

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

NAFTALAN TIPLİ NEFTLƏRİN BALNEOLOJİ FENOMENİNİN GEOLOJİ TƏBİƏTİ: GEOKİMYƏVİ VƏ FLÜİDODİNAMİK ASPEKTLƏR

İxtisas: 2521.01 – Neft və qaz yataqlarının
geologiyası, axtarışı və kəşfiyyatı

Elm sahəsi: Yer elmləri

İddiaçı: **Samir Qadir oğlu Zeynalov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
Geologiya və Geofizika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər:

Geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
AMEA-nın müxbir üzvü
Dadaş Ağa Cavad oğlu Hüseynov

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru
Qalina Sergeyevna Martinova

Rəsmi opponətlər:

Geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
AMEA-nın müxbir üzvü
Tələt Nəsrulla oğlu Kəngərli

Yer elmləri doktoru, dosent
Elçin Bağır oğlu Bağırov

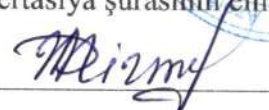
Geologiya-mineralogiya elmləri namizədi,
dosent
Müşviq Fərhad oğlu Tağıyev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya
Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
Geologiya və Geofizika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən
ED 1.01 Dissertasiya şurası

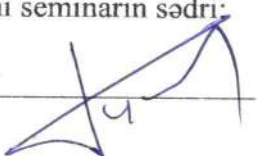
Dissertasiya şurasının sədri: Geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
akademik, professor

Əkpər Əkpər oğlu Feyzullayev

Dissertasiya şurasının elmi katibi:


Texnika elmləri namizədi, dosent
Dilqəşə Ramzey qızı Mirzəyeva

Elmi seminarın sədri:


Geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
akademik, professor
İbrahim Səid oğlu Quliyev

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi:

Naftalan nefti dünyanın nadir və balneoloji baxımdan unikal təbii resurslarından biridir. Onun müalicəvi xüsusiyyətləri Nizami Gəncəvi və Marko Polonun yazılarına əsasən qədim dövrlərdən məlum idi. Naftalan nefti kimyəvi və fiziki xassələri baxımından müxtəlif tədqiqatçıların diqqətini cəlb etmiş, onun müalicəvi təsirləri barədə çoxsaylı nəticələr əldə olunmuşdur. Lakin bu neftin geoloji təbiətini, həmçinin müalicə fenomenini müəyyən etmək məqsədilə biomarker tərkibinə əsaslanan sistemli geokimyəvi araşdırmalar aparılmamışdır. Halbuki, triterpanlar, hopanlar, steranlar və adaman-tanlar üzrə biomarker analizi Naftalan neftlərinin digər neftlərlə müqayisədə unikal geokimyəvi xüsusiyyətlərə malik olduğu və müalicə effektivində bu biomarkerlərin iştirakı məlum olmuşdur.

Naftalan neftinin mənşəyi barədə alimlər tərəfindən geniş tədqiqatlar aparılmış və müxtəlif fərziyyələr irəli sürülsə də bu məsələ açıq olaraq qalmaqdadır. Dissertasiya işində yerinə yetirilən geoloji-geokimyəvi tədqiqatlar Naftalan neftinin mənşəyi haqqında daha dəqiq fikir yürütməyə imkan verir.

Naftalan yatağında yerləşən müalicəvi neftin unikal tərkibinin geoloji təbiətini müəyyənləşdirmək, Azərbaycanın digər neft-qazlı rayonları ərazisində oxşar geoloji şəraitdə formalaşan yataqların neftlərinin geokimyəvi tədqiqatı vasitəsilə onların müalicəvi xassələrinin aşkar olunmasına da yeni imkanlar açə bilər.

Xüsusilə qeyd etmək lazımdır ki, prezident İlham Əliyev 28 sentyabr 2024-cü ildə Azərbaycan Respublikası Konstitusiyasının 109-cu maddəsinin 32-ci bəndini rəhbər tutaraq, Naftalan neftinin hasilatı, emalı, təchizatı proseslərinin təkmilləşdirilməsi, onun istifadəsinin və ondan hazırlanan dərmanların genişləndirilməsi, o cümlədən Naftalan şəhərinin dünyada sağlamlıq turizmi şəhəri kimi tanınması məqsədi ilə sərəncam imzalayıb.

Beləliklə, Naftalan neftinin balneoloji fenomeninin biomarker analizi əsasında öyrənilməsi və bu nəticələrin yatağın geodinamik inkişafı və flüidodinamik şəraiti ilə əlaqələndirilməsi həm fundamental elmin inkişafı baxımından, həm də Azərbaycanın unikal müalicəvi resurslarının elmi əsaslarla izahı və beynəlxalq səviyyədə tanınması

baxımından aktual tədqiqat istiqamətidir.

Tədqiqatın obyekti və predmeti. Dissertasiya işinin tədqiqat obyekti Orta Kür çökəkliyinin Gəncə neftli vilayətinə aid olan Kiçikqafqazözü çökəklik daxilində yerləşən Naftalan yatağıdır. Yataqdan geokimyəvi tədqiqatlar aparmaq məqsədilə müalicəvi, yanacaq və 1 il müalicəvi məqsədlər üçün istifadə olunmuş neft nümunələri götürülmüşdür.

Kiçikqafqazözü çökəklikdə əsas neftli rezervuar hesab olunan Maykop yaşlı süxurların ana süxur potensialını öyrənmək məqsədilə çökəklik ərazisindən 21 kern və 47 təbii çıxış nümunəsi əldə olunmuş və pirolitik tədqiqatlar aparılmışdır.

Dissertasiya işinin predmeti Naftalan yatağının müalicəvi neftlərinin biomarker tərkibinə əsaslanan sistemli geokimyəvi araşdırmalar aparılması və onların unikal tərkibinin geoloji təbiətini müəyyənləşdirməsindən ibarətdir.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi kompleks geoloji, geokimyəvi və flüidodinamik tədqiqatlar əsasında müalicəvi Naftalan neftinin geoloji təbiətinin öyrənilməsindən ibarətdir.

Bu məqsədə çatmaq üçün dissertasiya işinin əsas vəzifələri aşağıdakılardır:

1. Kiçikqafqazözü çökəkliyin və Naftalan yatağının geoloji quruluşu, geodinamik inkişafı və qırılma tektonikasının tədqiqi
2. Kiçikqafqazözü çökəklikdə Maykop yaşlı süxurların ana süxur potensialının pirolitik tədqiqatlar vasitəsilə öyrənilməsi
3. Naftalan müalicəvi və yanacaq neftlərinin karbohidrogen, fraksiya, mikroelement və biomarker tərkibinin tədqiqi
4. Naftalan müalicəvi və yanacaq neftlərinin biomarker-geokimyəvi parametrlər əsasında müqayisəli təhlili
5. Naftalan yatağının termobarik şəraitinin tədqiqi
6. Yatağın hidrokimyəvi xüsusiyyətlərinin tədqiqi
7. Neftlərin və lay sularının geokimyəvi göstəricilərinin məkanda paylanması qanunauyğunluqlarının tədqiqi
8. Naftalan neftinin müalicəvi xüsusiyyətlərinin yaranmasında yatağın flüidodinamik proseslərinin rolunun öyrənilməsi

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi zamanı müasir cihazlar vasitəsilə müxtəlif metodlardan istifadə

olunmuşdur. Kiçikqafqazönü çökəklikdə Maykop yaşlı çöküntülərin generasiya potensialı Rock-Eval 6 analitik cihazında süxur nümunələrinin piroliz üsulu ilə vasitəsilə tədqiqatı nəticəsində öyrənilmişdir.

Naftalan müalicəvi və yanacaq neftlərinin biomarker anjalizinin aparılması və karbohidrogen tərkibinin təyini yüksək effektivlikli Shimadzu Nexis GC-2030 cihazında xromatoqrafiya-mass spektrometriya (GC-MS) üsulu ilə aparılmışdır.

Neft nümunələrinin potensial fraksiya tərkibinin təyini STA 6000 sinxron termiki analizatorundan istifadə etməklə aparılmışdır.

Neft nümunələrinin mikroelementlərinin təhlili NexION 300D induktiv birləşmiş plazma (ICP-MS) mass spektrometri vasitəsilə təyin olunmuşdur.

Alınmış nəticələrin emalı standart kompüter programının istifadəsi ilə aparılmışdır.

Dissertasiya işinin müdafiə olunan müddəaları:

1. Kiçikqafqazönü çökəklikdə kompleks geoloji, Maykop yaşlı çöküntülərin və neftlərin biomarker-geokimyəvi tədqiqatı nəticəsində Naftalan yatağı neftlərinin Maykopaqədər (üst Təbaşir-Eosen) stratigrafik komplekslərdə əmələ gəlməsi və miqrasiya təbiətli olması.

2. Naftalan neftinin müalicəvi xüsusiyyətlərinin flüidodinamik və ekzogen proseslərin qarşılıqlı təsiri nəticəsində formalaşması

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

1. Kiçikqafqazönü çökəklikdə kompleks geoloji, süxurlar və neftlərin biomarker-geokimyəvi tədqiqatları əsasında Naftalan yatağı neftlərinin Maykopaqədərki (üst Təbaşir-Eosen) stratigrafik çöküntülərdə əmələ gələrək Maykop yaşlı rezervuarlara miqrasiya etməsi müəyyən edilmişdir.

2. Naftalan müalicəvi və yanacaq neftlərinin geoloji təbiətini öyrənmək məqsədilə, neftlərdə biomarkerlərin təyini tədqiqatı aparılmışdır. Hesablanmış biomarker-geokimyəvi parametrlərin müqayisəli tədqiqi nəticəsində müalicəvi və yanacaq neftlərinin eyni mənşəyə malik olduğu müəyyən olunmuşdur.

3. Naftalan neftlərinin biomarker tərkibi və mikrobioloji xassələrinin müqayisəsi zamanı müalicə effektində triterpan, hopan, adamantoid karbohidrogenlərinin və arxeylərin mövcudluğunun əsas rol oynadığı aşkar edilmişdir.

