

MÜNDƏRİCAT

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENT

GEOLOGİYA VƏ GEOFİZİKA

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА / GEOLOGY AND GEOPHYSICS

4

Yetirmişli G.J., İsmailova S.S., Kazımova S.E., Kazımov İ.E.

Induced seismicity near the "Takhta-Korpu" reservoir

Yetirmişli G.C., İsmayılova S.S., Kazımova S.E., Kazımov İ.E.

Taxta-Körpü su anbarı yaxınlığında induksiya olunmuş seysmiklik

Етирмишли Г.Дж., Исмаилова С.С., Казымова С.Э., Казымов И.Э.

Наведенная сейсмичность в районе водохранилища Такта-Корпю

QUYULARIN QAZILMASI

БУРЕНИЕ СКВАЖИН / WELL DRILLING

16

Abbasov E.Y., Xuduzadə Ə.İ., Kazımov E.A., Vəliyev H.Ö., Axundov Z.C., İsmayılov Ş.M.

Dərin quyuların qazılması prosesində AYLT dəyişmələrinin

nəzərə alınması və qəza riskinin qiymətləndirilməsi

Аббасов Э.Ю., Худузadə А.И., Казымов Э.А.,

Велиев Г.О., Ахундов З.Дж., Исмаилов Ш.М.

Учет изменений аномально высокого пластового давления (АВПД)

и оценка риска аварий при бурении глубоких скважин

Abbasov E.Y., Khuduzadeh A.I., Kazimov E.A.,

Valiyev H.O., Akhundov Z.J., Ismayilov Sh.M.

Consideration of anomalous high formation pressure (AHFP) changes and accident risk assessment in the process of drilling deep wells.

NEFT VƏ QAZ YATAQLARININ İŞLƏNMƏSİ VƏ İSTİSMARI

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
DEVELOPMENT AND OPERATION OF OIL AND GAS FIELDS

31

İsmayılov Ş.Z., Kərimov İ.C., İsmayılova P.Ş.

Neft-qaz quyularında iki və üçfazlı axında rejim keçidləri ilə

qum daşınması riskinin əlaqəsi, axın rejimləri üçün kriteriya xəritələri

Исмаилов Ш.З., Керимов И.Дж., Исмаилова П.Ш.

Связь риска выноса песка с переходами режимов течения в двух- и трехфазном

потоке в нефтегазовых скважинах, критериальные карты режимов потока

İsmayılov Sh.Z., Karimov I.J., Ismayilova P.Sh.

Relationship between sand transport risk and flow regime transitions in two- and three-phase flow in oil and gas wells, criterion maps for flow regimes

Redaksiya

"Azərbaycan neft
təsərrüfatı"

Baş redaktor

İ.S.Quliyev

Baş redaktorun müavirləri

E.Q.Şahbazov

M.N.Şixiyev

Məsul katib

S.F.Əbdülsalamlı

Referent

K.T.Səfərova

Baş mühasib

A.A.Yusifova

Aparıcı mühasib

Ş.N.Məmmədova

İqtisadçı

M.H.Cavadova

Redaksiya şöbəsinin rəhbəri

X.A.Qədimova

Redaksiya şöbəsi rəhbərinin müavini

A.R.Muradova

Böyük elmi redaktor

L.Ə.Şixiyeva

Böyük redaktor

L.M.Şükürova

Tərcüməçi

Ş.N.Hacıadə

Xüsusi müxbir

A.Q.Əhmədov

Tərtibat şöbəsinin rəhbəri

V.V.Şorkin

Tərtibat şöbəsinin mütəxəssisləri

Ə.Z.Abdullayev

Z.R.Əsgərov

E.Ə.Seyfullayeva

Редакция

"Азербайджанское
нефтяное хозяйство"

Главный редактор

И.С.Гулиев

Заместители главного редактора

Э.Г.Шахбазов
М.Н.Шихиев

Ответственный секретарь

С.Ф.Абдулсаламлы

Референт

К.Т.Сафарова

Главный бухгалтер

А.А.Юсифова

Ведущий бухгалтер

Ш.Н. Мамедова

Экономист

М.Г.Джавадова

Руководитель редакционного отдела

Х.А.Гадимова

Заместитель руководителя редакционного отдела

А.Р.Мурадова

Старший научный редактор

Л.А.Шихиева

Старший редактор

Л.М.Шукюрова

Переводчик

Ш.Н.Гаджизаде

Специальный корреспондент

А.Г.Ахмедов

Руководитель отдела оформления

В.В.Шоркин

Специалисты отдела оформления

А.З.Абдуллаев
З.Р.Аскеров
Э.А.Сейфуллаева

NEFTQAZÇIXARMANIN TEXNİKA VƏ TEXNOLOGİYASI

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ
TECHNIQUE AND TECHNOLOGY OF OIL-GAS PRODUCTION

Səmədov A.M., Əlsəfərova M.E., Əliyeva Ş.Y., Emel N.İ., Qirimova R.N.

Neft şlamlarından nefti ayırmaq üçün yeni texnologiyanın hazırlanması və tətbiqi
Самедов А.М., Алсафарова М.Э., Алиева Ш.Ю., Эмель Н.И., Гиримова Р.Н.

40

Разработка и применение новой технологии отделения нефти от нефтешламов
Samadov A.M., Alsafarova M.E., Aliyeva Sh.Y., Emel N.I., Qirimova R.N.

Development and application of new technology for separation of oil from oil sludgs

NEFTİN, QAZIN HAZIRLANMASI VƏ NƏQLİ

ТРАНСПОРТ И ПОДГОТОВКА НЕФТИ И ГАЗА
PREPARATION AND TRANSPORTATION OF OIL AND GAS

Kazimov Ş.P., Bayramov S.B., Əmirli N.M.

Ştanqlı nasoslarla istismar olunan quyulardan neftin və boruarxası qazın
yığılması və nəqli

Кязимов Ш.П., Байрамов С.Б., Амирли Н.М.

46

Сбор и транспорт нефти и затрубного газа в скважинах,
эксплуатируемых штанговыми насосными установками
Kazimov Sh.P., Bayramov S.B., Amirli N.M.

Oil and annular gas gathering and transportation in wells
operated by sucker rod pumping systems

KORROZİYADAN MÜHAFİZƏ

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ / CORROSION PROTECTION

Abbasov N.İ., Kərimova M.S.

Boru kəmərlərində korroziya vəziyyətinin piezokeramik
sensorlar vasitəsilə monitorinqi

Аббасов Н.И., Керимова М.С.

54

Мониторинг состояния коррозии трубопроводов с использованием
пьезокерамических датчиков

Abbasov N.I., Karimova M.S.

Monitoring of pipeline corrosion condition using piezoceramic sensors

İQTİSADİYYAT, İDARƏETMƏ, HÜQUQ

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, ПРАВО
ECONOMY, MANAGEMENT AND LAW

Baytalov T.İ.

Gəmiqayırmanın formalaşması və onun təşkilində dövlət dəstəyinin rolu

Байталов Т.И.

61

Формирование судостроения и роль государственной поддержки в его организации

Baytalov T.I.

The formation of shipbuilding and the role of state support in its organization

GÖRKƏMLİ NEFTÇİLƏRİN PORTRETLƏRİ

ПОРТРЕТЫ ВЫДАЮЩИХСЯ НЕФТЯНИКОВ
PORTRAITS OF PROMINENT OILMEN

69

Elmə və texnikaya həsr olunmuş ömür

İNFORMASİYA

ИНФОРМАЦИЯ / INFORMATION

71

Abdullayev R.Q.

Böyük ipək yolunun bərpasında Azərbaycanın neft-qaz strategiyasının mühüm rolu

Yığılmağa verilib 02.03.2026. Çapa imzalanıb 02.04.2026.

Format 60 x 84 1/8. Tabaşirli kağız.

Ofset çap üsulu. Şərti çap vərəqi 8.8. Hes.-nəş.vərəqi 9.2

Tirajı 500 nüsxə. Sifariş

Qiymət sərbəstdir. Qeydiyyat №-si 256.

Redaksiyanın ünvanı: Bakı, AZ1112,

Həsən bəy Zərdabi prospekti, 88a.

Telefon: +(99412) 521-15-48.

Telefon-faks: +(99412) 433-89-64.

www.ant.socar.az

e-mail: office.aoi@socar.az

"Neftqazəlmitədqiqatlayihə" İnstitutu,

Mərkəzləşdirilmiş Mətbəə.

Ünvan: Bakı, AZ1112,

Həsən bəy Zərdabi prospekti, 88a.

EDITORIAL STAFF

"Azerbaijan Oil Industry"

Editor-in-Chief

I.S.Guliyev

Deputy Editors-in-Chief

E.G.Shahbazov

M.N.Shikhiyev

Executive secretary

S.F.Abdulsalamly

Referent

K.T.Safarova

Chief accountant

A.A.Yusifova

Senior accountant

Sh.N.Mammadova

Economist

M.G.Javadova

Chief of Editorial

department

Kh.A.Gadimova

Deputy Chief of Editorial

department

A.R.Muradova

Senior science editor

L.A.Shikhiyeva

Senior editor

L.M.Shukurova

Translator

Sh.N.Hajizadeh

Special correspondent

A.G.Ahmadov

Cheif of Formatting

department

V.V.Shorkin

Formatting department

specialists

A.Z.Abdullayev

Z.R.Asgerov

E.A.Seyfullayeva

Induced seismicity near the “Takhta-Korpu” reservoir

G.J. Yetirmishli, Dr. in Geol.-Min. Sc., **S.S. Ismailova**, PhD in Soil. Sc.,
S.E. Kazimova, PhD in Geol.-Min. Sc., **I.E. Kazimov**, PhD in Geol.-Min. Sc.
Republican Seismic Survey Center of Azerbaijan National Academy of Sciences

e-mail: sabina.k@mail.ru

Keywords: “Takhta-Korpu” reservoir, technogenic earthquakes, seismicity, tectonic faults, filling of reservoirs.

The changes in seismicity, the concentration of weak earthquakes and even relatively strong earthquakes are possible over time in the “Takhta-Korpu” reservoir located in Gusar-Shabran region, one of the seismically active areas of Azerbaijan and adjacent areas. Events such as increased seismicity and the occurrence of relatively strong earthquakes in this background allow us to say that in some cases the concentration of seismic shocks increases very sharply when the large reservoirs built in seismically active areas are filled with large amounts of water. Taking this into account, to study the characteristics of seismic changes around the reservoir, the weak seismicity of the area, geodynamic conditions and the effect of reservoir filling on the seismicity of the area have been studied on the basis of data of digital seismic stations operating permanently in the north-eastern part of the republic. From the analysis of the dependency graph of the number of earthquakes with changes in the water level in the “Takhta-Korpu” reservoir, it can be concluded that periodic changes were observed in 2014–2021 years. In 2016–2017, a period is observed during 2 years and in those years the water level reaches its maximum level (182 m). When the water level goes down to 160–166 m, the number of earthquakes increases.

Taxta-Körpü su anbarı yaxınlığında induksiya olunmuş seysmiklik

G.C. Yetirmişli, g.-m.e.d., S.S. İsmayılova, y.e.ü.f.d., S.E. Kazımova, g.-m.ü.f.d., İ.E. Kazımov, g.-m.ü.f. d.
Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası nəzdində Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzi

Açar sözlər: Taxta-Körpü su anbarı, texnogen zəlzələlər, seysmiklik, tektonik qırılmalar, su anbarlarının doldurulması.

Azərbaycanın seysmik cəhətdən aktiv bölgələrindən biri olan Qusar-Şabran zonasında yerləşən “Taxta-Körpü” su anbarında zaman keçdikcə seysmikliyin dəyişməsi, zəif və hətta nisbətən güclü zəlzələlərin konsentrasiyası mümkündür. Seysmikliyin artması və bu fon daxilində nisbətən güclü zəlzələlərin baş verməsi kimi hadisələr göstərir ki, bəzən seysmik cəhətdən aktiv ərazilərdə iri su anbarları doldurulduqda zəlzələ ocaqlarının konsentrasiyası kəskin şəkildə artır. Bu amilləri nəzərə alaraq, su anbarı ətrafında seysmik dəyişikliklərin xüsusiyyətlərini öyrənmək məqsədilə ərazinin zəif seysmikliyi, geodinamik şəraiti və su anbarının doldurulmasının seysmikliyə təsiri, ölkənin şimal-şərq hissəsində daimi fəaliyyət göstərən rəqəmsal seysmik stansiyaların məlumatları əsasında araşdırılmışdır. “Taxta-Körpü” su anbarında suyun səviyyəsinin dəyişməsi ilə zəlzələlərin sayının asılılıq qrafikinə təhlili göstərir ki, 2014–2021-ci illər ərzində dövrü dəyişikliklər müşahidə olunmuşdur. 2016–2017-ci illərdə 2 illik dövr ərzində suyun səviyyəsinin maksimum (182 m) həddə çatdığı müşahidə olunur. Suyun səviyyəsi 160–166 m endikdə isə zəlzələlərin sayı artır.

Г.Дж. Етирмишли, д.г.-м.н., С.С. Исмаилова, д.ф.н.з, С.Э. Казымова, д.ф.г.-м.н., И.Э. Казымов, д.ф.г.-м.н.
Республиканский центр сейсмологической службы НАН Азербайджана

Ключевые слова: водохранилище “Тахта-Корпю”, техногенные землетрясения, сейсмичность, тектонические разломы, наполнение водохранилищ.

В районе водохранилища “Тахта-Корпю”, расположенного в Гусар-Шабранском регионе – одном из сейсмически активных районов Азербайджана и прилегающих территорий, возможны изменения сейсмичности, концентрация слабых землетрясений и даже относительно сильных толчков. Такие явления, как рост сейсмичности и возникновение относительно сильных землетрясений на этом фоне, позволяют утверждать, что в отдельных случаях при наполнении крупных водохранилищ, построенных в сейсмически активных зонах, наблюдается резкое увеличение концентрации сейсмических толчков. С учётом этого, для изучения особенностей сейсмических изменений вблизи водохранилища были исследованы слабая сейсмичность района, геодинамические условия и влияние заполнения водохранилища на сейсмичность территории на основе данных цифровых сейсмических станций, постоянно действующих в северо-восточной части страны. Из анализа графика зависимости количества землетрясений от изменения уровня воды в водохранилище “Тахта-Корпю” можно сделать вывод, что в 2014–2021 гг. наблюдались периодические изменения. В 2016–2017 гг. отмечается двухлетний период, в течение которого уровень воды достиг своего максимума (182 м). При снижении уровня воды до 160–166 м количество землетрясений увеличивалось.

Introduction

The seismicity observed during the filling of large reservoirs with large volumes built in seismically active areas of water increases and relatively strong earthquakes occur in this background [1–3]. In some cases, an increase in the concentration of seismic shocks before a strong earthquake is also recorded.

“Takhta-Korpu” reservoir and the area of the relevant dam complex are located in the Darachay (Takhta-Korpu) valley, 3.5 km south-west of Shabran. The transition to the axis part of the dam and reservoir basin is possible by land from the 118th km of the Baku-Rostov highway along the right bank of the Takhta-Korpu river. The dam and reservoir area is characterized by smooth elevations, numerous ravines, intricate hills and sloping plains. Here, the absolute height of the earth’s surface is in the range of 60–2500 m. There is the Kaynarcha mud volcano with an absolute height of 180 m, at a distance of 2 km from the dam axis, on the cliff mountain bank near the Takhta-Korpu river. The volcano is located in the northern part of the “Kaynarcha” anticline [4].

During the study of the engineer geological

conditions of the “Takhta-Korpu” reservoir, it was determined that the area of the reservoir is 8.72 km², the total volume – 268.9 mln.m³, useful volume – 218.9 mln. m³, the dead volume – 49.5 mln. m³, the maximum water level in the reservoir – 183 m, the minimum operating level – 140 m, the level corresponding to the dead volume – 130 m, the level of the lower byef – 105 m. The height of the central nuclear-type dam is 137.5 m, the width from the top of the dam – 15 m and the volume of the body of the dam is 14 mln m³. The consumption of the spillway is 84.3 m³ per second, the consumption of the water conduit tunnel is 49.4 m³ per second, the inner diameter of the tunnel is 5.2 m and the length is 360 m. As for the technical parameters, the maximum consumption is 40 m³ per second, the maximum pressure is 77 m, the bottom level of the intake is 115 m, the diameter of the tunnel is 4.5 m, the length is 270 m [4].

The hydrographic network of the study area is very weak and is represented only by the Takhta-Korpu river. This river has several tributaries that are dry for most of the year. The river originates from the top of Mount Chiraggala, located at an altitude of 600 m from the northeast-

ern slopes of the Beshbarmag mountain. The length of the river is 28 km and the width varies between 100–350 m levels [4].

Geological structure of the area

The geological structure of the area is mainly composed of Neogene (Middle Pliocene) sediments and it covers a large area to the north of the Siyazan thrust. The reservoir basin and the watershed areas adjacent to it along the perimeter, is entirely located on top of the productive layer of sediments. However, in the lower channel pound, 1000–1200 m below the dam axis of the study area, sediments of the Upper Pliocene Aghcagil floor are found. It should be noted that along the entire area of the object and the perimeter of the adjacent areas, the sediments of the Middle Pliocene (thickness >2000 m) productive layer consist of 3 sections. The sediments that make up these sections replace each other with a suitable incline. The Productive layer of the studied region is called “Gizilburun-type sediments of the productive layer” in the geological literature and is mainly composed of yellowish-grayish, brown-grayish, gray clays, sometimes sandy clays (aleurolites). These clays alternate with sand and weak sandstone with a thickness of a few decimeters, up to 1–5 m. The sands are mainly gray, clayey, small-grained, medium-grained, sometimes large-grained, and contain fauna fossils [4, 5].

