მდგრადი წვრილად დაფხვიერებული ორგანული და არაორგანული ნივთიერებები, როგორცაა: შარდოვანა, ტექნიკური ნახშირი, ქარსი, სილიკაგელი, გოგირდოვანი მოლიბდენი.

III ტიპის საცხები, რომელშიც შემასქელებლად გამოყენებულია ისეთი მყარი ნივთიერებები, რომლებიც არ იხსნებიან ზეთებში და არც დისპერგირდებიან თხევად ფაზაში კოლოიდური სისტემის წარმოქმნით. ასეთი შემასქელებლებს წარმოადგენენ საპნები.

საპნების შემადგენლობაში შემავალი კატიონების მიხედვით განასხვავებენ რამდენიმე ჯგუფის საცხებს.

I ჯგუფს ეკუთვნის საცხები, რომლებშიც შემასქელებელს წარმოადგენენ Na^+ -ის და Li^+ -ის შემცველი საპნები. საცხები სტაბილურია 5-6%-ის რაოდენობით შემასქელებლის შემცველობისას. აღსანიშნავია, რომ ლითიუმოვანი საცხები ყინვამდევე არიან. ხოლო ნატრიუმოვანი საცხები –წყლის მოქმედებისადმი დაბალი მედეგობით ხასიათდებიან.

II ჯგუფს ეკუთვნის საცხები, რომლებშიც შემასქელებელი Ca -ის და Ba -ის საპნებია. ასეთი საცხები საკმაოდ მდგრადებია საპნების 8-10%-ის შემცველობისას.

საცხების თვისებების გასაუმჯობესებლად იყენებენ კომპლექსურ საპნებს – Ca -ის და Na -ის იონების შემცველ საპნებს, ასევე ერთი და იმავე კატიონის შემცველი დაბალი და მაღალი რიგის ცხიმოვან მჟავათა საპნებს. მაგ., სტეარინის და ძმარმჟავას კალციუმის მარილი.

შემავსებლად გამოიყენება გრაფიტი, საღებარი და სხვა ნივთიერებები.

საცხები მასალების კლასიფიკაციას ახდენენ სხვადასხვა ნიშნისა და კონსისტენციის მიხედვით: ნახევრად თხევადი, პლასტიკური და მყარი საცხები. გამოყენებული შემასქელებლის ტიპის მიხედვით კი – ნახშირწყალბადოვანი, საპნიანი, არაორგანული და ორგანული. გამოყენების სფეროს მიხედვით – ანტიფრიქციული, ხახუნის შემამცირებელი, დამცველი, საკონსერვაციო, შემმკვრივებელი და საბაგირო.

პლასტიკური საცხები კოლოიდური სისტემებია, რომელთაც გააჩნიათ შემასქელებელი ნაწილაკების მიერ წარმოქმნილი სივრცითი სტრუქტურა. თხევადი ფაზის შეკავება ნახევრად მყარ მდგომარეობაში ხდება მყარი ნაწილაკების მიერ მიზიდვის ძალებით, ასევე თხევადი ფაზის მექანიკური ჩართვით შემასქელებლის კრისტალებში.

ხახუნის კვანძებში საცხების ნორმალურ მუშაობას ძირითადად კოლოიდური სისტემის სტაბილობა განაპირობებს.

კოლოიდური სისტემის დაბალი სტაბილობის შემთხვევაში გაცხელების ან ხანგრძლივად შენახვისას ხდება საცხების ფაზეზად დაყოფა-სინერიზისი, რის გამოც საცხებიდან ზეთი გამოედინება. საცხები კარგავს პლასტიკურობას, გაპოხვის უნარს ანუ დაცვის თვისებას.

კოლოიდური სისტემის სიმტკიცის ასამაღლებლად საცხებს უმატებენ სტაბილიზატორებს (წყალი, ტუტეები, ორგანული მჟავები და მათი მარილები, სპირტები, ეთერები).

საცხები მასალის ხარისხი განისაზღვრება ასევე დაჟანგვისადმი მდგრადობით. ჰაერის ჟანგბადის, გაცხელების ან სხვა ფაქტორების მოქმედების შედეგად ადგილი აქვს შემასქელებლის და ზეთების დაჟანგვას და დაშლას; შედეგად საცხებში ხდება როგორც ფისოვანი და ნახშირბადოვანი დანალექების წარმოქმნა, ასევე მჟავების წარმოქმნა, რომლებიც იწვევს მეტალთა ზედაპირების კოროზიას.

სიბლანტის, ადგეზიის უნარის, თერმოჟანგვითი სტაბილობის ასამაღლებლად საცხებს უმატებენ სხვადასხვა დანამატებს.

საცხების საექსპლუატაციო მახასიათებელი პარამეტრებია: სიბლანტე, სიმტკიცის ზღვარი, პენეტრაცია (განისაზღვრება საცხებში სპეციალური ხელსაწყო-ს კონუსის შეღწევის სიღრმით), წვეთვარდნა, აორთქლებადობა.

12.6. საქვაბე საწვავი

საქვაბე საწვავი წარმოადგენს ნავთობის პირველადი და მეორადი გადამუშავების (კრეკინგის პროცესების, დაკოქსვის, ზეთების გადამუშავების) მძიმე ნარჩენს. ვინაიდან ნავთობის პირდაპირი გამოხდის ნარჩენიდან ხდება რიგი მნიშვნელოვანი ნავთობპროდუქტის მიღება, საქვაბე საწვავად უპირატესად ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მეორადი გადამუშავების შედეგად დარჩენილი მარეზინი გამოიყენება.

მაზუთი გამოიყენება სანვავად საქვაბე, თბოელექტროსადგურების, საზღვაო და სამდინარო გემების და სხვადასხვა სამრეწველო ღუმელებისათვის. გამოყენების სფეროს მიხედვით არსებობს ორი სახის მაზუთი: საცეცხლე და ფლოტის.

სასაქონლო საქვაბე სანვავის საექსპლუატაციო მახასიათებელია სიბლანტე, გამყარების ტემპერატურა, ფეთქების ტემპერატურა, ნაცრიანობა, გოგირდის, წყლის და მექანიკური მინარევების შემცველობა.

მაზუთისათვის სიბლანტე წარმოადგენს ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ტექნიკურ მახასიათებელს. ის განსაზღვრავს სანვავის გამოყენების შესაძლებლობებს და პირობებს. სიბლანტეზეა დამოკიდებული მაზუთის ნაკადის გაფრქვევის ხარისხი და შედეგად სრული წვა.