4. Kompleks geokimyəvi və hidrokimyəvi tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, flüidodinamik və infiltrasiya prosesləri üst horizontlarda yatan Naftalan neftinin oksidləmə-biodeqradasiyasına və beləcə, neftlərin unikal geokimyəvi-mikrobioloji və müalicəvi xassələrinin yaranmasına səbəb olub.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dünyada müalicəvi nefti, o cümlədən eyni yataqda iki fərqli tip neftin olması ilə tanınan Naftalan nefti bir çox tədqiqatçılar tərəfindən öyrənilmişdir və neftin unikal xüsusiyyətləri barədə fərqli fikirlər yürüdülmüşdür. Buna baxmayaraq, Naftalan yatağından hasil olunan, geokimyəvi aspektdə bir-birindən seçilən müalicəvi və yanacaq neftlərinin müasir geokimyəvi metodlarla tədqiqinə çox az rast gəlinir. Həmçinin qeyd etmək zəruridir ki, Naftalan neftinin balneoloji effektinin yaranmasında yataqda gedən geoloji proseslərin rolunun nədən ibarət olduğu açıq olaraq qalır.

Bunları nəzərə alaraq, Naftalan müalicəvi və yanacaq neftlərinin mənşəyinin öyrənilməsi və neftin balneoloji effektinin müəyyən olunması üçün biomarker-geokimyəvi metodlarla müqayisəli tədqiqatı mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Müalicəvi Naftalan neftinin unikal xüsusiyyətlərinin yaranmasında yatağın geoloji və flüidodinamik proseslərinin iştirakının müəyyən edilməsi Azərbaycan, o cümlədən dünya miqyasında oxşar geoloji şəraitdə yerləşən yataqların neftlərinin balneoloji xassələrinin tədqiq edilməsinə yol açə bilər. Bu isə öz növbəsində ölkəmizdə müalicə turizminin inkişafına təkan verəcəkdir. Dissertasiya işi çərçivəsində aparılan tədqiqatlar və alınan nəticələr Naftalan neftinin istifadəsinin genişlənməsinə böyük töhfə verə bilər.

Aprobasiyası və təbiiqi:

Dissertasiya işinin nəticələri XVI Gənc Alim və Tələbələrin Beynəlxalq Konfransında (Qırğızıstan, Bişkek, 2024), V Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı Ali Neft Məktəbi, Bakı, 2024), Gənc Alim və Tələbələrin IX Beynəlxalq Elmi Konfransında (Geologiya və Geofizika İnstitutu, Bakı, 2023) məruzə edilmişdir. Mövzu üzrə xarici və yerli jurnallarda dissertasiya işinin nəticələrini əks etdirən 6 məqalə (2 məqalə SCOPUS elmi bazasına daxil olan jurnallarda) və 3 tezis nəşr olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı: Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Geologiya və Geofizika İnstitutu.

İşin strukturu və həcmi: Dissertasiya işi giriş, 5 fəsil, nəticələr, 115 adda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından, 83 şəkil, 32 cədvəl olmaqla 161 səhifədən, ümumi həcmi 174,365, o cümlədən giriş hissəsi – 8506, I fəslə – 83246, II fəslə – 16516, III fəslə – 7026, IV fəslə – 35033, V fəslə – 24038 simvoldan ibarətdir.

İddiaçının şəxsi rolu:

Müəllif “Neftin geokimyası” laboratoriyasında tədqiqat işini yerinə yetirmək məqsədilə aparılan bütün geokimyəvi tədqiqatlarda və əldə olunan məlumatların interpretasiya edilməsində birbaşa iştirak etmişdir. Kiçikqafqazönü çökəklik ərazisində Maykop yaşlı çöküntülərin pirolitik tədqiqatlarının nəticələrinin emal olunmasında iştirak etmişdir. Naftalan yatağı sularının hidrokimyəvi tədqiqatlarından alınan nəticələr vasitəsilə iddiaçı yeni qrafiklər qurmuş və bunlardan yataqda baş verən flüidodinamik proseslərin öyrənilməsində istifadə etmişdir.

Minnətdarlıq:

Orta Kür çökəkliyi və Naftalan yatağının geoloji şəraiti, həmçinin Naftalan neftlərinin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin tədqiqatlarında əməyi keçən bütün alimlərə minnətdarlığımı bildirirəm. Dissertasiya işinin ərsəyə gəlməsində böyük rolunu oynayan elmi rəhbərlərim AMEA müxbir üzvü, D.A.Hüseynov və f.r.e.d. Q.S.Martınovaya göstərdikləri dəstəyə, yardımlarına və dəyərli məsləhətlərinə görə təşəkkür edirəm.

Tədqiqat işinin yerinə yetirilməsi üçün yaradılan şərait və imkanlara görə Geologiya və Geofizika İnstitutunun baş direktoru akademik Ak.A.Əlizadəyə çox təşəkkür edirəm. Biomarker nəticələrin statistik təhlili istiqamətində verdiyi dəyərli məsləhətlərə görə Q.İ.Cəlalova, o cümlədən tədqiqatların aparılmasında göstərdikləri kömək və dəstəyə görə Neftin geokimyası laboratoriyasının kollektivinə dərin minnətdarlığımı bildirirəm.

İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

FƏSİL I. ORTA KÜR ÇÖKƏKLIYININ GEOTEKTONİK QURULUŞU VƏ NAFTALAN YATAĞININ GEOLOJİ-STRUKTUR VƏZİYYƏTİ

Bu fəsil tədqiqat obyektini olan Naftalan yatağı müalicəvi neftinin öyrənilmə tarixindən bəhs edir. Fəsildə Naftalan neftinin müalicəvi xassələri, həmçinin Naftalan yatağının geoloji quruluşu haqqında

bugünə qədər alimlərin apardığı tədqiqatlar və əldə etdiyi mühim nəticələr təqdim olunur.

Naftalan yatağının geoloji quruluşunun öyrənilməsi barədə Ş.F.Mehdiyev, Ə.V.Məmmədov, F.S.Əhmədbəyli, V.V.Boqaçov, İ.M.Qubkin, İ.M.Əliyev, Ə.Ə.Əlizadə, M.İ.Zeynallı, S.H.Salayev və s. alimlər əhəmiyyətli tədqiqatlar aparmışlar.

Fəsildə həmçinin, Naftalan yatağının yerləşdiyi Orta Kür çökəkliyinin dərinlik quruluşu, geodinamik inkişafı, paleocoğrafi şəraiti, Naftalan yatağının geoloji quruluşu və neftlədoymuş rezervuarlarının xüsusiyyətlərindən bəhs edilir.

Orta Kür meqazonası Kür dağlararası çökəkliyində mərkəzi mövqe tutmaqla, onun ən iri və mürəkkəb quruluşlu struktur elementi olub, qərbdən şərqə doğru maksimum eni 130 km olmaqla 370 km məsafəyə uzanmışdır. Meqazonanın şimal sərhədi onu Böyük Qafqazın Kaxeti-Vəndam qalxımından ayıran Qanıx-Əyriçay yarıma zonası boyunca keçir. Qərbdə Gürcüstan ərazisində meqazonanın qurtaracağı Trialet qalxımının şərq periklinalı vasitəsilə Kür (şimalda) və Borçalı (cənubda) qollarına parçalanır¹.

Dərin quyu məlumatlarına əsasən Orta Kür çökəkliyi dərin strukturunda Mezozoy və Kaynazoy yaşlı çöküntülər iştirak edir.

Bundan əlavə, fəsildə Orta Kür çökəkliyinin termobarik rejimi haqqında məlumat verilmişdir. Tədqiqatçılar tərəfindən çökəklik ərazisində yerləşən yataqlarda aparılmış ölçmə işlərinin nəticələri, temperaturun dərinliyə doğru dəyişmə xüsusiyyətləri, yaranan anomalialardan bəhs olunmuşdur.

Çökəkliyin geodinamik inkişafı və paleocoğrafi şəraiti də bu fəsildə işıqlandırılmışdır. Orta Kür çökəkliyi, Kür dağlararası depressiyasında mərkəzi mövqe tutmaqla XIX əsrin 70-ci illərindən başlayaraq, müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən öyrənilmişdir. Regionun dərinlik tektonikası haqqında təsəvvürlər V.V.Belousov, V.Y.Xain, A.N.Şardanov, Ə.Ş.Şıxəlibəyli, İ.O.Tsimelzon, R.M.Hacıyev, Ə.V.Məmmədov, Ə.Ə.Əlizadə və digər tədqiqatçıların əsərlərində öz əksini tapmışdır.

Bir əsrdən artıq müddət ərzində aparılmış geofiziki-kəşfiyyat və

¹ Azərbaycanın geologiyası: [3 cildə] / Baş red. Ak.A. Əlizadə. – Bakı: Elm, - c. 1. – 2015. – 532 s.

axtarış-qazıma işləri ilə sahənin struktur-tektonik arxitekturasının dərin qatlara doğru kəskin dəyişkən olduğu müəyyən olunmuşdur. Belə ki, Antropogen-Pliosen çöküntüləri üzrə şimal-şərqə meyilli yastı monoklinal qırıqlıqlı qeyd olunduğu halda, Miosen-Paleogen çöküntüləri üzrə müxtəlif istiqamətlərə (əsasən ŞmQ-CŞq) yönəlmiş antiklinal qırıqlıqlar müəyyən olunmaqla yanaşı, Kaynozoy çöküntüləri altında gömülmüş Mezozoy strukturlarının dərinlik tektonikasının daha mürəkkəb olması aşkar edilmişdir. Çökəkliyin şimal-qərb yamacında yüksək amplitudlu və istiqamətli tektonik qırılmalar şəbəkəsi cənub-şərq yamacından kəskin fərqlidir. Eyni zamanda Orta Kür depresiyası karbohidrogenlərin generasiya mərkəzi olmuş və burada əmələ gələn neft və qaz miqrasiya edərək, miqrasiyadan əvvəl mövcud olan antiklinal strukturlarda və neftli-qazlı kollektorların pazlaşma zonalarında litoloji-stratigrafiq yataqlar əmələ gətirmələri bir sıra tədqiqatçılar tərəfindən irəli sürülmüşdür².