In the reservoir basin, at a distance of ≈ 2.0 km from the axis of the dam, on the right precipitous coast of the Takhta-Korpu river, there is the Gaynarcha mud volcano on the northern wing of the Gaynarcha anticline, which has an absolute height of +180 meters. The Gaynarcha volcano consists of 218 griffins and mud hills, the relative absolute heights of which do not exceed 2–3 m, and the diameter reaches 1.5–2.0 m. According to the division of griffins and mud hills, 8 groups are selected around them. Most griffins erupt in turbid water, gas, and sometimes oil [4].

Tectonics

1.5–2.0 km south of the “Takhta-Korpu” reservoir, near the Galaalti medical resort, tectonic elements of the northern part of the large Tengin-Beshbarmag anticlinorium are observed

and it is separated from the southern wing of the Neogene (Third Period) Gusar-Davachi monoclinic which is widespread in the north-east direction through the deep Siyazan thrust.

In general, the object of study is located entirely within the boundaries of the southern wing of the Neogene monocline, composed entirely of Paleogene-Neogene sediments. The above-mentioned monoclinic consists of the Chokrak, Konk-Karakan, Sarmat, Meotis, Pont layers, the Middle Pliocene Productive layer, and then the Upper Pliocene Aghdjagil and Absheron layers near the coastal plains in the north-eastern direction after the Siyazan thrust.

In this direction (north-east) the angles of descent of the above-mentioned layers of Miocene and Pliocene sediments flatten from 70–75° and reach 40–45°. The dam area is within the north-eastern wing of the Gaynarcha anticline belonging to the Gusar-Davachi synclinorium. Gaynarcha anticline is 7 km wide, 70–80 km long, extending from north-west to south-east. The acti clinal was exposed to fault within the study area where the folded will end eastward. Due to this fault, Gaynarcha mud volcano located on the right bank of Takhta-Korpu river, 2 km south-west of the axis of the dam, occurred [4, 5].

Because the direction of the fault corresponds to its elongation, that is, because the fracture is directed parallel to it at a great distance to the point, this will not damage the strength of the dam.

Based on the arrival time data of earthquakes ($m_l > 2.0$) that occurred in the territory of Azerbaijan during the period from 2010 to 2021, the main parameters of the earthquakes were redefined, and velocity models of the Earth's crust were constructed.

Within the framework of this work, both body wave inversion and the double-difference method were applied. The velocity model obtained from the double-difference seismic tomography method—commonly referred to as DD tomography—along with the hypocenter locations of aftershock sequences, allows for the analysis and comparison of block-bounding faults and deformations projected onto the surface.

Using the computed 1D velocity model as a basis, a 2D velocity model was constructed at 1 km intervals (Figure 1).

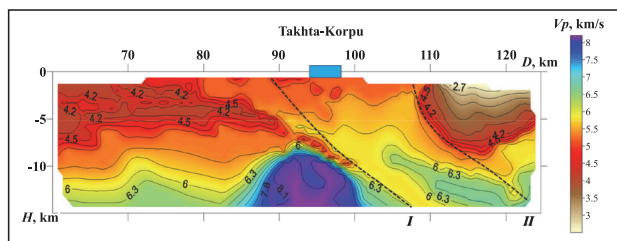


Figure 1. Calculated 2D velocity model around the Takhta-Korpu water reservoir. Faults: I – Axti-Nuqedi-Gilazi; II – Siyazan

As seen from the section, the Takhtakorpu water reservoir is located within the framework of structures belonging to two tectonic mega-zones: the Shakhdag-Khizi and Gusar-Davechi zones. These zones are separated by the Axti-Nuqedi-Gilazi fault.

As shown in the figure, Jurassic and Cretaceous rocks with velocities of 4.0–4.5 km/s descend to a depth of about 12 km along the Axti-Nuqedi-Gilazi fault and the Dibrar intrusion. The Takhtakorpu reservoir is situated in the area of the Lower Cretaceous rocks. This area is characterized by high seismogeodynamic activity.

“Takhta-Korpu” hydroelectric power station

The main water source of the reservoir is the Samur-Absheron channel. Some of the water resources of the Gusarchay, Gudyalchay, Guruchay, Agchay, Jagajugchay and Valvalachay rivers in the region are discharged into the “Takhta-Korpu” reservoir through the Valvalachay-Takhta-Korpu channel, which is part of the Samur-Absheron channel system. After the completion of the construction of the “Takhta-Korpu” reservoir with a hydroelectric power station, the newly built Takhta-Korpu-Jeyranbatan channel supplies the required amount of water to Jeyranbatan Lake.

Construction of the “Takhta-Korpu” reservoir was started in 2007. The official ceremony on the occasion of the start of water supply to the “Takhta-Korpu” reservoir was held on July 19, 2013. Water taken from the Samur River is transferred to the “Takhta-Korpu” Reservoir via the Valvalachay-Takhta-Korpu channel. At the beginning of the Valvalachay-Takhta-Korpu channel, the bottom level in Valvalachay is 229.8 m, and at the end of the “Takhta-Korpu”

reservoir, the bottom level is 189.0 m. Consumption of channel is 75 m³ per second, length 44.5 km, slope coefficient $m=1.5$; the width from the bottom is 5 m, the construction depth is 4.2 m, the water depth is 3.6 m, the slope is 0.0005, and the flow speed is 2.28 m per second [1].

Technical indicators of “Takhta-Korpu” hydroelectric power station: maximum water consumption is 40 m³ per second, maximum pressure -77 m, bottom level of the intake -115 m, diameter of the tunnel -4.5 m, the length -270 m, HPP capacity -25.0 MW, number of turbines -2 units, capacity of a turbine -12.5 MW, generator capacity -14 MW.

The length of the Takhta-Korpu-Jeyranbatan channel is 112 km, consumption is 40m³ per second, slope coefficient is 1.5, slope is 0.0003, width from the bottom is 4 m, construction depth is 3.5 m, water depth is 3.12 m, flow rate is 1.48 m per second. The thickness of the concrete ring of the channel was 15 cm in the parts with semi-drilling and semicasting, and the thickness of the concrete cover was 20 cm in the parts with full casting.

Seismicity of “Takhta-Korpu” reservoir

The study of seismicity of the “Takhta-Korpu” reservoir can be divided into 3 stages:

Phase I, before the construction of the reservoir (1980–2006),

Phase II, during the construction of the reservoir (2007–2012),

Phase III, after the construction of the reservoir (2013–2021).

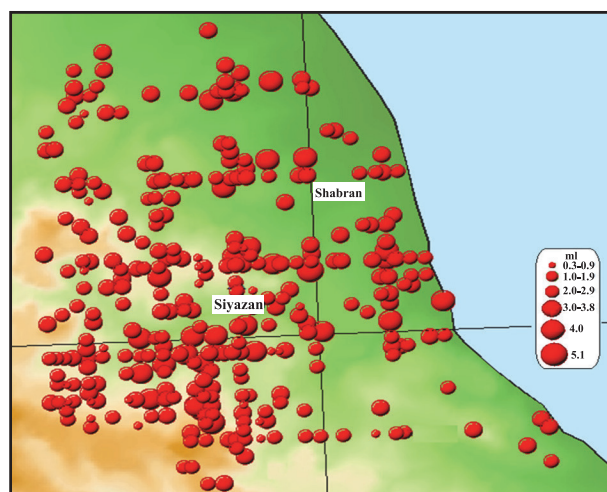


Figure 2. Map of epicenters of earthquakes in Shabran-Siyazan region during 1980–2006

Considering the long-term seismicity of the study area, a map of the epicenters of earthquakes during 1980–2006 was compiled (Figure 2). As can be seen from the map, the seismicity of the area is at the background level. 166 earthquakes have been recorded over 27 years. The highest magnitude earthquake recorded during the years occurred in Shabran region [6–10]. The maximum magnitude of the recorded earthquake was $m_l=5.1$. The earthquake occurred on April 2, 2006 at 01:49. The magnitude of the earthquake was 4.5 in Siyazan, 4 in Shabran, Pirgulu, 3.5 in Guba and 3 in Shamakhi.

During 2007–2012, 328 shocks were recorded in the study area for 6 years. The earthquake with the highest magnitude of 3.0 was occurred in 2011. The earthquake was not felt. As can be seen from the map, seismicity has increased in the area during the construction of the reservoir (Figure 3–5).

During 2021, 101 earthquakes were registered. It should be noted that in 2021 there will be a decrease in the number of earthquakes. The

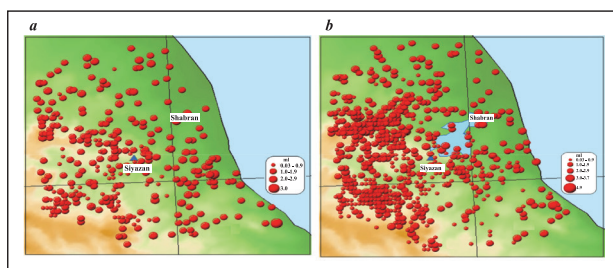


Figure 3. Map of earthquakes epicenters occurred in Shabran-Siyazan area for 2007–2012 (a) and 2013–2019 (b) years

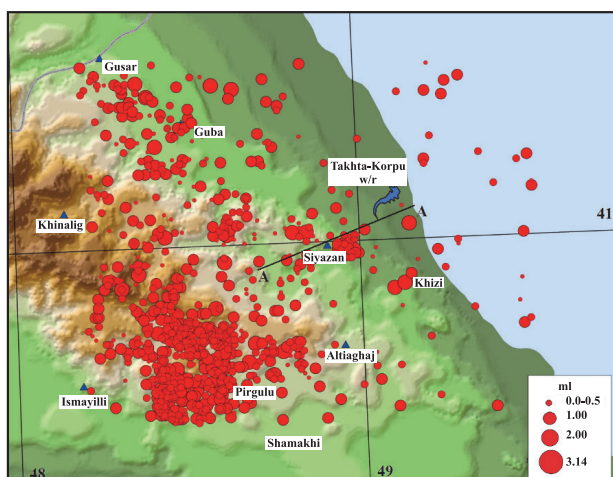


Figure 4. Map of epicenters of earthquakes around Takhta-Korpu reservoir in 2021

earthquakes occurred around the base water basin, which indicates the formation of tectonic seismicity in the area. The high-magnitude earthquake that occurred during these years occurred on September 28 ($m_l = 2.7$).

After the commissioning of the “Takhta-Korpu” reservoir, seismicity of the area was higher than the background level, during 2013–2021 (see Figure 3, 4). 767 earthquakes were recorded during 8 years. It should be noted that the increase in the number of earthquakes is mainly due to weak earthquakes. 14 earthquakes occurred in the reservoir area, which indicates the emergence of man-made seismicity in the area. There was a high magnitude earthquake ($m_l = 4.9$) during these years. This earthquake occurred on January 1, 2013 at 03:30 in Shabran region. The magnitude of the earthquake was 4–5 in Shabran, 4 in Guba, 4 in Siyazan, 3–4 in Pirgulu; up to 2–3 points were felt in Shamakhi and Ismayilli.

Strong earthquakes in the surrounding areas have a significant impact on the reservoir area (Table 1). Strong earthquakes affecting the “Takhta-Korpu” reservoir occur mainly in Guba, Shabran, Shamakhi-Ismayilli, Agsu, Oguz-Gabala, Zagatala, the Caspian Sea, Hajigabul and Imishli. It should be noted that during 2003–2019, earthquakes in Guba region up to 3–4 points in “Takhta-Korpu” reservoir, earthquakes in Shabran region up to 3–4 points, earthquakes in Shamakhi-Ismayilli regions up to 2–4 points, earthquakes in Agsu region up to 2.5–3 points, earthquakes in Oguz-Gabala region up to 2–4 points, earthquakes in Zagatala region and the Caspian Sea up to 2–3 points, in Hajigabul and Imishli regions earthquakes affect up to 3 points. The most dangerous event

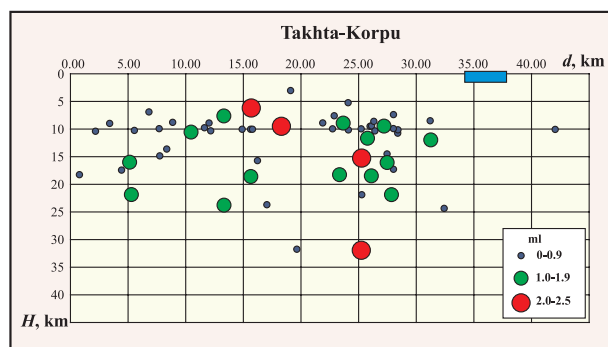


Figure 5. Seismic cut of earthquakes around Takhta-Korpu reservoir in 2021

Date	Time	Coordinates			MI	J ₀	Note
		φ°, N	λ°, E	H			
08.05.2003	15:02:26.3	41.24	48.67	37	4.4	4	Guba district. Guba 4b, Siyezen 3-4b, Gusar 3b
29.01.2004	11:29:38.0	41.48	48.31	5	4.2	4	Gusar rayonu. Guba 3b
23.05.2004	02:49:09.4	40.75	48.69	28	4.2	4	Shamaxı district. Pırgulu 3-4b, Shamaxı 3b, Siyezen -2.5 b
08.11.2005	6:27:07	41.04	47.38	15	4.3	4	Oghuz rayonu. Oghuz 3.5b, Sheki 3b, Siyezen -2.5 b
04.02.2006	01:49:02.8	40.94	48.85	25	5.1	5	Shabran district. Siyezen 4.5b, Shabran, Pırgulu 4b; Guba 3.5b, Shamakhı 3b
23.08.2007	01:52:19.1	40.58	48.49	12	4.6	5	Shamakhı-Aghsu border. Aghsu 5b, Shamaxı 4.5b, Pırgulu 4b, Gonagkend 3b, Siyezen -2.5 b
19.12.2008	15:11:03	40.85	48.47	14	4.4	5	İsmayılı district. Pırgulu, Demirchi 4.5b; Shamaxı 4b, İsmayılı 3.5b, Shabran – 2 b.
28.02.2011	10:54:14	40.85	47.72	42	4.6	4	Gabala district. Gebele, Aghdash 3-4b; Sheki 3b; İsmayılı, Oghuz 2-3b, Siyezen -2.0 b
07.05.2012	4:40:25	41.5	46.58	9	5.6	07	Zagatala district. Zagatala, Gakh, Balaken 6b; Sheki, Oghuz 5b; Mıngachevir, Shemkir, Ganja, Gazakh- 4b; Siyezen -3 b
07.05.2012	14:15:13	41.56	46.63	12	5.7	7	Zagatala district. Zagatala, Gakh, Balaken 6b; Sheki, Oghuz 5b; Mıngachevir, Shemkir, Ganja, Gazakh- 4b; İsmayılı, Shamakhı, Siyezen,
10.07.2012	11:42:50	40.7	48.35	41	5.3	4	İsmayılı district. Pırgulu, İsmayılı, Shamakhı, Aghsu 5b; Shabran – 4 b.
10.02.2014	12:06:47	40.25	48.63	46	5.7	6	Hacıgabal district. Saatlı 5b, Hacıgabal, Shamaxı, İsmayılı, İmişli 4b
29.09.2014	1:38:07	41.13	47.94	12	5.5	6	Gabala district. Gabala, Oghuz 5b, Guba, Siyezen – 4b., Sheki, Shamakhı, İsmayılı, Gakh, Berde 4b
04.10.2014	4:59:33	41.1	47.93	6	5	6	Gabala district. Gabala, Oghuz 5b; Guba, Siyezen - 4b., Sheki, İsmayılı 4b; Ganja, Zagatala 3b
26.01.2015	3:30:12	41.19	48.72	7	4.9	5	Shabran district. Shabran 4-5b; Guba, Siyezen 4b; Pırgulu 3-4b; Shamakhı, İsmayılı 2-3b
03.06.2015	9:35:44	40.92	48.57	4	4.6	5	Shamakhı district. Pırgulu 5 b; Shamakhı 4- 5 b; İsmayılı 4b; Guba, Gabala 3b.
04.09.2015	4:49:37	40.97	47.43	15	5.9	7	Oghuz district. Oghuz 6b; Sheki, İsmayılı, Mıngachevir 5b; Pırgulu, Shamakhı, Ganja, Zagatala 4b; Guba, Siyezen – 3b.
01.08.2016	4:46:35	39.91	47.85	28	5.6	5	İmişli district. İmişli, Beylagan, Zerdab 5b; Aghdam, Kurdamir, Ujar 4b; Shamakhı, İsmayılı, Ganja 3-4b; Sheki, Guba, Shabran,
05.02.2019	19:31:37	40.78	48.46	8	5.2	6	İsmayılı rayonu. İsmayılı, Pırgulu 5 b, Sheki, Ganja, Zagatala 4b, Guba, Siyezen, Shabran – 4b.

for this area is observed in Guba, Oguz-Gabala and Shamakhı-İsmayılı regions.

The main parameters of strong earthquakes affecting the “Takhta-Korpu” reservoir during 2003–2019 years (Table 1).

During 2014, the dependency graph of the number of earthquakes in the “Takhta-Korpu” reservoir with the change of water level was es-

tablished (Figure 5). As can be seen from the graph, there were 7 earthquakes of magnitude 2.0 in January during the period of rising water level, and in July, when the water level reached its maximum of 172 m, there was 1 earthquake of magnitude 4.0, ml = 3.0. Starting from August, the water level began to fall, reaching a minimum of 160 m in October and December.

