

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

ABŞERON NEFTLİ-QAZLI RAYONUNUN PLİOSEN YAŞLI ÇÖKÜNTÜLƏRİNİN İSTİLİK XASSƏLƏRİ VƏ İSTİLİKDAŞINMA MODELLƏRİ

İxtisas: 2507.01 – Geofizika, faydalı qazıntıların
geofiziki axtarış üsulları

Elm sahəsi: Yer elmləri

İddiaçı: **Pərviz Yunus oğlu Məmmədov**

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 rəhbər: Geologiya-mineralogiya elmlər doktoru,
dosent

Abdolvahab Şərif oğlu Muxtarov

Rəsmi opponentlər: Geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
professor

Tofiq Rəşid oğlu Əhmədov

Yer elmləri doktoru, professor

Vaqif Qədir oğlu Qədirov

Geologiya-mineralogiya üzrə fəlsəfə doktoru,
dosent

Xalid Faiq oğlu Məlikov

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 elmlər doktoru,
akademik, professor

Əkpər Əkpər oğlu Feyzullayev

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

Texnika elmləri namizədi, dosent

Dilqəşə Ramzey qızı Mirzəyeva

Elmi seminarın sədri:

Geologiya-mineralogiya elmlər doktoru,
akademik, professor

Fəxrəddin Əbülfət oğlu Qədirov

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi:

Qlobal iqlim dəyişikliyinə sürətlənməsi, istiləşmənin artması və təbii fəlakətlərin çoxalması, fosil yanacaqların istifadəsinin davamlı nəticələrinin dünyaya olan təsirini açıq şəkildə göstərir. Bu səbəbdən, qlobal səviyyədə yanacaq tipli enerji mənbələrindən istifadənin azaldılması və daha davamlı, ekoloji cəhətdən təmiz enerji mənbələrinə keçid təşviq edilir. Atmosferdə istixana qazlarının artan səviyyəsi iqlim dəyişikliyinə əsas səbəblərdən biri olduğu üçün beynəlxalq təşkilatlar və ölkələr, xüsusilə də COP (Conference of the Parties – Partiyaların Konfransı) sammitləri çərçivəsində, alternativ enerji mənbələrinin inkişafını dəstəkləyən strateji addımlar atırlar.

Azərbaycan, istixana qazı emissiyasını 2050-ci ilə qədər 40% azaltmaq və 2030-cu ilə qədər bərpa olunan enerji üzrə qoyuluş gücünü 30%-ə çatdırmaq kimi hədəflər qoyaraq, yaşıl enerji sahəsində lider olmağa çalışır. Bu hədəflərə çatmaq üçün ölkənin zəngin külək və günəş enerjisi potensialından geniş şəkildə istifadə olunur. COP29 kimi tədbirlərdə Azərbaycanın qlobal iqlim dəyişikliklərinə lider rolunu və geotermal enerji sahəsindəki inkişaf təşəbbüsləri ön plana çıxarılaraq, gələcək nəsillər üçün ekoloji cəhətdən daha dayanıqlı bir dünya yaratmaq məqsədi ilə atılacaq strateji addımların vacibliyi vurğulanır.

Geotermal enerji, günəş, külək və hidroelektrik enerji kimi alternativ enerji mənbələri ilə birgə, karbon emissiyalarını azaltmaq və enerji təhlükəsizliyini təmin etmək üçün mühüm vasitələrdən biri hesab edilir. Dünyanın bir çox ölkələrində, xüsusilə inkişaf etməkdə olan ölkələrdə, geotermal enerji sürətli iqtisadi inkişaf və ekoloji baxımdan səmərəli enerji istifadəsi üçün böyük perspektivlər vəd edir. Lakin, Azərbaycanda bu sahədə hələlik daha çox iş görülməsi zəruridir. Geotermal enerji potensialının qiymətləndirilməsi və onun səmərəli istifadəsi, ölkənin enerji mənbələrinin diversifikasiyasına və ekoloji problemlərin həllinə töhfə verə bilər. Abşeron yarımadası kimi ərazilərdə bu potensialın öyrənilməsi isə enerji təhlükəsizliyi və iqtisadi inkişaf baxımından xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Tədqiqat obyekti və predmeti:

Tədqiqat obyekti Abşeron neftli-qazlı rayonu, predmeti isə

Abşeron neftli-qazlı rayonunun hüduqlarında Pliosen yaşlı çöküntülərin istilik xassələri və geotermal resursların qiymətləndirilməsidir.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri:

Tədqiqatın məqsədi Abşeron NQR-da geotermal enerji resurslarının qiymətləndirilməsi və bundan alternativ enerji mənbəyi kimi istifadə imkanlarının araşdırılmasıdır.

Tədqiqatın vəzifələri aşağıdakılardır:

1. Abşeron neftli-qazlı rayonunda geotermik tədqiqat məlumatlarının toplanması və araşdırılması;
2. Abşeron neftli-qazlı rayonunda yerləşən Pliosen yaşlı süxurların istilik (enerji) saxlama xüsusiyyətlərinin təyin olunması və araşdırılması;
3. Abşeron neftli-qazlı rayonunda Pliosen süxur kompleksində temperaturun üçölçülü paylanma qanunauyğunluqlarının tədqiqi;
4. Abşeron neftli-qazlı rayonunda Pliosen yaşlı süxurların geotermal enerji potensialının qiymətləndirilməsi;
5. Abşeron neftli-qazlı rayonunda flüidlərin səthə daşdığı geotermal enerji potensialının qiymətləndirilməsi;
6. Abşeron NQR-da geotermal enerji resurslarının paylanma xüsusiyyətləri.

Tədqiqatın metodları:

Kern nümunələrində istilik parametrlərinin təyin olunması və tədqiqi;

Neft quyularında aparılmış termik tədqiqatların (termokarotaj) nəticələrinin tədqiqi;

Süxur kütləsində toplanan geotermal enerjinin qiymətləndirilməsi və tədqiqi;

Neftli-qazlı rayonlarda flüidlərin səthə daşdığı səmt geotermal enerjisinin qiymətləndirilməsi.

Tədqiqat sahəsində geotermal parametrlərin statistik və məkan paylanmasının təhlili zamanı ArcGIS, Surfer, Grapher və Strater proqramlarından istifadə edilmişdir. Bu proqram təminatları vasitəsilə Pliosen yaşlı çöküntülərdə toplanan geotermal enerjinin sahə üzrə paylanma modelləri, Pliosen yaşlı çöküntülərin tavanı və dabanının dərinlikdə yatım modelləri, temperaturun tavan və dabanı paylanma

modelləri, istilik parametrlərinin tavan və dabanda paylanma modelləri və Abşeron NQR-nun geotermal enerji resurslarına görə rayonlaşdırma xəritəsi qurulmuşdur. Grapher proqramı vasitəsilə Abşeron neftli-qazlı rayonunda yerləşən neft quyularında dərinlik boyunca istilik parametrlərinin və temperaturun dəyişmə qanunauyğunluqları araşdırılmışdır. Strater proqramı vasitəsilə isə həmin quyularda süxurların litoloji tərkibini əks etdirən geoloji kəsilişlər qurulmuşdur.

Eyni zamanda, Python proqramlaşdırma mühitində üçölçülü istilikdaşınma modeli qurulmuşdur. Bu model temperaturun dərinlik üzrə paylanmasını və istilikdaşınma prosesini əks etdirir və Abşeron NQR-da Pliosen yaşlı çöküntülər daxilində dinamik şəkildə təqdim edir. Bu yanaşma təkcə geotermal sahələrin qiymətləndirilməsində deyil, həm də istilik daşınma proseslərinin elmi əsaslarla modelləşdirilməsində mühüm rol oynayır.

Müdafiyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Abşeron NQR-da Pliosen yaşlı çöküntülərdə istilik saxlama xüsusiyyətləri və istilikdaşınma modelləri;

2. Abşeron NQR-un geotermal enerji resurslarına görə rayonlaşdırılmasının əsas meyarları və istifadə perspektivləri.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

1. Abşeron neftli-qazlı rayonunun neft yataqlarının geotermal enerji potensialı qiymətləndirilmişdir və burada binar geotermal enerji dövrlərinin tətbiq olunması əsaslandırılmışdır.

2. Abşeron NQR-da Pliosen yaşlı çöküntülərin istilik saxlama xüsusiyyətləri tədqiq olunmuşdur.

3. Abşeron neftli-qazlı rayonunun Pliosen kompleksi üçün geotermal enerji resurslarının paylanması araşdırılmış və rayonlaşdırma xəritəsi tərtib edilmişdir.

4. Abşeron neftli-qazlı rayonunda Pliosen kompleksi üçün istilikdaşınma mexanizmini əks etdirən modellər qurulmuşdur.

5. Abşeron neftli-qazlı rayonunda geotermal mənbələrdən elektrik enerjisinin alınması üsulları araşdırılmış və burada binar sistemlərin tətbiqinin effektivliyi əsaslandırılmışdır.