საცეცხლე მაზუთის სიბლანტე არ უნდა აღემატებოდეს $6-16^{\circ}\text{C}$. (80°C), ხოლო ფლოტის მაზუთის — $4-12^{\circ}\text{C}$. (50°C) (პ.ს.– პირობითი სიბლანტე). საჭირო შემთხვევაში მაზუთს ანზავებენ გაზოილით.

გამაგრების ტემპერატურა ის მინიმალური ტემპერატურაა, რომლის დროსაც შესაძლებელია სანვავის გადაქცევა და ჩამოსხმა წინასწარი გაცხელების გარეშე. ამიტომ სანვავის გამაგრების ტემპერატურა წარმოადგენს თხევადი საქვაბე სანვავის მნიშვნელოვან პარამეტრს, რადგან მისი სიდიდის მიხედვით ხდება ტრანსპორტის, მილსადენების, გამაცხელებელი სისტემის და საერთოდ, სანარმოო სანვავი მეურნეობის სქემის შერჩევა. ფლოტის სანვავის გამაგრების ტემპერატურა არ უნდა აღემატებოდეს -7°C . -8°C , ხოლო საცეცხლე მაზუთის $10-15^{\circ}\text{C}$.

მაზუთის ნაცრიანობას განაპირობებს მარილები და მეტალორგანული ნაერთები, ასევე კატალიზური კრეკინგის შედეგად მიღებულ მაზუთში გადასული კატალიზატორის მტვერი, რომელთა შემცველობა მაზუთში დამოკიდებულია ნავთობის გაუწყლოებისა და მარილებისაგან გასუფთავების (დემეტალიზაციის) ხარისხზე.

ნაცარი ამცირებს საქვაბე სანვავის გამოყენების ეფექტურობას, ის ეფინება ქვაბების, ორთქლისა და ჰაერის გამახურებელი მილების, ეკონომიზერისა და სხვა დანადგარის კედლებს, იწვევს მათ წყობიდან გამოყვანას.

მაზუთში ნაცრიანობა არ უნდა აღემატებოდეს $0.05-0.14\%$ -ს.

უარყოფითად მოქმედებს მაზუთის ხარისხზე წყლისა და მექანიკური მინარევების შემცველობა.

წყლის შემცველობა ზრდის გამაცხელებელ ზედაპირზე მარილთა ნალექის წარმოქმნას. მექანიკური მინარევების შემცველობა აბრკოლებს ფრქვევანას მუშაობას, ხდება სანვავის არხებისა და ფრქვევანას დაზიანება.

ფეთქების ტემპერატურა ახასიათებს საქვაბე სანვავის ხანძრის უშიშროებას.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაზუთის ეს მახასიათებელი გემებისათვის, რადგან ამ შემთხვევაში სანვავი ინახება და გამოიყენება დახურულ შენობაში. ამ ტიპის სანვავისათვის ფეთქების ტემპერატურა, განსაზღვრული დახუ-

რულ ტიგელში, უნდა იყოს 90°C-ის ტოლი. ორთქლის ქვაბებისა და სამრეწველო ლუმენებისათვის გამოყენებული სანვავის ფეთქების ტემპერატურა უნდა იყოს 80°C-იდან 120°C-ის ფარგლებში.

12.7. ბიტუმი

ნავთობური ბიტუმები მუქი ფერის მყარი, ნახევრადმყარი ან თხევადი კონსტიტენციის რთული შედგენილობის ნავთობპროდუქტებია. მათ მისაღებად გამოიყენება მძიმე ფისოვან-ასფალტენური ნავთობების გადამუშავების ნარჩენი პროდუქტები, კრეკინგ-ნარჩენები, გუდრონები, ასფალტენები, ზეთების გასუფთავების ნარჩენი ექსტრაქტები.

განასხვავებენ ნარჩენ, დაჟანგულ და კომპაუნდირებულ ბიტუმებს. ნარჩენი ბიტუმები მიიღებიან ფისოვანი ნავთობისა და კრეკინგის პროდუქტების ვაკუუმში ღრმა გამოხდის შედეგად დარჩენილი მასისაგან. ის შავი ან მუქი-ყავისფერი, ოთახის ტემპერატურაზე ბლანტი ან მყარი ნივთიერებაა.

დაჟანგული ბიტუმები მიიღება ნავთობის გამოხდისა და ასევე კრეკინგ-პროცესების ნარჩენებში ცხელი ჰაერის ჩაბერვით. ჟანგვითი პროცესების შედეგად მიიღება უფრო მტკიცე, რეზინის მაგვარი ბიტუმი.

ბიტუმების შედგენილობაში ძირითადად შედის ზეთები, ფისები, ასფალტენები, ასფალტოგენური მჟავები და მათი ანჰიდრიდები.

ასფალტენების შემველობა ბიტუმში გავლენას ახდენს მათ სიმყარესა და დარბილების ტემპერატურაზე. რაც უფრო მეტია ბიტუმში ასფალტენების შემცველობა, მით უფრო მყარია ბიტუმი. ფისების შემცველობა ანიჭებს ბიტუმებს ელასტიურობას და მაცემენტირებელ უნარს. ზეთები ბიტუმებს ანიჭებენ ყინვაგამძლეობას; გარდა ამისა ზეთებში ხდება ფისების გახსნა, ასფალტენების გაჯირჯვება.

ფიზიკურ-ქიმიური თვალსაზრისით ბიტუმები განიხილება, როგორც ასფალტენებისა და ასოცირებული მაღალმოლეკულური ფისების რთული კოლოიდური სისტემა ზეთებისა და დაბალმოლეკულური ფისების არეში.

ბიტუმების გამოყენების სფერო მეტად მრავალმხრივია. მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში მათი მოხმარება ყოველწლიურად იზრდება. ბიტუმები ფართოდ გამოიყენება საავტომობილო გზების და აეროდრომების ფენილებისათვის, სამშენებლო საქმეში, შენობების გადასახურავ მასალად, საიზოლაციო მასალად, ფირისნარმომქმნელი აფსკის, ლაქების, რეზინების დამარბილებელ საშუალებად და სხვა.

გზების მშენებლობის დროს, თანაბარი სისქის საფარის მისაღებად, ბიტუმებს ურევენ ხრეშსა და ქვიშას. როგორც შერევა, ისე ასფალტის დაგება ხდება მაღალ ტემპერატურაზე, რაც გარკვეულ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული (საფარის დაგებისას სპეციალური გამაცხელებელი აპარატურის გადაადგილება, მძიმე ნავთობპროდუქტების ორთქლით გარემოს დაბინძურება). ამის თავიდან ასაცილებლად ბიტუმს უმატებენ გამათხევადებელს – გამზავებელს, რომე-

ლიც ახდენს ბიტუმის დარბილებას და საშუალებას იძლევა გარემოს ტემპერატურაზე დაიგოს ასფალტის ფენა. ასფალტის დაგების შემდეგ გამზავებული ორთქლდება და წარმოიქმნება მტკიცე და მაგარი ასფალტის საფარი.