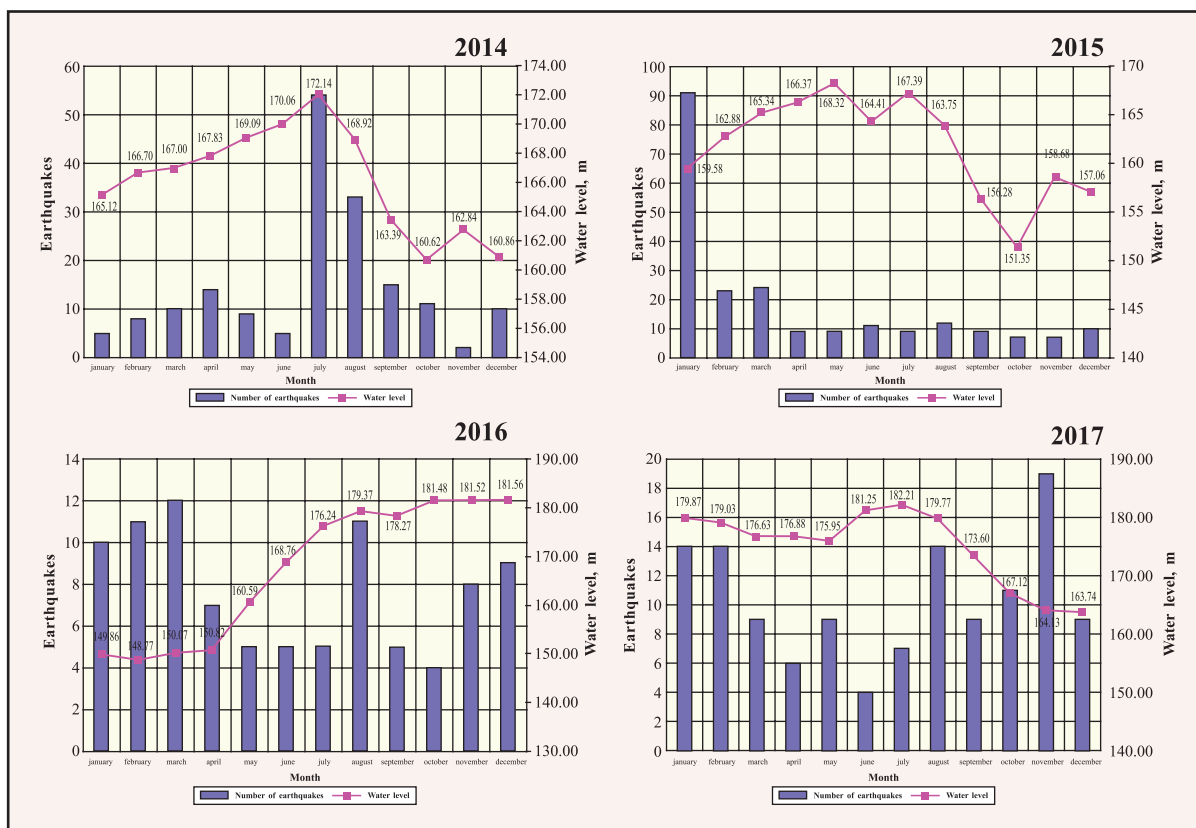


Figure 6. Dependency graph of the number of earthquakes with changes in water level in “Takhta-Korpu” reservoir during 2014

The number of earthquakes in July, August was higher than in other months.

Such anomalies were observed in 2015. As can be seen from the graph (Figure 6), the water level has been rising since January. The maximum prices of water have been observed in May and July (168–167 m). The water level has been falling since August and it reached the minimum level (151 m) in October. As can be seen from the dependency graph, at the beginning of the year, 20 earthquakes with a magnitude of ≥ 2.0 , including two earthquakes with a magnitude of 3.0 and one with a magnitude of 4.9 occurred. During April-December, an average of 10 earthquakes occurred every month.

As can be seen from the dependency graph (Figure 6) of the number of earthquakes with changes in water level in the “Takhta-Korpu” reservoir during 2016, in January, February and March, when the minimum water level is 148–150 m, it is observed that the number of earthquakes is high (N = 36). The rise of the water level monitored since May and it reaching its peak in December (181.5 m). Note that, these high values continue until July, 2017 and begin to fall in August (173–163 m). Note that,

unlike in 2014–2016, the water level has now reached 182.21 m (Figure 6). It is observed that, the water level is 163.74 m lower. Periodicity in the distribution of earthquakes is observed during 2016–2017. At the beginning of the year (January, February and March) and at the end (November and December) the number of earthquakes in the area increases, and in the middle of the year the seismicity decreases.

As during 2014 and 2015, so 2018 years, the dependency graph of the number of earthquakes with changes in the water level in the “Takhta-Korpu” reservoir (Figure 6, 7) shows that the

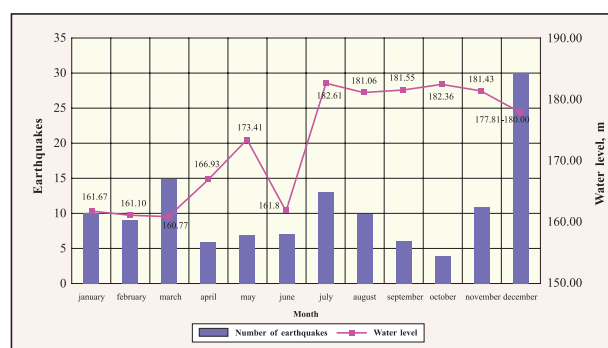


Figure 7. Dependency graph of the number of earthquakes with changes in water level in “Takhta-Korpu” reservoir during 2018

water level in January, February and March was 161 m. From July to December, the water level is above 180 m. In December, when the water level was 177 m, the number of shocks reached 30.

During 2019, “Takhta-Korpu” reservoir was

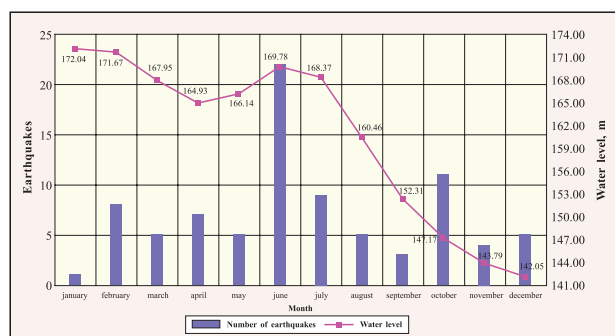


Figure 8. Dependency graph of the number of earthquakes in “Takhta-Korpu” reservoir with changes in water level in 2019

high until July (Figure 8). Starting from August, the water level decreased. The number of earthquakes in June was higher than in other months.

Thus, the filling of the reservoir directly affects the formation of weak earthquakes in the “Takhta-Korpu” reservoir area and adjacent areas. Analysis of seismicity conducted in 2014–2019 years showed that in January, February, March, April, May (114 earthquakes) 12 earthquakes with a magnitude of ≥ 2.0 , occurred and in August, September 43 earthquakes occurred in the area of “Takhta-Korpu” reservoir (of which $m_l = 2.0$ 3 earthquakes).

Thus, the rise in water level in the “Takhta-Korpu” reservoir usually lasts for 7 months, i.e. from January to July. The water level begins to fall in August. As a result of falling water levels in the reservoir, an increase in artificial seismicity is observed in the area.

The water level schedule of Takhtakorpu reservoir has been established for 2020–2021. As can be seen from the graph, the water level decreases in winter and autumn, and the water level rises in summer. The maximum water level is June (157 m), July (158 m), August (156 m), September (157). The lowest prices are recorded in March (135–137 m).

For May–October 2021, the water level of the Takhtakorpu Reservoir is expected to increase in May, reaching its maximum value in mid-June (160 m) and falling in mid-September.

Minimum price – 138 m. It should be noted that the water level decreases in winter and spring, and the water level rises in summer. The lowest prices are recorded in March and September (135–138 m).

During 2003–2021, seismological profiles

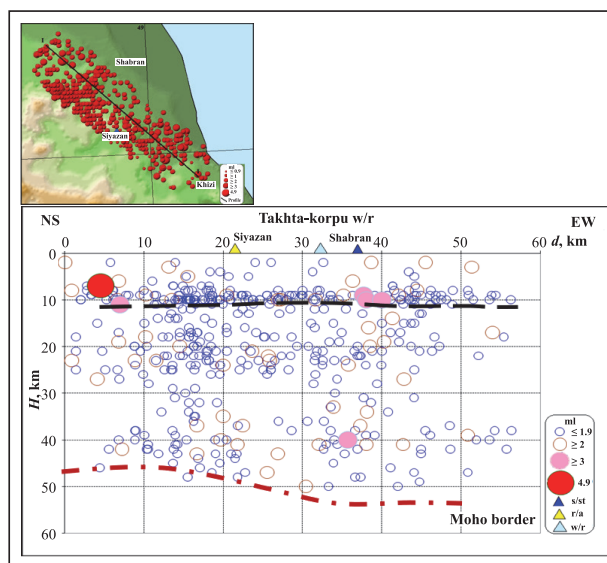


Figure 9. Seismic section on I-I profile in the direction of North-West – South-East in Shabran zone

were established in order to study the depth distribution of earthquake source in the Shabran area. Seismological section on profile I-I was constructed in the direction of north-east – south-west (Figure 9). Migration of sources in the direction of East-West – and South-East is observed. The hypocenters are unevenly distributed. The distribution of hypocenters by depth is mainly divided into two parts: 4–20 km (mainly in the sedimentary layer) and 30–50 km (in the basalt layer). Earthquakes with a magnitude of 2.0 were recorded in the study area, at the same time, 5 earthquakes with a magnitude of 3.0 and one earthquake with a magnitude of 4.9 were recorded in the study area [11]. The main part of the earthquakes is concentrated around the active longitudinal Siyazan fault. Against the background of weak seismicity, the earthquake with a magnitude of 4.9 occurred within the boundary of the sedimentary layer at a depth of 10 km. Earthquakes with a magnitude of 3.0 were at a depth of 9–11 and 40 km.

Seismological section on profile II-II was constructed in the direction of South-West – North-East (Figure 10). As can be seen from the

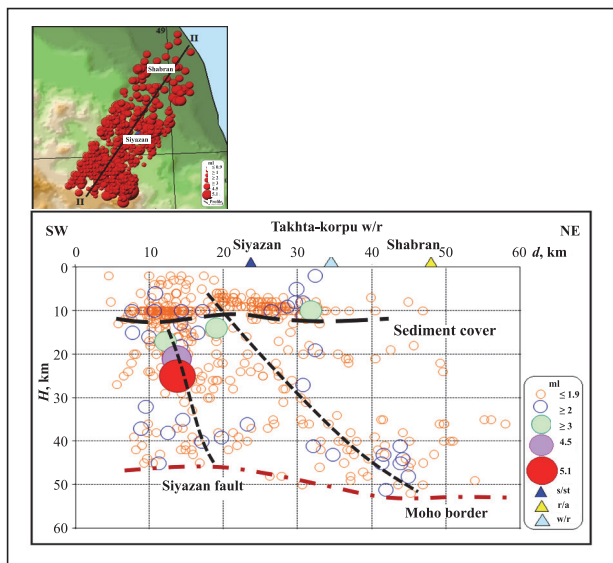


Figure 10. Seismic section on profile II-II in the direction of South-West –North-East in Shabran zone

Figure, weak earthquakes with a magnitude of 0.1–2.0 are observed at a depth of 2–12 km at a distance of 6–35 epicenters of the profile. These earthquakes occurred in the south-western part of the “Takhta-Korpu” reservoir within a radius of 15 km and areas associated with the section of Zangi-Kozluchay, Siyazan and Astara-Derbent tectonic faults [12]. A group of earthquakes ($ml \geq 2.0$) is observed at a distance of 25–30 km

below the “Takhta-Korpu” reservoir. High seismic activity is observed at a depth of 2–45 km along the Siyazan fault. The earthquakes with magnitude of 4.5 and 5.1 were recorded in these zones.

In order to study the geodynamic conditions, the data of six stationary GPS stations installed by Trimble (brand Trimble NetR9) in the area of Takhta Korpu reservoir were analyzed. The research was conducted on the basis of data obtained during 24 months of 2017–2021 yy.

The received data was processed in GAMIT/GLOBK program. The GAMIT (GPS At MIT) and GLOBK (GLOBAl Kaiman filter) complex program was developed jointly by the Massachusetts Institute of Technology and the Institute of Oceanography. The GAMIT program is designed to determine the relative three-dimensional position of ground stations.

Thus, the analysis of the data obtained in 2017–2021 showed that the horizontal movements are generally inclined in the direction of the NE. The values of azimuth angles vary between 6.5–45 degrees (Table 2). On average, the value of horizontal velocities of the studied area is 5.0 mm/year (Figure 11).

Figure 12 shows the change in horizontal ve-

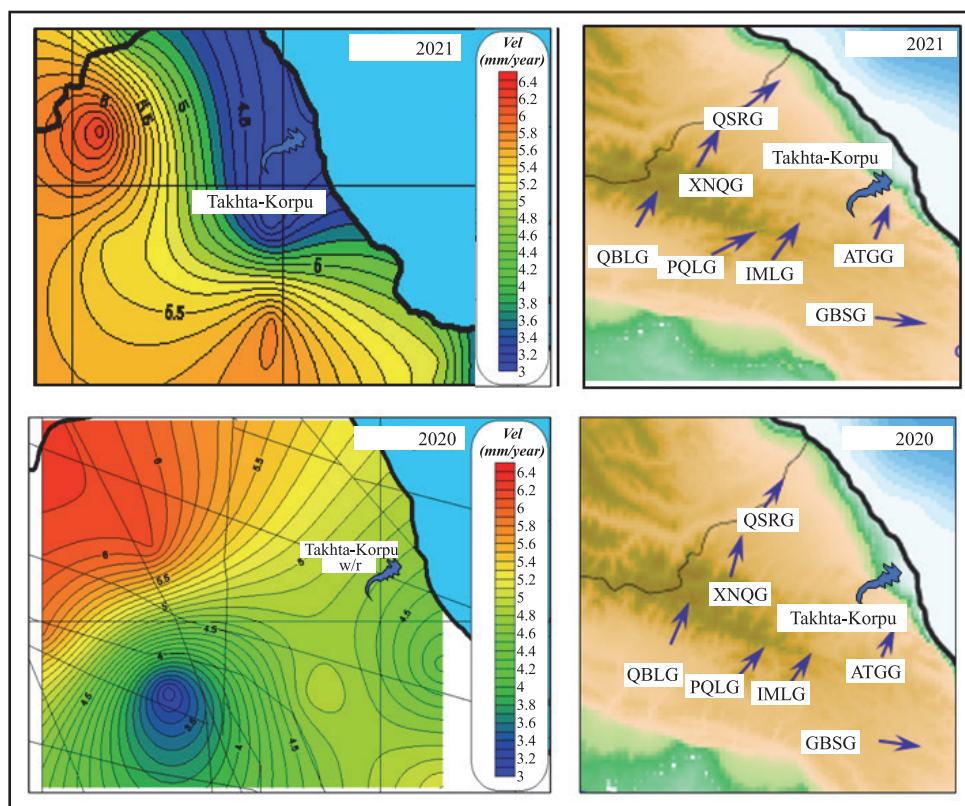


Figure 11. Map of horizontal velocities obtained in the GAMIT program for GPS stations for 2017–2021

lon	lat	VE rate (mm/yr)	VN rate (mm/yr)	AZM Vel	Vel mm/y	GPS_ST
48.93716	40.86027	2.46	1.10	6.5	4.2	ATGG_GPS*
48.59377	40.78814	3.49	0.72	45.4	4.9	PQLG_GPS*
48.26321	41.51516	3.00	8.89	33.7	5.8	QSRG_GPS
48.18221	40.79236	2.89	0.36	28.5	3.1	IMLG_GPS*
48.13953	41.17189	3.09	9.75	16.8	6.1	XNQG_GPS
47.83720	40.94582	4.02	1.63	18.5	5.82	QBLG_GPS*

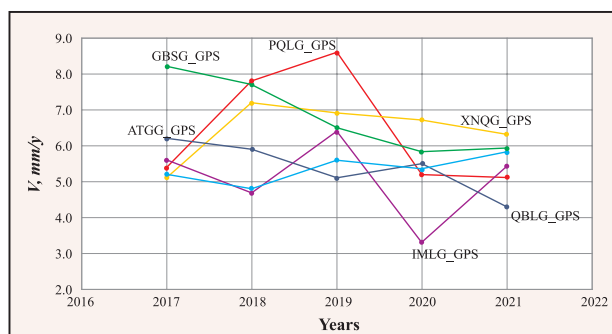


Figure 12. Graph of changes in horizontal velocities of GPS stations for 2017–2021

locities of GPS stations for 201–2021. As can be seen from the figure, an increase in velocities has been recorded at PQL and IML stations since 2017, reaching a maximum value in 2019 (8.6 and 6.4 mm/year) and starting to decrease in 2020. The increase in velocities is related to a strong earthquake with a magnitude of $m_l=5.2$ that occurred in the Ismayilli area 11 km west of the Pirgulu station at 23:31:37 local time on February 5.

Based on GPS data obtained during 2017–2021, it can be noted that the Takhta Korpu area is located in the gradient zone ($v=4.6–5.2$ mm/y). The stress coefficient was calculated based on the values of the epicenters. A gradient zone is observed in the middle of the studied area, which is due to the tectonic fault of the Western Caspian. The western part of the Guba-Gusar area is characterized by compressive stress, and the eastern part by tensile stress. It should be noted that the Takhta Korpu reservoir is located in the tension zone.

Conclusions:

The seismic activity observed in the vicinity of the “Takhta-Korpu” water reservoir suggests a potential link between changes in the reservoir

water level and the occurrence of earthquakes, pointing to the phenomenon of induced seismicity.

A comprehensive analysis of seismic data collected between 2014 and 2021 reveals a temporal correlation between fluctuations in the reservoir water level and the frequency of local seismic events. Notably, during periods of maximum water level (up to 182 meters in 2016–2017), a relative decrease in seismic activity was observed, while drops in water level (to approximately 160–166 meters) were associated with an increase in the number of seismic events. The water level in the “Takhta-Korpu” reservoir rises for 7 months from January to July. The water level begins to fall in August. As a result of falling water levels in the reservoir, there is an increase in artificial seismicity in the area and geological processes in the layers lead to an increase in the number of earthquakes.

The presence of large artificial reservoirs in tectonically active regions may enhance existing crustal stresses, potentially accelerating the release of tectonic energy in the form of earthquakes. This process is consistent with internationally documented cases of reservoir-induced seismicity. Numerous tectonic faults passing through this area and deep faults passing in different directions (mainly Siyasan, Zangi-Kozluchay, etc.) create a complex block structure [5]. These cause earthquakes and landslides. A local seismic network has been established in the study area and as a result of continuous monitoring, analysis of continuous seismic shocks is carried out.