6. Abşeron NQR-un neft mədənlərində səmt geotermal enerji potensialının paylanma xəritəsi qurulmuş və həmin enerjiden səmərəli

istifadə üsulları təklif edilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:

Abşeron neftli-qazlı rayonunda geotermal enerji tədqiqatları, həm nəzəri, həm də praktik əhəmiyyətə malikdir. Tədqiqatın məqsədi, bölgədə geotermal parametrlərin dəqiq ölçülməsi və geotermal rejimin modelləşdirilməsidir. *Tədqiqatın nəzəri əhəmiyyəti* – Abşeron neftli-qazlı rayonunda temperaturun paylanma modellərinin tərtib edilməsidir. Bu modellər, tədqiqat rayonunda temperaturun zaman-məkan paylanması-nın anlaşılmasına kömək edəcəkdir. *Tədqiqatın praktiki əhəmiyyəti* – Abşeron neftli-qazlı rayonu üçün hesablanmış (alternativ) geotermal enerji potensialı rayonun enerji təchizatında nəzərə alına biləcəkdir. Bu layihələr, regionun enerji təhlükəsizliyini artırmaq və fosil yanacaqların istifadəsini azaltmaq məqsədilə strateji əhəmiyyət kəsb edir.

Aprobasiyası və tətbiqi:

Dissertasiya işinin nəticələri Lomonosov adına gənc alimlər üçün XXXI beynəlxalq elmi konfransda (Moskva, 2024), Gənc Alim və Tələbələrin IX Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı, 2023), XII Azərbaycan Beynəlxalq Geofizika Konfransında (Bakı, 2023), Gənc Alim və Tələbələrin VIII Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı, 2021), Tələbələrin və Gənc Tədqiqatçıların XXV Beynəlxalq Konfransında (Bakı, 2021) məruzə edilmişdir. Mövzu üzrə xarici və yerli jurnallarda dissertasiya işinin nəticələrini əks etdirən 6 məqalə (1 məqalə Web of Science bazasına, 2 məqalə Scopus bazasına daxil olan jurnallarda) və 5 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, beş fəsil, nəticə və 152 adda mənbənin daxil olduğu ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 55 şəkil, 6 cədvəl daxil olmaqla 168 səhifədən, ümumi həcmi 214862, o cümlədən Giriş hissəsi – 8510, I fəslə – 52991, II fəslə – 49086, III fəslə – 26598, IV fəslə – 37147, V fəslə – 39306 simvoldan ibarətdir.

İddiaçının şəxsi rolu: Bu dissertasiya işində istifadə olunan yeni temperatur məlumatları müəllif tərəfindən toplanmış, təhlil edilmiş və mövcud geotermal məlumat bazasına integrasiya olun-

muşdur. Tədqiqat obyektləri müəllifin birbaşa iştirakı ilə seçilmişdir. Dissertasiya işi çərçivəsində Abşeron yarımadası ərazisi üçün yeni geotermik kəsilişlər, temperaturun və istilik selinin paylanması əks etdirən modellər, xəritələr və sxemlər müəllif tərəfindən tərtib edilmişdir. Müəllif tərəfindən Abşeron neftli-qazlı rayonunun Pliosen çöküntülərində toplanmış geotermal enerji potensialı qiymətləndirilmiş və təhlil edilmişdir. Həmçinin, Abşeron neftli-qazlı rayonunda geotermal enerji (alternativ enerji) mənbəyindən elektrik enerjisinin alınması üçün dövrə konfigurasiyalarının istifadəsi barədə təkliflər verilmişdir.

Minnətdarlıq:

Müəllif, tədqiqat rayonunun geoloji-gofiziki və geotermik şəraitinin öyrənilməsində əməyi olan, eləcə də elmi nəticələri dissertasiyada istinad kimi istifadə edilən alimlərə təşəkkürünü bildirir. Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində verdiyi dəstəyə, göstərdiyi daimi diqqətə, səbrə, yardımına və dəyərli məsləhətinə, eləcə də birlikdə işləmək üçün yaratdığı imkana görə elmi rəhbəri g.-m.e.d. A.Ş.Muxtarova öz minnətdarlığını bildirir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi üçün yaradılan imkanlara görə Geologiya və Geofizika İnstitutunun baş direktoru akademik Ak.A.Əlizadəyə, Yer Fizikası seksiyasının rəhbəri akademik F.Ə.Qədirova və “Yer təkində istilik-kütlə daşınma” şöbəsinin kollektivinə bütün köməklərinə görə təşəkkürümü bildirirəm.

İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

FƏSİL I. ABŞERON NEFTLİ-QAZLI RAYONUNUN GEOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ GEOTERMAL POTENSİALI

Bu fəsil Abşeron neftli-qazlı rayonunun geotermal potensialı və bu sahədə aparılmış tədqiqatların nəticələrinə dair akademik xarakter daşıyır. Bölgənin geoloji tərkibi əsasən Üst Miosen və Pliosen dövrlərinin çöküntülərindən ibarətdir, burada mövcud olan neft və qaz yataqları ilə yanaşı, yüksək istilik tutumu olan süxur qatları da mövcuddur. Abşeron rayonunun yeraltı istilik potensialı, neft-qaz yataqlarının mövcud olduğu dərinliklərdə temperaturun tədricən yüksəlməsi ilə xarakterizə olunur, bu da geotermal enerji resurslarının qiymətlən-

dirilməsi üçün əsas amildir. Tektonik çatlar və qırılma zonaları bu istilik axınının səthə doğru hərəkətini asanlaşdırır və bu, geotermal enerji hasilatını daha əlverişli edir.

Abşeron neftli-qazlı rayonunun geotermal potensialının dəyərləndirilməsi, Azərbaycanın enerji sektorunun diversifikasiyası üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Ənənəvi karbohidrogen ehtiyatlarının tükənməsi və ekoloji cəhətdən daha təmiz enerji mənbələrinin ön plana çıxması fonunda, geotermal enerji resursları alternativ enerji mənbəyi kimi nəzərdən keçirilə bilər.

Azərbaycan ərazisində istilik sahəsinin parametrlərinin paylanma qanunauyğunluqları bir sıra görkəmli alimlərin tədqiqatlarında geniş şəkildə araşdırılmışdır. Bu sahədə aparılan elmi işlər Azərbaycanın geotermik xüsusiyyətlərinin dərinlən öyrənilməsinə və anlaşılmasına əhəmiyyətli töhfələr vermişdir.

Həmçinin I fəsil Azərbaycanın istilik sahəsinin öyrənilməsi ilə bağlı görkəmli alimlərin apardığı tədqiqatlardan bəhs edir. Ş.F.Mehdiyevin çoxillik tədqiqatları (1960, 1967, 1971, 1987, 2010) bu sahədə fundamental əhəmiyyət kəsb edir. Onun əsərləri Azərbaycanın geotermik xəritələşdirilməsi və istilik sahəsinin regional xüsusiyyətlərinin müəyyənləşdirilməsi baxımından mühüm rol oynamışdır.

M.Ə.Qaşqay və həmkarlarının 1974-cü ildə nəşr olunmuş əsəri Azərbaycanın geotermik rejiminin öyrənilməsində əhəmiyyətli addım olmuşdur. Bu tədqiqat işi regionun termal xüsusiyyətlərinin geoloji quruluşla əlaqəsini aydınlaşdırmağa kömək etmişdir.

S.A.Əliyevin müxtəlif illərdə (1972, 1976, 1977, 1979, 2002) apardığı tədqiqatlar, eləcə də A.Muxtarovla birgə 2000-ci ildə nəşr etdirdiyi əsər Azərbaycanın geotermik sahəsinin daha dəqiq modelləşdirilməsinə imkan yaratmışdır. 1982-ci ildə hazırlanmış geotermik xəritə və 1995-ci ildə A.Əliyevlə birgə nəşr etdirdiyi əsər bu sahədə mühüm elmi nailiyyətlər hesab olunur.

E.A.Lyubimovanın 1973, 1976 və 1985-ci illərdə apardığı tədqiqatlar Azərbaycanın dərin geotermik strukturunun öyrənilməsində əhəmiyyətli rol oynamışdır. Bu işlər regionun istilik axını və geotermik

qradiyentlərinin dəqiqləşdirilməsinə töhfə vermişdir¹.

A.Ş.Muxtarovun müxtəlif illərdə (1997, 2003, 2004, 2007) həm müstəqil, həm də həmkarları ilə birgə apardığı tədqiqatlar Azərbaycanın müasir geotermik vəziyyətinin daha dərinədən anlaşılmasına və yeni məlumatların əldə edilməsinə imkan yaratmışdır.

Bu alimlərin və digər tədqiqatçıların əsərləri Azərbaycan ərazisində istilik sahəsinin parametrlərinin paylanma qanunauyğunluqlarının hərtərəfli öyrənilməsində və bu sahədə elmi biliklərin zənginləşdirilməsində mühüm rol oynamışdır.

FƏSİL II. YERİN İSTİLİK SAHƏSİ VƏ İSTİLİKDAŞINMA MEXANİZMLƏRİNİN TƏHLİLİ

Bu fəsil Yer kürəsinin istilik sahəsi və istilikdaşınma mexanizmlərinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Burada Yerin daxili istilik prosesləri, istilik enerjisinin mənbələri və ötürülmə mexanizmləri izah edilir. Fəsil, Yerin formalaşması zamanı istilik enerjisinin yığılması və yayılması proseslərini, radioaktiv izotopların parçalanması nəticəsində istilik gəncə rasiyasını və Günəş radiasiyasının rolunu ətraflı təhlil edir.