Naftalan yatağı Orta Kür çökəkliyinin Gəncə NQR-ə daxil olub, KiçikQafqazöünü çökəklik ərazisində yerləşir.

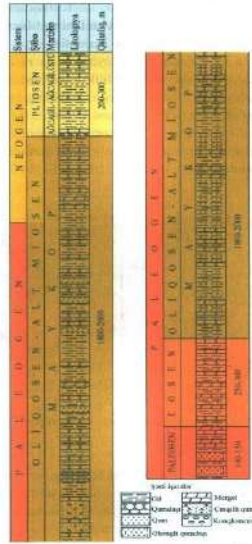
Naftalan yatağı təkcə neftlərin məlum müalicəvi xüsusiyyətlərinə görə deyil, həm də burada mövcud olan neftlərin tərkibinin müxtəlifliyinə görə unikal təbii obyektidir. Naftalan yatağında, Maykop çöküntülərində, yuxarıda yerləşən üç horizontdan (I, mergel, II) müalicə əhəmiyyətli ağır neft, aşağı horizontlardan (III, IV, V və VI) isə nisbətən yüngül neft alınmışdır³.

Naftalan yatağının geoloji kəsilişində Üçüncü Dövr çöküntüləri – Ağcagil mərtəbəsi (üst Pliosen), Maykop lay dəstəsi (Oliqosen-alt Miosen) və Foraminifer layları (Eosen) iştirak edir (şəkil 1).

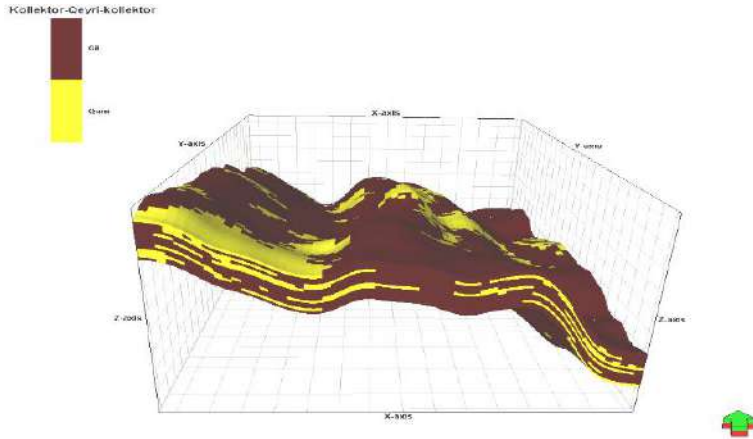
Şəkil 2-də təqdim olunan hesablanmış kollektor-qeyri-kollektor xüsusiyyətinə və qurulmuş xəritəyə əsasən görünür ki, tədqiqat intervalının kollektor xüsusiyyəti şimal-şərq istiqamətə doğru artır. Kollektor–qeyri-kollektorluq kubundan göründüyü kimi, Maykop I horizontun intervalı üçün: qum – 29%, gil isə – 71% təşkil edir.

²Мехтиев III.Ф., Алиев Г.Р., Буниятзаде З.А. Оценка перспектив нефтегазоносности майкопской свиты Среднекуринской впадины // АНХ, - 1994. № 7-8, -с.1-9.

³ Мамедов З.С., Мириев Г.М. О перспективности разработки месторождения Нафталан // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, - 2009. №2, - s. 23-28.



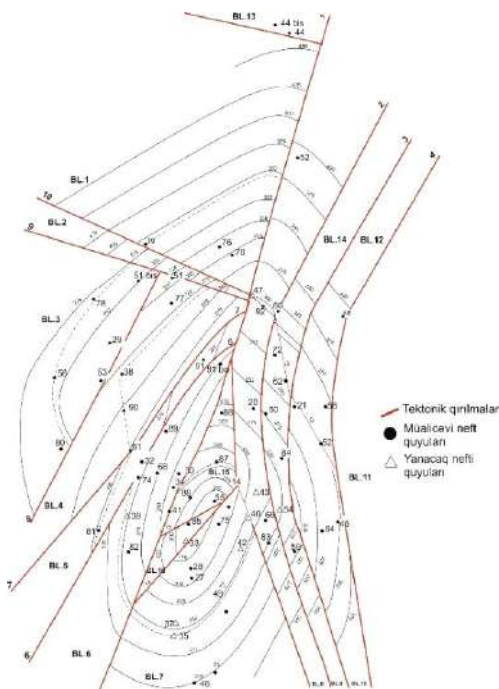
Şəkil 1. Naftalan yatağı litoloji-stratigrafik kəsiliş



Şəkil 2. Naftalan yatağında Maykopun I horizontunun tavanı və dabanı arasında kollektor – qeyri-kollektor xüsusiyyətini səciyələndirən üçölçülü model⁴

⁴ Allahverdiyev E.Q., Şıxməmmədova T.N. Azərbaycan Respublikası Gəncə NQR-nin Naftalan-Şimali Naftalan sahəsində aparılmış üçölçülü (3D) seysmik kəşfiyyat işlərinin hesabatı / ARDNŞ GGI Kəşfiyyatgeofizika İdarəsi. – Bakı. - 2013. – 114 s.

Qırıxıq qırılıb düşmə və qalxma xarakterli pozğunluqlarla mürəkkəbləşmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, qırıxıq I horizontun tavanı boyu 12 pozğunluqla kəsilir, onların sayı II horizontda 15-ə qədər artır, bunlardan II horizontun tavanında qeyd alınan üçü – (13, 14, 15 sayılı pozğunluqlar) I horizontun dabanına gedib çıxmır (şəkil 3).



Şəkil 3. Naftalan yatağı Maykop lay dəstəsi II horizontun struktur xəritəsi⁵

FƏSİL II. TƏDQİQATIN OBYEKTləri VƏ METODİKASI

Bu fəsilə tədqiqat işinin obyektləri və istifadə olunan metodlardan bəhs edilir.

Tədqiqatın obyektini Naftalan yatağından əldə olunmuş müalicəvi neft, yanacaq nefti və müəyyən vaxt intervalında istifadə edilmiş müalicəvi neft nümunəsi təşkil edir.

⁵ Мамедов З.С., Мириев Г.М. О перспективности разработки месторождения Нафталан // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, - 2009. №2, - s. 23-28.

Bundan əlavə, Xorvatiyanın Zaqreb şəhəri yaxınlığında yerləşən “Naftalan” sanatorisindən müalicəvi məqsəd üçün istifadə olunan neft əldə olunmuş və müalicəvi Naftalan nefti ilə müqayisəli tədqiq olunmuşdur.

Kiçik Qafqaz ölü çökəklik ərazisindən əsas neftli stratigrafiya vahid hesab olunan Maykop yaşlı süxurların ana süxur potensialını öyrənmək məqsədilə 21 kern və 47 təbii çıxış nümunəsi götürülmüş və pirolitik tədqiqatlar aparılmışdır. Rock-Eval 6 analitik cihazında süxur nümunələrinin piroliz üsulu ilə vasitəsilə tədqiqatı nəticəsində öyrənilmişdir.

Tədqiqatlar xromato-mass spektrometriya, element analizi-induktiv birləşmiş plazma kütlə spektroskopiyası (ICP-MS), sinxron termiki analiz (STA) üsulu ilə yerinə yetirilmişdir.

Naftalan neft nümunələrinin karbohidrogen tərkibi və biomarkerlərin təyini yüksək effektivliyə malik Shimadzu Nexis GC-2030 cihazında xromatoqrafiya-mass spektrometriya (GC-MS) ilə aparılmışdır. Xromatoqramlar TIC (ümumi ion cərəyanı) və SIM (seçilmiş ion monitorinqi) rejimlərində qeydə alınıb. Karbohidrogenlərin fərdi tərkibi NIST mass spektri məlumat bazasından (o cümlədən, üzvi birləşmələrin ~150,000 kütlə spektri), eləcə də ədəbiyyat məlumatlarından və elektron təsirlə üzvi birləşmələrin fragmentasiyasından əldə edilən məlumatlardan istifadə etməklə müəyyən edilmişdir.

Xromatoqraf 100 m uzunluğunda, 0,25 mm diametrli kvarts kapilyar sütunu ilə təchiz edilmiş və ZB-1 fazası ilə hopdurulmuşdur. Daşıyıcı qaz heliumdur, axın sürəti 1 ml/dəq təşkil edir. Buxarlandırıcının temperaturu 300°C; temperaturun 70 dəqiqə ərzində 4°C/dəq sürətlə 80-dən 290°C-ə qədər proqramlaşdırılmış şəkildə yüksəlməsi müşahidə olunur. İonlaşdırıcı mənbə gərginliyi 70 eV, mənbənin temperaturu 250°C-dir. Metilen xlorid həlledici kimi istifadə edilmişdir.

Neftin potensial fraksiya tərkibinin təyini 20-900°C temperatur diapazonunda STA 6000 sinxron termiki analizatorundan istifadə etməklə aparılmışdır. Müasir kalorimetrik metodların əsas xüsusiyyəti çox kiçik kütləli (təxminən 5-20 mq) nümunələrindən istifadə etməkdir. Bu da qeydə alınan termoqramların keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa kömək edir. Çəkisi 15-23 mq olan neft nümunələri Perkin Elmerin STA6000 Sinxron Termiki Analizatorunda bir dəqiqə ərzində 5-40°C-

dən 900°C-ə qədər verilmiş sabit sürətlə azot atmosferində qızdırılır. Nəticədə $\Delta H=f(T)$ koordinatlarında DSK (Differensial Skanedici Kolorimetr) ayrıləri və $\Delta m=f(T)$ koordinatlarında TQ (Termo Qravimetrik) ayrıləri, eləcə də onların törəmələri alınmışdır. Bu halda, benzin, liqroin, kerosin və qazoyl fraksiyaları üçün buxarlanma intervalları qaynama temperaturuna bərabər qəbul edilir - müvafiq olaraq 140, 140-180, 180-240 və 240 - $T_{\text{alışma}}$ °C. Ağır qalıqların komponentlərinin buxarlanma/oksidləşmə temperaturları DSK əyrisində xarakterik nöqtələrlə müəyyən edilir.

