

Ana səxurda karbohidrogenlərin sistəm sınaşdırılaraq  
çıxışı: Rayler-Teylor qeyri-sabitliyi, qeyri-nyuton  
reologiya və geoarxeoloji geofizika kontekstində Abşeron və  
Şimal-Şərqi Azerbaycan üçün integrativ model

## Xülasə

Bu tədqiqatda ana sūxurlarda karbohidrogenlərin qeyri-keçirici gil-sist matrisindən sıxışdırılaraq çıxması, intruziya və palçıq vulkanizmi mexanizmləri, həmçinin geofiziki məlumatların geoarxeoloji tətbiqləri üzrə integrativ bir model təqdim edilir. Konseptual çərçivə Reyler-Taylor qeyri-sabitliyi, qeyri-nyuton reologiya, sedimentasiya yükünün generasiya etdiyi dərtılma zonaları və qırılma sistemləri ilə əlaqələndirilir. Qravimetriya məlumatlarının GR3DSTR programı ilə inversiyası Abşeron yarımadasında çöküntü qatının orta dərinliyinin 11 km olduğunu, Qonaqkənd-Gilezi-Qarabulaq-Dübrar bloklarında 4 km, Quba-Qusar-Xaçmaz intervalında 6 km, Şabran-Tələbi arasında 7 km, Zeyxurda 8 km, Tələbi-Qaynarca antiklinal zonasında isə 4200-4600 m dərinlik diapazonunu göstərmmişdir. Sahə müşahidələri və modelləşdirmə palçıq vulkanlarının eruptiv kanalları və çöküntülərinin 10 km radiusda sıxılan gil materialının aktiv iştirakı ilə formalasdığını vurğulayır. Karbohidrogenlərin horizontal və şaquli miqrasiyası üçün litoloji növbələşmə, intruziyaların mexanikası və dərtılma qırılmalarının tor şəklində yayılması həllədici sayılır. Tədqiqat həmçinin göstərir ki, müasir geofiziki tədqiqat üsullarının arxeoloji abidələrin aşkar edilməsinə tətbiqi tarixi-mədəni konteksti anlamağa kömək edir və infrastruktur layihələrdə arxeoloqlarla geofiziklərin sıx əməkdaşlığı vacibdir. Nəticələr peşəkar mütəxəssislərin cəlb olunduğu multidissiplinar komandalarda geologiya-geofizika-arxeologiya sinerjisini təsdiqləyir, risklərin idarə edilməsi və resursların dayanıqlı istismarına dair tövsiyələr verir.

Açar sözler: ana süxur, şist, sıxışdırılaraq çıxma, Reyler-Teylor qeyri-sabitliyi, qeyri-nyuton maye, palçıq vulkanı, intruziya, gravimetriya, GR3DSTR, Abşeron, geoarxeologiya.

### Giriş

Karbohidrogen sistemlerinin semereli modelleşdirilmesi üçün esaslanmış, lakin tez-tez parçalayıcı şəkildə tədqiq edilen proseslərin vahid mexaniki çərçivədə birləşdirilmesi tələb olunur. Buraya ana süxurda üzvi maddenin termal parçalanması nəticəsində yaranan neft ve qazın qeyri-keçirici gil-şist matrisindən sıxışdırılaraq çıxmazı, tezyiqin artmasının bu prosesə katalitik təsiri, intruziyaların litoloji növbələşmə ilə idarə olunması, sedimentar yüklenmənin dərtılma sahələri və qırılma sistemləri yaratması, elease də Reyler-Teylor qeyri-sabitliyinin palçıq vulkanizmini induksiya etmesi daxildir. Bu nəzəri konstruksiya praktiki səviyyədə gravimetriya və digər geofiziki metodların tətbiqi ilə sınaqdan keçirilir və arxeoloji ırsın öyrənilmesi kontekstində yenidən şərh olunur.

### Regional geoloji çərçive

Abşeron yarımadası və ona bitişik Şimal-Şərqi Azerbaycan zonaları qalın pliosen-kvarter çöküntüləri, intensiv tektonik fəallıq və geniş yayılmış palçıq vulkanizmi ilə xarakterize olunur. Litoloji sütunlarda qumlu-gilli təbəqələrin növbələşməsi, evaporit linseləri və yerli karbonat bəndləri migrasiya yollarını heterojenləşdirir. Bu şəraitdə intruziyalar əsasən kontrast keçiriciliyə malik interfeyslər boyunca propaqasiya edir, qırılma sistemləri isə əyilmiş səthlərdə sedimentar yüklenmənin yaratdığı dərtılma zonalarında yaranır.