თუ საჭიროა მყარი საფარის სწრაფი წარმოქმნა, გამზავებლად იყენებენ ნაფთას ($105-160^{\circ}\text{C}$ ფრაქციას), ხოლო იმ შემთხვევაში, თუ დასაშვებია უფრო ხანგრძლივი დრო მასალის გამაგრებისათვის, გამოიყენება ნავთი. ბიტუმის ამ მეთოდით გამოყენებასაც გააჩნია უარყოფითი მხარე; გამზავებლის დიდი რაოდენობა აორთქლების გამო იკარგება და გარდა ამისა იწვევს ჰაერის დაბინძურებას.

ასფალტის დაგებისას გამზავებლის გამორიცხვისათვის ბოლო წლებში გამოყენება მოიპოვა ბიტუმი-წყლის ($50-70\%$ ბიტუმისა და $50-30\%$ წყლის შემცველობის) ემულსიებმა. სისტემის სტაბილიზაციისათვის მას უმატებენ 1% -ის რაოდენობით საპნის ტიპის ემულგატორს.

საფარად აღნიშნული ემულსიის გამოყენებისას, წყალი ორთქლდება ისევე, როგორც გამზავებელი და შედეგად წარმოიქმნება მყარი საფარი.

საგზაო ბიტუმების ძირითადი დანიშნულებაა მინერალური მასალების (ხრეშის, სილის) შენება-შეკავშირება, მინერალურ ნაწილაკებს შორის სივრცის შევსება, მათთვის ჰიდროფობური თვისებების მინიჭება.

საგზაო ბიტუმები უნდა ხასიათდებოდნენ სითბომედეგობით – ინარჩუნებდნენ სიმტკიცეს მაღალ ტემპერატურაზე, ყინვაგამძლეობით – ინარჩუნებდნენ ელასტიურობას დაბალ ტემპერატურაზე. დიდი ხნის განმავლობაში ინარჩუნებდნენ საწყის სიბლანტეს და სიმტკიცეს.

სამშენებლო ბიტუმი შეიძლება იყოს ნაკლებად ელასტიური, მაგრამ უნდა იყოს უფრო მყარი.

საგზაო ბიტუმების ექსპლუატაციის პირობებში მზის სინათლის, ჰაერის ჟანგბადის, გარემოს ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილების (ზამთრის და ზაფხულის პირობებში), გაძლიერებული დინამიური დატვირთვის (მოძრავი ტრანსპორტის მოქმედების) შედეგად ირღვევა ბიტუმის კოლოიდური სისტემა, ფისები და ასფალტენები გადადიან კარბენებში და კარბოიდებში; ბიტუმი კარგავს მინერალურ კომპონენტებთან მიწებების უნარს, ბიტუმი ხდება მსხვრევადი, უჩნდება ბზარები და იფშვნება.

ბიტუმების საექსპლუატაციო მახასიათებლებია:

1. ნემსის შეღწევალობის უნარი (პენეტრაცია), იზომება მმ-ში, მიღებული შედეგები მრავლდება 0.1 -ზე. სხვადასხვა მარკის საგზაო ბიტუმებისათვის დასაშვებია ($40-60$), ($60-90$), ($90-130$) ($130-200$) ($200-300$); სამშენებლო ბიტუმებისათვის $21-40$; $5-20$.
2. დარბილების ტემპერატურა $30-95^{\circ}\text{C}$;
3. დაჭიმვის ან განელვის უნარი სმ-ში, 25°C -ზე $940-650$, 0°C -ზე $93.5-20$.
4. სიმყიფე არა უმეტესს – 20°C ;
5. ფეთქების ტემპერატურა არა უმცირესს 240°C .

12.8. ნავთობის კოქსი

ნავთობის მძიმე პროდუქტების თერმული კრეკინგის (~540-550°C ტემპერატურაზე) შედეგად ღია ფერის ნავთობპროდუქტებთან ერთად ხდება გამოხდის საბოლოო პროდუქტის (მშრალი ნაშთის) – ნავთობის კოქსის წარმოქმნა. რადგან ნავთობის კოქსმა გამოყენება მოიპოვა მრეწველობაში (განსაკუთრებით ელექტროდების წარმოებაში), დამუშავებულია მძიმე ნარჩენებისა და ნავთობგადამუშავების ნარჩენებიდან კოქსის მიღების პროცესები, რომელსაც დაკოქსვა ეწოდება.

ამჟამად დაკოქსვის პროცესის მიზანია, როგორც ნავთობის მძიმე ნედლეულიდან ღია ფერის ნავთობპროდუქტების მიღება, ისე კოქსის წარმოება.

ამ პროცესის ნედლეულად გამოიყენება: მახუთი, გუდრონი, ბუნებრივი ასფალტები, კრეკინგ-პროცესის ნარჩენები (კატალიზური კრეკინგის პროდუქტი), მძიმე პიროლიზური ფისი, მძიმე გაზოილი, ზეთის წარმოების ნარჩენები (ექსტრაქტები).

დაკოქსვისათვის ძირითადად 3 მეთოდი გამოიყენება: 1) დაკოქსვა კუბებში, 2) შენელებული დაკოქსვა 3) დაკოქსვა ფსევდოგათხევადებულ მდგომარეობაში – ე.წ. „მდულარე ფენაში“.

1) კუბებში დაკოქსვის დანადგარის ძირითად აგრეგატს წარმოადგენს საკოქსავი კუბი – ჰორიზონტალური ცილინდრული აპარატი, რომელშიც თავსდება წინასწარ გაცხელებული (არანაკლებ 100°C) ნედლეული. შევსებული კუბი ცხელდება კუბში ტემპერატურის თანდათანობით გაზრდით – თავდაპირველად 40-60°C-ია, ხოლო შემდეგ 10-30°C-ით. დაშლის აქროლადი პროდუქტები უწყვეტად სცილდება სარეაქციო არეს (ხდება სარეაქტიფიკაციო სვეტში გადაქაჩვა). 450-540°C-ზე გაცხელებისას გამოიყოფა მძიმე დისტილატები, რომლის დამთავრების შემდეგ ტემპერატურა მცირდება. გაცივების შემდეგ წარმოქმნილი კოქსი თითქმის არ შეიცავს აქროლად ნივთიერებებს და არ საჭიროებს დამატებით გახურებას.