Data from nearby digital seismic stations confirm that seismic activity tends to vary systematically with the filling and drawdown cycles of the reservoir. These observations support

the hypothesis that anthropogenic factors, particularly hydrological loading and pore pressure changes, play a significant role in triggering seismic events in this area.

Given the location of the "Takhta-Korpu" reservoir within a seismically sensitive zone, it is crucial to continue long-term monitoring of both seismic activity and hydrological parameters. Such monitoring will help to better understand the mechanisms of induced seismicity and to assess the potential seismic hazard associated with the operation of large hydraulic engineering structures.

Future research should focus on numerical modeling of stress changes in the crust due to reservoir loading, integration of geological and geophysical data, and the development of risk mitigation strategies to ensure the safety of nearby infrastructure and populations.

Acknowledgments

This work was supported by the Science Development Foundation under the President of the Republic of Azerbaijan – Grant № EIF-BGM-4-RFTF-1/2017-21/16/2-M-05

References

1. *Исламова Ш.К., Казымова С.Э., Исмаилова С.С.* Сейсмотомографические исследования в районе Мингячевирского водохранилища. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН, On-line, 2019, № 2, с. 1-13.
2. *Islamova Sh.K., Kazimova S.E., Ismailova S.S.* Assessment of geodynamic risk of Mingachevir water reservoir, ANAS transactions earth sciences, "Elm", 2019, № 2, pp. 61-69.
3. *Telesca L., Kadırov F., Yetirmishli G.J., Safarov R., Babayev G., Islamova Sh.K., Kazimova S.E.* Analysis of the relationship between water level temporal changes and seismicity in the Mingachevir reservoir (Azerbaijan) // Journal of Seismology, 2020.
4. *Paşayev E.P., Həsənov F.H.* "Azdövşütəslayihə" İnstitutu – 80. – Bakı: "Şərq-Qərb", 2013, 200 s.
5. *Хаин В.Е., Ализаде Ак.А.* Геология Азербайджана, Тектоника, т. IV, 2005. – Баку: Изд-во Нафта Пресс, с. 214-234.
6. *Етирмишли Г.Д., Маммадли Т.Я., Казымова С.Э., Исмаилова С.С.* Современная сейсмическая обстановка Азербайджана. Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии, ГФИ ВНИЦ РАН, 2019, с. 29-36.
7. *Babayev G., Yetirmishli G., Kazimova S., Kadırov F., Telesca L.* Stress field pattern in the North eastern part of Azerbaijan // Pure and Applied Geophysics, on-line, 2019.
8. *Yetirmishli G.J., Islamova Sh.K., Kazimova S.E., Ismailova S.S.* Seismic geodynamics of Mingachevir water reservoir. Бюллетень Оренбургского научногo центра УрО РАН, On-line, 2018, № 4, pp. 1-12.
9. *Yetirmishli G.J., Mammadli T.Y., Rzayev A.G., Muradov R.B., Kazimova S.E., Ismayilova S.S., Kazimov I.E.* Manifestation features of landslide process around the Mingachevir reservoir, Seismoprognois observations in the territory of Azerbaijan, "Nafta-Press", 2018, 15 (№ 1), pp. 3-13.
10. *Yetirmishli G.J., Abdullayeva R.R., Kazimova E.S., Ismayilova S.S.* Strong earthquakes on the territory of Azerbaijan for the period of 2012–2014. Seismoprognois Observations in the Territory of Azerbaijan, 2015, 12(1), pp. 19-26.
11. *Yetirmishli G.J., Kazimova S.E.* Types of tectonic movements of the seismogenic areas of Azerbaijan based on the earthquake focal zones. Geological-geophysical studies of the deep structure of the Caucasus: Geology and Geophysics of Caucasus, Vladikavkaz, 2017, pp. 20-25.
12. *Шихалибеиу Э.Ш.* Некоторые проблемные вопросы геологического строения и тектоники Азербайджана. – Баку: ЭЛМ, 1996, 215 с.

References

1. *Islamova Sh.K., Kazymova S.E., Ismailova S.S.* Seysmotomograficheskie issledovaniya v rayone Mingyachevirskogo vodokhranilishcha. Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN, On-line, 2019, No. 2, s. 1-13.
2. *Islamova Sh.K., Kazimova S.E., Ismailova S.S.* Assessment of geodynamic risk of Mingachevir water reservoir, ANAS Transactions Earth Sciences, "Elm", 2019, No. 2, pp. 61-69.
3. *Telesca L., Kadirov F., Yetirmishli G.J., Safarov R., Babayev G., Islamova Sh.K., Kazimova S.E.* Analysis of the relationship between water level temporal changes and seismicity in the Mingchevir reservoir (Azerbaijan) // Journal of Seismology, 2020.
4. *Pashayev E.P., Hasanov F.H.* "Azdovsuteslayihe" Institutu – 80. – Baki: "Sherq-Qerb", 2013, 200 s.
5. *Khain V.E., Alizade Ak.A.* Geologiya Azerbaydzhana, Tektonika, t. IV, 2005. – Baku: Izd-vo Nafta-Press, s. 214-234.
6. *Yetirmishli G.D., Mammadli T.Ya., Kazymova S.E., Ismailova S.S.* Sovremennaya seysmicheskaya obstanovka Azerbaydzhana. Opasnye prirodnye i tekhnogennye protsessy v gornyx regionakh: modeli, sistemy, tekhnologii, GFI VNTs RAN, 2019, s. 29-36.
7. *Babayev G., Yetirmishli G., Kazimova S., Kadirov F., Telesca L.* Stress field pattern in the North Eastern part of Azerbaijan // Pure and Applied Geophysics, on-line, 2019.
8. *Yetirmishli G.J., Islamova Sh.K., Kazimova S.E., Ismailova S.S.* Seismic geodynamics of Mingachevir water reservoir. Byulleten Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN, On-line, 2018, No. 4, pp. 1-12.
9. *Yetirmishli G.J., Mammadli T.Y., Rzayev A.G., Muradov R.B., Kazimova S.E., Ismayilova S.S., Kazimov I.E.* Manifestation features of landslide process around the Mingachevir reservoir (2014), Seismoprognozis observations in the territory of Azerbaijan, "Nafta-Press", 2018, 15 (No. 1), pp. 3-13.
10. *Yetirmishli G.J., Abdullayeva R.R., Kazimova E.S., Ismayilova S.S.* Strong earthquakes on the territory of Azerbaijan for the period of 2012–2014. Seismoprognozis Observations in the Territory of Azerbaijan, 2015, 12(1), pp. 19-26.
11. *Yetirmishli G.J., Kazimova S.E.* Types of tectonic movements of the seismogenic areas of Azerbaijan based on the earthquake focal zones. Geological-geophysical studies of the deep structure of the Caucasus: Geology and Geophysics of Caucasus, Vladikavkaz, 2017, pp. 20-25.
12. *Shikhalibeyli E.Sh.* Nekotorye problemnye voprosy geologicheskogo stroeniya i tektoniki Azerbaydzhana. – Baku: Elm, 1996, 215 s.

Dərin quyuların qazılması prosesində AYLT dəyişmələrinin nəzərə alınması və qəza riskinin qiymətləndirilməsi

E.Y. Abbasov, y.e.ü.f.d.¹, **Ə.İ. Xuduzadə**, y.e.ü.f.d.², **E.A. Kazımov**, t.e.d.³,

H.Ö. Vəliyev, g.-m.e.d.⁴, **Z.C. Axundov**⁵, **Ş.M. İsmayılov**⁶

¹Geofizika və Geologiya İdarəsi, Mədəngeofizika İstehsalat Bölümü,

²"Azneft" İB,

³"Neftqazəlmətdəqiqatlayihə" İnstitutu,

⁴Bakı Dövlət Universiteti,

⁵Geofizika və Geologiya İdarəsi,

⁶Neft və Qaz İnstitutu

e-mail: elmaddin.y.abbasov@socar.az

Açar sözlər: anomal yüksək lay təzyiqi, dərin qazma, lay təzyiqi, geoloji risklər, texnogen qəza, real vaxt analizi, qazma texnologiyası, risk menecmenti, dərin neft-qaz quyuları.

Dərin neft və qaz quyularının qazılması prosesində geoloji-mühəndis tədqiqatlarının dəqiqliyi, risklərin düzgün qiymətləndirilməsi və istismar təhlükəsizliyinin təmin olunması müasir neft-qaz sənayesi üçün strateji əhəmiyyətə malikdir. Qazma aparılan quyularda anomal yüksək lay təzyiqi (AYLT) göstəricilərinin real vaxt rejimində izlənməsi və interpretasiyası həm texnogen qəzaların qarşısının alınması, həm də qazma prosesinin optimallaşdırılması baxımından öyrənilməsi vacib olan çox aktual problemdir. AYLT parametrləri layların geodinamik və mexaniki xüsusiyyətlərini xarakterizə edən əsas indikatorlardan biri kimi qəbul edilir. AYLT parametrlərinin yanlış qiymətləndirilməsi qazma zamanı gözlənilməyən təzyiq anomaliyalarının yaranmasına, qaz-kütlə çıxışları, quyu divarının çökməsinə və digər riskli mühəndis-geoloji hadisələrə gətirib çıxarır.

Məqalədə AYLT göstəricilərinin dəyişmələrinin analitik təhlili aparılmış, müxtəlif geoloji şəraitlər üçün risk səviyyəsinin modelləşdirilməsi və risk menecmenti yanaşmalarının tətbiqi elmi əsaslarla izah edilmişdir. Qazma prosesində təzyiq anomaliyalarının yaranma mexanizmləri, layların mexaniki dayanıqlığı, effektiv gərginlik nəzəriyyəsi və geoloji mühitin heterogenliyinin AYLT göstəricilərinə təsiri geniş şəkildə elmi təhlil edilmişdir. Bununla yanaşı, müasir geofiziki və geoloji məlumatların inteqrasiyası – o cümlədən MWD/LWD ölçmələri, qazma məhlulunun parametrlərinin analizləri, seysmik sürət modelləri və empirik-korrelyativ üsullar – AYLT-nin operativ təyini üçün etibarlı metodik baza yaradılmışdır.

Aparılan elmi təhlillər göstərir ki, qazma prosesində lay təzyiqinin real vaxt izlənməsi və proqnozlaşdırılması, quyu profilinə uyğun təhlükəsizlik zonasının düzgün müəyyən edilməsi, qazma məhlulunun sıxlığı rejiminin optimallaşdırılması və qazma avadanlığının monitorinq risklərinin minimuma endirilməsi baxımından fundamental əhəmiyyət daşıyır. AYLT göstəricilərinin kompleks şəkildə qiymətləndirilməsi yalnız texniki təhlükəsizliyi təmin etmir, həm də qazma prosesinin iqtisadi səmərəliyini artırır, qeyri-istehsal dayanma müddətinin azaldılmasına imkan yaradır.

Nəticə olaraq, AYLT göstəricilərinin elmi əsaslarla təhlili və müasir geoloji-mühəndis metodlarının inteqrasiyası dərin kəşfiyyat və istismar quyularının qazılmasında təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəldilməsi, qazma prosesinin texnoloji etibarlılığının artırılması və yataqların geodinamik xüsusiyyətlərinin daha dəqiq qiymətləndirilməsi üçün fundamental əhəmiyyət kəsb edir. AYLT-nin düzgün proqnozlaşdırılması, həm təzyiq anomaliyalarının operativ aşkarlanmasına, həm də optimal məhlulun sıxlığı müəyyən edilməsinə şərait yaradaraq quyu-dayanıqlıq problemlərinin qarşısının alınmasını təmin edir. Bununla yanaşı, lay təzyiqinin müasir avadanlıqlar və analitik üsullarla müəyyən edilməsi, əldə olunan məlumatların qazma və istismar proseslərinin idarə olunmasında sistemli şəkildə tətbiqi geoloji risklərinin minimalaşdırılmasına, texnogen qəza ehtimalının azalmasına və istismar göstəricilərinin ümumi səmərəliyinin yüksəldilməsinə imkan verir. Bu metodoloji yanaşma həm də yataqların daha rəşional işlənməsi və mühəndis qərarlarının elmi əsaslı, zəruri elmi-praktiki baza formalaşdırır.

Э.Ю. Аббасов, д.ф.н.з.¹, А.И. Худузаде, д.ф.н.з.², Э.А. Казымов, д.т.н.³, Г.О. Велиев, д.г.-м.н.⁴, З.Дж. Ахундов⁵, Ш.М. Исмаилов⁶

¹Управление геофизики и геологии, Производственное подразделение промысловой геофизики,

²ПО "Азнефть",

³НИПИнефтегаз,

⁴Бакинский государственный университет,

⁵Управление геофизики и геологии,

⁶Институт нефти и газа

Ключевые слова: аномально высокое пластовое давление, глубокое бурение, пластовое давление, геологические риски, техногенная авария, анализ в реальном времени, технологии бурения, управление рисками, глубокие нефтяные и газовые скважины.

При бурении глубоких нефтяных и газовых скважин точность геолого-технических изысканий, правдивая оценка рисков и обеспечение безопасности эксплуатации имеют стратегическое значение для современной нефтегазовой отрасли. Оперативный мониторинг и интерпретация показателей аномально-высоких пластовых давлений (АВПД) в пробуренных скважинах является весьма актуальной проблемой, изучение которой необходимо как с точки зрения предотвращения техногенных аварий, так и для оптимизации процесса бурения. Параметры АВПД считаются одними из основных показателей, характеризующих геодинамические и механические свойства пластов. Некорректная оценка параметров АВПД приводит к возникновению непредвиденных аномалий давления в процессе бурения, выбросам газовой массы, обрушению стенок скважин и другим опасным инженерно-геологическим событиям. В статье представлен аналитический анализ изменений в системах аномально-высокого пластового давления (АВПД), и в определённой степени научно обосновано применение подходов моделирования уровня риска и управления рисками для геологических условий. Подробно научно проанализированы механизмы формирования аномалий электрической энергии в процессе бурения, механическая устойчивость пластов, теория эффективной энергии и влияние геологической среды на неоднородные устройства АВПД. Кроме того, получение современных геофизических и геологических данных – дополнительных измерений MWD/LWD, анализа параметров бурового раствора, моделей сейсмической скорости и эмпирико-корреляционных методов – обеспечивает надёжную методическую основу для оперативного определения АВПД. Научные анализы показывают, что оперативный мониторинг и прогнозирование пластового давления в процессе бурения, правильное определение зоны безопасности по профилю скважины, оптимизация плотностного режима бурового раствора и мониторинг бурового оборудования имеют основополагающее значение с точки зрения минимизации рисков. Комплексная оценка показателей аномально-высокого пластового давления АВПД не только обеспечивает техническую безопасность, но и повышает экономическую эффективность процесса бурения, позволяя сократить непроизводительные простои.

В результате научный анализ показателей аномального пластового давления и внедрение современных методов инженерной геологии имеют принципиальное значение для повышения уровня безопасности бурения глубоких разведочных и эксплуатационных скважин, повышения технологической надёжности процесса бурения и более точной оценки геодинамических свойств месторождений. Корректный прогноз аномального пластового давления обеспечивает предотвращение возникновения осложнений в скважинах, создавая условия как для оперативного обнаружения аномалий давления, так и для определения оптимальной плотности раствора. При этом определение пластового давления современным оборудованием и аналитическими методами, а также систематическое использование полученных данных при управлении процессами бурения и эксплуатации позволяют минимизировать геологические риски, снизить вероятность техногенных аварий и повысить общую эффективность показателей эксплуатации. Данный методический подход также формирует научно обоснованную, необходимую научно-практическую базу для более рациональной разработки месторождений и принятия инженерных решений.

Consideration of anomalous high formation pressure (AHFP) changes and accident risk assessment in the process of drilling deep wells.

E.Y. Abbasov, PhD in Soil Sc.¹, A.I. Khuduzadeh, PhD in Soil Sc.², E.A. Kazimov, Dr. in Tech. Sc.³, H.O. Valiyev, Dr. in Geol.-Min. Sc.⁴, Z.J. Akhundov⁵, Sh.M. Ismayilov⁶

¹Geophysics and Geology Department, Production Division of Industrial Geophysics,

²"Azneft" Production Association,

³Oil-Gaz Scientific Research Project Institute,

⁴Baku State University,

⁵Geophysics and Geology Department,

⁶Oil and Gas Institute

Keywords: anomalous high formation pressure, deep drilling, reservoir pressure, geological risks, man-made accident, real-time analysis, drilling technologies, risk management, deep oil and gas wells.

In the process of drilling deep oil and gas wells, the accuracy of geological and engineering surveys, correct risk assessment and ensuring operational safety are of strategic importance for the modern oil and gas industry. Real-time monitoring and interpretation of Anomalous High Formation Pressure (AHFP) indicators in drilled wells is a very urgent problem that must be studied both in terms of preventing technogenic accidents and optimizing the drilling process. AHFP parameters are considered one of the main indicators characterizing the geodynamic and mechanical properties of the layers. Incorrect assessment of AHFP parameters leads to the occurrence of unexpected pressure anomalies during drilling, gas-mass releases, well wall collapse and other risky engineering and geological events. This article presents an analytical analysis of changes in abnormally high formation pressure (AHFP) systems and, to a certain extent, provides a scientific justification for the application of risk modeling and risk management approaches to geological conditions. The mechanisms of electrical energy anomaly formation during drilling, the mechanical stability of formations, the theory of effective energy, and the influence of the geological environment on heterogeneous AHFP devices are analyzed in detail. Furthermore, the acquisition of modern geophysical and geological data –additional MWD/LWD measurements, analysis of drilling fluid parameters, seismic velocity models, and empirical correlation methods – provides a reliable methodological basis for the rapid determination of AHFP. Scientific analyses show that operational monitoring and forecasting of reservoir pressure during drilling, correct definition of the safety zone along the well profile, optimization of the drilling mud density regime, and monitoring of drilling equipment are fundamental in terms of risk minimization. A comprehensive assessment of abnormally high formation pressure AHFP indicators not only ensures technical safety but also improves the cost-effectiveness of the drilling process, reducing unproductive downtime.