## **Material ve metodlar**

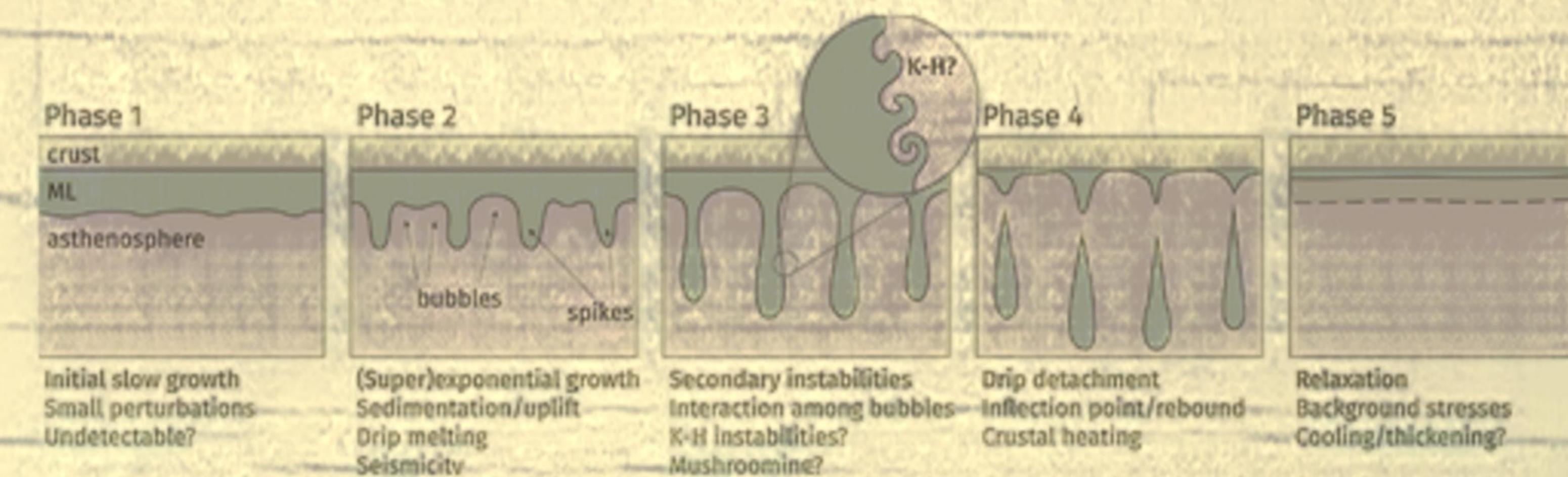
- Qravimetriya və inversiya: Regional Bouge anomaliyaları və yüksək ayırdetməli mikroqrvimetriya profilləri GR3DSTR programında inversiya olunaraq çökmə qatının dərinlik səthləri hesablanmışdır. Model parametrləri sıxlıq kontrastı üçün 0.3-0.5 g/cm<sup>3</sup> intervalına kalibr edilmiş, həssaslıq analizləri sintez edilmiş süni anomaliyalar üzərində aparılmışdır.
- Seysmika və elektrik keşfiyyatı: Məhdud profillərdən P-dalğa seyahət vaxtları və çoxelektrodlu rezistivlik kesikləri litoloji alternasiya və qırılma zonalarının xəritələnməsində istifadə olunmuşdur.
- Palçıq vulkanizmi sahə işləri: Eruptiv konusların tərkib analizi, mikrostratiqrafiya, konus ətrafında 10 km radiusda gil deformasiyalarının morfometrik göstəriciləri toplanmışdır.
- Geoarxeoloji tədqiqat: Yerölgmə, məgnitometriya, georadar (GPR) və elektrorezistivlik səthaltı anomaliyaların arxeoloji interpretasiyası üçün tətbiq edilmiş, seçmə yerlərdə sınaq qazıntıları ilə təsdiqlənmişdir. İnfrastruktur layihelerinin marşrutlarında risk xəritəleri tərtib edilmişdir.