Neft nümunələrinin mikroelementlərinin təhlili NexION 300D induktiv birləşmiş plazma (ICP-MS) mass spektrometrindən istifadə etməklə aparılmışdır.

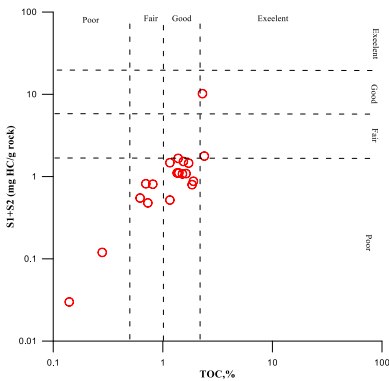
ICP-MS cihazında neft nümunələrinin analizi zamanı nümunə hazırlığı çox vasib və həssas mərhələdir. Neftlər tərkibcə mürəkkəb olduğu üçün əvvəlcə onu analizə uyğun hala gətirmək şərtidir. Nefti birbaşa İCP-MS-də analiz etmək olmaz, çünki neft üzvi maddədir və plazmada yanaraq ionlara çevrilməyə çətinliklər yarada bilər. Bu səbəbdən, ilk öncə neft nümunələri kimyəvi üsulla parçalanmalıdır. Nümunələrin hazırlanması zamanı tərəfimizdən 0.2-0.5 q neft nümunəsi götürülərək üzərinə 5 ml azot turşusu (HNO_3) əlavə olunur. Daha sonra qarışıq konteyner əlavə olunur və xüsusi mikrodalğalı sobaya yerləşdirilir. Mikrodalğalı sobada temperatur 200°C, təzyiq 35 Pa olmaqla neftin parçalanması prosesi gedir. Hazırlanmış nümunələr soyuduqdan sonra tublara əlavə edilir və bidistillə suyu ilə qarışdırılır. Nümunə hazırlığı bitdikdən sonra, nümunələrdə axtarılacaq elementlərin növündən asılı olaraq, xüsusi etalonlar vasitəsilə 25, 50 və 100 ppb nisbətində standartlar hazırlanır. Cihaz işə salınır, kalibrlemə aparılır və analizə başlanılır. Alınan nəticələr cədvəl formasında EXCEL proqramına daxil edilir.

FƏSİL III. KİÇİKQAFQAZÖNÜ ÇÖKƏKLİK ƏRAZISİNDƏ MAYKOP YAŞLI ÇÖKÜNTÜLƏRİN PİROLİTİK TƏDQİQATI

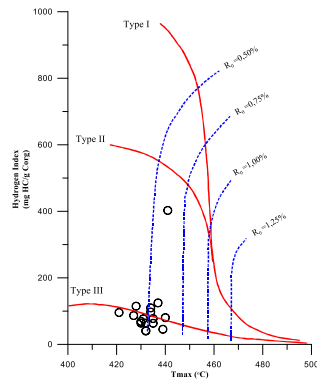
Bu fəsil, Naftalan yatağının yerləşdiyi KiçikQafqazönü çökəkliyində Maykop yaşlı çöküntülərin karbohidrogen əmələgətirmə potensialının pirolitik tədqiqatlar vasitəsilə öyrənilməsinə əsaslanır. Pirolitik tədqiqatlar Naftalan, Bozyeri, Qazanbulaq, Duzdağ sahələrindən

götürülən 21 nümunə quyu kerni nümunəsi və Acıdərə, Gürzalılar, Yanıqdağ, Xarxaput, Qaraçinar və Tatarlı sahələrindən alınan təbii çıxış nümunələr əsasında aparılmışdır.

Naftalan yatağından götürülən kern nümunələri (N1-N16) üzvi maddə 0.7%-dən 2.39%-ə qədər (orta hesabla 1.4%) və aşağı generasiya potensialı (S_2 - 2 mq HC/q süxurdan çox deyil), neft əmələgəlmənin ilkin mərhələsi (T_{max} orta hesabla 430 - 440°C) ilə xarakterizə olunur (şək. 4). $C_{üzvi}$ - 125 mq KH/q -dan çox olmayan hidrogen indeksinin (HI) korrelyasiyası və piroliz məhsullarının maksimum çıxışının temperaturuna əsasən, nümunələrin III tip kerogenə mənsub olduğunu güman etmək olar (şək. 5).



Şəkil 4. Naftalan yatağında Maykop lay dəstəsinin ana süxur potensialının xüsusiyyətləri



Şəkil 5. Naftalan yatağında Maykopun ana süxur xüsusiyyətləri və üzvi maddələrin yetkinliyi

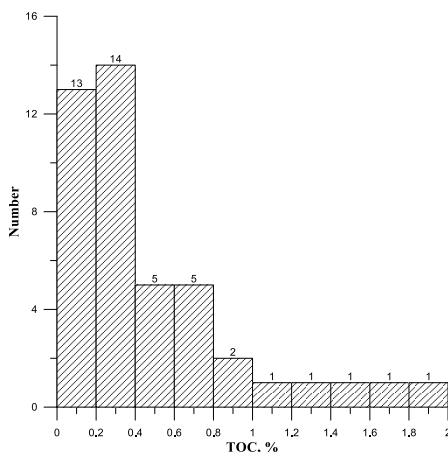
Bozyeri sahəsi 1 sayılı quyudan bir kern nümunəsi və 1476 – 1448 m dərinlik intervalı təhlil edilmişdir. Test intervalı orta və üst Maykop çöküntülərinə uyğundur. Bu interval yüksək $C_{üzvi}$ – 6.38% və yüksək generasiya potensialı (S_1+S_2 - 35 mq KH/q süxurdan çox) ilə xarakterizə olunur. Hidrogen indeksinə (HI - 530 mq KH/q üzvi maddə) və T_{max} nisbətində görə Maykopun bu intervalında olan süxurların kerogeni II tipə uyğundur. Lakin 420°C-ə bərabər olan T_{max} –ın aşağı dəyəri kerogenin aşağı yetkinliyinə dəlalət edir.

Qazanbulaq yatağı. Bu sahədə Maykop lay dəstəsinin süxurları 201 sayılı quyudan 500-510 m dərinlik intervalından alınan kernlə

təmsil olunur. Stratiqrafik cəhətdən üst Maykopa uyğun gəlir. Bu çöküntülər $C_{üzvi}$ az olması (0,58%) və 0,4 mq KH/q süxurdan çox olmayan aşağı ana-süxur potensialı ilə xarakterizə olunur. Aşağı T_{max} qiymətləri (420°C) aşağı yetkinliyini göstərir, T_{max} və hidrogen indeksinin nisbəti kerogenin III tipə uyğunluğunu göstərir.

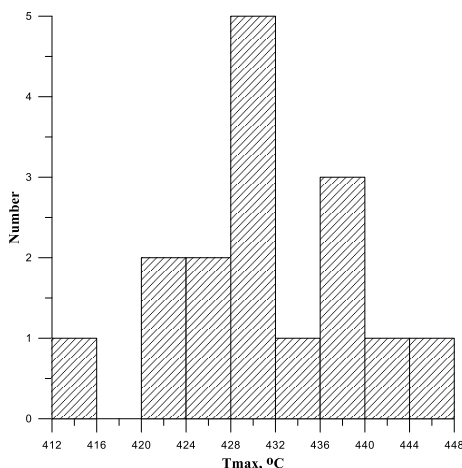
Duzdağ sahəsi. 1 saylı quyudan üst Maykopun 2380-2383 m, 2500-2503 m və 2932-2935 m dərinliklərindən götürülmüş üç nümunə təhlil edilmişdir. $C_{üzvi}$ süxurda nisbətən aşağı faizlə iştirak edir (0.48-0.63%) və bu intervalların kerogeni hidrogen indeksinin (HI - 269 mq KH/q $C_{üzvi}$) artması ilə xarakterizə olunur. Lakin S1+S2-nin aşağı dəyərləri (1.54 mq KH/q süxurdan çox deyil) və kerogenin aşağı yetkinliyi Duzdağ sahəsində Maykop çöküntülərin anasüxur potensialını müsbət qiymətləndirməyə imkan vermir. Hidrogen indeksi və T_{max} nisbətində görə bu süxurların kerogeni əsasən III tipə uyğundur.

Maykop süxurlarının təbii çıxışları Acıdərə, Gürzalılar, Yanıqdağ, Xarxaput, Qaraçinar və Tatarlı sahələrindən alınmışdır. Şəkil 6-dan görüldüyü kimi tədqiq olunan çöküntülərdə $C_{üzvi}$ tərkibi Maykopun bütün bölmələri üçün orta qiymət 0,48 ilə 0,14%-dən 1,94%-ə qədər dəyişir. $C_{üzvi}$ 1%-dən çox olduğu nümunələrin payı sınaqdan keçirilmiş intervalların 11%-nə bərabərdir, nümunələrin 63%-dən çoxunda isə $C_{üzvi}$ 0,4%-ə qədər qiymət alır.



Şəkil 6. Kiçikqafqazönü çökəklikdə Maykop formasiyası üzrə TOC göstəricisinin paylanması üçün tezlik histogramı

Qeyd etmək lazımdır ki, aşağı $C_{üzvi}$ dəyəri olan nümunələrdə (bir qayda olaraq, 0,4%-ə qədər) T_{max} -ı dəqiq hesablamağa imkan verməyən çox kiçik və yastı piroliz piki müşahidə olunur. $C_{üzvi}$ tərkibi 0,4%-dən çox olan nümunələrdə T_{max} qiymətləri 412⁰C-dən 444⁰C-ə qədər dəyişir. Yoxlanılan intervalların əsas hissəsi karbohidrogenlərin maksimum çıxışı 435⁰C-dən aşağı temperatur ilə xarakterizə olunur (Şəkil 7). Bu, tədqiq olunan sahələrdə Maykop formasıya çöküntülərində kerojeninin aşağı termal yetkinliyindən xəbər verir.