As a result, scientific AHFP indicators and the implementation of modern engineering geology methods are fundamental for improving the safety of drilling deep exploratory and production wells, enhancing the technological reliability of the drilling process, and more accurately assessing the geodynamic properties of deposits. Accurate prediction of anomalous reservoir pressure prevents well complications, creating conditions for both the prompt detection of pressure anomalies and the determination of optimal mud density. Furthermore, determining reservoir pressure using modern equipment and analytical methods, as well as systematically using the obtained data in drilling and production management, helps minimize geological risks, reduce the likelihood of man-made accidents, and improve overall operational performance. This methodological approach also provides a scientifically sound, essential scientific and practical basis for more rational field development and engineering decision-making.

Dərin neft və qaz quyularının qazılması prosesində geoloji-mühəndis risklərin düzgün qiymətləndirilməsi, qəza təhlükəsizliyinin təmin olunması və qəzaya səbəb olan amillərin qarşısının alınması baxımından anomal yüksək lay təzyiqi (AYLT) göstəricilərinin düzgün qiymətləndirilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu baxımdan AYLT-nin dinamik dəyişmələrinin real vaxt rejimində izlənməsi və qazma zamanı texnoloji qərarların qəbulunda nəzərə alınması,

həm iqtisadi xərclərin azaldılmasına, həm də texniki baxımdan səmərəliyin artırılmasına imkan verir.

AYLT dəyişmələri layların mexaniki və geodinamik dəyişmələrini özündə əks etdirən mühüm parametrlərdəndir. Bu göstəricilərin nəzərə alınmaması qazma zamanı stabil olmayan şəraitin yaranmasına, lay təzyiqinin gözlənilməz dəyişməsinə və nəticə etibarilə texnogen qəzaların baş verməsinə səbəb olur. Məqalədə dərin

quyuların qazılması prosesində AYLT parametrlərinin dəyişməsinin analizi aparılmış, bu dəyişmələrin risk menecmenti kontekstində qiymətləndirilməsi təklif olunmuş və real geoloji şərait əsasında tətbiq imkanları araşdırılmışdır. Qazma işləri zamanı əsas parametrlərin optimallaşdırılması və risklərin qabaqlanmasına yönəlmiş tədbirlərin görülməsi müasir elmi tədqiqatlar üçün aktual problem olaraq qalır.

İşin məqsədi. Metodoloji yanaşmanın tədqiqatında məqsəd, dərin neft və qaz quyularının qazılması zamanı AYLT göstəricilərinin dinamik dəyişmələrinin operativ şəkildə izlənməsi, bu dəyişmələrin lay mühəndisliyi baxımından təhlili və geoloji-mühəndis risklərin qabaqlayıcı proqnozlaşdırılması üçün istifadə edilə bilən kompleks metodoloji sistemin işlənilməsi və istehsalatda tətbiqidir.

Cənubi Xəzər çökəkliyinin Azərbaycan sektorunda yerləşən, mürəkkəb geoloji-tektonik quruluşa malik olan Bulla-dəniz yatağında, hazırda da intensiv qazma işləri aparılır (şəkil 1). Yatağın aktiv tektonik zonalarda yerləşməsi, geoloji kəsilişlərinin litoloji və struktur quruluşunda, çoxsaylı lay təzyiqi anomaliyaları və çətin qazılan süxur tipləri var [1, 2]. Belə şəraitdə AYLT göstəricilərinin analizi və tətbiqi, həm elmi cəhətdən maraqlıdır, həm də praktik baxımdan texnogen risklərin qiymətləndirilməsi zəruri hesab olunur [3–6].



Şəkil 1. Bulla-dəniz yatağı timsalında metodik tətbiq imkanları

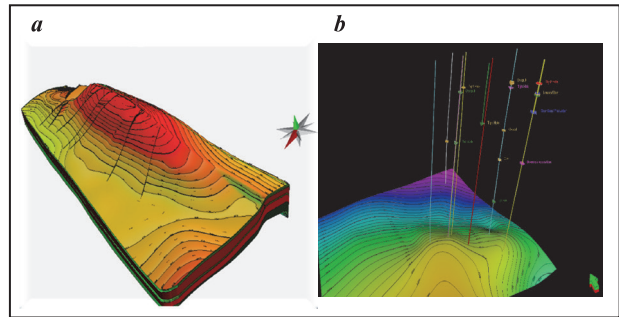
Bulla-dəniz yatağında tədqiqatın metodologiyası multidissiplinar yanaşmanı özündə birləşdirir və aşağıdakı əsas mərhələlər üzrə strukturlaşdırılmışdır:

– AYLT göstəricilərinin identifikasiyası və nəzəri əsaslandırılması;

– geoloji məlumatların toplanması və təhlili;
– real vaxt rejimində monitoring sisteminin modelləşdirilməsi;
– texnogen riskin qiymətləndirmə modellərinin yaradılması.

Bulla-dəniz yatağının timsalında AYLT göstəricilərinin identifikasiyası və nəzəri əsaslandırılması: geoloji və geotekniki tədqiqatlarda layların anizotrop xüsusiyyətlərinin təhlili, müxtəlif istiqamətlərdə fiziki və mexaniki xüsusiyyətlərinin fərqlənməsi geoloji mühitin dəyişkənliyini düzgün qiymətləndirmək və mühəndis qərarlarını əsaslandırmaq baxımından olduqca zəruridir [3, 4, 7, 8].

Bu kontekstdə AYLT göstəricilərinin müəyyən edilməsi və nəzəri əsaslandırılması tədqiqatın əsas məqsədlərindən birini təşkil edir. Bulla neft-qaz yatağı bu baxımdan ideal model sahə kimi seçilmişdir (şəkil 2).



Şəkil 2. Bulla sahəsinin 3D geoloji-struktur (a) və V Horizont səthinin üst hissəsinin modeli (b)

AYLT göstəricilərinin geoloji və geomexaniki əsasları

Tədqiqatın ilk mərhələsində AYLT göstəricilərinin geoloji və geomexaniki təməl prinsipləri araşdırılmışdır. Lay komplekslərinin formalaşması, onlarda süxurların anizotrop strukturu və formalaşma dövrü, müxtəlif istiqamətli tektonik hərəkətlər, çöküntü toplanması mühiti baş verən diagenetik proseslərin təsirində xarakterik dəyişir [9, 10]. Bu səbəbdən layların geomexaniki xüsusiyyətləri (məsələn: elastiklik modulu, keçiriciliyi və məsaməliyi, təzyiq davamlığı və s.) onların anizotrop əlamətlərini müəyyən edən əsas parametrlər kimi araşdırılmışdır [11–13].

Geomexaniki baxımdan anizotropiya süxurların müxtəlif istiqamətlərdə yüklənməyə verdiyi müqavimət reaksiyasının fərqliliyini izah edir. Bu, xüsusilə lay stabilliyinin qiymətləndirilməsi, tektonik çatların əmələ gəlməsi və inkişaf

istiqamətinin proqnozlaşdırılması, eləcə də qazma və hasilat proseslərində risklərin minimuma endirilməsi baxımından həlledici rol oynayır [7, 14–18]. AYLТ göstəricilərinin təhlili zamanı onların bir sıra mühüm geotexniki parametrlərlə qarşılıqlı əlaqəsi müəyyən edilmişdir. Bu göstəricilər aşağıdakı kimi sistemləşdirilmişdir:

– lay təzyiqi (formation pressure). Anizotrop struktura malik süxurlarda lay təzyiqi sahə daxilində qeyri-bərabər paylanır. Bu qazma proseslərində qeyri-stabil zonaların yaranmasına səbəb olur. AYLТ göstəriciləri təzyiqin dəyişkənliyini modelləşdirməyə imkan verir.

– süxur stabilliyi. Layların stabilliyi süxurların mexaniki möhkəmliyi və anizotrop xüsusiyyətləri ilə sıx bağlıdır. AYLТ göstəriciləri stabilliyin qiymətləndirilməsində istifadə edilən əmsallara (məsələn: koheziya, daxili sürtünmə bucağı) təsir edən amillər kimi müəyyən edilir.

– məsaməlilik və keçiricilik. Süxurların məsamə quruluşu və məsamələrin bir-biri ilə əlaqəlilik dərəcəsi onların anomal strukturuna uyğun olaraq dəyişir. AYLТ bu parametrlərin istiqamətə görə dəyişkənliyini nəzərə almağa imkan verir. Bu isə filtrasiya modellərinin dəqiqliyini artırır.

– qırılma sistemləri və akustik anizotropiya. AYLТ göstəriciləri lay daxilində təbii və induksiya edilmiş çatların əsas istiqamətlərini müəyyən etməyə kömək edir. Bu, seysmik dalğaların yayılma xüsusiyyətlərini öyrənməyə və şərh etməyə əsas verir.

Bulla-dəniz yatağı mürəkkəb geoloji quruluşa malik neft-qaz obyektlərindən biridir (bax: şəkil 2). Yataqda aparılmış geoloji və geofiziki tədqiqatlar, həmçinin qazma məlumatları AYLТ göstəricilərinin tətbiqi üçün zəngin empirik baza formalaşdırır. Layların dəyişkən geoloji quruluşu, onlarda fərqli süxur növlərinə (gil, qumdaşı, əhəngdaşı və s.) rast gəlinməsi və tektonik aktivlik AYLТ-nin bu yataqda ətraflı tətbiqinə şərait yaradır [7, 12, 15, 19]. Yataqda aparılan modelləşdirmə əsasında AYLТ göstəricilərinin praktik əhəmiyyəti aşağıdakı istiqamətlər üzrə təsdiqlənmişdir:

– layın stabilliyi və təzyiq paylanması proqnozu;

– qazma zamanı təhlükəli anomal zonaların əvvəlcədən təyin olunması;

– hasilat strategiyasının optimallaşdırılması;

– yeraltı çat sistemlərinin istiqamətləndirilməsi və tədqiq edilməsi.

Geoloji məlumatların toplanması, təhlili

və metodologiyası

Geoloji məlumatlar aşağıdakı əsas mənbələrdən əldə edilmişdir.

– qazmaya dair arxiv məlumatları: dövlət və özəl neft şirkətlərinin arxivlərində saxlanılan litoloji kəsiklər, karotaj diaqramları, nüvə analizləri və digər qazma materialları;

– geofiziki tədqiqat materialları: seysmik kəşfiyyat məlumatları, elektrik və akustik karotaj, şaquli seysmik profilləmə (VSP), nüvə maqnit rezonansı, lay təzyiqi ölçmələri və digər quyu geofiziki tədqiqat nəticələri;

– laboratoriya tədqiqatları: süxur və kern nümunələri üzərində aparılmış petrofiziki və geomexaniki sınaqlar, o cümlədən məsaməlilik, keçiricilik, sıxılma modulu və s. parametrlərinin qiymətləri;

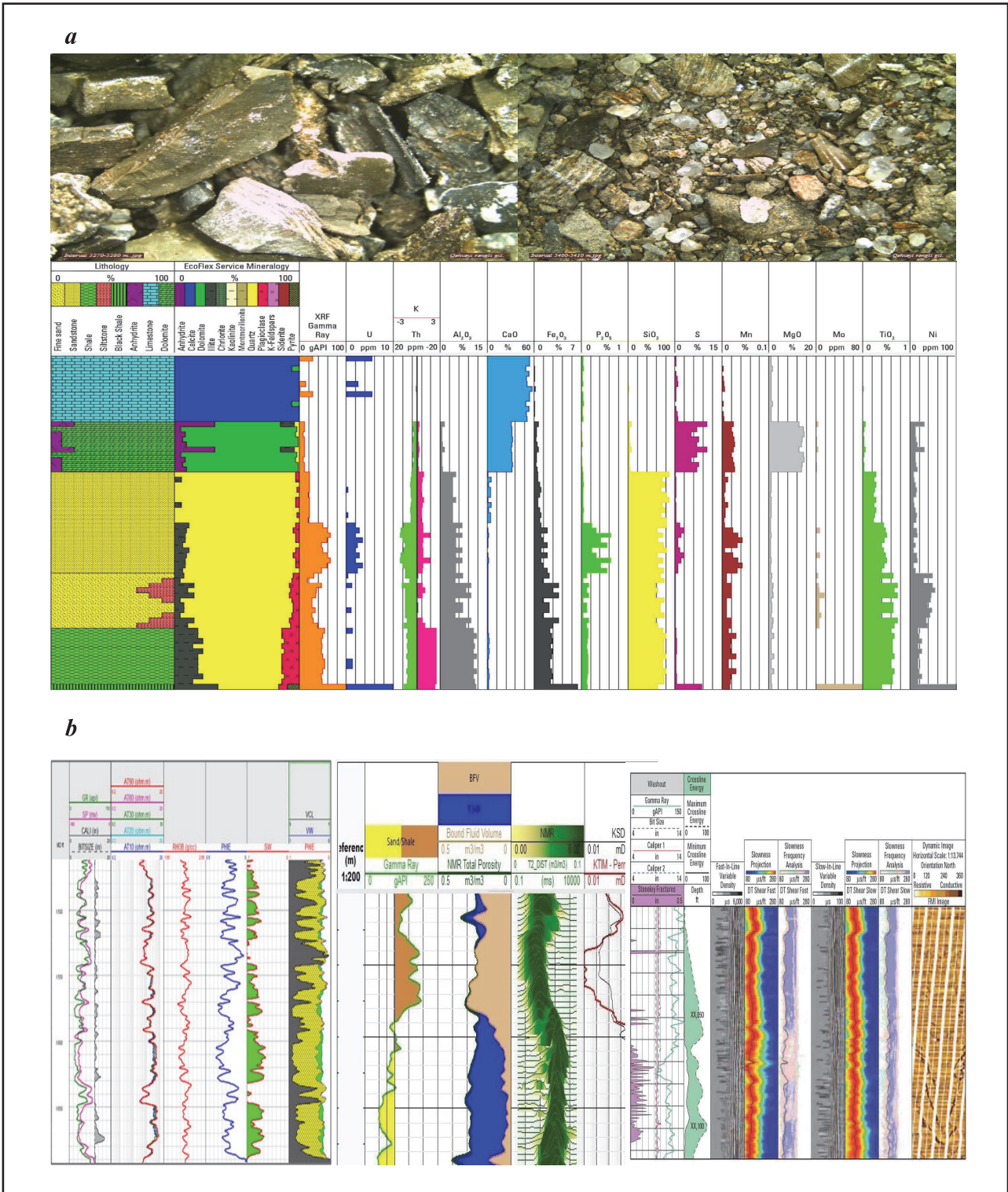
– sahə müşahidələri və topoqrafik materiallar: geoloji xəritələr, çat sistemləri-tektonik qırılmalar, tektonik quruluş elementləri və sahə geoloji müşahidələrinin nəticələri.

Məlumatların toplanması mərhələsində verilənlərin dəqiqliyi və qarşılıqlı uyğunluğu xüsusi metodoloji yanaşma ilə qiymətləndirilmiş, yalnız yüksək dəqiqlik dərəcəsinə malik və əvvəlcədən kalibrlənmiş məlumatlar analitik işlənməyə daxil edilmişdir. Toplanmış məlumatların həm məkan, həm də dərinlik miqyasında müxtəlif neft-qaz obyektlərini əhatə etməsi regional müqayisələrin aparılmasına imkanlar yaratmışdır [3, 8, 11, 20, 21]. Tədqiqat ərazisində quyuların geofiziki məlumatlarının analizi əsasında fərqli zonaların hər biri qiymətləndirilmişdir (şəkil 3).

Qarşılıqlı laylar və litoloji müxtəliflik.

Qarşılıqlı layların – gil, qumdaşı, əhəngdaşı və digər litoloji tərkibli süxurların ardıcıl şəkildə yerləşməsi – layların anizotrop strukturuna birbaşa təsir göstərən mühüm geoloji xüsusiyyətdir. Müxtəlif süxur növlərinin fiziki və mexaniki xüsusiyyətlərin fərqli olması səbəbindən, laylarda istiqamətdən asılı olaraq fərqli əlamətlər müşahidə edilir (şəkil 4). Bu isə qazma, hasilat və təzyiq balansı proseslərində ciddi fərqlərə səbəb olur [1, 13, 22, 23].

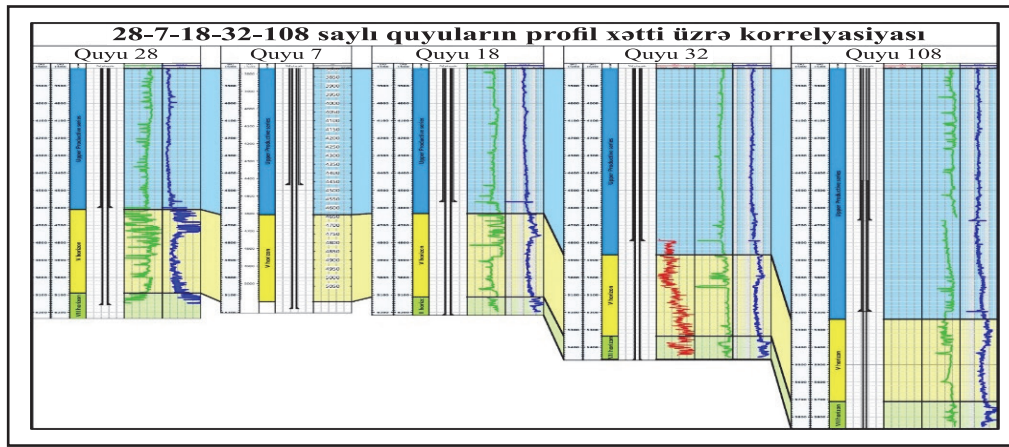
Termobarik şəraitin rolu. Yataqlarda termobarik şərait – yəni süxur qatlarında temperatur və təzyiqin dərinlikdən asılı olaraq dəyişməsi – anizotrop xassələrin formalaşmasına mühüm təsir göstərir. Dərinlik artdıqca süxurda



Şəkil 3. Nümunələrin şlam və laborator fiziki kimyəvi petrofiziki analizi (a) standart karotaj məlumatlarının kompleks geofiziki interpretasiyası (b) nəticəsində litologiyanın, ümumi və effektiv məsaməliyin və sərbəst maye həcmnin müəyyən edilməsi üzrə integrativ yanaşmanın kollektor modelləşdirilməsi və bunların hasilat qiymətləndirilməsində rolu (GR_ARC, APLC, NMR, DT, Sonic Scanner, Seismic velocity modeling, Microseismic modeling və s.)

yaranan mexaniki dəyişmələr, məsamələrin deformasiya olunması və laydaxili gərginliklərin yenidən paylanması baş verir. Bu isə süxurların mexaniki təsirin istiqamətinə bağlı mexaniki cavab reaksiyasını dəyişir və onun əlamətləri AYLТ göstəricilərində əks olunur.