Daha spesifik olaraq, istilik mənbələri tarixi və müasir kontekstdə təsnif edilir. Yer daxilində istilik enerjisini yaradan əsas amillər sıralanır, o cümlədən qravitasiya enerjisinin istiliyə çevrilməsi, radioaktiv parçalanma, Günəş radiasiyası və kosmik obyektlərin təsiri. Yerin geotermal rejiminin təkamülü nəzərdən keçirilir, müxtəlif tektonik hadisələrin və termodinamik proseslərin istilik balansına təsiri müzakirə olunur.

Fəsildə həmçinin istilikdaşınma mexanizmləri, o cümlədən istilikkeçirmə, konveksiya və adveksiya prosesi izah edilir. Məlum olur ki, Yer daxilində istilik əsasən konduktiv və konvektiv yollarla ötürülür və bu proseslər litosferin reoloji xüsusiyyətlərini formalaşdırır. Müxtəlif geoloji strukturlarda, məsələn, çökəkliklərdə və orogen qurşaqlarda istilik rejiminin necə dəyişdiyi təhlil edilir.

Xüsusilə Abşeron neft-qaz rayonunun geotermal rejimi və istilikdaşınma modelləri müzakirə edilir. Qaradağ və Balaxanı-Sabunçu-

¹ Azərbaycanın geologiyası: [3 cildə] / Baş red. Ak.A.Əlizadə. – Bakı: Elm, - c. 2. - 2015. - 372 s.

Ramana yataqlarında aparılan tədqiqatlara əsasən, layların istilik xassələri və istilik axını modelləri təqdim edilir. İstilik selinin sıxlığının qiymətləndirilməsi üçün istifadə edilən metodlar, o cümlədən Furiye qanunu əsasında hesablamalar ətraflı təsvir olunur. Qeyd edilir ki, müxtəlif dərinliklərdə istilik keçiriciliyi və temperatur qradienti süxurların litoloji tərkibindən asılıdır.

Geotermik qradient və səth istilik axını kontinental litosferin geotermik rejimini təsvir edən əsas parametrlərdir. Litosferin reoloji quruluşu ilə birləşdirildikdə, geotermik rejim çökəkliklərin, kontinental kənarların və orogen qurşaqların tektono-termal təkamülünü anlamaq üçün çox vacib olan deformasiya davranışlarını izah edə bilər².

Rezervuar temperaturunun öyrənilməsi geotermik potensialın müəyyən edilməsində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu, yerin altında yüksək temperaturlarla xarakterizə olunan geotermik sistemin temperatur və istilik ötürmə modellərini qiymətləndirməyi hədəfləyir³. Temperatur paylanması və qradientini, istilik ötürməsinə və rezervuar temperaturunu müəyyən etmək üçün metodlardan biri temperatur sensoru ilə quyuların qazılmasıdır.

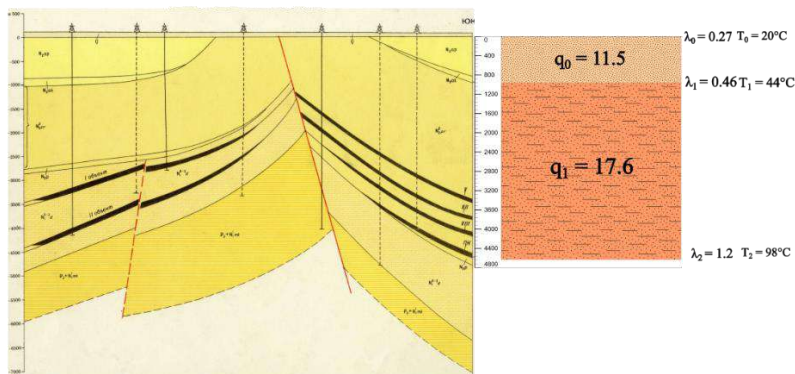
Şəkil 1-də Qaradağ yatağı Pliosen yaşlı çöküntülərinin istilikdaşınma modeli təsvir olunmuşdur.

Qaradağ yatağında Pliosen yaşlı çöküntülərinin istilikdaşınma modelinin qiymətləndirilməsi iki lay kompleksini özündə birləşdirən metodologiya üzərində qurulmuşdur. Metod istilik selinin sıxlığı (q) və istilik keçiriciliyi (λ) parametrlərinin dərinlikdə paylanmasını öyrənməyi əhatə edir.

Qrafikdə görüldüyü kimi, dərinlik artdıqca istilik selinin sıxlığı və istilik keçiriciliyinin qiymətləri müəyyən intervalda paylanır. İstilik keçiriciliyinin qiyməti Abşeron, Ağcagil və Dördüncü dövr çöküntülərinin tavanında (λ_0) $0,27 (Vt/(m \cdot K))$, Məhsuldar Qat çöküntülərinin tavanında (λ_1) $0,46 (Vt/(m \cdot K))$, dabanında isə (λ_2) $1,2 (Vt/(m \cdot K))$ -dir.

² Burov, E.B. Rheology and strength of the lithosphere // Marine and Petroleum Geology, - 2011, 28 (8), - p. 1402-1443.

³ Kahwa, E. Geophysical Exploration of High Temperature Geothermal Areas using Resistivity Methods. Case Study: TheistareykirArea, NE Iceland // Proceedings World Geothermal Congress. Melbourne, Australia, - 2015, - p. 1-11.



Şəkil 1. Qaradağ yatağı Pliosen yaşlı çöküntülərinin istilikdaşınma modeli (soldakı profil⁴) (Tərtib edən P.Y.Məmmədov)

İstilik selinin sıxlığı Furiye tənliyi vasitəsilə müəyyən olunmuşdur. Burada temperatur dərinliyə doğru getdikcə 44°C-dən 98°C-ə qədər dəyişir. Uyğun olaraq temperatur qradienti 0,011-0,023 arasında dəyişən qiymətə malikdir. Beləliklə istilik selinin sıxlığı Abşeron, Ağcagil və Dördüncü dövr çöküntülərində $q_0 = 11,5 \text{ (mVt/m}^2\text{)}$, Məhsuldar Qat çöküntülərində isə $q_1 = 17,6 \text{ (mVt/m}^2\text{)}$ -dir.

İstilik axının yuxarıdan-aşağıya çoxaldığı görünür. Bu, dərinliklə birlikdə geotermal enerji potensialının artmasına dəlalət edir. Laylar arası istilik axını diferensial qiymətləndirilən istilikkeçirmə parametrlərinin litoloji faktorlara bağlı olduğunu göstərir.

Şəkil 2-də Balaxanı-Sabunçu-Ramana yatağı Pliosen yaşlı çöküntülərin istilikdaşınma modeli təsvir olunmuşdur.

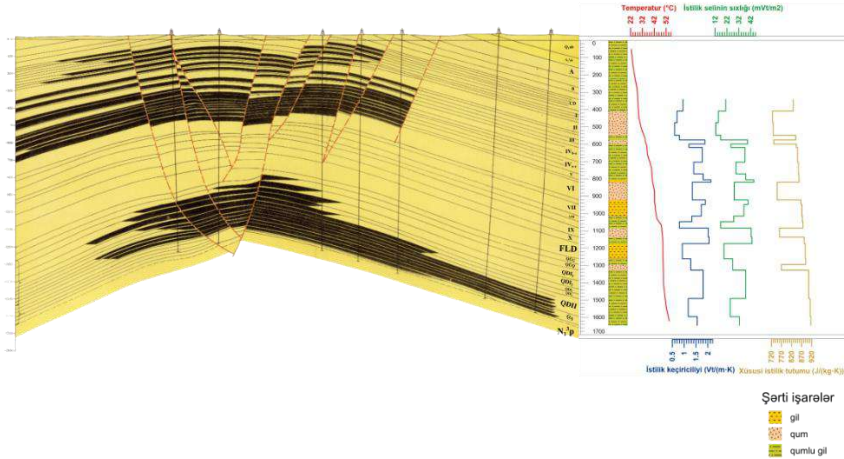
Balaxanı-Sabunçu-Ramana yatağında istilik daşınmasını öyrənmək, geotermal enerjinin istifadəsinin qiymətləndirilməsi baxımından vacibdir. Tədqiqatda istilikdaşınma modeli Pliosen yaşlı çöküntülər üçün qurulmuşdur. Layların istilik xassələri, dərinlik intervalları, litoloji tərkibi və istilik parametrləri araşdırılmışdır. Model dərinlik boyunca istilik daşınmasını təsvir etmək üçün istilik selinin sıxlığı (q), istilik keçiriciliyi (λ), temperatur və xüsusi istilik tutumu (c) kimi

⁴ Атлас нефтегазоносных и перспективных структур Азербайджана [Атлас] / – Москва: ВСЕГЕИ, 1987. – 132 с.

parametrlərdən istifadə edir.