ნედლეულად კრეკინგ-ნარჩენებისა და პიროლიზის ფისის გამოყენებისას, ამ მეთოდით მიიღება სპეციალური ხარისხის კოქსი, რომლის მიღება სხვა მეთოდებით არ ხერხდება.

2) შენელებული დაკოქსვა. ამ მეთოდით მიღოვან ლუმელში მოთავსებული ნედლეული ცხელდება 500°C-მდე (0.2-0.3მპა წნევის პირობებში) და გადადის ვერტიკალურ ცილინდრში –დაკოქსვის კამერაში, სადაც დასაკოქსი ნედლეული იმყოფება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში და მის მიერ აკუმულირებული სითბოს ხარჯზე განიცდის დაკოქსვას; მსუბუქი დისტილატები კი საკოქსავი კამერის ზედა ნაწილიდან გადადიან სარეაქტიფიკაციო სვეტში. როდესაც რეაქტორის მოცულობის 70-90% შეივსება კოქსით, კამერა გამოირთვება და გაცხელებული ნედლეული შედის მილოვანი ლუმელიდან მეორე კამერაში. გამორთული კამერიდან ხდება კოქსის გადმოტვირთვა.

ნედლეულის ჩატვირთვისა და ღია ფერის ნავთობპროდუქტების გამოხდის მიხედვით უწყვეტი, ხოლო კოქსის გადმოტვირთვის მიხედვით პერიოდული ხასიათის პროცესია.

3) ფსევდოგათხევადებულ („მდულარე“) ფენაში დაკოქსვისას წინასწარ გაცხელებული ნედლეული გადადის რეაქტორში, სადაც კონტაქტში შედის მასზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელებულ თბომატარებელთან, რომლის ზედაპირზეც განიცდის დაკოქსვას. თბომატარებლად გამოიყენება 0.3მმ ზომის ნაწილაკები.

დაკოქსვისათვის გამოყენებული თბომატარებლის მაღალი ტემპერატურა ხელს უწყობს კოქსის ნაწილაკის ზედაპირიდან დაშლის პროდუქტების აქროლვას. ამასთანავე მცირდება შემდგომი დაშლისა და შემჭიდროების პროდუქტების წარმოქმნის შესაძლებლობა.

ელექტროდების დასამზადებლად გამოყენებული კოქსი საჭიროებს დამატებით დამუშავებას – გახურებას, რომელსაც ატარებენ 1200-1300°C-ზე. ამ დროს კოქსს სცილდება წყალი და აქროლადი ნახშირწყალბადები. ამ პროცესს კალცინირება ეწოდება.

ნავთობიდან მიღებული კოქსი მუქი ნაცრისფერი, შავი ფერის მყარი ფისოვანი ნივთიერებაა. დაკოქსვის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლებია – გოგირდის, ნაცრის, ტენის, აქროლადი ნივთიერებების შემცველობა, გრანულომეტრული შედგენილობა, მექანიკური სიმტკიცე.

გოგირდის შემცველობის მიხედვით კოქსს ყოფენ მცირეგოგირდოვან (1.0%-მდე), საშუალოგოგირდოვან (1.5%-მდე), გოგირდოვან (4.0%) და მაღალგოგირდოვან (4.0%-ის ზევით) კოქსად. გრანულომეტრული შედგენილობის მიხედვით დაყოფა ხდება ნატეხების ზომის მიხედვით – მცირენაცრიანი (0.5%-მდე), საშუალო ნაცრიანი (0.5-0.8%-მდე), მაღალნაცრიანი (0.8%-ზე მეტი).

ნავთობის კოქსს მნიშვნელოვანი გამოყენება აქვს მრეწველობაში; მეტალურგიაში ელექტროდების დასამზადებლად, განსაკუთრებით Al-ის და Mg-ის წარმოებაში, მან შეცვალა ძვირადღირებული გრაფიტის ელექტროდები. სხვადასხვა დანიშნულების კარბიდების მისაღებად: Be_2C , B_4C , TiC , აბრაზიულ და ცეცხლგამძლე მასალების წარმოებაში, B_4C , ZnC – ბირთვულ ენერგეტიკაში – კონსტრუქციული გრაფიტული მასალების მისაღებად, აგრესიული გარემოს მოქმედების პირობებში საჭირო ქიმიური აპარატურის დასამზადებლად, ქიმიურ ტექნოლოგიაში აღმდგენად და სხვა.

13. ნავთობი და ეკოლოგია

ნავთობი და ნავთობპროდუქტები გარემოს ყველაზე მეტად გავრცელებულ დამაბინძურებელ ნივთიერებებს წარმოადგენენ.

ნავთობის მოპოვება, მისი მომქმედი ჭაბურღილები, გადამუშავება, ნავთობპროდუქტების მრავალმხრივი და ფართო გამოყენება გარემოს დაბინძურების წყაროებია. აღსანიშნავია, რომ ძირითადი ნავთობმომპოვებელი ქვეყნები დაშორებულია მომხმარებელი რეგიონებიდან, ამიტომ აუცილებელი ხდება მისი გადაზიდვა საზღვაო და სახმელეთო ტრანსპორტით, აგრეთვე მილსადენებით, რომელთა ავარიები ტრასების დაბინძურების მიზეზი ხდება.

დაბინძურების სხვა წყაროებიდან აღსანიშნავია ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნებიდან წყალსატევებში ჩამდინარე წყლები, ტანკერების ნარეცხი და ბალასტი წყლები, ქალაქის ქუჩების ნარეცხი, ნავთობპროდუქტების გასამართი სადგურები.

სადაზღვევო ფირმა „ლოიდის“ მონაცემებით, ყოველწლიურად ავარიას განიცდის 250-მდე გემი, რომელთა ბორტზე არსებული საწვავი გარკვეული დროის შემდეგ ოკეანეში ხვდება. ბოლო 80 წლის მანძილზე 1000-ზე მეტმა ტანკერმა განიცადა კატასტროფა. 1967 წელს ლა-მანშის სრუტეში სუპერტანკერის „ტორი კანიონის“ კატასტროფის შედეგად ზღვაში ჩაიღვარა 120000 ტ. ნედლი ნავთობი. 1978 წელს ბრეტანის სანაპიროსთან სუპერტანკერის „ამოკო კადისის“ ჩაძირვის შედეგად 223000 ტ ნავთობპროდუქტი ჩაიღვარა, რამაც საკურორტო ზონის 130 კმ დააზიანა.

1970 წელს შტორმის შედეგად დაზიანდა კომპანა „არამკო“-ს (საუდის არაბეთი) ნავთობსადენი, რის შედეგადაც ზღვაში ჩაიღვარა 18 მილიონი ტონა ნავთობი.