Termobarik şəraitin süxur xassələrinə təsiri məsamə strukturunun dəyişməsi: dərinlik artdıqca hidrostatik və geostatik təzyiqlər artır; bu təzyiqlər süxur məsamələrində kompaktlaşma və deformasiya yaradır; nəticədə məsaməlilik azalır, keçiricilik dəyişir və filtrasiya xüsusiyyətləri zəifləyir.



Şəkil 4. V horizonta görə korrelyasiya sxemi

Laydaxili geodinamik gərginliyin yenidən paylanması: temperatur artımı və qeyri-bərabər mexaniki yüklənmələr qalıq gərginliklərin yaranmasına və yenidən paylanmasına səbəb olur; yaranan gərginliklər süxurda mikroçatların və struktur zəifliklərin istiqamətli şəkildə formalaşmasına gətirib çıxarır.

Anizotropiyanın intensivləşməsi: temperatur və təzyiqin qeyri-bərabər paylanması süxurların izotrop (bərabər) xüsusiyyətlərini pozur; nəticədə süxurların mexaniki xüsusiyyətləri (elastiklik, bərklik və s.) istiqamətə bağlı olur. Bu, anizotrop xassələrin formalaşmasına gətirib çıxarır. Belə anizotrop dəyişmələr, AYLТ kimi göstəricilərə birbaşa təsir edir.

Geomexaniki modelləşməyə təsir: termobarik təsirlər nəzərə alınmadan hazırlanmış geomexaniki modellər real şəraiti əks etdirmir; buna görə də, layların stabilliyini, qum çıxarılması riskini, hidravlik qırılma dizaynını və qazma planlamasını düzgün qiymətləndirmək üçün termobarik dəyişikliklər mütləq şəkildə modellərdə nəzərə alınmalıdır [9, 12, 22, 24–26].

Cədvəl 1-də müxtəlif litoloji tərkibli süxurlar üzrə orta geomexaniki göstəricilər sistemləşdirilmişdir (CXÇ yataqları).

Real vaxt rejimində monitorinq sisteminin modelləşdirilməsi. Müasir neft-qaz hasilatı texnologiyalarında real vaxt rejimində qərar dəstəkləyici sistemlərin tətbiqi təhlükəsizliyin artırılması, texnoloji proseslərin optimallaşdırılması və iqtisadi effektivliyin yüksəldilməsi baxımından strateji əhəmiyyət kəsb edir. Tədqiqatın üçüncü mərhələsində qazma prosesi zamanı real vaxt rejimində AYLТ göstəricilərinin müşahidəsini təmin edən integrasiya olunmuş monitorinq sistemi modelləşdirilmişdir. Hazırlanan sistem AYLТ göstəriciləri ilə texnoloji qazma parametrləri arasında əlaqənin interaktiv və adaptiv şəkildə izlənməsinə əsaslanır.

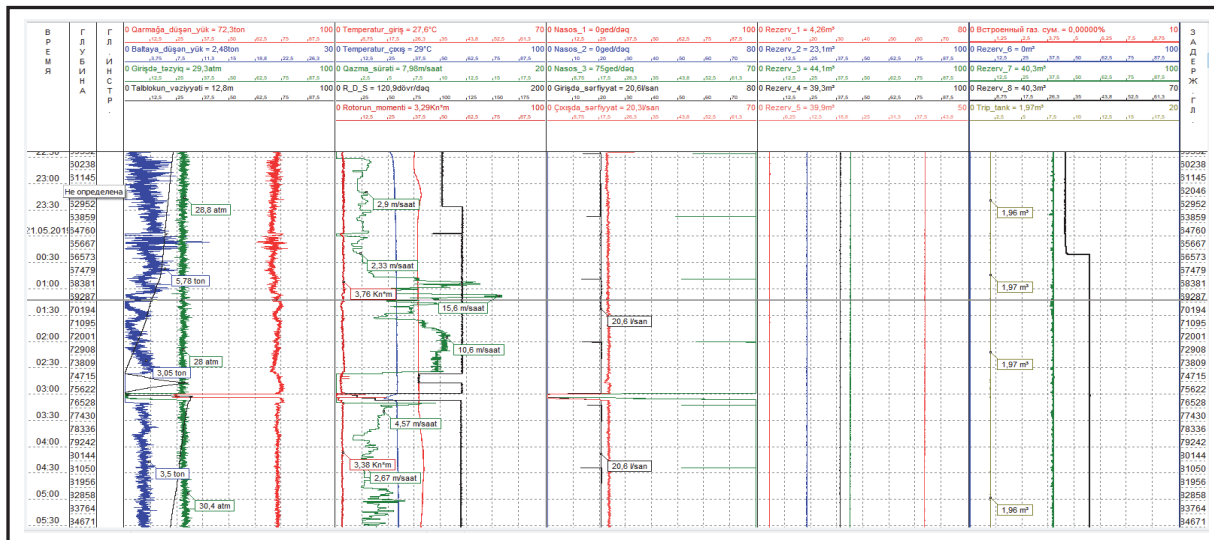
Model əsasən aşağıdakı üç komponentdən ibarətdir:

– məlumat toplanması və integrasiya modulu – qazma zamanı real vaxtda qeydə alınan əsas parametrlərin (qazma sürəti, dövrüyyə təzyiqləri, quyu deviasiyası, qaz sızmaları, nasos parametrləri və s.) toplanması və vahid verilənlər bazasında emal üçün hazırlıq;

– AYLТ göstəriciləri ilə korrelyasiya və təhlil modulu. Geomexaniki və geofiziki göstəricilər əsasında layların anizotrop xüsusiyyətlərinin davranışına dair real zamanlı qiymətləndirmə və bu göstəricilərlə qazma parametrləri arasında funksional əlaqələrin qurulması;

Cədvəl 1

Süxur tipi	Yung modulu (E), GPa	Kəsilmə modulu (G), GPa	Sıxılma modulu (K), GPa	Puasson əmsalı (ν)
Qumdaşı (kvarsitli)	25–38	10–16	20–30	0.18–0.25
Alevrolit	10–20	4–8	12–18	0.25–0.30
Gilli qumdaşı	15–22	6–10	14–22	0.26–0.28
Gil (plastik)	3–10	1–4	5–12	0.30–0.36
Kalsitli süxur	35–55	14–22	35–50	0.20–0.26

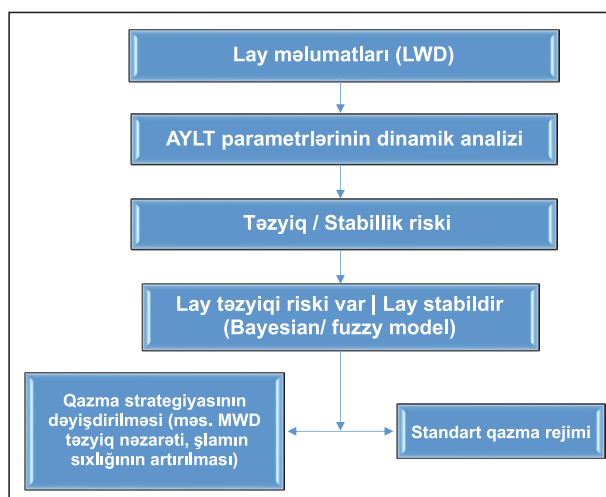


Şəkil 5. Qazma vaxtı parametrlərinə nəzarət

– *Qərar dəstəyi və proqnozlaşdırma modulu.* Süni intellekt (Sİ) və maşın öyrənməsi (MÖ) alqoritmlərinə əsaslanan anomaliya aşkarlama və risk səviyyəsinin proqnozlaşdırılması.

Məlumatların korrelyasiyası və model quruluşu. Monitoring sistemi vasitəsilə toplanan qazma əməliyyat parametrləri ilə AYLТ göstəriciləri arasında statistik və funksional korrelyasiya aparılmışdır. Bu məqsədlə əvvəlcədən təyin olunmuş məlumatlar və real sahə müşahidələri əsasında regressiya modelləri, təkrarlanan neyron şəbəkələri (RNN) və Gradient Boosting kimi MÖ alqoritmləri tətbiq edilmişdir. Əsas tapıntılar aşağıdakı şəkildə ümumiləşdirilə bilər:

- qazma sürətindəki qeyri-linearlıq, layın məsaməliyi və mexaniki anizotropluğu ilə əlaqələndirilə bilər;
- dövriyyə təzyiqindəki ani dəyişikliklər, çatlama sistemləri və keçiriciliyin istiqamətlə bağlı dəyişməsinə səbəb ola bilər;



Sxematik model

– geri qayidan maye tərkibindəki fərqlər (məsələn, qaz göstəriciləri) AYLТ strukturunun pozulması və riskli zonalara daxilolma ehtimalını artırır (cədvəl 2).

Cədvəl 2

Parametr	Təsviri	AYLT göstəricisi ilə əlaqəsi	Korrelyasiya tipi
Qazma sürəti (ROP)	1 m/s-də qazılan məsafə	Süxur anizotropiyası, məsaməlilik	Orta – Yüksək
Dövriyyə təzyiqi	Qazma məhlulu nasoslandığı təzyiq	Lay keçiriciliyi, çatlanma sıxlığı	Yüksək
Qaz konsentrasiyası	Qazma məhlulu aşkarlanan qaz həcmi	Layın stabilliyi, təzyiq zonaları	Yüksək
Quyu deviasiyası	Quyunun şaquli oxdan yayınma bucağı	Layın mexaniki anizotropiyası	Orta
Geri axın həcmi	Qayıdan məhlulun miqdarı	Lay məsaməliliyi və süzülmə əmsalı	Orta
Qırılma siqnalları (akustik)	Akustik sensorlar ilə qeyd alınan impuls	Laydaxili gərginlik və struktur deformasiyaları	Yüksək

Qazma sürəti ilə lay məsaməliyi arasındakı əlaqə. Qazma zamanı nüfuz etmə sürətinin (ROP) dəyişməsi süxurun fiziki-geoloji xüsusiyyətlərindən, əsasən də lay məsaməliyindən birbaşa asılıdır. Məsaməlik artdıqca süxurun mexaniki möhkəmliyi zəifləyir, effektiv gərginlik azalır və qazma baltası dişləri süxuru daha asan qırır. Buna görə yüksək porozlu laylarda eyni WOB və RPM şərtlərində qazma sürəti adətən artır. Qazma palçıqı filtratının məsamələrə sorulması da süxurun əlavə zəifləməsinə səbəb olaraq ROP-u yüksəldə bilər. Bununla belə, yüksək porozlu, lakin güclü sementləşmiş qumdaşılarında və ya çox zəif süxurların çökmə zonasına düşməsi hallarında qazma sürəti gözləniləndi kimi artmaya bilər. Praktiki və nəzəri modellər, o cümlədən Bourgoyne–Young yanaşması, məsaməliyin ROP üçün əsas litoloji göstəricilərdən biri olduğunu təsdiqləyir. Beləliklə, ROP-un operativ təhlili layın məsaməlik səviyyəsi haqqında qiymətli informasiya verir. Bu əlaqənin ümumi təsviri şəkil 5-də və sxematik modeldə nümunə olaraq göstərilir.

Risk qiymətləndirmə modeli. Risk xəritəsi, quyunun şaquli kəsiyində anomal bölgələrin vizuallaşdırılması.

AYLT fərqinin təhlili əsasında risk sinifləri. Qazma mühəndisliyi və lay geofizikası sahə-

sində quyu təhlükəsizliyinin təmin edilməsində təzyiq balansı həlledici rol oynayır. Xüsusilə dərin quyuların qazılması zamanı, layda olan hidrodinamik təzyiqlərlə (Formation Pressure) süni şəkildə quyuya vurulan qazma məhlulu təzyiqi (Mud Pressure) arasında yaranan fərq, Aşağı Yatan lay təzyiqi fərqi (AYLT fərqi) kimi tanınır. Bu göstərici, qazma prosesində qəza risklərinin erkən aşkarlanması və qabaqlanması üçün fundamental parametrlərdən biri sayılır.

Sxematik model

AYLT fərqi aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:

$$AYLT_{f\acute{e}rqi} = p_{lay} - p_{qm} \quad (1)$$

burada p_{lay} – lay təzyiqi, (MPa); p_{qm} – qazma mayesi təzyiqidir, MPa.

Əgər bu fərq müsbət olarsa (yəni lay təzyiqi, qazma mayesi təzyiqindən yüksəkdirsə), bu halda quyudan lay axını baş verə bilər (kick). Əgər bu axın vaxtında idarə olunmazsa, o zaman nəzarətsiz axın – blowout hadisəsi baş verə bilər ki, bu da həm texniki, həm də ekoloji cəhətdən ciddi təhlükə riski doğurur. Bu baxımdan, AYLT fərqi

sinifləndirilməsi aşağıdakı kimi təklif olunur (cədvəl 3).

Cədvəl 3

AYLT fərqi (MPa)	Risk səviyyəsi	Təhlükəsizlik tövsiyəsi
≤ 0.5	Aşağı risk	Təzyiq balansı sabitdir, lay axını ehtimalı minimaldır. Rutin qazma rejimi saxlanıla bilər.
0.5–1.5	Orta risk	Təzyiq fərqi artmağa başlayır. Lay axını riski mövcuddur. Monitoring intensivləşdirilməlidir.
> 1.5	Yüksək risk	Qeyri-stabil təzyiq şəraiti. Blowout ehtimalı yüksəkdir. Qazma dayandırılmalı və ya təzyiq idarəsi dərhal dəyişdirilə bilər.

Cədvəl 4

Dərinlik (m)	Təzyiq (MPa)	Temperatur (°C)	AYLT fərqi (°C)	Risk səviyyəsi
1 000	23.5	45	30	Temperatur sabit, termal gərginlik minimal
2 000	47.1	75	60	Qismən dəyişkən temperatur, lokal istilik fərqləri
3 000	70.6	105	90	Temperatur fərqləri artan, çat sistemlərində aktivlik mümkündür
4 000	94.1	135	120	Lay daxilində termal gərginlik yüksək, sabillik azalır
5 000	117.6	165	150	Potensial deformasiyalar və mikroçatların yaranma ehtimalı yüksəkdir
5 868	137.8	191	176	Kritik səviyyə (maksimum risk)

strateji xəritələndirilməsi üçün baza rolunu oynayır. AYLТ-nin yüksək olduğu sahələrdə qazma məhlulu sıxlığı təcili dəyişdirilməli, Blowout Preventer (BOP) sistemləri aktiv rejimə keçirilməli və real vaxt təzyiqli monitorinqi həyata keçirilməlidir.

AYLT fərqlinin təhlili əsasında risk sinifləri

Quyu qazıntısı zamanı lay təzyiqli (Formation Pressure) və qazma mayesi təzyiqli (Mud Pressure) arasındakı fərq – AYLТ fərqi – quyu təhlükəsizliyi üçün əsas göstəricilərdən biridir. AYLТ fərqlinin yüksək olması quyuda kiçik (lay axını) və blowout (nəzarətsiz axın) riskini artırır. Bu fərqlin təhlili əsasında dərinlik üzrə risk zonaları aşağıdakı kimi sinifləndirilə bilər (cədvəl 4).

AYLT fərqlinə görə təzyiqlin təhlili

Təzyiqlin dərinliklə dəyişməsi geoloji mühtin əsas göstəricilərindən biridir və həm süxurların mexaniki sabitliyinə, həm də layların termal rejiminə birbaşa təsir göstərir. Dərinlik artdıqca, üzərindəki süxurların çəkisi və sıxlığı ilə əlaqədar olaraq hidrostatik təzyiqli artır. Bu proses eyni zamanda AYLТ fərqlinin böyüməsinə, yəni aşağı və yuxarı laylar arasındakı temperatur fərqlinin artmasına səbəb olur. AYLТ fərqlinə görə təzyiqlin təhlili, hesablanmış göstəricilər cədvəl 5-də verilmişdir.