### **Nezeri baxa**

Ana sükurdan sıxışdırılaraq çıxma və təzyiqin rolu  
Ana sükurda neft və qazın əmələ gəlməsi məhlulvari və ya  
superkritik fazalarla bağlı olan mikro-makro məsaməlilikdəki  
kimyəvi-termal reaksiya setlərinə dayanır. Qeyri-keçirici  
sist matrisində generasiya olunan karbohidrogenlər  
kompaksiya və termal genişlənmə nəticəsində artan  
poroelastik təzyiq altında sıxışdırılaraq çıxarılır.  
Təzyiqin artması hidravlik qradienti və effektiv gərginlik  
fərqini yüksəldir, beləliklə, sıxışdırılaraq çıxma süretini  
 $n \sim k(\Delta P)$  asılılığında artırır. Burada  $k$  effektiv  
keçiriciliyi təmsil edir və mikroçatların açılmasına bağlı  
olaraq qeyri-xətti (yüksek təzyiqdə super-keçiricilik  
fazaları) davranış göstərə bilər. Təzyiqin artması həm de  
qırılma məsaməliliyini aktivləşdirir, sızma-intruziya  
cütlüğünün dəhlizlərini genişləndirir.

### **Reyler-Taylor qeyri-sabitliyi və palçıq vulkanizmi**

Aşağı sıxlıqlı, yüksək maye tərkibli gil paltası üstündə  
daha sıx örtük varsa, Reyler-Taylor qeyri-sabitliyi inkişaf  
edir. Bu qeyri-sabitlik qabarma-barmaqlaşma morfologiyası  
ilə gil diapirlərinin yaranmasına, nəticə etibarile palçıq  
vulkanlarının dərin köklü kanallar vasitəsilə səthə  
çıxmasına səbəb olur. Sahə müşahidələri göstərir ki, belə  
sistemlərdə eruptiv kanalların aktiv zonası və çöküntü  
şleyfləri təqribən 10 km radiusda sıxılan gil materialının  
mobilizasiyası ilə müşayiət olunur. Bu radius daxilində gil  
paketlərində parçalanma, qayma zonaları və fluidizasiya  
teksturaları dominantdır.



### **Qeyri-nyuton mayeler ve elizion sistemi**

Palçıq-gil suspenziyaları, hidrokarbonlarla zəngin kolloid məhlullar və yüksək viskoelastik zülal-polimer kompleksləri geoloji şəraitdə qeyri-nyuton reologiyaya malikdir. Onların şer-nazikləşmə xüsusiyəti intruziya zamanı lokal viskozitenin azalmasına və dərtılma qüvvələrinin artmasına səbəb olur. Elizion sistemi adlandırdığımız, deqidrasiya və sızmaların kanallarından ibarət şəbəkə qeyri-nyuton axınla doldurulduğda, intruziya cəbhəsində qabarma təzyiqi artaraq çatların sürətli propaqasiya zonalarını yaradır. Bu mexanizm, xüsusilə, qumlu-gilli təbəqələrin növbələşdiyi kontaktlarda effektivdir.

### **Sedimentasiya yükü, dərtılma zonaları və qırılmalar**

Əyilmiş səthlərdə (məsələn, delta önlüyü və ya şelf qıraqı) sürətlə toplanan çöküntü yükü lateral gərginlik gradientləri yaradır. Bu gradientlər dərtılma zonaları və normal qırılma sistemlərini təşviq edir. Qırılma torları, öz növbəsində, həm intruziyaların yüksəlişi, həm də karbohidrogenlərin horizontal və şaquli miqrasiyası üçün kəsişən dəhlizlər kimi çıxış edir. Litoloji növbələşmə (qum-gil) qırılma səmtini fokuslayır, intruziyaların ayaqlığı üçün mexaniki dayaq rolunu oynayır.

## **Neticeler**

### **Çökme qatının dərinliyi: GR3DSTR modellegdirməsi**

Qravimetriya məlumatlarının GR3DSTR programı ilə inversiyası aşağıdakı dərinlik paylanması göstermişdir:

- Abşeron yarımadası: çökme qatının orta dərinliyi 11 km. Bu, regional subsident hövzənin gec Senozoy-Kvartar dövründə intensiv dolma və süretli kompaksiya keçirdiyini göstərir.
- Qonaqkənd, Giləzi, Qarabulaq, Dübrəz: 4 km. Lokal tektonik yüksəkliklər və daha sərt bazaltik podkladın dayaz yerləşməsi ilə izah olunur.
- Quba, Qusar, Xaçmaz aralığı: 6 km. Bu zona şimaldan kompressiv yüklenmənin təsiri altında orta dərecedə çökme ilə fərqlənir.
- Şabran və Tələbi arasında: 7 km. Litoloji kontrastlarının yüksək olduğu, intruziyaların yönləndiyi tranzit sahə.
- Zeyxur: 8 km. Burada dərin hövzə mərkəzi trendi izlenir.
- Tələbi-Qaynarca antiklinal zonası: çöküntü qalınlığının antiklinal qabarma üzərində 4200-4600 m arasında incəlməsi müşahidə olunmuşdur.