Şəkil 7. Kiçikqafqazözü çökəklikdə Maykop lay dəstəsi üzrə təbii çıxış nümunələrində T_{max} -ın paylanması

Diaqramlardan göründüyü kimi Kiçikqafqazözü çökəklik ərazisində Maykop çöküntülərinin tədqiq edilən intervallarının əksəriyyətinin HI- T_{max} və HI-OI nisbətlərində əsasən III tip, yalnız bir nümunədə (Bozyeri) II tip kerogen müşahidə olunur. Neftlərin böyük qisminə T_{max} 435⁰C-dən aşağı temperatur ilə xarakterizə olunur ki, bu da kerogenin aşağı yetkinliyini səciyyələndirir. Yalnız bir neçə nümunədə T_{max} 435-440⁰C temperaturları arasında dəyişir, bu da erkən neft pəncərəsi mərhələsinə uyğun gəlir. Hidrogen indeksi dəyərləri Kiçikqafqazözü çökəklik neftlərinin əksəriyyətində 300 mq KH/q TOC – dan aşağı qiymətlə xarakterizə olunur. Məlumdur ki, bu nəticələr neft əmələgəlməsi üçün uyğun dəyər deyil.

FƏSİL IV. NAFTALAN YATAĞININ MÜALİCƏVİ VƏ YANACAQ NEFTLƏRİNİN GEOKİMYƏVİ TƏDQIQATI

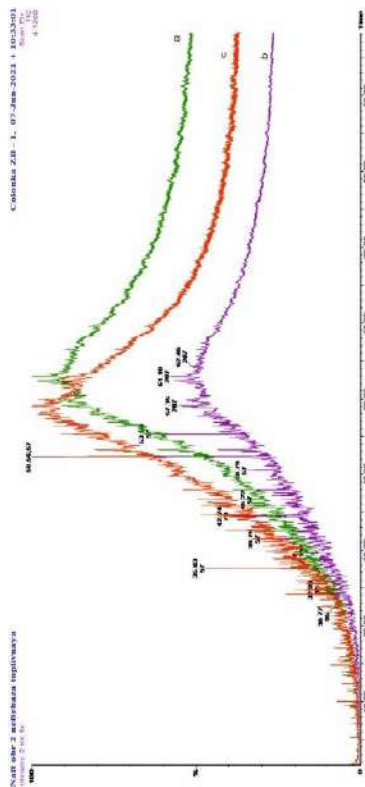
Fəsildə Naftalan müalicəvi və yanacaq neftlərinin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri, karbohidrogen, fraksiya və mikroelement tərkibinin müasir üsullar tədqiqatı öz əksini tapmışdır. Bundan əlavə, xromato-mass spektrometriya metodu ilə Naftalan neftlərində biomarkerlərin paylanması və tərkibi müqayisəli tədqiq olunmuşdur.

Şəkil 8-də Naftalan neftlərinin xromatoqramları əks olunmuşdur. Neftlərdə “naftenik donqar” aydın şəkildə müşahidə olunur ki, bu Naftalan neftlərinin biodegradasiyaya uğramasını göstərir. Cədvəl 1-dən göründüyü kimi müalicəvi və yanacaq Naftalan neftləri tamamilə fərqli karbohidrogen (KH) tərkibinə malikdirlər. Alkan KH-lərin Σ tərkibi yanacaq neftində 23 %, müalicəvi neftdə isə cəmi 4.5 % təşkil edir. Naften KH-lərin ümumi faizi yanacaq neftində 59.4 %, müalicəvi Naftalanda isə 77.04 % - dir [3]. Müalicəvi neftdə normal alkanların və izoprenoidlərin iştirak etməməsi neftlərin yüksək biodegradasiyaya uğramasının başlıca göstəricilərindəndir.

1 il ərzində müalicəvi məqsəqlər üçün istifadə olunmuş Naftalan neftində GC-MS məlumatlarına əsasən alkanlar $\Sigma \sim 9.1\%$, naften KH – $\sim 77.04\%$ and aromatik KH – $\sim 14.07\%$ təşkil edir [1].

Fəsildə Naftalan müalicəvi neft nümunəsi və yanacaq neftinin fraksiya tərkibinin tədqiqatları da yer alır (cədvəl 2). Cədvəldən göründüyü kimi müalicəvi neftdə ağır, yanacaq neftində isə yüngül fraksiyalar üstünlük təşkil edir.

Fəsildə müalicəvi, yanacaq və 1 il müalicəvi məqsədlər üçün istifadə olunan Naftalan neftlərində terpanlar, hopanlar, steranlar və adamantanların identifikasiyası aparılmışdır. Həmçinin, Naftalan neft nümunələrində trisiklik terpanların, hopanların (m/z 191), steranların (m/z 217) və adamantoidlərin (m/z 135, 136, 149, 163) hesablanması üçün mass spektrləri verilmişdir [7].



Şəkil 8. Naftalan müalicəvi (a), yanacaq (b) və 1 il müalicəvi məqsədlər üçün istifadə olunmuş müalicəvi neftin (c) mass xromatoqramları

Cədvəl 1
Naftalan müalicəvi (a), yanacaq (b) və 1 il müalicəvi məqsədlər üçün istifadə olunan neftin (c) karbohidrogen tərkibi

Naftalan	n-alk %	i- alk-%	İzopren oid %	Σ alkan	Naftenlər					Σ naften	Arenlər			Σ aren
					mono	bi	tri	tetra	penta		mono	bi	tri	
Naftalan müalicəvi	-	4.47	-	4.47	48.24	24.01	4.79	-	-	77.04	0.22	5.76	13.44	19.42
Naftalan yanacaq	6,81	16,12	7.05	22.93	41.7	17.14	-	0.53	-	59.37	3.7	1.76	12.02	17.48
1 il istifadə olunmuş	-	9.1	-	9.1	48.24	35.3	4.79	-	-	77.04	3.65	5.3	5.12	14.07

Cədvəl 2

Naftalan müalicəvi və yanacaq neftlərinin fraksiya tərkibi

Nümunə	Göstəricilər	Fraksiya		P+Y1,Y2,Y3	Qat.+asf.
		BL	KQ		
Naftalan müalicəvi	T ₁ -T ₂ Δ, % (kütlə)	q.t.-180 ⁰ C 8.302	180-280 ⁰ C 32.098	280-425 ⁰ C 43.636	425-970 ⁰ C 16.183
Naftalan yanacaq	T ₁ -T ₂ Δ, % (kütlə)	q.t.-180 ⁰ C 11.221	180-280 ⁰ C 40.427	280-425 ⁰ C 38.603	425-790 ⁰ C 9.506

Qeyd etmək lazımdır ki, Naftalan neftləri biodegradasiyaya uğradığı üçün əldə olunan geokimyəvi göstəricilər neftlərin geoloji təbiəti haqqında doğru məlumat verməyə bilər.

Neftlərin katagenetik çevrilmə dərəcəsini qiymətləndirmək üçün bir sıra nisbətlərdən istifadə olunur: Ts/Tm; 17β, 21α-moretanlar H29+H30/17α,21β-hopanlar H29+H30. Ts/Tm nisbəti yetkinliyin artması ilə artır və neft əmələgəlmənin baş zonasında 1, katagenezin sonrakı mərhələlərində isə ~ 5-10 təşkil edir. Təxminən eyni biodegradasiya səviyyəsinə malik neftlərdə onların yetkinlik dərəcəsini qiymətləndirmək üçün bu göstəricidən istifadə etmək məqsəduyğundur. Deməli, müalicəvi Naftalan nefti üçün – Ts/Tm = 1.01, yanacaq nefti üçün – Ts/Tm = 1.22.

Hopanlar üç stereoisomerik seriyadan ibarətdir: 17α(H),21β(H); 17β(H),21α(H); 17β(H), 21β(H)-hopanlar. βα seriyasındakı birləşmələrə moretanlar deyilir. 17β,21α-moretanların C29+C30/17α,21β-hopanların H29 +H30 nisbəti istilik yetkinliyinin artması ilə azalır və güclü transformasiya olunmuş neftlərdə 0.05-ə (tarazlıq səviyyəsinə) çatır. Naftalan müalicəvi neft nümunəsi üçün bu əmsal 0.16, yanacaq nefti üçün isə 0.09-dur⁶. Qeyd etmək lazımdır ki, tədqiq olunan neftlərin biodegradasiyası yüksək olduğu üçün hesablanmış yetkinlik parametrləri çox güman ki, real qiymətlərə uyğun gəlmir [5].

⁶ Ten Haven H.L., Littke R., Rullkotter J. Hydrocarbon biological markers in Carboniferous coals of different maturities. In: Biological Markers in Sediments and Petroleum (Moldowan J.M., Albrecht P., Philp R.P. eds.). Prentice Hall. Englewood Cliffs, - 1992. p. 142-155.

Naftalan neftlərində hopanların geokimyəvi göstəricilərinin müqayisəsi

Geokimyəvi göstəricilər	Yanacaq nefti	Müalicəvi neft	İstifadə olunmuş müalicəvi neft
Ts/Tm	1.22	1.01	1.28
adiantan /H30	0.44	0.77	0.74
Oleanan indeksi	0.23	0.4	0.37
C ₃₅ /C ₃₄	0.48	0.7	1.82
C ₃₅ /(C ₃₁ -C ₃₅)	0.06	0.08	0.08
moretan/hopan	0.12	0.12	0.1
C27: C29: C30: C31: C35	8: 11: 25: 16: 3	8: 15: 19: 16: 3	9: 15: 20: 15: 3

*T_s/T_m – trisnorhopan/ trisnorneohopan; C₃₅/C₃₄ – pentakishopan/tetrakishopan; C₃₅/(C₃₁-C₃₅) – homohopan indeksi; oleanan indeksi - oleanan/hopan

Üzvi maddələrin toplanması üçün fasial-geokimyəvi şəraiti yaratmaq üçün C29 normetilhopanın (adiantanın) hopana nisbətində istifadə olunur. Terrigen-karbonat çöküntülərində əmələ gələn neftlərdə adiantanın hopana nisbəti halogen-karbonat çöküntülərində formalaşan neftlərə nisbətən aşağı qiymətlə xarakterizə olunur⁷.