Analitik nəticə

Cədvəldə göstərilədiyi kimi, dərinlik artdıqca təzyiqli mütənasib şəkildə yüksəlir. Məsələn,

1000 m dərinlikdə təzyiqli 23.5 MPa olduğu halda, 5868 m səviyyəsində bu göstərici 137.8 MPa-ya çatır. Təzyiqldəki bu artım AYLТ fərqlinin yüksəlməsi ilə paralel şəkildə baş verir və süxurlar daxilində termal və mexaniki gərginliklərin çoxalmasına səbəb olur. Təzyiqlin 100 MPa-dan yüksək olduğu dərinliklərdə (təxminən 4000 m-dən aşağı) sabitlik pozulmaları, mikrosınıqların yaranması və deformasiyalar üzrə ehtimal əhəmiyyətli dərəcədə artır. Bu səbəbdən həmin sahələr “Yüksək risk” zonası kimi təsnif edilir. Beləliklə, AYLТ göstəricisi ilə təzyiqli arasındakı qarşılıqlı əlaqə dərinlik üzrə risk siniflərinin müəyyənləşdirilməsində etibarlı meyar hesab oluna bilər. Bu cür analiz həm geotermal modellərin dəqiqləşdirilməsi, həm də layların təhlükəsiz işlənməsi baxımından mühüm praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Risk zonalarının təsnifatı-ümumiləşdirilməsi:

- aşağı və orta risk zonaları (0–2000 m): təzyiqli və temperatur fərqləri nisbətən sabitdir. Bu intervalda süxurların sabitliyi yüksək olduğundan texnogen fəaliyyət təhlükəsiz sayılır;
- orta-yüksək və yüksək risk zonaları (2000–4000 m): lay gərginliyi və termal sabitlik dəyişkəndir. Bu dərinliklərdə qazma və hasilat proseslərində təzyiqlə nəzarət xüsusi əhəmiyyət daşıyır;
- kritik risk zonası (4000 m-dən dərin): təzyiqli və AYLТ fərqləri maksimum səviyyəyə çatır. Bu zonalarda struktur deformasiyaları, mikroçatlar və intensiv geotermal axınlar müşahidə edilir.

Cədvəl 5

Dərinlik (m)	Təzyiqli (MPa)	AYLT fərqi (°C)	Risk səviyyəsi
1 000	23.5	30	Aşağı risk
2 000	47.1	60	Orta risk
3 000	70.6	90	Orta-yüksək risk
4 000	94.1	120	Yüksək risk
5 000	117.6	150	Çox yüksək risk
5 868	137.8	176	Kritik səviyyə

Cədvəl 6

Vizual material	Təsvir
AYLT indeksi üzrə dəyişmə qrafiki	Dərinlik boyunca AYLТ dəyişməsi (lay sabitliyi üçün)
Qazma parametrləri ilə AYLТ arasındakı korrelyasiya qrafikləri	Qazma sürəti, deviasiya, təzyiqli və s. ilə əlaqə
Risk səviyyəsi istilik xəritəsi (Heatmap)	Fuzzy risk analizinə əsaslanan dərinlik-interval vizuallaşdırması
Bayesian ehtimallı qəza riski zonaları	Hər lay üçün ehtimal əsaslı risk proqnozları
Lay sabitliyi və risk zonalarının 3D təxmini modeli	Təbəqələnmiş strukturda sabitlik və risk təbəqələri

Təqdim edilən vizual materiallar (nümunəvi məlumat əsasında) cədvəl 6-da verilmişdir.

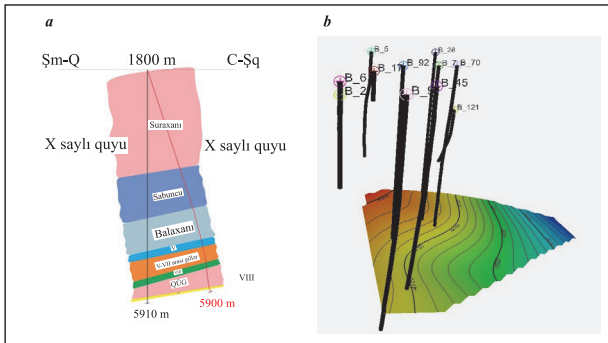
Risk xəritəsinin praktik tətbiqi. SOCAR və digər operatorlar bu cür təzyiq təbəqələşdirmə və xəritələmə metodikasından istifadə etməklə qazma planlarını AYLТ zonalarına uyğun tənzimləyər, BOP və real-time monitoring sistemlərini yüksək risk zonalarında daha tez hazırlıqla quraşdırar və qazma heyətinə qabaqcadan kritik zonalar üzrə xəbərdarlıq və təlimatlar verə bilər.

Qazma vaxtında: qazma operatorları real vaxt rejimində risk xəritəsinə baxaraq təzyiq davamlı zonalarından keçərkən qazma rejimini dəyişə bilər.

– *Lay modelləşdirilməsində:* geoloq və mühəndislər bu xəritələrdən istifadə edərək süxur zonalarının geomexaniki vəziyyətini təyin edər və stabil zona/zonaları seçə bilər.

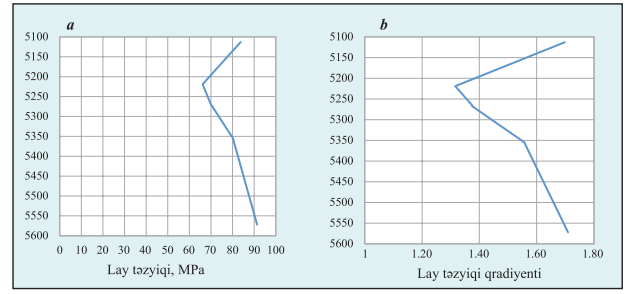
– *Proqnoz və xəbərdarlıq:* anomal göstəricilərin avtomatik identifikasiyası üçün MÖ modelləri ilə birlikdə istilik xəritələrindən istifadə olunur.

Tətbiq imkanlarının və nəticələrin sınaqdan keçirilməsi şəkil 6-da əks olunmuşdur.



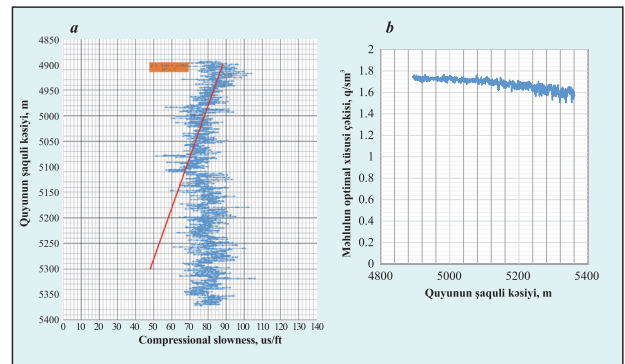
Şəkil 6. Quyu profili geoloji kəsiliş (a) və V horizontun tavanına görə qurulmuş struktur xəritə (b)

Bulla yatağında X №-li quyudan lay təzyiqi qiymətləri 6 nöqtədən götürülmüş və təhlil edilmişdir (cədvəl 7, şəkil 7).



Şəkil 7. X – quyudan götürülmüş V horizontu lay təzyiqi məlumatlarının müxtəlif təzyiq (a) və qradiyent intervalları (b) üzrə sistemli analizi və nəticələrin qrafikləri

Açıq lülədə ölçülmüş akustik karotaj işlərinin və V təzyiq qradiyenti zonasının analizi (Sonic Scanner) interpretasiyası şəkil 8-də verilmişdir.



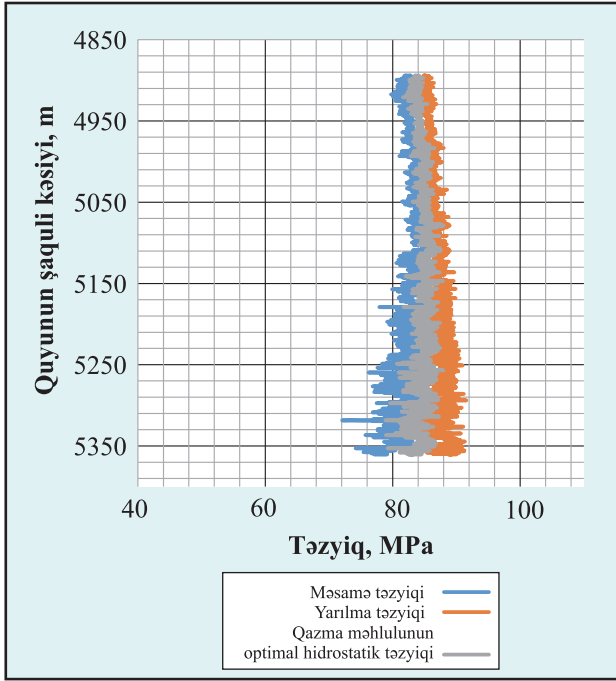
Şəkil 8. Açıq lülədə ölçülmüş akustik karotaj işlərinin (Sonic Scanner) interpretasiyası təzyiq qradiyenti zonasının analizi (a) və V təzyiq qradiyenti zonasının analizi (Sonic Scanner) interpretasiyası məhlul üçün optimal xüsusi çəki qrafiki (b)

V təzyiq qradiyenti zonasının analizi açıq lülədə ölçülmüş akustik karotaj işlərinin interpretasiyası şəkil 9-da, quyu lüləsi boyunca təzyiq ayrıləri isə şəkil 10-da verilmişdir.

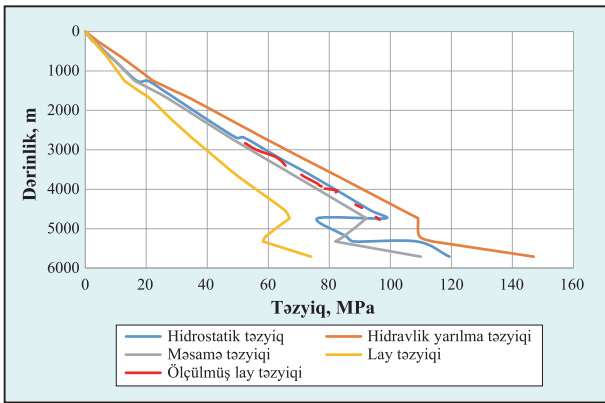
Qazma zamanı lay stabilliyi və potensial risk layların üçölçülü (3D) modelinin tərtibi mürəkkəb geoloji və mühəndislik analizlərini tələb edən çoxşaxəli prosedir. Bu model əsasən

Cədvəl 7

TVD	MD	Lay təzyiqi, MPa	Lay təzyiqi, psi	Lay təzyiqi qradiyenti	Ölçünün keyfiyyəti
4931.24	5112.96	837.5	12308.65	1.698465201	Orta
5026.83	5218.99	661.5	9721.99	1.316022584	Yüksək
5068.71	5265.49	696.8	10241.6	1.374905141	Yüksək
5070.13	5267.08	697.0	10243.42	1.374764331	Yüksək
5149.04	5354.50	801.4	11777.47	1.556424690	Yüksək
5344.76	5571.99	913.8	13430.03	1.709822960	Orta



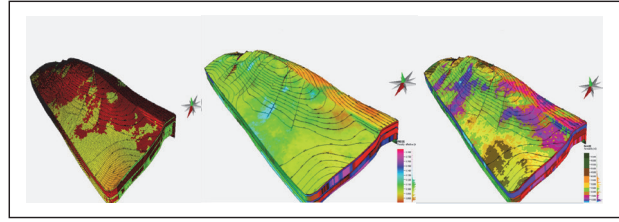
Şəkil 9. V təzyiqlik qradienti zonasının analizi açıq lülədə ölçülmüş akustik karotaj işlərinin (Sonic Scanner) interpretasiyası



Şəkil 10. Quyu lüləsi boyunca təzyiqlik əyriləri (aparılmış ölçülər və layihə qiymətləri əsasında)

müxtəlif dərinliklərdə aparılmış geotexniki tədqiqatların nəticələrinə, xüsusilə AYLТ göstəricilərinə əsaslanır. AYLТ-nin dərinlik üzrə dəyişməsi geoloji mühitin mexaniki xüsusiyyətlərini və stabillik potensialını əks etdirir, bu da risk zonalarının lokalizasiyası baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Ənənəvi yanaşmalarda bu tip modellər kompleks hesablamalar və ixtisaslaşmış proqram təminatları vasitəsilə həyata keçirilir. İlkin mərhələdə geoloji strukturların və stabillik parametrlərinin vizual analizi üçün Python proqramlaşdırma dili və onun matplotlib kitabxanası kimi açıq mənbəli alətlərdən istifadə etmək mümkündür. Bu üsul vasitəsilə hazır-

lanan 3D qrafik modellər geoloji layların, stabillik dəyişkənliyinin və potensial risk sahələrinin ümumi mənzərəsini təqdim edir və layihələndirmə prosesində ilkin qərarların qəbuluna elmi əsas verir (şəkil 11).



Şəkil 11. Bulla sahəsi üzrə hazırlanmış 3D geoloji-struktur rekonstruksiyası modelləri

Nəticə

1. Aparılmış tədqiqatlar AYLТ göstəricilərinin düzgün identifikasiyası və nəzəri əsaslandırılmasının neft-qaz sahələrində geoloji risklərin azaldılması, hasilatın səmərəliliyinin artırılması və texnoloji proseslərin təhlükəsizliyinin təmin olunması üçün zəruri elmi baza yaratdığını təsdiqləyir. Bulla dəniz yatağı timsalında aparılmış analizlər bu yanaşmanın praktiki əhəmiyyətini və gələcək tədqiqatlar üçün böyük potensiala malik olduğunu bir daha təsdiqləyir.

2. Termobarik şərait laylardakı süxur komplekslərində həm mikro, həm də makro miqyaslarda dəyişikliklər yaradaraq, istiqamətə bağlı geofiziki sahə göstəricilərinin və geomexaniki xüsusiyyətlərin (anizotropiyanın) formalaşmasına səbəb olur. Bu dəyişikliklər AYLТ göstəricilərinə təsir etməklə yanaşı, qazma mühəndisliyi, hasilat prosesləri və lay idarəetmə qərarlarının optimallaşdırılmasında mühüm rol oynayır.

Bu çərçivədə aşağıdakı məsələlərin dəqiqləşdirilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir:

- lay təzyiqlik qradientləri və onlara uyğun qazma məhlulunun xüsusi çəkisi;
- kəsilişdə rast gəlinəcək layların qalınlığı, keçiriciliyi və litologiyası, həmçinin açılacaq layların yatım dərinlikləri;
- endiriləcək kəmərlərin uzunluğu və endirilmə dərinliyinin düzgün seçilməsi;
- qazma prosesində yarana biləcək mürəkkəbləşmələrin əvvəlcədən müəyyənəndirilməsi və qarşısının alınması üçün tələb olunan tədbirlər;
- qazılacaq seksiyalar üzrə qazma məhlulu parametrlərinin optimallaşdırılması və əməli-

yat xərclərinin minimuma endirilməsi.

Tədqiqat nəticələri qazma proseslərində lay modellərinin daha dəqiq qurulmasına, hasilatın optimallaşdırılmasına və istehsalat mərhələlərinin etibarlı məlumat bazası ilə dəstəklənməsinə imkan yaradan metodoloji əsas formalaşdırır. Eyni zamanda, 3D geoloji-struktur modelləşdirmənin tətbiqi yer qabığının mürəkkəb quruluşunun yüksək dəqiqliklə vizuallaşdırılmasını təmin etməklə, müxtəlif geofiziki və kəşfiyyat

məlumatlarının inteqrasiyasını mümkün edir. Bu texnologiya neft-qaz sahəsində proqnozlaşdırma, planlaşdırma və risklərin qiymətləndirilməsi kimi mühüm istiqamətlərdə qərarvermə keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Beləliklə, əldə edilmiş elmi nəticələr müasir geoloji tədqiqatların effektivliyinin yüksəldilməsinə, sənaye proseslərinin rəqəmsal transformasiyasına və qazma prosesində risklərin idarə olunmasına imkan verir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Керимов В.Ю. Геология и нефтегазоносность Каспийской впадины: монография. – М.: ИНФРА-М, 2015, 486 с.
2. Əliyev R.Q., Məmmədov A.S., Qasımov E.M. Dərin qazma texnologiyası və quyuların konstruksiyası. – Bakı: Naf-ta-Press, 2015, 248 s.
3. Həsənov Ə.B., Abbasov E.Y., Qarayeva T.C., Məmmədova D.N. Cənubi Xəzər çökəkliyinin Məhsuldar Qatın kəşfişi üzrə geoloji və geofiziki biliklərin araşdırılması (çöküntü kompleksi daxilində proqnozlaşdırmanın bəzi məsələləri). Monoqrafiya. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Neft və Qaz İnstitutu, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Univer-sitetinin mətbəəsi. Bakı, 2022, 159 s.
4. Guliev I.S., Kerimov V.Yu., Etirmishli G.D., Yusubov N.P., Mustaev R.N., Guseinova A.B. “Modern geodynamic processes and their impact on replenishment of hydrocarbon resources in the Black Sea–Caspian Region,” Geotectonics, 2021, vol. 55 (3), pp. 393-407.
5. Xuduzadə Ə.İ., Hüseynov A.İ., Cəbizadə N.İ. Şimali Abşeron qalxımlar zonasının qərb istiqamətində çöküntütoplanma şəraitinin təhlili (qala körfəzi timsalında) // Azərbaycan geoloqu, 2022, № 25, s. 26-34.
6. Bağırov E.B. Geoloji risklərin qiymətləndirilməsinin nəzəri əsasları və metodologiyası: yer elmləri üzrə elmlər dok. ... dis. Avtoreferatı. AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutu, 2021, 58 s.
7. Vəliyev H.Ö., Qasıмова S.A., Mirmehdiyeva E.T., Abbasov E.Y., Kazımova S.E. Qərbi Abşeron strukturunun geodinamik-gərginlik şəraiti və neft-qazlılığının müasir modellər əsasında şərhli // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2021, № 11, s. 4-10.
8. Юсубов Н.П., Шухмамедова Т.Н. О некоторых петрофизических особенностях нижнего разреза продуктивной толщи в зоне поднятий Санагчал-дениз – Булла-дениз // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2016, № 3, с. 12-17.
9. Юсубов Н.П., Гулиев И.С. Литолого-фациальные модели месторождений Гарадаг, 8-Марта, Сангачалы-дениз, Дуванный-дениз, Булла-адасы и Булла-дениз, приуроченные к “свите перерыва” по данным ГИС // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2015, № 5, с. 3-8.
10. Велиев Г.О. Роль геодинамического напряжения в формировании нефтегазовых структур в Каспийском море (на примере месторождений Шахдениз, Умид, Бабек, Булла-дениз). Геотектоника и геодинамика. Геология и геофизика Юга России, 2021, № 11 (2), с. 36-50.
11. Valiyev G.O. Geodynamic model, seismic activity of the south Caspian basin and perspective direction of oil and gas fields exploration. Seismoprognoz, Observ. Territ. Azerb. 2016, v. 13, № 1, pp. 32-37.
12. Niyazov T.X., Şəkərov H.İ., Süleymanova R.N., Həsənova N.Ə. Seysmik və quyu məlumatları əsasında Bulla-dəniz sahəsinin Qırməkiəli lay dəstəsinin səthi üzrə struktur quruluşunun tədqiqi // Azərbaycanda Geofizika Yenilikləri, 2023, № 3, s. 4-10.
13. Bourgoyne A.T., Millheim K.K., Chenevert M.E., Young Jr., F.S. Applied Drilling Engineering. SPE Textbook Series. Covers pressure variations during drilling, cuttings transport, and well control, 1986 p. 502.
14. Guliyev I.S., Yusubov N.P., Huseynova Sh.M. On the formation mechanism of mud volcanoes in the South Caspian Basin according to 2D and 3D seismic data, Izv., Phys. Solid Earth, 2020, vol. 56 (5), pp. 721-727.
15. Xuduzadə Ə.İ. Abşeron arxipelaqının şimal-qərb hissəsində üstəgəlmə xarakterli strukturların formalaşması // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2016, № 4, s. 13-18.
16. Həsənov A.B., Abbasov E.Y., Məmmədova D.N., Kaşif Navab. Neft-qazlı Bulla-dəniz strukturunda geotermal ehtiyatların ədədi modelləşdirilməsi // Azərbaycanda Geofizika Xəbərləri, 2020, № 3-4, s. 28-33.
17. Abbasov E.Y., Qasıмова S.A. Neft-qaz quyularında aparılmış geofiziki ölçü işləri əsasında məsaməlik və yüksək təzyiğin qiymətləndirilməsi. Konfrans Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “HEYDƏR ƏLİYEV VƏ AZƏRBAYCAN NEFT STRATEGİYASI: Neft-qaz geologiyası

və geotexnologiyalarında irəliləyişlər” Beynəlxalq elmi-praktiki konfransın proqramı, 2023, 23-26 May, s. 535-539.18.