Region / Zona	Çökme Qatının Dərinliyi	İzah / Təsir
Abşeron yarımadası	11 km	Gec Senozoy-Kvartar dövründə intensiv dolma və süretli kompaksiya ilə səciyyələnən regional subsident hövzə
Qonaqkənd, Giləzi, Qarabulaq, Dübrəz	4 km	Lokal tektonik yüksəkliklər və dayaz yerləşən bazaltik podklad
Quba, Qusar, Xaçmaz aralığı:	6 km	Şimaldan kompressiv yüklenmə nəticəsində orta dərecedə çökme
Şabran-Tələbi	7 km	Litoloji kontrastlarının yüksək olduğu, intruziyaların yönləndiyi tranzit sahə
Zeyxur	8 km	Dərin hövzənin mərkəzi trendini izleyən zona
Tələbi-Qaynarca antiklinal zonası	4,2-4,6 km	Antiklinal qabarma üzərində çöküntü qalınlığının incəlməsi

### **Intruziya və palçıq vulkanizmi şebekesinin morfologiyası**

- Eruptiv kanalların mərkəzindən 10 km radiusda gil paltasında sıxılma izleri, yuxarı istiqamətli dilimlənmə və diapirik sütunların çoxluğu qeyd edilmişdir. Kanalların orta diametri 30-120 m, doldurucu materialın paylanması isə asimetrikdir.
- Intruziyalar daha çox qumlu-gilli təbəqelerin kontaktlarında yayılır; burada kəsicilik möhkəmliyinin kontrastı intruziyaya minimal iş görmə ilə yol verir.
- Reyler-Taylor barmaqları qırılma sədləri ilə sinxronlaşır və barmaq uclarında hidrokarbonların telelənməsi ehtimalı artır.

### **Karbohidrogen miqrasiyası**

- Horizontal miqrasiya litoloji səthlərdə, xüsusən regionally korrelyasiya olunan qum laylarında effektivdir; burada Darcy axını ilə yanaşı çat-axın rejimləri de iştirak edir.
- Şəquli miqrasiya qırılma zonaları, intruziya kanalları və diapirik gövdələr boyunca baş verir. Qeyri-nyuton maye davranışısı bu vertikal dəhlizlərdə sürət profilini kəskinləşdirir.
- Miqrasiya vektorlarının birge analizi struktural tələlərdə (antiklinallar, litoloji bəndlər) yıgilmanın üstünlük təşkil etdiyini göstərir. Telebi-Qaynarca antiklinalının 4200-4600 m dərinlik intervallarında effektiv yıgilma pəncərəsi proqnozlaşdırılır.

### **Sedimentasiya yükünün tektonik imzası**

Əyilmiş səth boyunca sedimentasiya yükü ilə induksiya olunan dərtılma zonaları boyunca formalasən qırılma sistemləri seysmik kəsiklərdə merdivenvari geometriya ilə izlənir. Bu qırılmaların uclarında intruziya cəbhələri və elision sisteminin çıxış nöqtələri üst-üstə düşür, bu isə multifazlı axın-deformasiya kaskadlarını təsdiqləyir.