Balaxanı-Sabunçu-Ramana yatağında dərinlik intervalına görə istilikdaşınma prosesi aşağıda qeyd olunmuşdur:

0-200 m intervalı: bu qat çox sayda gillərdən və gilli qumlardan təşkil olunmuşdur. Burada temperaturun göstəricisi 20-30 °C arasında dəyişir;



Şəkil 2. Balaxanı-Sabunçu-Ramana yatağı Pliosen yaşlı çöküntülərin istilikdaşınma modeli (soldakı profil⁵) (Tərtib edən P.Y.Məmmədov)

200-400 m intervalı: bu qatda əsasən qumlu gillər üstünlük təşkil edir. Bu intervalda temperatur 24-28 °C arasında dəyişir. İstilik selinin sıxlığı uyğun olaraq 12-22 (mVt/m²) qiymətləndirilir. Xüsusi istilik tutumu isə 830 (J/(kq·K))-dir;

400-600 m intervalı: bu qatda qum, qumdaşı üstünlük təşkil edir. İstilik keçiriciliyi bu qatda qumların üstünlük təşkil etməsi ilə azalır. Onun qiyməti 0,7-0,8 (Vt/(m·K)) arasında dəyişir. İstilik selinin sıxlığı uyğun olaraq 14-17 (mVt/m²) qiymətləndirilir. Xüsusi istilik tutumu isə 730 (J/(kq·K))-dir;

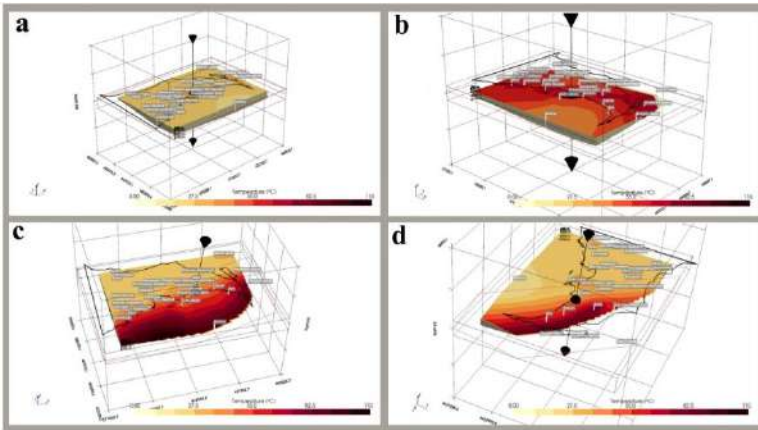
600-800 m və 1300-1700 m intervalı: bu qat əsasən qumlu gillərdən təşkil olunmuşdur. Burada uyğun olaraq istilik keçiriciliyi 1,3-

⁵ Атлас нефтегазоносных и перспективных структур Азербайджана [Атлас] / – Москва: ВСЕГЕИ, 1987. — 132 с.

1,8 ($Vt/(m \cdot K)$) arasında dəyişir. İstilik selinin sıxlığı uyğun olaraq 26-42 (mVt/m^2) qiymətləndirilir. Xüsusi istilik tutumu isə 840-900 ($J/(kg \cdot K)$)-dir.

Layların istilik xassələri dərinlik, litoloji tərkib və geotermal qradientə görə dəyişir. Qum qatları istilik axınına yavaşladır, gil və qumlu gil qatları istilik daşınmasını daha effektiv həyata keçirir. Temperatur paylanması litoloji tərkibə görə qeyri-bərabərdir. Araşdırma geotermal potensialın qiymətləndirilməsi və istilik axınının modeləşdirilməsi baxımından önəmlidir. Bu məlumatlar yataqların istilik xassələrinin daha aydın öyrənilməsinə imkan yarada bilər.

Şəkil 3-də Abşeron NQR-da Pliosen yaşlı çöküntülərin üçölçülü istilikdaşınma modeli təsvir olunmuşdur.



Şəkil 3. Abşeron neftli-qazlı rayonunda Pliosen yaşlı çöküntülərin üçölçülü istilikdaşınma modeli (Tərtib edən P.Y.Məmmədov)

Abşeron neftli-qazlı rayonunun Pliosen yaşlı çöküntülərində geotermal rejimin qiymətləndirilməsi məqsədilə üçölçülü istilikdaşınma modeli qurulmuşdur. Bu model rayon üzrə müxtəlif dərinliklərdə temperaturun paylanma qanunauyğunluqlarını vizual şəkildə təqdim etməyə imkan verir. Model üçölçülü fəzada real temperatur paylanması əsasında istilikdaşınma prosesini əks etdirir. Modeldə Abşeron yarımadası üzrə neft yataqlarından toplanmış geotermik məlumatlar əsasında temperaturun dərinlik üzrə dəyişməsi qiymət-

ləndirilmişdir. Model üçölçülü fəzada temperaturların paylanmasını əks etdirir və istilik selinin sıxlığının müəyyən olunmasına imkan yaradır.

FƏSİL III. GEOTERMAL EHTİYATLARIN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Bu fəsil geotermal ehtiyatların qiymətləndirilməsi və istilik parametrlərinin müəyyən edilməsi mövzusunə həsr olunmuşdur. Burada geotermal enerji mənbələrinin tədqiqi, süxurların istilik xassələrinin ölçülməsi və geotermal resursların bölgə üzrə qiymətləndirilməsi metodları ətraflı təhlil edilir.

Fəsildə, süxurların istilik keçiriciliyi, istilik diffuziyası və xüsusi istilik tutumu kimi parametrlərinin ölçülməsi üçün istifadə olunan metodologiyalar və cihazlar, xüsusilə də ISOMET 2114 cihazı təqdim olunur. Bu cihazın iş prinsipi və nümunələr üzərində aparılan ölçmələrin nəticələrinin geotermal enerji imkanlarının qiymətləndirilməsinə necə təsir etdiyi izah edilir.

Tədqiqatın əsas məqsədi Abşeron neftli-qazlı rayonunda geotermal enerjinin paylanmasını araşdırmaq və bu enerjinin istifadəsi üçün perspektivli sahələri müəyyən etməkdir. Fəsildə, dərinlik boyunca istilik parametrlərinin dəyişməsinə təsir edən amillər, o cümlədən süxurların litoloji tərkibi, məsaməlilik dərəcəsi və temperatur qradienti ətraflı müzakirə olunur.

Nəticələr göstərir ki, Abşeron neftli-qazlı rayonunda geotermal enerji imkanları dərinlik və süxurların fiziki xüsusiyyətlərindən asılı olaraq dəyişir. Geoloji obyektlərdə istilik keçiriciliyi və temperaturun dərinlik boyunca dəyişməsi qrafiklər və xəritələr vasitəsilə əyani şəkildə təsvir edilmişdir. Bu məlumatlar əsasında, tədqiq olunan sahələr geotermal enerji ehtiyatlarına görə rayonlaşdırılmış və müxtəlif enerji səviyyələrinə malik bölgələr müəyyən edilmişdir.

Fəsilin sonunda geotermal enerjinin iqtisadi və texniki aspektləri, onun neft-qaz yataqlarında alternativ enerji mənbəyi kimi istifadəsi və enerji istehlakına təsiri müzakirə olunur. Bu araşdırmalar geotermal enerjinin tətbiq imkanlarını genişləndirmək və onun səmərəli istifadəsinə dair fundamental əsaslar yaratmaq məqsədi daşıyır.

Geotermal enerji və istilik axınının öyrənilməsi, yer qabığının dərinliklərində baş verən istilik proseslərinin anlaşılması baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu sahədə aparılan tədqiqatlar süxurların istilik xassələrinin, o cümlədən istilik keçiriciliyi, istilik diffuziyası və xüsusi (və ya həcmi) istilik tutumunun müəyyən edilməsi ilə sıx bağlıdır. Belə tədqiqatlar neft-qaz yataqlarının, geotermal enerji mənbələrinin və yerin dərin qatlarının fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin dəqiq qiymətləndirilməsi üçün zəruridir. Bu məqsədlə müxtəlif ölçmə cihazları və metodologiyalar inkişaf etdirilmişdir ki, onların arasında ISOMET 2114 cihazı yüksək dəqiqlik və etibarlılığı ilə seçilir.

Süxurların istilik xassələrinin qiymətləndirilməsi onların litoloji tərkibindən, məsaməliliyindən, sıxlığından və daxilində mövcud olan maye fazasından asılıdır. Dərinliyə doğru bu parametrlərin dəyişməsi geoloji proseslərin təsiri ilə formalaşır və nəticə etibarilə istilik selinin sıxlığı və istilik enerjisinin toplanması kimi mühüm göstəricilərə təsir edir. Bu dəyişikliklərin öyrənilməsi, həmçinin yerin daxili strukturu haqqında fundamental biliklərin əldə olunmasına və yeraltı enerji resurslarının daha səmərəli istifadəsinə şərait yaradır.

Binəqədi yatağı. Binəqədi yatağının geoloji quruluşunda Dördüncü dövrə qədər çöküntülər iştirak edir. Əsasən qırıqda nüvə hissədə Maykop, Qovundağ, Diatom və Çokrak çöküntüləri iştirak edir. Strukturun təğətrafi sahələrində və qanadlarında Pont və Məhsuldar qat çöküntüləri yayılmışdır.