Naftalan neftlərindəki terpanlar əsasən trisiklik C₁₉-C₂₀ (20,81-dən 28,52-yə qədər) və pentasiklik triterpenenoidlər (18α(H)oleanan (5-7% RH)) ilə təmsil olunur. Bu, ilkin ÜM-də kontinental və ali bitki örtüyünün iştirakını göstərir. Naftalan neftlərində 18α (H) oleananın bu faiz nisbətində iştirakı ana süxurun üst Təbaşir-Paleogen yaşlı olduğunu ifadə edir⁸.

C27, C28 və C29 steran karbohidrogenlərinin paylanması üzvi maddənin növünün göstəricisi kimi qəbul edilir. C29 homoloqunun üstünlük təşkil etməsi yerüstü bitki örtüyünün, C27 steranlarının üstünlük təşkil etməsi fitoplanktonların, C28 steranların yüksək qiyməti isə

⁷ Gordadze G.N., Tikhomirov V.I. Typification of Oils in the Timan-Pechora Province According to the Composition of Hydrocarbon Biomarkers (Steranes and Terpanes) // Geochemistry International, - 2006. № 3, - p.296-307.

⁸ Nakamura, H. Plant-derived triterpenoid biomarkers and their applications in paleo-environmental reconstructions: chemotaxonomy, geological alteration, and vegetation reconstruction // Research in Organic Geochemistry, - 2019. Vol. 35, p. 11-35.

zooplanktonların ilkin üzvi maddəyə böyük töhfə verdiyini göstərir⁹. Naftalan neftlərinin tədqiq edilmiş nümunələrində C27 steranları bir qədər üstünlük təşkil edir (cədvəl 4) [4].

Cədvəl 4

Naftalan neft nümunələrində steranların geokimyəvi göstəriciləri

Steranlar %	Yanacaq Naftalan	Müalicəvi Naftalan	İstifadə olunmuş müalicəvi Naftalan
St C21+ C22	5.94	5.37	5.26
diasteranlar	15.47	19.41	18.64
St C27	22.79	22.31	21.92
St C28	16.63	17.14	18.16
St C29	20.55	21.6	22.36
C27: C28: C29	23:17:21	22:17:22	22:19: 22

Müalicəvi və yanacaq neftlərinin mənşəyini müəyyən etmək üçün steran və hopanlar əsasında əldə olunan biomarker-geokimyəvi parametrlərinin müqayisəli statistik təhlilini aparmaq lazımdır. Bunun üçün korrelyasiya əmsalını hesablamaq lazımdır.

$$\overline{xy} = 0.58; \bar{x} = 0.65; \bar{Y} = 0.67$$

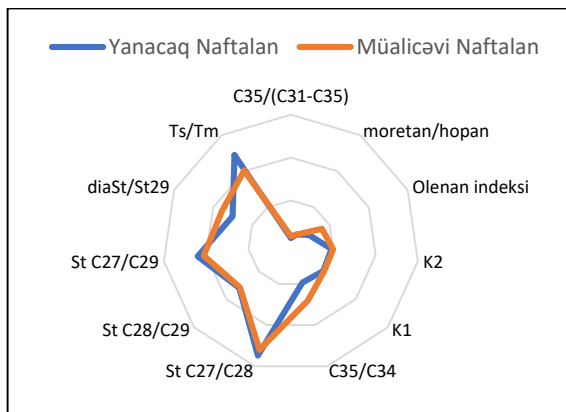
$$\sigma_x = \sqrt{0.6 - \overline{0.65^2}} = 0.44; \sigma_y = \sqrt{0.6 - \overline{0.67^2}} = 0.37$$

$$r_{xy} = \frac{0.58 - 0.65 * 0.67}{0.44 * 0.37} = 0.9$$

Korrelyasiya əmsalının 0.9-a bərabər olan qiyməti biomarker parametrləri arasında güclü müsbət əlaqənin olduğunu xarakterizə edir. Neftlərin geoloji şəraiti xarakterizə edən hopan və steranlar əsaslı biomarker nisbəti göstəriciləri arasında belə güclü korrelyasiyanın olması ilə belə nəticəyə gəlmək olar ki, müalicəvi və yanacaq neftləri fərqli fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərə malik olsalar da eyni mənşəyə

⁹ Grantham, P.J., Wakefield, L.L. Variations in the sterane carbon number distributions of marine source rock derived crude oils through geological time // Organic Geochemistry, - 1988. Vol. 12 (1), - p. 61-73.

malikdirlər. Parametrlərin bir-birilə müsbət əlaqəsini qurulmuş ulduz diaqramında visual olaraq müşahidə etmək mümkündür (şəkil 9).



Şəkil 9. Steran və hopanların biomarker-geokimyəvi parametrlərinə əsaslanan ulduz diaqramı

Müalicəvi Naftalan ümumi biomarker tərkibinə görə yanacaq neftini aydın şəkildə üstələyir: ən böyük fərqə adamantların tərkibində rast gəlinir: müalicəvi neftdə 5.7 %, yanacaq neftində 0.02 % (cədvəl 5). Almazabənzər karbohidrogenlərin müalicəvi neft belə yüksək faizdə iştirakı böyük maraq doğurur və bir neçə cür izah oluna bilər. Tədqiqatçılar arasında adamantanların yeganə təbii mənbəyinin neft və kondensatlar olduğu fikri var. Lakin tərəfimizdən aparılan Abşeron arxipelağı neftlərinin və Abşeron yarımadasının florasını təmsil edən bir sıra bitkilərin efir yağlarının müqayisəli tədqiqatı zamanı adamantoid və homoloqlarının bitkilərdə də iştirakı müəyyən edilmişdir [2]. Buradan belə nəticə çıxarmaq olar ki, Naftalan neftində adamantanların yüksək faizi neftin formalaşmasında ali bitkilərin iştirakı ilə izah oluna bilər. Buna baxmayaraq, gələcək tədqiqatlarda bunun daha ətraflı və dəqiq araşdırılması önəmlidir.

Müalicəvi Naftalan neftinin biodeqradasiyaya uğraması onda alkanların yox olması, steran və hopanların kəmiyyət tərkibinin dəyişməsinə səbəb olur. Məlum olduğu kimi, adamantanlar n-alkan və digər komponentlərə nəzərən bioloji deqradasiyaya qarşı

dayanıqlıdırlar¹⁰. Bu səbəbdən güman etmək olar ki, məhz neftin degradasiyası nəticəsində n-alkan, steran, hopan kimi birləşmələrin azalması, adamantoidlərin neftdə faizinin artmasına səbəb olmuşdur.

Cədvəl 5

Naftalan neft nümunələrində biomarkerlərin ümumi tərkibi

Nümunələr	Triterpan	Hopan	Steran	Adamantan	Neftdə Σ%
Müalicəvi Naftalan	1.280	0.470	0.160	5.70	7.60
Yanacaq Naftalan	0.250	0.040	1.07	0.020	1.60
İstifadə olunmuş müalicəvi Naftalan	0.057	0.026	0.200	0.140	0.423

Nümunələrdə biomarkerlərin ümumi tərkibinə nəzər saldıqda, 1 il müalicəvi məqsədlər üçün istifadə olunmuş neftdə orijinal müalicəvi neftə nisbətən biomarkerlərin azaldığını müşahidə edirik. Burada triterpan və hopanların yanısıra məhz adamantanların kəskin azalması qeydə alınmışdır ki, bu da onların müalicə prosesində istifadə olunduğuna dəlalat edir. Steranlar iki neft nümunəsində təxminin eyni qiymətlə xarakterizə olunur.

Adamantoidlərin müalicə prosesində iştirakına gəldikdə qeyd etmək lazımdır ki, müasir təbabətdə süni formada sintez olunan adamantoid törəmələri bir çox xəstəliklərin müalicəsində istifadə olunur¹¹. Belə qənaətə gəlmək olar ki, məhz bu karbohidrogenlərin Naftalan neftinin müalicəvi xüsusiyyətlərində əsas rolu oynayır.

Hal-hazırda rəsmi olaraq istifadə olunmasa da ədəbiyyatda müxtəlif yataqlardan olan neftlərin müalicəvi xassələrinin olması barədə məlumatlar yer almaqdadır. Tədqiqatlar vasitəsilə müəyyən

¹⁰ Cheng X., Hou D.J., Xu C.G. The effect of biodegradation on adamantanes in reservoired crude oils from the Bohai Bay Basin, China // Organic Geochemistry, -2018. Volume 123, - p. 38-43.

¹¹ Dane, C. Unlocking therapeutic potential: the role of adamantane in drug discovery / Dane C., Cumbers G.A., Allen B. [et al.] // Australian Journal of Chemistry, - 2024. Vol. 77 (8), - p. 1-16. doi:10.1071/CH24075

edilmişdir ki, Rusiyanın Tümen bölgəsində Ruskoe və Van-Yeqan yataqlarının neftlərinin kimyəvi tərkibində Naftalan nefti ilə xeyli oxşarlıqlar nəzərə çarpır [9].

Fəsildə həmçinin dünya müalicəvi neftlərinin müqayisəli geokimyəvi tədqiqatı çərçivəsində Xorvatiya müalicəvi neftinin biomarker, karbohidrogen, fraksiya tərkibi və mikroelement tərkibi müəyyən olunmuş və Naftalan yatağının müalicəvi nefti müqayisəli tədqiq olunmuşdur. Beləcə, neftlərin oxşar biomarker-geokimyəvi xüsusiyyətlərə malik olduğu müəyyən olunmuşdur [8].