გარემოს პოტენციური დაბინძურების წყაროს წარმოადგენენ შეღვის ზონაში არსებული საბურღ-მომპოვებელი პლატფორმები. 1977 წელს ჩრდილოეთის ზღვაში ერთ-ერთი დანადგარის ავარიის შედეგად ყოველწლიურად ზღვაში იღვრება 4000 ტ ნავთობი.

როგორც ცნობილია, ნავთობი მეტად რთული შედგენილობისაა. მასში იდენტიფიცირებულია 1000-ზე მეტი ნივთიერება, რომელთა შორის საკმაოდ ბევრი ნივთიერება ცოცხალი ორგანიზმების მიმართ ტოქსიკური მოქმედებით ხასიათდება და განსაკუთრებით, გარემოში ხანგრძლივი პერიოდით არსებობისას ნეგატიურ გავლენას ახდენს გარემოს ეკოლოგიაზე.

ნავთობის მსუბუქი ფრაქციები ცოცხალი ორგანიზმების მიმართ გარკვეული ტოქსიკურობით ხასიათდებიან. მასში შემავალი ალკანები ნახშირბადატომე-

ბით C_{10} და ნაკლები ($C \leq 10$) ავლენენ ნარკოტიკულ მოქმედებას, მაღალი ტოქსიკურობით ხასიათდებიან მსუბუქ ფრაქციებში შემავალი არომატული ნახშირწყალბადები (ბენზოლი, ტოლუოლი, ნაფთალინი), მაგრამ მსუბუქი ფრაქციების ადვილად აქროლადობის გამო გარემო მათგან ადვილად სუფთავდება.

მაღალი რიგის პარაფინები ნიადაგებში, ზღვებსა და ოკეანეებში არსებულ ცოცხალ ორგანიზმებზე (ბიოტა და ბუნტოსზე) ძლიერ ტოქსიკურ მოქმედებას არ ახდენენ, მაგრამ მათთვის დამახასიათებელი მაღალი გამყარების ტემპერატურის გამო, არსებით გავლენას ახდენენ ნიადაგების ფიზიკურ თვისებებზე. განსაკუთრებით ტოქსიკურობით გამოირჩევა ნავთობში შემავალი გოგირდმემცველი ნაერთები და კანცეროგენული ბუნების პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები.

ნიადაგში მოხვედრილი ნავთობი იწვევს რიგ ნეგატიურ შედეგებს. ნავთობის მოპოვებისა და გადამუშავების რაიონებში შეინიშნება ნიადაგების მორფოლოგიური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ინტენსიური ტრანსფორმაცია. ხდება ნიადაგის სტრუქტურის გაუარესება, ფერის ცვლილება, მცირდება ნიადაგების პროდუქტიულობა, რიგ შემთხვევაში სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწები ხდება უფარგისი; ნავთობის ხანგრძლივი მოქმედება იწვევს ნიადაგის მიკრობიოლოგიურ ცვლილებას. განსაკუთრებით უარყოფითად მოქმედებს ნავთობი მანიტრიფიცირებელ ბაქტერიებზე. მნიშვნელოვანი რაოდენობით ნავთობის შემცველობისას ნიადაგში ითრგუნება ცელულოზის დამშლელი მიკროორგანიზმების განვითარება. ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ ნავთობის ხანგრძლივი მოქმედების შედეგად ნიადაგში ხდება სპეციფიკური ფორმის მიკროორგანიზმების წარმოქმნა, რომლებიც აპრობებენ ნიადაგში მნიშვნელოვანი პროცესების წარმართვას – პარაფინებისა და არომატული ნახშირწყალბადების დაჟანგვას.

ნავთობი ხასიათდება წყალში განთხევის დიდი უნარით – ზღვებსა და ოკეანეში მოხვედრილი ნავთობი წყლის ზედაპირის დიდ ფართობზე განითხევა. 1 ტ. ნავთობი თხელი აპკის სახით ფარავს 12 კმ^2 წყლის ზედაპირის ფართობს. ყოველწლიურად ოკეანეში ხვდება დაახლოებით 6×10^6 ტ. ნავთობი და ნავთობპროდუქტი და ყოველწლიურად ნავთობის აპკით იფარება მსოფლიო ოკეანის $150-180 \times 10^6 \text{ კმ}^2$ ზედაპირი; ნავთობის დიდ ფართობზე განთხევა განაპირობებს ნავთობის აორთქლებას, რაც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია ნახშირწყალბადების მოლეკულურ მასაზე, ტემპერატურაზე და ქარის სიჩქარეზე. პირველ 24 სთ-ში ქროლდება იმ ნახშირწყალბადების 50%, რომლებიც მოლეკულაში შეიცავენ 14-მდე ნახშირბადატომს. შემდეგ 7 დღე-ღამეში $C_{14}-C_{17}$ ნახშირბადატომების შემცველი ნახშირწყალბადების 50%, აღნიშნული ნახშირწყალბადების აქროლების შემდეგ დარჩენილი „დამძიმებული“ ფრაქცია ილექება ფსკერზე.

ოკეანის ზედაპირზე წარმოქმნილი ნავთობის მონომოლეკულური ფენა 50%-ით ამცირებს აირის გატარებას და საერთოდ აბრკოლებს აირისა და სითბოს მიმოცვლას ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს შორის, სითბოს მიმოცვლის დარღვევამ შეიძლება პლანეტის კლიმატის ცვლილებაზე მოახდინოს გავლენა. ადგილი აქვს აპკის ქვეშ სინათლის ინტენსივობის მკვეთრ შემცირებას, რაც და-

ლიან უარყოფითად მოქმედებს წყალსატევებში მიმდინარე ფოტოქიმიურ და ბიოქიმიურ პროცესებზე, ხდება წყალსატევებში არსებული ცოცხალი ორგანიზმების განადგურება. მოქცევის ზონაში ადგილი აქვს პლანქტონების, მცირე ზომის მცენარეებისა და ფრინველების განადგურებას. ჩრდილოეთ ზღვასა და ჩრდილო ატლანტიკაში ნავთობით გაბინძურების შედეგად წელიწადში იღუპება 150-450000 ფრინველი. ყურეებში, სადაც შენელებულია წყლის მიმოცვლა, შემჩნეულია ზღვის ფლორისა და ფაუნის სრული განადგურება.

ფიტოპლანქტონების მასიურმა განადგურებამ შეიძლება გამოიწვიოს დედამიწაზე ჟანგბადის ბალანსის სერიოზული დარღვევა, რადგან ზოგიერთი მონაცემებით ჟანგბადის დაახლოებით 70% პროდუცირდება ფიტოპლანქტონებით.