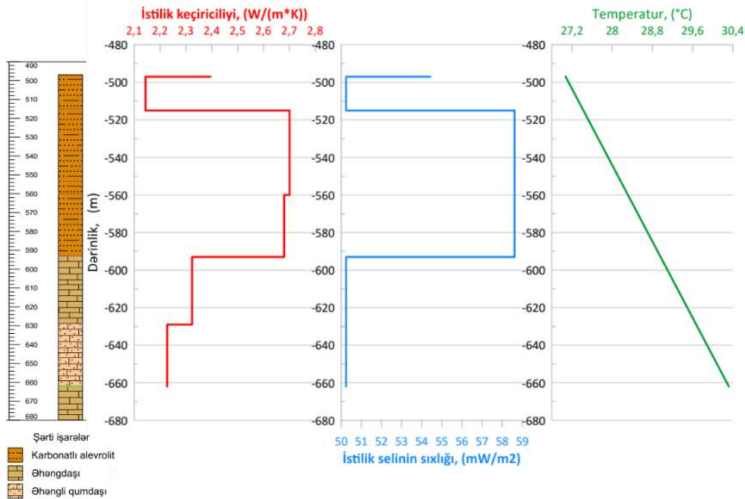
Geoloji kəsilişdə əsasən Məhsuldar qat çöküntüləri gillərdən, qumlardan, qumdaşılı gillərdən və çınqıllardan ibarətdir. Bu qatın Binəqədi yatağındakı maksimum qalınlığı 1600 m-dir. Məhsuldar qatın alt şöbəsi QÜQ, QÜG, QD, QA lay dəstələrindən ibarətdir və qum, qumlu gillərdən təşkil olunmuşdur. Məhsuldar qatın qalınlığı 370 m-dir.

Məhsuldar qatın alt şöbəsi Sabunçu, Suraxanı və Balaxanı lay dəstəsindən ibarətdir və litoloji cəhətdən qonur, qırmızı-qonur, boz-qonur gil, qum, gilli qum və qumdaşından ibarətdir.

Suraxanı lay dəstəsi gillərlə (qalınlığı 53 m olan), Sabunçu lay dəstəsi gil və sıx qumlarla (qalınlığı 320 m olan), Balaxanı lay dəstəsi qum və gilin (qalınlığı 400 m olan) növbələşməsindən ibarətdir.

Balaxanı lay dəstəsinin altında isə “Fasilə” lay dəstəsi yatır ki, litoloji cəhətdən iri dənəli qum, seyrək gillərdən təşkil olunmuşdur⁶.

Şəkil 4-də Binəqədi yatağında qazılmış 1515 №-li quyuda ölçülmüş istilik parametrlərinin Yer qabığında paylanma modeli əks olunmuşdur.



Şəkil 4. Binəqədi neft yatağı 1515 №-li quyuda istilik parametrlərinin Yer qabığında paylanma modeli (Tərtib edən P.Y.Məmmədov)

Qırmızı rəngli qrafik istilik keçiriciliyini ($Vt/(m \cdot K)$), mavi rəngli qrafik istilik selinin sıxlığını (mVt/m^2), yaşıl rəngli qrafik isə temperaturun ($^{\circ}C$) dərinlik boyunca dəyişməsinə əks etdirir. Şəklın sol tərəfində isə 490-680 m dərinlik intervalında geoloji kəşilişdə yerləşən süxurların litologiyasını əks etdirir. Bu dərinlik intervalında istilik selinin sıxlığının ən böyük qiyməti 59 (mVt/m^2), ən kiçik qiyməti isə 50 (mVt/m^2)-dir. İstilik keçiriciliyinin ən böyük qiyməti 2,7 ($Vt/(m \cdot K)$), ən kiçik qiyməti isə 2,1 ($Vt/(m \cdot K)$)-dir. Temperatur isə 27,2 ($^{\circ}C$)-dən 30,4 ($^{\circ}C$)-yə qədər dəyişən qiymətə malikdir.

Bu qanunauyğunluqla Abşeron neftli-qazlı rayonunda yerləşən

⁶ İsmayılov F. Azərbaycanın Neft-Qaz Yataqları və Perspektivli Strukturları. Sorğu kitabı. Qusar-Dəvəçi, Xızı və Abşeron NQR-ləri: [3 cildə] / F.İsmayılov, Ə.Salmanov, B.Məhərrəmov. – Bakı: Mars Print, – c. 1. – 2023. – 776 s.

Şəkil 5-də Abşeron NQR-da Pliosen yaşlı süxurların xüsusi istilik tutumunun rayon üzrə paylanma modelləri təsvir olunmuşdur.



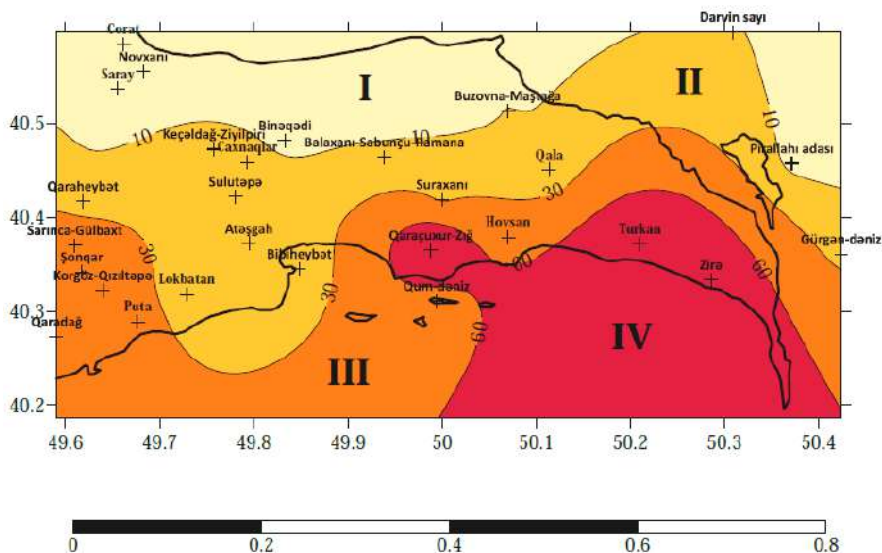
Şəkil 5. Abşeron neftli-qazlı rayonunda Pliosen yaşlı çöküntülərin xüsusi istilik tutumunun rayon üzrə paylanma modelləri (a – daban, b – tavan) (Tərtib edən P.Y.Məmmədov)

Şəkil 6-də Abşeron neftli-qazlı rayonunda geotermal enerjinin paylanma modeli təsvir olunmuşdur.



Şəkil 7-də Abşeron neftli-qazlı rayonunun geotermal enerji resurslarına görə rayonlaşdırma xəritəsi təsvir olunmuşdur.

Enerji resurslarının səviyyəsinə görə tədqiqat sahəsi üzrə dörd rayona bölünmüşdür. I – Aşağı səviyyəli (<10 MVt·saat); II – Orta səviyyəli (10-30 MVt·saat); III – Yüksək səviyyəli (30-60 MVt·saat); IV – Çox yüksək səviyyəli (>60 MVt·saat).



Şəkil 7. Abşeron NQR-un geotermal enerji resurslarına görə rayonlaşdırma xəritəsi (Tərtib edən P.Y.Məmmədov)

FƏSİL IV. NEFT YATAQLARINDA FLÜİDLƏRİN DAŞIDIĞI GEOTERMAL ENERJİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Bu fəsil neft yataqlarında flüidlərin daşdığı geotermal enerjinin qiymətləndirilməsi mövzusunə həsr olunmuşdur. Burada geotermal enerjinin neft hasilatı prosesində yaranan istilik mənbələrindən biri kimi istifadəsi, onun iqtisadi və texniki aspektləri ətraflı şəkildə təhlil edilir.

Fəsildə, Qaraçuxur və Bibiheybət neft yataqlarının geoloji quruluşu, süxurların litoloji tərkibi və tektonik xüsusiyyətləri təsvir olunur. Qaraçuxur yatağında Məhsuldar qatın müxtəlif lay dəstələrinin stratigrafik quruluşu və dərinlik üzrə paylanması öyrənilir. Neft və su flüidlərinin hasilat göstəriciləri təqdim edilir və onların daşdığı geotermal enerjinin qiymətləndirilməsi üçün metodologiyalar izah olunur.

Fəsildə geotermal enerjinin hesablanması üçün istilik miqdarı, flüidlərin istilik tutumu və temperatur fərqləri kimi parametrlər istifadə edilir. Temperatur karotaj məlumatlarından istifadə etməklə quyu-

ların dərinlik üzrə temperatur dəyişmə qrafikləri qurulmuş və geotermal enerji paylanma xəritələri hazırlanmışdır. Neft və suyun daşdığı istilik enerjisinin müxtəlif dövrlər üzrə dəyişməsi qrafiklər vasitəsilə göstərilmişdir.

Bununla yanaşı, neft hasilatı zamanı çıxarılan flüidin temperaturu və debitinə əsaslanaraq, geotermal enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsi imkanları araşdırılmışdır. İkili dövr (binary cycle) geotermal enerji sisteminin tətbiqi, onun işləmə prinsipi və faydalı iş əmsalı izah olunmuşdur. Neft yataqlarında hasil edilən geotermal enerjiden istifadə etməklə əldə olunan elektrik enerjisinin aylıq və illik göstəriciləri hesablanmış və onların yaşayış sahələrinin enerji təminatında istifadəsi dəyərləndirilmişdir.