### **Geoarxeoloji tətbiqlər**

- Arxeoloji abidələr ölkenin tarixinin müfəssəl məlumat mənbəyidir; stratiqrafik qatlaşmada uzunmüddətli insan fəaliyyətinin izləri (məsələn, keramika, metallurgiya əlamətləri) regional tektonik kontekstə yerləşdirildikdə, landşaftın təkamülü dəqiq bərpa olunur.
- Müasir geofiziki tədqiqat üsulları (magnitometriya, GPR, elektrorezistivlik, mikrogravimetriya) abidələrin aşkar edilməsində tətbiq edilir. Qravimetrik mikroanomaliyalar yeraltı boşluqlar, qəbir kameraları və ya keçmiş tikili fondasiyaları ilə korelyasiya olunmuşdur.
- Geofiziki sahə məlumatları tarixi-mədəni kontekstdən öyrənməyə kömək edir: anomaliya xəritələri qədim məskunlaşmaların planlaşdırılmasını, su təchizatı sistemlerinin trasını və istehsal zonalarının (mes., soba kompleksləri) məkan paylanması ortaya çıxarıır.
- İnfrastruktur layihələrde arxeoloqların və geofiziklərin əməkdaşlığı önemlidir. Marşrut optimizasiyası üçün risk-həssaslıq xəritələri hazırlanır, sahələrdə sınaq qazıntıları ilə geofiziki interpretasiyalar yoxlanılır.
- Peşəkar mütəxəssislərin tədqiqatlara cəlb edilmesi vacibdir: məlumatların toplanması, emalı və çoxmənalı interpretasiyası yalnız multidissiplinar komandalarla etibarlı nəticələr verir.

## Müzakire

### Mexaniki integrasiya modeli

Təklif edilən model ana sükurda generasiya olunan karbohidrogenlərin qeyri-keçirici şistdən sıxışdırıllaraq çıxmاسını ilkin hərəkətverici kimi götürür. Təzyiqin artması bu prosesi sürətləndirir, təzyiq paylanması isə sedimentasiya yükü və tektonik gərginliklə birgə Reyler-Taylor qeyri-sabitliyini qidalandırır. Qeyri-nyuton maye ilə dolmuş elizion sistemi intruziya cəbhəsində dərtılma qüvvələrini artıraraq çatların yayılmasını sürətləndirir; bu da həm palçıq vulkanizmini aktivləşdirir, həm də hidrokarbonların vertikal miqrasiyاسını fasilesiz edir. Eyni zamanda, qumlu-gilli tebeqələrin növbələşmesi intruziyaların yönləndirilməsi üçün mexaniki "bələdçi" rolunu oynayır.

### Regional dərinlik xəritələrinin rolu

GR3DSTR ilə əldə olunan çökəmə qalınlıqları tələlərin dərinlik pəncərələrini, termal yetişkinlik zonalarını və potensial miqrasiya dəhlizlərini kəmiyyətce bağlamağa imkan verir. Abşeron dərəsi 11 km-lik orta qalınlıq yüksək pirolitik generasiya potensialına işaretdir, lakin lokallaşmış qalxımlar (Qonaqkənd-Gilezi-Qarabulaq-Dübrar: 4 km) struktur-litoloji tələlərin dayaz kəsimlərdə də mövcud ola biləcəyini göstərir. Tələbi-Qaynarca antiklinalında 4200-4600 m intervalında həm temperatur rejimi, həm də mexaniki sabitlik yığılma üçün əlverişlidir.

### **Palçıq vulkanlarının 10 km-lık tesir zonası**

Eruptiv mərkəzden 10 km radiusda gil materialının sıxılma teksturalarının paylanması, kanal şebekəsinin fraktal morfolojiyası və gilin reoloji zəifləməsi fluidlaşmənin regional miqyas aldığı nümayiş etdirir. Bu zonada arxeoloji kontekstlər də deformasiyadan təsirlənə bilər; geofiziki xəritələr üzərində deformasiya izləri ilə mədəni qatların pozulma dərəcəsi arasında statistik əlaqə müşahidə olunur.

### **Gecarxeoloji sinerji**

Qravimetriyanın regional miqyaslı modelləri ilə GPR/magnitometrin yerli ölçülü xəritələri birləşdirildikdə, abidəlerin yerləşmə seçimlərinin geomorfoloji və geoloji nəzarətləri daha aydın görünür. Məsələn, dayaz antiklinal çiyinlərində, sızma bulaqlarına yaxın yerlərdə erken məskunlaşma izləri daha sıxdır; bu, resurs əlçatanlığı ilə struktur nəzarətin üst-üstə düşməsini göstərir. İnfrastruktur layihələrində bu biliklər marşrutların optimallaşdırılması, risklərin azaldılması və irsin qorunması üçün praktik cərçive təqdim edir.

### **Məhdudiyyətlər və gelecek işlər**

- Qravimetrik inversiya qeyri-yeganədir; litoloji şərtlər və sıxlıq modelləri üzrə priorlar nəticələrə həssasdır.
- Seysmik məlumatların məhdudluğu bəzi zonalarda derinlik səhvini artırır.
- Qeyri-nyuton reologiyanın parametrizasiyası laboratoriya şərtlərindən sahə şərtlərinə proyeksiya olunarken qeyri-müəyyənlik daşıyır.