როგორც აღნიშნული იყო, განსაკუთრებული ტოქსიკურობით (ძლიერი კანცეროგენური თვისებებით) გამოირჩევა პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები. წყლებში ნავთობის ძალიან მცირე კონცენტრაციების დროსაც კი შესაძლებელია ზღვის ბიოტების ორგანიზმების დაზიანება მათ ქსოვილებში არომატული ნახშირწყალბადების დაგროვების შედეგად, რასაც ადგილი აქვს ნავთობით დაბინძურებულ არეში ცოცხალი ორგანიზმების დიდი ხნით ყოფნის შემთხვევაში. ტულონის პორტში დაჭერილ საჭმელ მოლუსკებში კანცეროგენურ ნივთიერებათა შემცველობა (მშრალ ნაშთზე გაანგარიშებული) 1,3-3,4 მგ/კგ შეადგენდა. ზღვის მოზრდილი ორგანიზმების სიკვდილს იწვევს ხსნარში არომატული ნახშირწყალბადების 10^{-2} - 10^{-4} % კონცენტრაცია, ხოლო ქვირითებისათვის ეს კონცენტრაციები გაცილებით დაბალია.

კანცეროგენური პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების დაგროვება საჭმელ მოლუსკებსა და თევზებში დიდ საფრთხეს უქმნის ადამიანთა ჯანმრთელობას მათი საკვებად მოხმარების შემთხვევაში.

გარემოში მოხვედრილი ნავთობი რთულ ტრანსფორმაციას განიცდის. მასში შემავალი დაბალმოლეკულური ნაერთები ორქლდება, ნაწილი ნაერთებისა იხსნება წყალში, ნაწილი იჟანგება და ა.შ. ასე რომ, ნაწილობრივ მიმდინარეობს გარემოს თვითგანმენდა.

დაკვირვებების შედეგად დადგენილია, რომ წყალსატევებში ზედაპირზე განთხზული ნავთობის თხელი ფენის 25% რამოდენიმე დღეში ქრება.

ნავთობისაგან ოკეანის თვითგანმენდისას მნიშვნელოვანია ჟანგვითი პროცესები, რომელთა შედეგად წარმოქმნილი პროდუქტები წყალში ხსნადებია. ბუნებრივია, ჟანგვითი პროცესის სიჩქარე ჟანგბადის რაოდენობაზეა დამოკიდებული. ზედაპირზე დაჟანგვის რეაქციის სიჩქარე 0,3 ტ/კმ² დღე-ღამეში, სიღრმეში კი 1 ლ. ნავთობის დასაჟანგად 400მ³ წყალში გახსნილი ჟანგბადია საჭირო.

აღსანიშნავია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ბაქტერიოლოგიური ტრანსფორმაცია. ოკეანეში 200-მდე სახეობის „ნავთობგადამამუშავებელი“ ბაქტერია და სოკოა გავრცელებული, რომელთაც დღე-ღამეში 1მ³ წყალში არსებული 1გ. ნავთობის გადამამუშავება შეუძლიათ. უნდა აღინიშნოს, რომ ნავთობის ძირითადი მასის ბიოქიმიური დაშლა მიმდინარეობს ძალიან ნელა, რადგან ბუნებაში არ არსებობს მიკროორგანიზმების სახეობა, რომელთაც შეუძლიათ ნავთო-

ბის ყველა კომპონენტის დაშლა. ისინი ხასიათდებიან მაღალი სელექციურობით, ნავთობის სრული დაშლისათვის კი საჭიროა მრავალი სხვადასხვა სახის ბაქტერიის მოქმედება; ამასთანავე ამ დროს წარმოქმნილი შუალედური პროდუქტების შემდგომი დაშლისათვის საჭიროა ასევე სხვა სახის (ამ პროცესების შესაბამისი) სპეციფიკური მიკროორგანიზმები.

ყველაზე ადვილად მიკრობიოლოგიურ დაშლას განიცდიან პარაფინები, უფრო მდგრადებია ციკლოპარაფინები და ყველაზე მდგრადები – არომატული ნახშირწყალბადები, რომლებიც ოკეანეში რჩებიან უცვლელად.

ულტრაიისფერი სხივები არსებითად აჩქარებს კომპონენტების დესტრუქციას, მაგრამ ეკოლოგიური თვალსაზრისით ეს პროცესები სასურველი არ არის, რადგან ფოტოლიზის პროდუქტები ჰიდრობიოტებისათვის ძლიერ ტოქსიკურებია.

ზღვის წყალში ნავთობის მძიმე ფრაქციები არ იშლებიან, ისინი წყალთან წარმოქმნიან მდგრად ემულსიებს, რასაც ხელს უწყობს წყალსაცავებში შეტივანარებული ორგანული ნაწილაკები, ბაქტერიები და პლანქტონები. დროთა განმავლობაში ემულსიები კოაგულირდებიან ფისოვანი, შესქელებული მასების სახით, რომლებიც წყლის ზედაპირზე დაცურავენ და მოქცევის დროს გამოიდევენებიან სანაპიროებზე, ახდენენ პლიაჟების, საპორტო დანადგარების დაბინძურებას.

წყლის არეში ნავთობის ქიმიური დაჟანგვის პროცესის სიჩქარე ბიოქიმიური დაჟანგვის სიჩქარის 10-15% შეადგენს.

დაბალი ტემპერატურის პირობებში ნავთობის დაშლა კიდევ უფრო ნელა მიმდინარეობს. ამიტომ არქტიკულ ზღვებში ჩაღვრილი ნავთობი შეიძლება იმყოფებოდეს 50 წლის მანძილზე და ინვევდეს წყლის ბიოცენოზის ნორმალური ცხოველმყოფელობის დარღვევას.

ნიადაგში მოხვედრილი ნავთობის გარდაქმნა უფრო ნელა მიმდინარეობს, ვიდრე ოკეანეში, რისი მიზეზია სუსტი აერაცია. ნიადაგში გაჟონილი ნავთობი ხვდება ნიადაგის ღრმულეებში, სადაც ჰაერთან კონტაქტი შეზღუდულია. გარდა ამისა, ნიადაგებში ნავთობის მდგრადობას განაპირობებს მისი სორბცია ტორფზე, ჰუმუსზე და ორგანულ-მინერალურ ნაწილაკებზე.

ნიადაგის თვითგანმენდის პროცესის სიჩქარე დამოკიდებულია ნავთობის შედგენილობაზე და ბიოკლიმატურ პირობებზე (ტემპერატურა, მიკროფლორა) და ა.შ.