Neft yataqlarında geotermal enerji potensialının qiymətləndirilməsi, enerji sektorunda yeni perspektivlərin açılmasını təmin edən bir sahədir. Bu proses, neft və qaz sənayesində ənənəvi enerji mənbələrinin əlavə olaraq istifadə edilə biləcəyi bir alternativ enerji mənbəyini təqdim edir. Geotermal enerji, yerin dərinliklərindəki flüidin istifadəsini əhatə edir və bu, neft hasilatı proseslərini daha effektiv şəkildə həyata keçirməyə kömək edə bilər.

Bu tədqiqatlar, geotermal enerji mənbələrinin mövcudluğunu və potensialını müəyyənləşdirməkdə mühüm rol oynayır. Yüksək temperatura və geotermal axınların mövcudluğu, neft hasilatını daha effektiv şəkildə həyata keçirmək üçün planlar hazırlanmasına kömək edir.

Metod. İstilik miqdarı, bir cisim tərəfindən alınan və ya verilən enerjini ifadə edən fiziki kəmiyyətdir və Q hərfi ilə göstərilir. İstilik miqdarı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (1)$$

burada:

- m – kütlə (kg),
- c – xüsusi istilik tutumu ($J/(kg \cdot ^\circ C)$),
- ΔT – temperatur dəyişməsi ($^\circ C$).

Neft flüidi üçün istilik gücü P aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{m \times c \times \Delta T}{t} \quad (2)$$

Düstur (2) flüidin müəyyən bir vaxt intervalında verdiyi istilik enerjisini hesablamağa imkan tanıyır. Burada t – zamandır (saniyə). Bu yanaşma flüidin istilik mübadiləsi proseslərini qiymətləndirmək üçün əhəmiyyətlidir.

Flüidin yer səthinə gətirdiyi istilik enerjisi flüidin çıxış debiti ilə qiymətləndirilir. Burada debit $q = \frac{m}{t}$ düsturu ilə ifadə olunur və kütləsi m olan flüid $P = q \cdot c \cdot \Delta T$ qədər enerji gətirir. Burada flüidin vahid zamanda gətirdiyi istilik miqdarını (istilik gücünü) hesablaya bilərik.

Qeyd olunan metoddan məlum olur ki, flüidin daşdığı istilik (geotermal) enerjinin gücünü hesablamaq üçün flüidin temperaturunu və debitini müəyyən etmək vacibdir.

Qaraçuxur-Zığ yatağında qazılmış olan quyuların dərinlik boyunca temperaturunu müəyyən etmək üçün quyu karotaj məlumatlarından istifadə olunur.

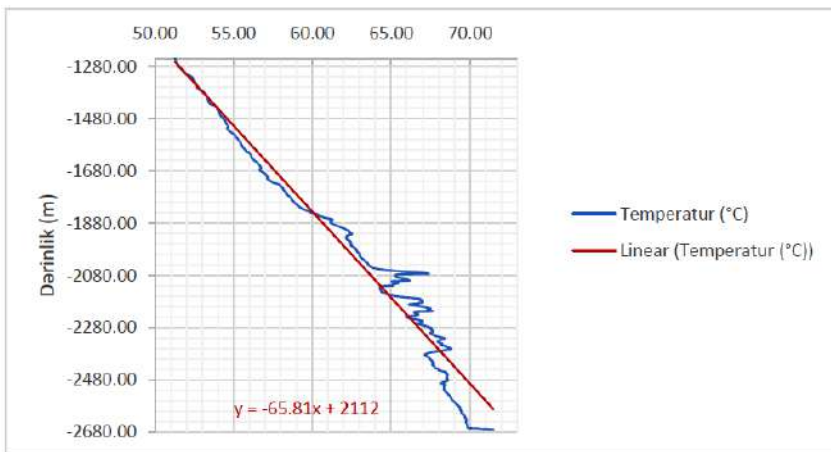
Əsasən qeyd etmək lazımdır ki, istehlak olunan flüid (neft, qaz, su) müxtəlif dərinlikli horizontlardan çıxarılır. Buna görə də yerləşdiyi horizontdan və geoloji şəraitdən asılı olaraq müxtəlif temperatura malik olur. Bunu nəzərə alaraq flüidin aşkar olunduğu dərinlikdəki temperaturunu müəyyən etmək üçün qazılmış quyuların karotaj ayrilərlərini xüsusi proqram vasitəsilə quyu boyunca dərinliyə doğru getdikcə qrafiki təsvirinin qurulması məqsəduyğundur. Şəkil 8-də Qaraçuxur yatağı 930 nömrəli quyuda temperaturun dərinlik boyunca dəyişmə qrafiki təsvir olunmuşdur.

Beləliklə temperatur karotaj ayrilərlərinin analizi nəticəsində toplanılmış məlumatlar əsasında temperaturun paylanma modelləri qurulması məqsəduyğundur.

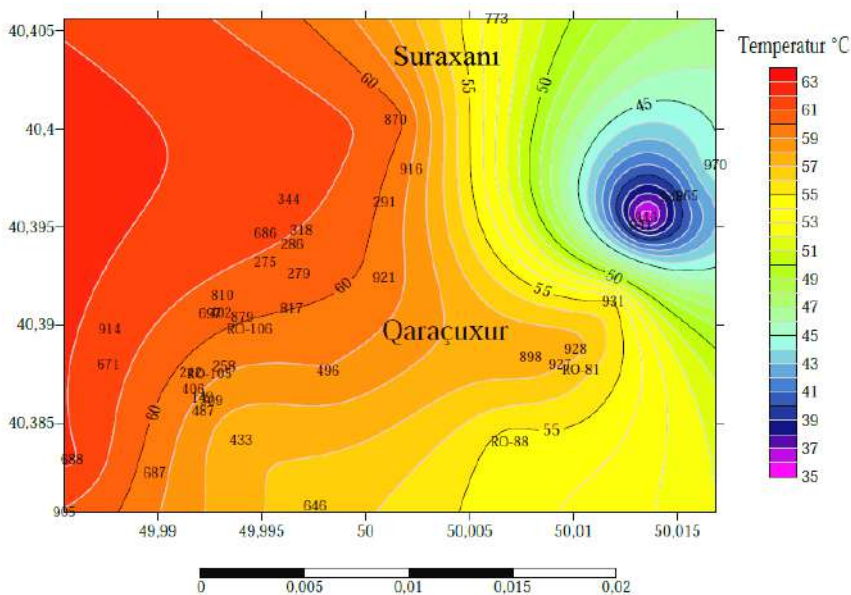
Şəkil 9-də Qaraçuxur yatağında MQ-nin Qırməki lay dəstəsinin tavanı üzrə temperaturun paylanma modeli təsvir olunmuşdur.

Modeldə temperatur Qaraçuxur yatağının şimal və şimal-qərb qanadına doğru artır ki, bu da məntiqəuyğundur. Çünki bu istiqamətdə müxtəlif amplituda malik olan qırılmalar yerləşir ki, bu da ərazi boyunca temperaturun artmasına səbəb olur.

Geotermal enerjinin gücünün hesablanması 2022-ci ildən 2024-cü il iyun ayına qədər bütün aylar üzrə həyata keçirilmişdir.



Şəkil 8. 930 №-li quyuda temperaturun dərinlik boyunca dəyişmə qrafiki (Tərtib edən P.Y.Məmmədov)



Şəkil 9. Qaracuxur yatağında Məhsuldar qatın Qırməki lay dəstəsinin tavanı üzrə temperaturun paylanma modeli (Tərtib edən P.Y.Məmmədov)

Şəkil 10-da 2022-ci il aylar üzrə flüidın daşıdığı geotermal enerjinin gücünün dəyişmə qrafiki əks olunmuşdur.



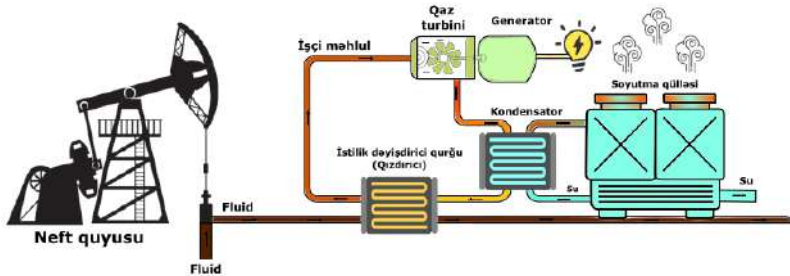
Şəkil 10. 2022-ci il aylar üzrə flüidın (a – neft, b – su) daşıdığı geotermal enerjinin gücünün dəyişməsi (Tərtib edən P.Y.Məmmədov)

Soldakı qrafikdə (a) neftin daşıdığı geotermal enerjinin, sağdakı qrafikdə isə (b) suyun daşıdığı geotermal enerjinin gücünün aylar üzrə dəyişməsi qeyd olunur. Soldakı qrafikdə (a) mavi rənglə aylar üzrə hasil olunan neftin debiti (tonla), qırmızı rənglə isə geotermal enerjinin gücü (kVt -la) əks olunmuşdur. Sağdakı qrafikdə (b) mavi rənglə aylar üzrə hasil olunan suyun debiti (m^3 -lə), qırmızı rənglə isə geotermal enerjinin gücü (kVt -la) əks olunmuşdur. 2022-ci il hasil olunan neftin ən yüksək göstəricisi (1301 ton) yanvar, fevral, mart və aprel aylarında qeydə alınmışdır ki, bu zaman onun daşıdığı geotermal enerjinin gücü 33,54 kVt olmuşdur. Hasil olunan neftin ən aşağı göstəricisi (1023 ton) isə may ayında qeydə alınmışdır ki, bu zaman onun daşıdığı geotermal enerjinin gücü 27,09 kVt olmuşdur.