FƏSİL V. NAFTALAN NEFTİNİN BALNEOLOJİ FENOMENİNİN GEOKİMYƏVİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ İLƏ YATAĞIN FLÜİDODİNAMİK PROSESLƏRİNİN QARŞILIQLI ƏLAQƏSİ

Bu fəsil Naftalan neftlərinin unikal geokimyəvi, mikrobioloji və müalicəvi xüsusiyyətlərinin yaranmasında yatağın geodinamik inkişafı və flüidodinamik proseslərinin roluna həsr edilmişdir. Neftlər ana süxurdan ayrıldıqdan sonra miqrasiya zamanı və rezervuar daxilində baş verə biləcək bir sıra mürəkkəb tərkib dəyişikliklərinə məruz qalır. Ən mühüm dəyişiklik proseslərindən biri yeraltı mikroorqanizmlər, əsasən bakteriyalar tərəfindən biodegradasiyadır¹².

Neftin biodegradasiyası əsasən karbohidrogenləri parçalayan bakteriyaların fəaliyyəti ilə bağlıdır və bu proses üçün optimal temperatur 30–40°C təşkil edir. Lay temperaturu 70–80 °C-dən yüksək olduqda isə biodegradasiya zəifləyir. Buna görə də dayaz, daha soyuq rezervuarlardan hasil olunan neftlər dərin və isti laylardan çıxarılan neftlərə nisbətən daha çox biodegradasiyaya uğrayır¹³.

Naftalan neftinin hasil olunduğu I, Mergel və II horizontlarda temperatur müvafiq olaraq 21.6 °C, 31.5 °C və 34.7 °C-dir ki, bu da

¹² Röling, W.F.M., Head I.M., Larter S.R. The microbiology of hydrocarbon degradation in subsurface petroleum reservoirs: perspectives and prospects // Research in Microbiology, - 2003. 154(5), - p.321– 328.

¹³ Wartell, B., Boufadel, M., Rodriguez-Freire, L. An effort to understand and improve the anaerobic biodegradation of petroleum hydrocarbons: a literature review // International Biodeterioration and Biodegradation, - 2021. Volume 157, - p. 1-24.

biodeqradasiya üçün əlverişli şərait yaradır. Müalicəvi milyon illər ərzində ekzogen proseslərin təsirinə məruz qalması neftin unikal xüsusiyyətlərinin formalaşmasına əlavə təsir göstərir.

Biodeqradasiya nəticəsində Naftalan nefti daha özlü olur, yüngül fraksiyalar azalır, qatran, asfalten və mikroelementlərin miqdarı artır. Daha yüksək biodeqradasiya müalicəvi neftdə müşahidə olunur. Bu, neftdə n-alkan və izoprenoidlərin itməsi, mikroelementlərin yüksək konsentrasiyası və unikal mikrobioloji tərkib ilə sübut olunur.

Belə qənaətə gəlmək olar ki, Naftalan neftin biodeqradasiyasına səbəb olan əsas amil onun geoloji şəraiti və yataqda baş verən flüidodinamik proseslərdir. Bu məqsədlə Naftalan yatağının hidrogeoloji və hidrogeokimyəvi xüsusiyyətlərini nəzərə almaq vacibdir.

Naftalan yatağı lay sularının hidrokimyəvi xüsusiyyətləri K.B.Əhmədov tərəfindən yerinə yetirilmiş dissertasiya işinin məlumatları əsasında tədqiq olunmuşdur¹⁴. Lay sularının minerallaşma dərəcəsi və sularda hidrokarbonat ionu miqdarının məkanda paylanma qanunauyğunluqlarına əsasən yataq flüidodinamika proseslərinin hansı istiqamətdə getdiyi barədə nəticə çıxarılmışdır.

Bundan əlavə, Naftalan müalicəvi neftinin və Azərbaycanın digər naften nefti yataqlarından alınan nümunələrin mikrobioloji xüsusiyyətləri tədqiq olunmuşdur. Müalicəvi neftin unikal mikrobioloji xüsusiyyətlərə malik olduğu aşkarlanmışdır.

Qeyd edək ki, bütün nümunələrdə *Pseudomonas aeruginosa* və *Rhodococcus ruber* bakteriyalarına rast gəlinir və onların müşahidə tezliyi 40-48% təşkil edir. Müalicəvi Naftalan nefti üçün dominant bakteriyalar arxeylər, həqiqi bakteriyalar isə az təsadüf olunur, *Pseudomonas aeruginosa* və *Rhodococcus ruber* isə tez-tez rast gəlinən növlər kimi xarakterizə olunur. Müalicəvi xassələri olmayan naften neftləri üçün dominantlıq təşkil edən həqiqi bakteriyalardır, *Pseudomonas aeruginosa* və *Rhodococcus ruber* - tez-tez rast gəlinən

¹⁴ Ахмедов К.Б. Гидрогеологические условия формирования подземных вод месторождения Нафалан и перспективы их использования: / диссертация кандидата геолого-минералогических наук. / - Баку, 2001. – 177 с.

növlər, arxeylər isə təsadüfi növlər kimi xarakterizə olunur¹⁵.

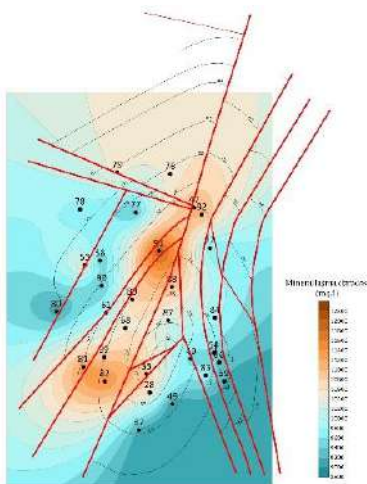
Belə nəticəyə gəlinmişdir ki, Naftalan müalicəvi neftinin digər naften neftlərindən fərqləndirən mikrobioloji tərkibi, burada arxeylərin iştirakı ilə bağlıdır.

Naftalan sahəsinin geoloji quruluşunun xüsusiyyətlərini nəzərdən keçirdikdə görürük ki, yatağın kəsilişində orta və üst Miosen çöküntüləri iştirak etmir və Ağcagil çöküntüləri Maykop lay dəstəsini bucaq uyğunsuzluğu ilə transqressiv şəkildə örtür. Belə güman etməyə əsas var ki, Naftalan yatağında müalicəvi neft ehtiyatları onun geotektonik inkişafı - Maykop əsrinin sonundan Ağcagil dövrünə qədər Kiçikqafqazönu çökəklik ərazisini əhatə edən uzun geoloji zaman fasiləsi nəticəsində formalaşmışdır. Atmosfer sularının təsiri Maykop lay dəstəsi üst horizontlarında (I, Mergel, II) yatan neftin oksidləşməsinə və unikal geokimyəvi-mikrobioloji tərkibinin yaranmasına gətirib çıxarmışdır. Maykop lay dəstəsi sularının hidrokimyəvi xassələrinin məkanda paylanması və horizontlar üzrə dəyişən qiymətlərini tədqiq etdikdə flüidlərin hərəkət istiqaməti müəyyən olunmuşdur. Bundan əlavə, neftlərin sıxlığı və lay təzyiqi qiymətlərinin tədqiqi atmosfer sularının üst horizontlarda yatan neftə təsirini sübut edir.

Naftalan yatağı lay sularının hidrokimyəvi xassələrinə ümumi nəzər saldıqda müşahidə edirik ki, Maykop layının bütün horizontlarında sular NaHCO_3 tiplidir. Eyni zamanda, lay sularının minerallaşma dərəcəsinin dəyişməsində müəyyən qanunauyğunluqlar müşahidə edilir. Belə ki, horizontlar üzrə yuxarıdan aşağıya doğru minerallaşma dərəcəsinin artması müşahidə olunur. Lakin burada diqqətçəkən mühüm bir xüsusiyyət mövcuddur: qeyd olunduğu kimi qırılmalara yaxın yerləşən müəyyən quyularda minerallaşma dərəcəsi daha yüksək qiymətlərlə xarakterizə olunur, II horizontun lay sularının timsalında bunu aydın görmək olur (şəkil 10). Bunun əsas səbəbi aşağıda yatan yüksək minerallaşma dərəcəsinə malik suların qırılma boyunca yuxarıya doğru hərəkətidir ki, bu da yataqda qırılma boyunca aktiv flüidodinamik proseslərin getdiyini sübut edir.

¹⁵ Мартынова, Г.С. Доминирующие бактерии Нафталанской нефти / Г.С.Мартынова, Ф.Р.Бабаев, П.З.Мурадов [и др.] // SOCAR Proceedings, - Баку: - 2018. №3, - с. 75-84.

Lay sularında hidrokarbonat ionu yüksək göstəriciləri də hər üç horizontda minerallaşma dərəcəsinin anomal qiymətlər aldığı hissələrə təsadüf edir. Bildiyimiz kimi, lay sularında hidrokarbonat ionun yüksək qiymətinin başlıca mənbələrində biri də atmosfer suları ilə yuyulma zamanı karbon qazının bu sular vasitəsilə lay sularına daxil olması ilə əlaqədardır. Naftalan yatağının geoloji quruluşuna nəzərə yetirdikdə aydın olur ki, hidrokarbonat ionunun mənbəyi uzun geoloji zaman ərzində atmosfer suları ilə yuyulma zamanı CO₂ qazının bu sular vasitəsilə lay sularına daxil olması və qırılma boyunca infiltrasiyası ilə əlaqədardır. Yanacaq neftinin toplandığı aşağı horizontlarda isə hidrokarbonat ionu miqdarının azalması müşahidə olunur ki, bu da atmosfer sularının yatağın üst hissəsinə daha aktiv təsir etdiyinə göstəricisidir.