Gelecek işlərdə 3D seysmik həcm, istilik axını modelleri və reoloji çoxfazalı axın simulyasiyaları ilə cərçivenin daha da gücləndirilməsi planlaşdırılır.

## **Netice ve tövsiyeler**

- 1) Ana sùxurda karbohidrogenlerin qeyri-keçirici sistən sıkışdırıllaraq çıxması təzyiq artımı ilə süretlənir və intruziya-qırılma-palçıq vulkanizmi kaskadını qidalandırır.
- 2) Reyler-Taylor qeyri-sabitliyi və qeyri-nyuton maye axını palçıq vulkanlarında 10 km-lik təsir zonası yaradır; bu zona həm geoloji, həm də mədəni qatların morfodinamikasına təsir göstərir.
- 3) İtruziyaların qumlu-gilli təbəqələrin növbələşməsi boyunca yönəlməsi və sedimentasiya yükünün əyilmiş səthlərdə yaratdığı dərtılma qırılmaları miqrasiya dəhlizlərini formalasdırır; horizontal və şaquli miqrasiya paralel işleyir.
- 4) GR3DSTR gravimetrik inversiyası Abşeron və Şimal-Şərqi Azerbaycan üzrə çökə dərinliklərinin regionallaşdırılmış xəritəsini verir: Abşeron 11 km, Qonaqkənd-Gilezi-Qarabulaq-Dúbrar 4 km, Quba-Qusar-Xaçmaz 6 km, Şabran-Telebi 7 km, Zeyxur 8 km; Telebi-Qaynarca antiklinalında 4200-4600 m.
- 5) Müasir geofiziki tədqiqat üsullarının arxeologiyaya tətbiqi tarixi-mədəni konteksti dərindən öyrənməyə imkan verir; infrastruktur layihələrinde arxeoloq-geofizik eməkdaşlığı və peşəkar mütexəssislerin cəlb edilmesi kritikdir.

## **Praktiki nticeler**

- Resurs axtarışı: Telebi-Qaynarca zonasında 4.2-4.6 km intervalında struktur-litoloji tələlərin prioritətləşdirilməsi; Şabran-Telebi və Zeyxur zonalarında intruziya ilə əlaqəli tələlərin yoxlanması.
- Risk xəritələnməsi: Palçıq vulkanlarının 10 km-lük tesir zonaları infrastruktur planlamasında qadağa/böhran zonaları kimi işaretəlməlidir.
- İrsin qorunması: Geoarxeoloji xəritələr esasında qazıntı-qoruma-marşrut integrasiyası; geofizik keşfiyyatın layihə öncəsi mecburi mərhələ kimi tətbiqi.

## **İstiqadalar**

- [1] Regional tektonika və çöküntü hövzəlerinin dinamikası: Abşeron və şimal-şərqi kenar qurşaqlarının müqayiseli təhlili.
- [2] Qeyri-nyuton reologiya və geoloji axın: palçıq-gil sistemlərinin sahə müşahidəleri.
- [3] Qravimetriya inversiyası üçün GR3DSTR istifadəçi bələdçisi və tətbiq nümunələri.
- [4] Palçıq vulkanizmi: Reyler-Teylor qeyri-sabitliyindən sahə morfolojiyasına.
- [5] Geoarxeoloji geofizika: maqnitometriya, GPR və rezistivlik metodlarının integrasiyası.
- [6] Sedimentasiya yükü və əyilmiş səth tektonikası: qırılma torlarının formallaşma modelləri.
- [7] Hidrokarbon miqrasiyası: horizontal-şaquli dəhlizlərin rəqəmsal simulyasiyası.
- [8] Abşeron yarımadasında çökme qalınlıqlarının xəritələnməsi: qravimetriya-seysmika sintezi.
- [9] Elision sistemləri və deqidrasiya kanalları: çoxfazalı axın yanaşmaları.
- [10] İnfrastruktur layihələrində irs riski: standartlar və ən yaxşı təcrübələr.
- [11] Arxeoloji abidələrin geofiziki xəritələnməsi: seçmə halların meta-analizi.
- [12] Qırılma-intruziya əlaqəsi: qumlu-gilli litoloji növbələşmənin mexaniki rolü.