გარდაქმნებში ყველაზე აქტიურად მონაწილეობენ პარაფინები, ძნელად არომატული, განსაკუთრებით პოლიციკლური არომატული ნაშირწყალბადები.

აღსანიშნავია, რომ აირშემცველ ნიადაგებში არსებობენ სპეციალური ბაქტერიები, რომლებიც ახდენენ დაბალი რიგის პარაფინების დაჟანგვას, ხოლო ნავთობშემცველ ნიადაგებში არსებობენ მიკროორგანიზმები, რომლებიც იკვებებიან მაღალი რიგის პარაფინებით.

აღსანიშნავია, რომ ნიადაგების ნავთობისგან თვითგანმენდის პროცესი დამოკიდებულია ასევე ნიადაგის ტიპზე.

განხილული მასალიდან გამომდინარე გარემოში დაღვრილი ნავთობის ლიკვიდაცია მეტად მნიშვნელოვანია.

ნავთობის და ნავთობპროდუქტებისაგან ნიადაგების გასუფთავებისათვის შემუშავებულია რადიკალური მეთოდი – ნიადაგის გამოწვა. ეს მეთოდი მეტად შრომატევადია და გარდა ამისა, ხდება ნიადაგის ჰუმუსის დაწვა. ამ მიზნით უფრო ხშირად მიმართავენ ბიორემედიაციის მეთოდებს.

ზღვაში ჩაღვრილი ნავთობის ლიკვიდაციის მიზნით ძირითადად მოწოდებულია შემდეგი მეთოდები. მექანიკური შეგროვება, შეგროვება სორბენტების გამოყენებით და დაწვა.

ზღვაში ჩაღვრილი ნავთობის შესაგროვებლად გამოიყენება ე.წ. „მტვერ-სასრუტის“ მეთოდი. ნავთობი შეინოვება მძლავრი ტუმბოებით, გროვდება ტანკერებში და წყლის მოცილების შემდეგ შესაძლებელია მისი გამოყენება დანიშნულებისამებრ.

ნავთობის შესაგროვებლად იყენებენ შემოღობვას ტივტივა ჯებირებით. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს მეთოდი შრომატევადია და მხოლოდ წყნარ ამინდში გამოიყენება.

ახლადდაღვრილი ნავთობის განადგურება შესაძლებელია დაწვით. მაგრამ ამ მეთოდის გამოყენება სირთულეებთან არის დაკავშირებული, რადგან პროცესი უნდა ჩატარდეს ხანმოკლე დროში (ჩაღვრიდან 20-30 წთ-ში), როდესაც ნავთობის ლაქა ჯერ კიდევ კატასტროფის ზონაშია.

საინტერესო მეთოდია დაღვრილი ნავთობის შეგროვება ბუნებრივი (ნახერხი, ტორფი) და სინთეზური (ქაფპოლიურეთანების, ფენოლპლასტმასების) გამოყენებით. ამ მიზნით განსაკუთრებით აღსანიშნავია ქაფპოლიურეთანის ფხვნილის გამოყენება; მას შეუძლია შთანთქოს თავის მასაზე 18-ჯერ მეტი ნავთობი, რომელიც გამოიყოფა მექანიკური გამოწურვით, რის შემდეგ კვლავ შესაძლებელია სანყისი სორბენტის გამოყენება.

ნავთობის და ნავთობპროდუქტების შემცველობა გარემოს ობიექტებში ნორმირებულია.

სასმელ წყლებში მათი ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია 0,1 მგ/ლ შეადგენს. თევზმეურნობისათვის გამიზნული წყლების მიმართ კი მოთხოვნა უფრო მკაცრია – 0,05მგ/ლ. ნიადაგებში დასაშვებია 1 გ/კგ-მდე ნავთობის შემცველობა. საჭიროა კონტროლი ნავთობგადამამუშავებელ ქალაქებში (მისგან გამდინარე წყლებზე) გადასატუმბ, შესანახ სადგურებზე.

გარემოს ნავთობით დაბინძურების შესაფასებლად მოწოდებულია შემდეგი ნივთიერების შემცველობის დადგენა: მსუბუქი ფრაქციების ($t_{\text{ღულ}} < 200^{\circ}\text{C}$), პარაფინების და გოგირდის.

გარემოს დაცვის საერთაშორისო სააგენტოს (EPA) მიერ შემუშავებულია ნორმატიული დოკუმენტაცია, რომლის თანახმად ნავთობით და ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებულ ნიადაგში და წყალში აუცილებელია განისაზღვროს რიგი კომპონენტები, რომლებიც განსაზღვრავს ობიექტის დაბინძურების ხარისხს.

დამაბინძურებელი პროდუქტი	ნიადაგის ანალიზი	ანალიზური მეთოდი	წყლის ანალიზი	ანალიზური მეთოდი
ეთილირე-ბული საავი-აცო ბენზინი, საავიაციო სანავი	ბენზოლი ტოლუოლი ეთილბენზოლი ქსილოლი (ჯამური) კუმოლი ნაფთალინი 1,3,4 ტრიმეთილბენ-ზოლი 1,3,5 ტრიმეთილბენ-ზოლი 1,2 დიქლორეთანი 1,2 დიბრომეთანი ტყვია (ჯამური)	5035/8021B 5035/8260B 6010B ან 7420	ბენზოლი ტოლუოლი ეთილბენზოლი ქსილოლი (ჯამური) კუმოლი ნაფთალინი 1,3,4 ტრიმეთილ-ბენზოლი 1,3,5 ტრიმეთილ-ბენზოლი 1,2 დიქლორეთანი 1,2 დიბრომეთანი ტყვია (გაუხსნელი)	5035/8021B 5035/8260B 524.2 8011 ან 504.1 6020 ან 7421
არაეთილი-რებული ბენზინი	ბენზოლი ტოლუოლი ეთილბენზოლი ქსილოლი (ჯამური) კუმოლი მეთილ-მეს.ბუთილე-თერი ნაფთალინი 1,3,4 ტრიმეთილბენ-ზოლი 1,3,5 ტრიმეთილბენ-ზოლი	5035/8260B	ბენზოლი ტოლუოლი ეთილბენზოლი ქსილოლი (ჯამური) კუმოლი მეტალ-მეს.ბუთი-ლეთერი ნაფთალინი 1,3,4 ტრიმეთილ-ბენზოლი 1,3,5 ტრიმეთილ-ბენზოლი	5030B/8260B 524.2
ნავთი ზეთი 1	ბენზოლი ტოლუოლი ეთილბენზოლი კუმოლი მეთილ-მეს.ბუთილე-თერი ნაფთალინი 1,3,4 ტრიმეთილბენ-ზოლი 1,3,5 ტრიმეთილბენ-ზოლი ფლუორენი	5035/8260B 8270C ან 8310	ბენზოლი ტოლუოლი ეთილბენზოლი კუმოლი მეთილ-მეს.ბუთი-ლეთერი ნაფთალინი 1,3,4 ტრიმეთილ-ბენზოლი 1,3,5 ტრიმეთილ-ბენზოლი ფლუორენი	5030/8260B 524.2 8270C, 8310 ან 525.2