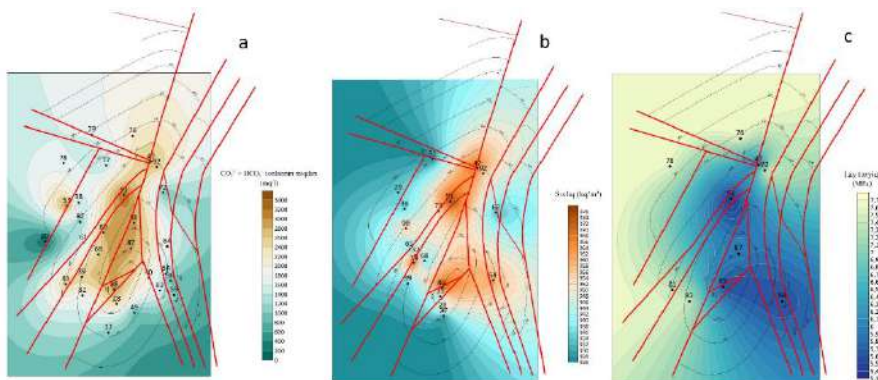


Şəkil 10. Maykop lay dəstəsi II horizont lay sularının minerallaşma dərəcəsi

Yataq daxilində atmosfer sularının qırılmalar boyunca aktiv hidrodinamik fəaliyyəti qırılma üzərində yerləşən quyulardan hasil olunan neft nümunələrinin sıxlıq qiymətlərində də öz əksini tapmışdır. Belə ki, müalicəvi neft yer səthinə yaxın toplanması nəticəsində qırılmalar boyu atmosfer sularının təsiri ilə bioqedradasiyaya uğramış və yanacaq neftinə nəzərən daha yüksək sıxlıq qiymətinə malik olmuşdur. Naftalan yatağında müalicəvi neftin yatdığı Maykop I, Mergel və

II horizontlarında neftin sıxlığının 916-976 kq/m³ təşkil etdiyi məlumdur. Bununla belə, aparılan ölçmələr II horizont sularının hidrokarbonat ionlarının yüksək olduğu quyularda sıxlığın da anomal yüksək qiymətlərlə xarakterizə olunduğunu göstərir (şəkil 11a, 11b). Belə nəticəyə gəlmək olar ki, qırılmalara yaxın nöqtələrdə atmosfer sularının hərəkəti daha aktiv olmuş və neftlərin oksidləşməsi daha effektiv baş vermişdir.

II horizontun lay təzyiqləri üçün qurulmuş xəritədə də lay sularının hidrokarbonat ionlarının anomal qiymətlərinin alındığı quyularda uyğun olaraq aşağı lay təzyiqi qeydə alınmışdır. (şəkil 11c). Bu hissələrdə aşağı təzyiq qiymətləri, qırılmaların daşıyıcı rol oynadığını sübut edir.



Şəkil 11. Maykop lay dəstəsi II horizont lay sularında hidrokarbonat ionunun miqdarı (a), II horizontda neftlərin sıxlığı (b) və lay təzyiqi qiymətləri (c)

Qeyd olunduğu kimi KiçikQafqazönü çökəklik ərazisində Maykop yaşlı çöküntülərin karbohidrogen əmələgətirmə potensialının piroliz analizi vasitəsilə öyrənilməsi nəticəsində məlum olmuşdur ki, Naftalan yatağının da yerləşdiyi rayon ərazisində Maykop yaşlı süxurlar yetkin deyildir və zəif KH əmələgətirmə potensialına malikdir. Ümumi biomarker-geokimyəvi parametrlərinin müqayisəsi bizə müalicəvi və yanacaq neftlərinin eyni mənşəyə malik olduğu barədə fikir yürütməyə imkan verir. Bundan başqa, Naftalan hər iki tip neftin biomarker analizləri bu neftlərin biomarker tərkibində yüksək

miqdarda (5-7 %) olenanan KH-lərinin olduğunu sübut etmişdir. Bu birləşmələrin neftlərdə yüksək faizi həmin nümunənin üst Təbaşir - Paleogen yaşlı olduğunu göstərir [6]. Belə nəticəyə gəlmək olar ki, iki fərqli geokimyəvi xüsusiyyətlərə malik olan Naftalan neftləri, Maykopun bu ərazidə qeyri-yetkin olduğunu nəzərə alaraq, Maykopaqədərki süxurlarda əmələ gələrək Maykopa miqrasiya etmiş və toplanmışdır. Bundan sonra Maykop dövründə üst horizontlarda (I, Mergel, II) toplanmış neft yığını uzun müddət ərzində atmosfer sularının və qırılma boyunca lay sularının aktiv təsirinə məruz qalmışdır. Milyon illər ərzində bu təsir neftin oksidləşmə-biodeqradasiyasına və beləcə unikal xassələrinin yaranmasına gətirib çıxarmışdır.

Belə qənaətə gəlmək olar ki, Naftalan yatağında qırılmalar neftin miqrasiyası, toplanması və həmçinin toplanmış neftə səth sularının təsiri ilə neftin unikal mikrobioloji və geokimyəvi xassələrinin yaranmasında əhəmiyyətli rola malikdir.

NƏTİCƏ

1. Kiçikqafqazönu çökəkliyin geoloji-geodinamik şəraiti və Maykop yaşlı süxurların piroliz üsulu ilə tədqiqi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Kiçikqafqazönu çökəklikdə Maykop çöküntüləri zəif karbohidrogen əmələgətirmə potensialına malikdir. Çökəklik ərazisində neftlərin biomarker-geokimyəvi xüsusiyyətlərinin təqiqatı ilə onların qarışıq tip üzvi maddədən əmələ gəldiyi və neftlər arasında güclü oxşarlığın olması, yəni neftlərin eyni yaşlı ana süxurla əlaqəli olduğu aşkar edilmişdir. Bütün bunları nəzərə alaraq, belə nəticə çıxartmaq olar ki, Naftalan neftləri miqrasiya təbiətlidir, yəni neftlər Maykopaqədərki (üst Təbaşir-Eosen) stratigrafik komplekslərdə əmələ gələrək Maykop yaşlı rezervuarlara miqrasiya etmiş və burada toplanmışdır. [6, 7]
2. Naftalan müalicəvi və yanacaq neftlərinin karbohidrogen, fraksiya, mikroelement və biomarker tərkibinin müqayisəli tədqiqatı aparılmışdır. Müalicəvi və yanacaq neftlərinin hesablanmış biomarker-geokimyəvi parametrlərinin müqayisəsi nəticəsində neftlərin eyni mənşəyə malik olduğu müəyyən olunmuşdur. [1,3,5]
3. Müalicəvi Naftalan və müalicəvi məqsədlər üçün istifadə olunmuş

neftin biomarker tərkibinin müqayisəli tədqiqatı göstərmişdir ki, müəyyən müddət müalicədə istifadə olunan neftin tərkibində əhəmiyyətli dərəcədə triterpan, hopan və adamantoid karbohidrogenlərinin azaldığı qeydə alınır. Bununla da belə qənaətə gəlmək olar ki, triterpan, hopan və adamantoid karbohidrogenləri müalicə prosesində əsas rol oynayır. [7]

4. Naftalan yatağında kompleks geokimyəvi, termobarik və hidrokimyəvi tədqiqatlar əsasında müəyyən edilmişdir ki, yataq daxilində gedən flüidodinamik və infiltrasiya prosesləri neftlərin müalicəvi xassələrinin formalaşmasında əsas amili kimi çıxış edir. Müəyyən edilmişdir ki, Naftalan yatağında qırılmalar boyunca lay suları və atmosfer sularının sirkulyasiya edərək üst horizontlarda (I, Mergel, II) yatan neftlərə aktiv təsiri onlarda oksidləşmə-biodeqradasiya prosesinin getməsi nəticəsində, neftlərin unikal mikrobioloji-geokimyəvi və müalicəvi xüsusiyyətlərinin yaranmasında aktiv rol oynamışdır.

Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıdakı əsərlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Martynova, G.S. On some aspects of Naftalan oil properties / G.S.Martynova, R.G.Nanajanova, N.I.Velimetova [et al.] // Chemical Problems, -2022. № 2, - p. 122-132.
2. Martynova G.S. New data on diamond-like hydrocarbons / G.S.Martynova, D.A.Huseynov, O.P.Maksakova [et al.] // Reports of ANAS, - 2022. № 1-2, - p. 20-24.
3. Zeynalov, S.G. The results of the research of therapeutic Naftalan oil by modern methods // 9th International Scientific Conference of Young Scientists & Students, "Geoinformatics, Georesources, Geoecology", - Baku: Book of Abstracts, 2023, 10-13 oktyabr, - s.33-35.
4. Zeynalov, S.Q. Naftalan yatağının müalicəvi və yanacaq neftlərinin geoloji və geokimyəvi aspektdə müqayisəli tədqiqi: qaz xromatografiya-mass spektrometriya metodu əsasında // 5th International Student Research and Science Conference dedicated to the 101th Anniversary of the National Leader of Azerbaijan Heydar Aliyev, "Petroleum Geoscience and Engineering", - Baku: 2024, 23 aprel - 1 may, - s. 875-879.

5. Зейналов, С.Г. Геологическая природа бальнеологического феномена Нафталанской нефти // Сборник материалов XVI Международной конференции молодых ученых и студентов, "Современные техника и технологии в научных исследованиях", - Бишкек: 2024, 24-26 апрел, - s. 81-84.
6. Zeynalov, S.G. About the source rock of therapeutic oil of the Naftalan field // Journal of Young researcher, - 2024. № 3, - p. 52-59.
7. Guliev, I.S. Biomarkers of Naftalan oil / I.S.Guliev, D.A.Huseynov, G.S.Martynova [et al.] // ANAS Transactions, Earth Sciences, - 2024. №1, - p. 119-128.
8. Guliev, I.S. A study of geochemical features of medicinal oils / I.S.Guliev, G.S.Martynova, O.P.Maksakova [et al.] // Vestnik of North-Eastern Federal University Series "Earth Sciences", - 2024. №3, -p.5-17.
9. Huseynov D.A., Martynova G.S., Zeinalov S.G. About naphthenic oil and aspects of its healing properties // Azerbaijan chemical journal, - 2024. № 1, - p. 114-126.



Dissertasiyanın müdafiəsi 30 oktyabr 2025-ci il tarixində saat 14³⁰-da Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Geologiya və Geofizika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.01 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az1073, Azərbaycan, Bakı şəh., H.Cavid pr., 119.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Geologiya və Geofizika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Geologiya və Geofizika İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 29 sentyabr 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 26.09.2025

Kağızın formatı: 60x84^{1/16}

Həcm: 37249

Tiraj: 100