2022-ci il hasil olunan suyun ən yüksək göstəricisi (45202 m^3) avqust ayında qeydə alınmışdır ki, bu zaman onun daşıdığı geotermal enerjinin gücü 1166,01 kVt olmuşdur. Hasil olunan suyun ən aşağı göstəricisi (40183 m^3) sentyabr ayında qeydə alınmışdır ki, bu zaman onun daşıdığı geotermal enerjinin gücü 1033,62 kVt olmuşdur.

Mövcud geotermal enerjini istifadə etmək üçün ikili dövr (binary cycle) enerji stansiyalarında tətbiq olunan metodun istifadə olunması nəzərdə tutulmuşdur. Şəkil 11-də geotermal enerjini elektrik

enerjisinə çevirən ikili dövr qurğunun sxematik təsviri əks olunmuşdur.



Şəkil 11. Geotermal enerjini elektrik enerjisinə çevirən ikili dövr qurğunun sxematik təsviri⁷

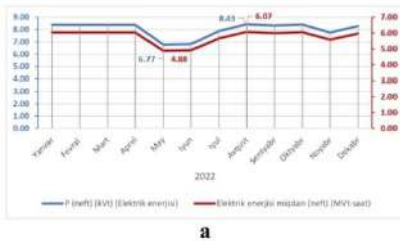
Bu dövrə ənənəvi ikili dövrdən qismən fərqlənir ki, bu da Abşeron neftli-qazlı rayonuna məxsus olan individual xarakterindən asılıdır. Ənənəvi ikili dövrdə əsasən geotermal rezervuara iki ədəd quyu qazılır. Bunlardan biri geotermal flüidi sistemə daşıyır və produksiya quyusu adlanır. Digər quyu isə dövrdən keçmiş və istifadə olunmuş geotermal flüidi rezervuara yenidən vurur və inyeksiya quyusu adlanır. Amma şəkil 11-də qurulmuş olan sxematik təsvirdə inyeksiya quyusu mövcud deyil. Çünki burada temperaturu daşıyan flüid neft quyusundan çıxarılır və saxlanılması üçün borular vasitəsilə xüsusi anbarlara yollanılır. Yəni bu sxematik təsvir ikili dövr geotermal stansiyanın neft yatağı üçün hazırlanmış növüdür.

İkili dövrün (binary cycle) faydalı iş əmsalı 25-30 % arasında dəyişən qiymətə malikdir. Yəni bu dövr ona daxil olan geotermal enerjinin 25-30 %-ini elektrik enerjisə çevirmə qabiliyyətinə malikdir.

Müəyyən gücə sahib olan geotermal enerjindən əldə oluna bilən elektrik enerjisinin gücünü laboratoriyaya şəraitində hesabladıqdan sonra alınan nəticələr aşağıdakı qrafiklərdə əks olunmuşdur.

Şəkil 12-də 2022-ci il aylar üzrə flüidin daşdığı geotermal enerjiden əldə olunan elektrik enerjisinin gücünün dəyişmə qrafiki əks olunmuşdur.

⁷ Stober, I., K. Bucher. Geothermal Energy From Theoretical Models to Exploration and Development. / I. Stober, K. Bucher – Berlin: Springer, - 2013. – 291 p.



Şəkil 12. 2022-ci il aylar üzrə (a – neft, b – su) geotermal enerjidən əldə olunan elektrik enerjisinin gücünün dəyişmə qrafiki (Tərtib edən P.Y.Məmmədov)

Soldakı qrafikdə (a) neftin daşıdığı geotermal enerjidən, sağdakı qrafikdə isə (b) suyun daşıdığı geotermal enerjidən əldə olunan elektrik enerjisinin gücünün aylar üzrə dəyişməsi qeyd olunur. Soldakı qrafikdə (a) mavi rənglə aylar üzrə neftin daşıdığı geotermal enerjidən əldə olunan elektrik enerjisinin gücü (kVt-la), qırmızı rənglə isə bir ay ərzində toplanmış elektrik enerjisinin miqdarı (MVt·saat-la) əks olunmuşdur. Sağdakı qrafikdə (b) mavi rənglə aylar üzrə suyun daşıdığı geotermal enerjidən əldə olunan elektrik enerjisinin gücü (kVt-la), qırmızı rənglə isə bir ay ərzində toplanmış elektrik enerjisinin miqdarı (MVt·saat-la) əks olunmuşdur. 2022-ci il neftin daşıdığı geotermal enerjidən əldə olunan elektrik enerjisinin gücünün ən yüksək göstəricisi (8,43 kVt) avqust ayında qeydə alınmışdır ki, bu zaman onun bir ay ərzində çalışması nəticəsində toplanan elektrik enerjisinin miqdarı 6,07 MVt·saat olmuşdur. Neftin daşıdığı geotermal enerjidən əldə olunan elektrik enerjisinin gücünün ən aşağı göstəricisi (6,77 kVt) isə may ayında qeydə alınmışdır ki, bu zaman onun bir ay ərzində çalışması nəticəsində toplanan elektrik enerjisinin miqdarı 4,88 MVt·saat olmuşdur.

2022-ci il suyun daşıdığı geotermal enerjidən əldə olunan elektrik enerjisinin gücünün ən yüksək göstəricisi (291,5 kVt) avqust ayında qeydə alınmışdır ki, bu zaman onun bir ay ərzində çalışması nəticəsində toplanan elektrik enerjisinin miqdarı 209,88 MVt·saat olmuşdur. Suyun daşıdığı geotermal enerjidən əldə olunan elektrik enerjisinin gücünün ən aşağı göstəricisi (258,4 kVt) isə sentyabr ayında qeydə alınmışdır ki, bu zaman onun bir ay ərzində çalışması nəticəsində toplanan elektrik enerjisinin miqdarı 186,05 MVt·saat olmuşdur.

FƏSİL V. GEOTERMAL ELEKTRİK STANSİYALARI ÜÇÜN MÜXTƏLİF KONFIGURASIYALAR

Bu fəsil geotermal elektrik stansiyalarının müxtəlif konfigurasiyalarına həsr olunmuşdur. Burada geotermal enerjinin alternativ və bərpaolunan enerji mənbəyi kimi istifadəsi, onun müxtəlif texnoloji tətbiqləri və enerji istehsalı prosesindəki rolu ətraflı təhlil edilir.

Fəsildə, geotermal elektrik stansiyalarının iş prinsipləri və onların fərqli texnoloji modelləri təqdim olunur. Quru buxar stansiyaları, tək və ikiqat flaşlı buxar sistemləri, ikili dövr (Organic Rankine və Kalina dövrləri) kimi müxtəlif geotermal enerji istehsalı konfigurasiyaları izah edilir. Hər bir sistemin üstünlükləri, enerji çevrilmə səmərəliliyi və tətbiq sahələri müzakirə olunur.

Geotermal məhlulların elektrik enerjisi istehsalında istifadəsi, onların istilik xassələri və entalpiyası əsasında müxtəlif texnoloji yanaşmalar dəyərləndirilir. Tədqiqatlarda yüksək temperatur və entalpiya dəyərlərinə malik geotermal məhlulların birbaşa turbinlərdə istifadə edildiyi quru buxar sistemlərinin daha səmərəli olduğu vurğulanır. Bununla yanaşı, flaşlı sistemlərin geotermal məhlulların buxar-maye ayırma mexanizmi əsasında işlədiyi və müxtəlif təzyiq səviyyələrində enerji hasilatını artırmaq üçün ikiqat flaş konfigurasiyasının daha səmərəli olduğu qeyd edilir.

Fəsildə həmçinin ikili dövrəli geotermal elektrik stansiyalarının (Organic Rankine Cycle və Kalina dövrü) işləmə prinsipi izah edilir. Bu sistemlərdə işçi maye kimi su və ammonyak qarışıqları və ya üzvi maddələrdən istifadə edilir ki, bu da aşağı temperaturlu geotermal mənbələrdən səmərəli istifadə etməyə imkan verir. İkili dövrəli sistemlərin aşağı entalpiyalı geotermal ehtiyatlar üçün optimal seçim olduğu və istilik enerjisindən maksimum istifadə edilməsinə şərait yaratdığı vurğulanır.

Fəsilin sonunda istilik nasosları və onların geotermal mənbələrdən istifadə edərək enerji effektivliyini artırmaq üçün tətbiqi müzakirə edilir. Torpaq əsaslı istilik nasoslarının üstünlükləri, onların müxtəlif konfigurasiyaları və iqtisadi səmərəliliyi təhlil edilir. Müxtəlif istilik dəyişdirici sistemlərin iş prinsipləri, onların quraşdırılması və geotermal enerjinin yaşayış və sənaye sahələrində istifadəsi izah olunur.