დამაბინძურებელი პროდუქტი	ნიადაგის ანალიზი	ანალიზური მეთოდი	წყლის ანალიზი	ანალიზური მეთოდი
დიზელის სანვაგი ზეთი 2	ბენზოლი ტოლუოლი ეთილბენზოლი კუმოლი მეთილ-მეს.ბუთილე- თერი ნაფთალინი 1,3,4 ტრიმეთილბენ- ზოლი 1,3,5 ტრიმეთილბენ- ზოლი ფლუორენი ფენანტრენი	5035/8260B 8270C ან 8310	ბენზოლი ტოლუოლი ეთილბენზოლი კუმოლი მეთილ-მეს.ბუთი- ლეთერი ნაფთალინი 1,3,4 ტრიმეთილ- ბენზოლი 1,3,5 ტრიმეთილ- ბენზოლი ფლუორენი ფენანტრენი	5030/8260B 8270C,8310 ან 525.2
ზეთი 4,5,6 საპოხი ზე- თები და სითხეები	ბენზოლი ნაფთალინი ფლუორენი ფენანტრენი პირენი ბენზო(ა)ანთრა(ც)ენი ქრიზენი ბენზო(ბ) ფლუორან- ტენი ბენზო(ა)პირენი ბენზო(გ,ჰ,ი,) პერილე- ნი	5035/8021B 5035/8260B 8270C ან 8310	ბენზოლი ნაფთალინი ფენანტრენი პირენი ქრიზენი	5035/8021B 5035/8260B 524.2 8270C,8310 ან 525.2
ნამუშევარი მოტორული ზეთი	ბენზოლი ტოლუოლი ეთილბენზოლი კუმოლი ნაფთალინი პირენი ბენზო(ა)ანთრა(ც)ენი ქრიზენი ბენზო(ბ) ფლუორან- ტენი ბენზო(ა)პირენი ინდენო (1,2,3-cd) პირე- ნი ბენზო(გ,ჰ,ი,) პერილე- ნი ტყვია (ჯამური)	5035/8021B 5035/8260B 8270C ან 8310 6010B ან 7420	ბენზოლი ტოლუოლი ეთილბენზოლი კუმოლი ნაფთალინი პირენი ბენზო(ა)ანთრა- ცენი ქრიზენი ბენზო(ბ) ფლუო- რანტენი ბენზო(ა)პირენი ინდენო (1,2,3-cd) პირენი ბენზო(გ,ჰ,ი,) პე- რილენი ტყვია (გაუხსნელი)	5035/8021B 5035/8260B 524.2 525.2 6020 ან 7421

დამაბინძურებელი პროდუქტი	ნიადაგის ანალიზი	ანალიზური მეთოდი	წყლის ანალიზი	ანალიზური მეთოდი
მინერალური ინდუსტრიული ზეთი	PCB-1016 (AROCLOR) PCB-1221 (AROCLOR) PCB-1232(AROCLOR) PCB-1242 (AROCLOR) PCB-1248 (AROCLOR) PCB-1254 (AROCLOR) PCB-1260 (AROCLOR) 1,3,4 ტრიმეთილბენზოლი 1,3,5 ტრიმეთილბენზოლი	8082 5035/8021B 5035/8260B	PCB-1016 (AROCLOR) PCB-1221 (AROCLOR) PCB-1232(AROCLOR) PCB-1242 (AROCLOR) PCB-1248 (AROCLOR) PCB-1254 (AROCLOR) PCB-1260 (AROCLOR) 1,3,4 ტრიმეთილბენზოლი 1,3,5 ტრიმეთილბენზოლი	8082 5035/8021B 5035/8260B

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Богомолов А.И., Гайле А.А., Громова В.В. “Химия нефти и газа”. Л.: Химия, 1989.
2. Эрих В.Н., Расина М.Г., Рудин М.Г. “Химия и технология нефти и газа”. Л.: Химия, 1985.
3. Магарил Р.З. “Теоретические основы химических процессов переработки нефти”. М.: изд. КДУ, 2008.
4. Наметкин С.С. “Химия нефти”. М.: изд. АН СССР 1955.
5. Леффлер У.Л. “Переработка нефти”. М.: изд. ЗАО Олимпбизнес, 2003.
6. Бардук Д.Л., Леффлер У. Л. “Нефтехимия”. М.: изд. ЗАО Олимпбизнес, 2003.
7. Петров Ал.А. “Углеводороды нефти”. М.: Наука, 1984.
8. Сергиенко С.Р. “Высокомолекулярные соединения нефти”. М.: Химия, 1964.
9. სუპატაშვილი გ., ქაჯაია გ. „გარემო და ადამიანი“, თბილისი, თსუ, 2001.
10. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. “Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении”. М.: Высшая школа, 2002.
11. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л. “Химмотология”. М.: Химия, 1986.
12. თევზაძე ნ., ლილუაშვილი ი., მგელაძე ზ. „ლეგენდა და სინამდვილე ნავთობზე“. გამომცემლობა „ეკომობილი“, თბილისი, 1998.
13. ნანიკაშვილი ლ. „ნავთობის მოპოვების ისტორია საქართველოში“. თბილისი, 2001.
14. ვახანია ე., პაპავა დ. „მაცოცხლებელი შადრევანი“. გამომცემლობა „სამშობლო“, თბილისი, 1996.
15. Вахания Е.К., Мгеладзе З.В., Русадзе А.Н. “Нефтяные месторождение Грузии”. „საქართველოს ნავთობი და გაზი“. თბილისი, 2000, №2.
16. Нефтепродукты, масла, смазки, присадки. Москва, издательство стандартов, 1987.
17. სუპატაშვილი გ., „გაეროს ქიმია (ეკოქიმია)“. თბილისი, თსუ, 2009.

გამომცემლობის რედაქტორი	მაია ეჯიბია
გარეკანი	თინათინ ჩირინაშვილი
კომპ. უზრუნველყოფა	ლალი კურდღელაშვილი

0128, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზირი 14
14 I. Chavchavadze Ave., Tbilisi, 0128
www.press.tsu.ge 995(32) 25 14 32