Dünyada yanacaq əsaslı enerji texnologiyalarından yaşıl enerjiyə keçid, nəticə yönümlü bərpa olunan enerji sistemlərinin tətbiqini tələb edir. İqlim problemlərinin həlli və davamlı inkişaf yalnız innovativ sistemlər və texnologiya transferi ilə mümkündür. Aşağı istixana qazı emissiyası, ətraf mühitin minimum pozulması və etibarlı hasilat texnologiyası geotermal enerjini iqlimdən asılı olmayan dayanıqlı enerji mənbəyi kimi ön plana çıxarır. Yer qabığına geotermal enerji mənbəyi kimi baxmaq mümkündür; bu, adətən tektonik və vulkanik fəaliyyətlə əlaqələndirilir və qızmar süxurlar və hidrotermal rezervuarlarda cəmlənir.

Geotermal mayelər istiliyi yer qabığından səthə nəql etmək üçün istifadə olunur. Onlar mineral tərkibli isti su və ya buxardan ibarət olub, geotermal sahənin temperaturu və dərinliyindən asılı olaraq dəyişir. İstilik enerjisi geotermal elektrik enerjisi istehsalı və ya birbaşa istilik tətbiqləri üçün emal edilir. İsti mayelərin toplanması geotermal rezervuarların təbii xüsusiyyətidir, və istilik enerjisindən optimal istifadə üçün nəzarət tədbirləri həyata keçirilir.

Geotermal elektrik stansiyaları, əsasən, tək və iki flaşlı buxar stansiyaları, quru buxar, ikili (Organic Rankine və Kalina dövrləri) sistemlər və qabaqcıl hibrid texnologiyalar kimi təsnif edilir. Bu sistemlər rezervuarların entalpiyasına və geotermal sahənin xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq seçilir.

Milli inkişaf özü ilə iqtisadi fəaliyyətin artımını və ümumi həyat səviyyəsinin yaxşılaşdırılmasını gətirən, hər ikisi enerji tələbatının artmasına səbəb olan bir anlayışdır. Artan enerji ehtiyacını ödəməyin ən asan yolu, ümumiyyətlə, qalıq (fosil) yanacaqlardan, xüsusilə kömür və təbii qazdan istifadə etməkdir. Hazırda bir ultra-fövqəlkritik kömürlə işləyən elektrik stansiyası 1100 MVt elektrik enerjisi, bir qazla işləyən kombinə edilmiş dövrəli elektrik stansiyası bloku 1000 MVt ⁸ elektrik enerjisi istehsal edə bilər. Bununla belə, qalıq yanacağa əsaslanan enerji inkişafı qaçılmaz olaraq ətraf mühitə zərər verir. Bu problemin daha yaxşı həll yollarından biri ekoloji cəhətdən

⁸ Godoy, E., Benz, S.J., Scenna, N.J. A strategy for the economic optimization of combined cycle gas turbine power plants by taking advantage of useful thermodynamic relationships // Applied Thermal Engineering, - 2011, 31 (5), - p. 852-871.

təmiz bərpa olunan enerjiden istifadənin genişləndirilməsidir.

Tədqiqatlar Yer kürəsinin müxtəlif yerlərində, xüsusən də ABŞ-dakı qeyzərlər və İtaliyanın Larderello bölgəsi, Rusiyada Kamçatka kimi yerlərdə geotermal quru buxarın mövcud olduğunu göstərdi. Bu rayonlarda quru buxarın ən böyük ehtiyatı var. Bununla belə, Kov Fort, Utah, ABŞ; Yeni Zelandiyadakı Vayrakey; Yaponiyada Matsukawa; və İndoneziyanın Kamojang kimi sahələri məhdud quru buxarla xarakterizə olunur. Geotermal su rezervuarları qurduğu halda, S.J. Zarrouk və H. Moon⁹ flaş buxar sistemlərinin quru buxar sisteminə çevrilməsinin mümkünlüyünü müzakirə etdilər. Yüksək entalpiya sistemi konfigurasiyalarını nəzərdən keçirərkən məlum olur ki, quru buxarla işləyən geotermal elektrik stansiyaları daha səmərəlidir, çünki hidrotermal rezervuarlar bu konfigurasiyaları yüksək temperaturda buxar dominant geotermal maye ilə dəstəkləyir. Kombinə edilmiş turbin generatoru bilavasitə hasilat quyusundan verilən buxardan istifadə etməklə elektrik enerjisi istehsal edə bilər.

NƏTİCƏ

1. Abşeron NQR-nu üzrə seçilmiş kern nümunələri kolleksiyasının istilik parametrləri təyin edilmişdir.
2. Abşeron neftli-qazlı rayonunun Pliosen yaşlı kompleksi üçün istilikdaşınma modelləri qurulmuşdur. Kompleks üzrə çöküntülərin xüsusi istilik tutumu $690-1240 (J/(kg \cdot K))$ arasında dəyişir.
3. Pliosen yaşlı süxur kompleksinin tavan və dabanında temperaturun paylanma xəritələri tərtib edilərək bu məlumatlar əsasında Abşeron neftli-qazlı rayonunda Pliosen kompleksində toplanan geotermal enerji qiymətləndirilmiş və bu resursların ərazi üzrə paylanma xəritələri qurulmuşdur.
4. Neft yataqlarında fəaliyyətdə olan quyular üzrə çıxarılan flüidin daşdığı geotermal enerji qiymətləndirilərək (Bibiheybət yatağı – aylıq 55 MVt-saat, Qaraçuxur-Zığ yatağı – aylıq 200-230 MVt-saat) və bundan istifadə imkanları araşdırılmış, lazımi tövsiyələr verilmişdir.

⁹ Zarrouk, S.J., Moon, H. Efficiency of geothermal power plants: a worldwide review // Geothermics, - 2014, 51, - p. 142-153.

5. Abşeronda neft və lay sularının daşdığı geotermal enerjiden səmərəli istifadə etmək məqsədilə ikili dövr (binary cycle) enerji stansiyalarının tətbiq olunma imkanları əsaslandırılmışdır.
6. Abşeronda geotermal enerji resursları iqtisadi baxımdan dəyərləndirilərək onların tətbiqi əhəmiyyəti əsaslandırılmışdır.
7. İlk dəfə olaraq Abşeron NQR Pliosen yaşlı çöküntülərdə toplanan geotermal enerjinin miqdarı qiymətləndirilmiş, onların alternativ enerji mənbəyi kimi istifadə istiqaməti müəyyənləşdirilmişdir.

Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıdakı əsərlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Məmmədov, P.Y. Azərbaycanda geotermal enerji mənbələri // - Bakı: Azərbaycanda Geofizika Yenilikləri, - 2021. №1-2, - s. 66-69.
2. Məmmədov, P.Y. Bibiheybət yatağının səmt geotermal enerji potensialından istifadə haqqında // - Bakı: Azərbaycanda Geofizika Yenilikləri, - 2021. №3-4, - s. 66-71.
3. Məmmədov, P.Y. Abşeron yarımadasında geotermal enerjiden istifadə perspektivləri // XXV Annual International Conference of Students and Young Researches, “Perfect education – the key to success in oil production”, - Bakı: Abstract Book, 2021, 23 aprel, - s. 3.
4. Məmmədov, P.Y. Receiving geothermal energy from oil wells // VIII International Scientific Conference Of Young Scientists & Students, “Innovations in geology and Geophysics”, - Bakı: Book of Abstract, 2021, 5-8 oktyabr, - s. 84-86.
5. İslamzadə, A.V., Mammadov, P.Y. Assessment of thermal water resources of Precaspian-Guba district and methodology of its use // Геология и геофизика Юга России, - 2023. №1, - s. 136-149.
6. Məmmədov, P.Y. Səthə yaxın geotermal sistemlər və onlardan istifadə perspektivləri // - Bakı: Azərbaycanda Geofizika Yenilikləri, - 2023. №1-2, - s. 11-15.
7. Məmmədov, P.Y. Near-surface geothermal systems and their usage prospects // XII Azərbaycan Beynəlxalq Geofizika Konfransı, - Bakı: 2023, 26-28 aprel, - s. 1
8. Məmmədov, P.Y. Application of geothermal systems in Absheron oil and gas region // IX International Scientific Conference of Young

- Scientists & Students, "Geoinformatics, Georesources, Geoecology",
- Baku: Book of Abstracts, 2023, 10-13 oktyabr, - s. 88-90.
9. Mammadov, P.Y., Islamzade, A.V. Geothermal energy potential assessment and utilization in the Absheron oil and gas region // Geophysical Journal, - 2024. Vol. 46 № 2, - s. 80-89.
 10. Mammadov, P.Y. Investigating the geothermal energy potential of Absheron region for electricity generation using binary cycle technology // Геология и геофизика Юга России, - 2024, № 1, - s. 162-171.
 11. Mammadov, P.Y. Geothermal Power Potential in Absheron oil and gas region: Using Binary Cycles for Sustainable Energy // 31st International Scientific Conference for Undergraduate and Graduate Students and Young Scientists "Lomonosov", - Moscow: 2024, 12 - 26 april, - s. 1.



Dissertasiyanın müdafiəsi 30 iyun 2025-ci il tarixində saat 14³⁰ 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 may 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 23.05.2025

Kağızın formatı: 60x84^{1/16}

Həcm: 39817

Tiraj: 100