18. Шакаров Х.Т., Велиев Г.О., Аббасов Э.Ю. Некоторые результаты переинтерпретации материалов геофизических исследований скважин с учетом сейсмогеодинамических изменений тезис EAGE, ASPG, EAGE, международная конференция “Нефтяная геология и углеводородный потенциал Каспийского и Черного морей”, 2005, 17-19 октября, Баку, с. 276-278.

19. Mitchell R.F. Advanced Well Control. SPE. Covers accident risks, pressure control, and kick-lost-circulation events, 2020, p. 396.

20. Wellmann Florian., Guillaume Caumon. 3D Structural geological models: Concepts, methods, and uncertainties. Cedric Schmelzbach. Advances in Geophysics, vol. 59, 2018, pp. 1-121.

21. Bacon M., Simm R., Redshaw T. 3D seismic data visualisation. In: 3D Seismic Interpretation // Cambridge University Press, 2003, pp. 172-179.

22. Гасанов А.Б., Аббасов Э.Я., Мамедова Д.Н., Муталлимова О.М. Оценка глубинного уплотнения порового пространства продуктивных коллекторов. Наука и практика в решении стратегических и тактических задач устойчивого развития России., Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: Изд. “КультИнформПресс”, 2019, 30-31 января, с. 51-55.

23. Vladislav B. Zaalishvili, Adalat B. Hasanov, Elmeddin Y. Abbasov. Detailing the pore structure of productive intervals of oil wells using the color 3D // Imaging Energies, 2023, № 16(1), p. 217.

24. Əbilhəsənova L.C., Məmmədova S.R., Allahverdiyev E.Q. Bakı arxipelaqı ANQR-in Bulla-dəniz sahəsində 2016-cı ildə aparılmış ikiözlü (2D) seysmik kəşfiyyat işlərinin hesabatı. – Bakı, 2017, s. 153.

25. Eppelbaum L., Katz Y., Kadirov F., Guliyev I., Ben-Avraham Z. Geodynamic, Tectonophysical, and Structural Comparison of the South Caspian and Levant Basins: A Review Prentice Hall, Geosciences 2025, 15(8), pp. 45-78.

26. Zengkai Liu a, Qiang Ma a, Baoping Cai a, Yonghong Liu a, Chao Zheng b. Process process safety and environmental protection. Risk assessment on deepwater drilling well control based on dynamic bayesian network. Author links open overlay panel safety and environmental protection, vol. 149, 2021, № 5, pp. 643-654.

References

1. Kerimov V.Yu. Geologiya i neft-qazonosnost Kaspiyskoy vpadiny: monografiya. – M.: INFRA-M, 2015, 486 s.

2. Aliyev R.Q., Mammadov A.S., Gasimov E.M. Derin qazma texnologiyasi ve quyularin konstruksiyasi. – Baki: Nafta-Press, 2015, 248 s.

3. Hasanov A.B., Abbasov E.Y., Qarayeva T.C., Mammadova D.N. Cenubi Xezer chokekliyinin Mehşuldar Qatin keslişhi uzre geoloji ve geofiziki biliklerin arashdirilmesi (chokuntu kompleksi daxilinde proqnozlashdirmanin bezi meseleleri). Monografiya. Azərbaycan Milli Elmler Akademiyasi, Neft ve Gaz Institutu, Azərbaycan Devlet Neft ve Senaye Universitetinin metbeesi, Baki, 2022, 159 s.

4. Guliev I.S., Kerimov V.Yu., Etirmishli G.D., Yusubov N.P., Mustaev R.N., Guseinova A.B. Modern geodynamic processes and their impact on replenishment of hydrocarbon resources in the Black Sea–Caspian Region. Geotectonics, 2021, vol. 55(3), pp. 393-407.

5. Khuduzade A.I., Huseynov A.I., Jabizade N.I. Shimali Absheron qalximlar zonasinin qerb istiqametinde chokuntu-toplanma sheraitinin tehlili (Gala korfezi timsalinda). Azerbaijan Geologist, 2022, No. 25, s. 26-34.

6. Bagirov E.B. Geologi risklerin qiymetlendirilmesinin nezeri esaslari ve metodologiyasi: yer elmleri uzre elmler dok. ... dis. avtoferati AMEA Geologiya ve Geofizika Institutu, 2021, 58 p.

7. Valiyev H.O., Gasimova S.A., Mirmehdiyeva E.T., Abbasov E.Y., Kazimova S.E. Qerbi Absheron strukturunun geodinamik-gerginlik sheraiti ve neft-qazliyinin modern modeller esasinda sherhi // Azərbaycan neft tesaruffati, 2021, № 11, s. 4-10.

8. Yusubov N.P., Shixmamedova T.N. O nekotorykh petrofizicheskikh osobennostyakh nizhnego razreza produktivnoy tolshi v zone podnyatiy Sanagchal-deniz – Bulla-deniz // Azerbaydzanskoye neftyanoye khozaystvo, 2016, № 3, s. 12-17.

9. Yusubov N.P., Guliev I.S. Litologo-facialnye modeli mestorozhdeniy Garadag, 8-Marta, Sanagchal-deniz, Duvanny-deniz, Khara-Zira-adasy i Bulla-deniz, priurochenniye k “svite pereryva” po dannym GIS // Azerbaycanskoye neftyanoye khozaystvo, 2015, № 5, s. 3-8.

10. Veliev G.O. Rol' geodinamicheskogo napryazheniya v formirovaniy nefte-qazovykh struktur v Kaspiyskom more (na primere mestorozhdeniy Shahdeniz, Umid, Babek, Bulla-deniz). Geotektonika i geodinamika. Geologiya ve geofizika Yuga Rossii, 2021, №11(2), s. 36-50.

11. Valiyev G.O. Geodynamic model, seismic activity of the South Caspian basin and perspective direction of oil and gas fields exploration. Seismoprogn, Observ. Territ. Azerb., 2016, v. 13, № 1, pp. 32-37.

12. Niyazov T.Kh., Shekerov H.I., Suleymanova R.N. Seysmik ve quyularin melumatlari esasinda Bulla-Deniz sahesisin Qirmekialti lay destesinin sethi uzre struktur quruluşunun tedqiqi // Azerbaycanda Geofizika Yenilikleri, 2023, No. 3, s. 4-10.

13. Bourgoyne A.T., Millheim K.K., Chenevert M.E., Young Jr. F.S. Applied Drilling Engineering. SPE Textbook Series. Covers pressure variations during drilling, cuttings transport, and well control, 1986 p. 502.
14. Guliev I.S., Yusubov N.P., Huseynova Sh.M. On the formation mechanism of mud volcanoes in the South Caspian Basin according to 2D and 3D seismic data. 2020, Izv., Phys. Solid Earth, vol. 56(5), pp. 721-727.
15. Xuduzade A.I. Absheron arxipelaqinin shimal-qerb hissesinde ustegelme xarakterli strukturlarin formalashmasi // Azerbajan neft tesruffati, 2016, № 4, s. 13-18.
16. Hasanov A.B., Abbasov E.Y., Mammadova D.N., Kashif Navab. Neft-qazli Bulla-deniz strukturunda geotermal ehtiyatlarin ededi modelleshdirilmesi // Azerbaycanda Geofizika Xeberleri, 2020, № 3-4, s. 28-33.
17. Abbasov E.Y., Gasimova S.A. Neft-qaz quyularinda aparilmish geofiziki olchu ishleri esasinda mesamelik ve yuksek tezyiqin qiymetlendirilmesi. Beynelxalq elmi-praktiki konfrans "HEYDAR ALIYEV VE AZERBAYCAN NEFT STRATEGIYASI", 2023, 23–26 May.
18. Shakarov Kh.T., Veliev G.O., Abbasov E.Y. Nekotoryye rezul'taty pereinterpretatsiyi materialov geofizicheskikh issledovaniy skvazhin s uchetom seismogeodinamicheskikh izmeneniy. EAGE, ASPG, Medzhunarodnaya konferentsiya "Neftyanaya geologiya i uglevodorodniy potentsial Kaspiyskogo i Chernogo morey", 2005, 17–19 Oktyabr, Baku, s. 276-278.
19. Mitchell R.F. Advanced Well Control. SPE. Covers accident risks, pressure control, and kick-lost-circulation events, 2020, p. 396.
20. Wellmann Florian, Guillaume Caumon. 3D structural geological models: concepts, methods, and uncertainties. Cedric Schmelzbach. Advances in Geophysics, 2018, vol. 59, pp. 1-121.
21. Bacon M., Simm R., Redshaw T. 3D Seismic Data Visualisation. In: 3D Seismic Interpretation // Cambridge University Press, 2003, pp. 172-179.
22. Gasanov A.B., Abbasov E.Y., Mammadova D.N., Mutallimova O.M. Otsenka glubinogo uplotneniya porovogo prostranstva produktivnykh kollektorov. Nauka i praktika v reshenii strategicheskikh i takticheskikh zadach ustoychivogo razvitiya Rossii. Sbornik nauchnykh statey po itoqam Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Sankt-Peterburg, Izv. "Kul't InformPress" 2019, 30–31 Yanvarya, s. 51-55.
23. Zaalishvili V.B., Hasanov A.B., Abbasov E.Y. Detailing the Pore Structure of Productive Intervals of Oil Wells Using the Color 3D Imaging // Energies, 2023, № 16(1), p. 217.
24. Abilhesenova L.C., Mammadova S.R., Allahverdiyev E.Q. Baki arxipelaqi ANQR-in Bulla-deniz sahesinde 2016-cı ilde aparilmish ikiolchulu (2D) seysmik kashfiyyat ishlerinin hesabati, 2017, s. 153.
25. Eppelbaum L., Katz Y., Kadirov F., Guliyev I., Ben-Avraham Z. Geodynamic, Tectonophysical, Structural Comparison of the South Caspian and Levant Basins: A Review // Geosciences, 2025, 15(8), pp. 45-78.
26. Zengkai Liu a, Qiang Ma a, Baoping Cai a, Yonghong Liu a, Chao Zheng b. Process process safety and environmental protection. Risk assessment on deepwater drilling well control based on dynamic bayesian network. Author links open overlay panel safety and environmental protection, vol. 149, 2021, № 5, pp. 643-654.

Neft-qaz quyularında iki və üçfazlı axında rejim keçidləri ilə qum daşınması riskinin əlaqəsi, axın rejimləri üçün kriteriya xəritələri

Ş.Z. İsmayılov, t.ü.f.d., **İ.C. Kərimov**, **P.Ş. İsmayılova**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

e-mail: shahin.ismayilov@asolu.az

Açar sözlər: iki və üçfazlı axınlar, rejim keçidi, axın rejimi xəritəsi, qum təzahürü riski.

Neft-qaz quyularında maye və qazın şaquli hərəkəti zamanı müxtəlif axın rejimləri – köpüklü, gülləli, sütunvari və emulsiya axını kimi rejimlər əmələ gəlir. Bu rejimlər arasındakı faza sıçrayışları axında sürət və təzyiqin ani dəyişikliklərinə gətirib çıxarır, bu da qum dənələrinin hərəkətinə birbaşa təsir edir.

Reynolds ədədinin həddinə yaxınlaşması boruda axının laminar rejimdən keçid rejiminə, daha sonra turbulent rejimə keçməsi ilə nəticələnir. Bu keçid hidravlik şəraitin dəyişməsi deməkdir və divar kəsilmə gərginliyinə, yəni dənəciklərin hərəkətə gəlməsinə təsir edir. Qum üçün isə iki fərqli hədd nəzərə alınmalıdır. Birinci hədd dənəciyin süxurdan qopub ayrılmasına başlama anıdır. Bu mərhələdə tələb olunan kritik sürət nisbətən aşağı olur. İkinci hədd isə qopmuş dənəciyin axınla birlikdə yuxarı istiqamətdə sabit daşınmasıdır. Qumun quyuya boyunca səthə qədər daşınması üçün axın sürəti daha yüksək olmalıdır, çünki axın dənəciyin çökmə meylini bütün trayektoriya boyu üstələməlidir. Təcrübə nəticələrinə əsasən, $d=0.5$ mm qum fraksiyası üçün sürüşmənin başlanması təxminən 5.5 sm/s sürətdə müşahidə olunur, quyuağzına sabit daşınma isə təxminən 11 sm/s sürətdə təmin edilir.

Bu məsələnin mühəndislik əhəmiyyəti böyükdür: qumlu quyularda boş dayanmalar və texniki təmir ehtiyacları sürətlə artır. Qum müşahidə olunan quyularda tez-tez təmirə dayanmalar baş verir və təmirlərarası müddət azalır ki, bunun da səbəbi hasilatdakı mexaniki qarışıqların avadanlığa göstərdiyi zərərlərdir. Beləliklə, gülləli, sütunvari və emulsiya axınları üçün rejim kriteriyalarını müəyyən edən xəritələrin hazırlanması mühəndislər üçün praktik əhəmiyyət daşıyır. Axın sabitliyi, Reynolds ədədi, laminar-turbulent sərhədi və kritik sürət kimi parametrlər əsasında tərtib olunan kriteriya xəritələri hər bir rejimin başlanma şərtlərini aydınlaşdıraraq qum daşınma riskini qiymətləndirməyə yardım edir.

Связь риска выноса песка с переходами режимов течения в двух- и трехфазном потоке в нефтегазовых скважинах, критериальные карты режимов потока

Ш.З. Исмаилов, д.ф.т.н., И.Дж. Керимов, П.Ш. Исмаилова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: двухфазный поток, трехфазный поток, переход режима, карта режимов течения, риск пескопроявления.

При вертикальном движении жидкости и газа в нефтегазовых скважинах формируются различные режимы течения, включая пузырьковый, снарядный, стержневой и эмульсионный. Переходы между этими режимами сопровождаются резкими изменениями скорости и давления, что напрямую влияет на отрыв и транспорт песчаных частиц.

При приближении числа Рейнольдса к критическому значению происходит переход потока от ламинарного к турбулентному режиму, что влияет на касательное напряжение на стенке и, соответственно, на движение песчаных частиц. Для песка выделяются два основных условия: отрыв частицы от породы и её устойчивый транспорт вдоль ствола скважины. Эти условия характеризуются различными критическими скоростями. По экспериментальным данным, для песка размером $d = 0.5$ мм начало движения наблюдается при скорости около 5.5 см/с, а устойчивый вынос обеспечивается при скорости около 11 см/с.

Влияние песка на процесс добычи имеет важное эксплуатационное значение. В песконосных скважинах увеличивается износ оборудования, возрастает число ремонтов и сокращается межремонтный период. В связи с этим построение критериальных карт режимов течения имеет практическое значение.

Критериальные карты, построенные на основе устойчивости потока, числа Рейнольдса и критических скоростей, позволяют определить границы режимов течения и оценить риск выноса песка.

Relationship between sand transport risk and flow regime transitions in two- and three-phase flow in oil and gas wells, criterion maps for flow regimes

Sh.Z. Ismayilov, PhD in Tech. Sc., I.J. Karimov, P.Sh. Ismayilova
Azerbaijan State Oil and Industry University

Keywords: two-phase flow, three-phase flow, regime transition, flow regime map, sand production risk.

During the vertical flow of liquid and gas in oil and gas wells, various flow regimes such as bubbly, slug, annular, and emulsion flow are formed. Transitions between these regimes are accompanied by sharp changes in velocity and pressure, which directly affect the detachment and transport of sand particles.

As the Reynolds number approaches a critical value, the flow transitions from laminar to turbulent regime, which affects wall shear stress and, consequently, the motion of sand particles. Two main conditions are defined for sand: particle detachment from the formation and stable transport along the wellbore. These conditions are characterized by different critical velocities. Experimental data show that for sand particles of $d = 0.5$ mm, the onset of motion occurs at approximately 5.5 cm/s, while stable transport is achieved at approximately 11 cm/s.

The impact of sand on production has significant operational importance. In sand-producing wells, equipment wear increases, the number of workovers rises, and the interval between repairs decreases. Therefore, the construction of flow regime criterion maps is of practical importance.

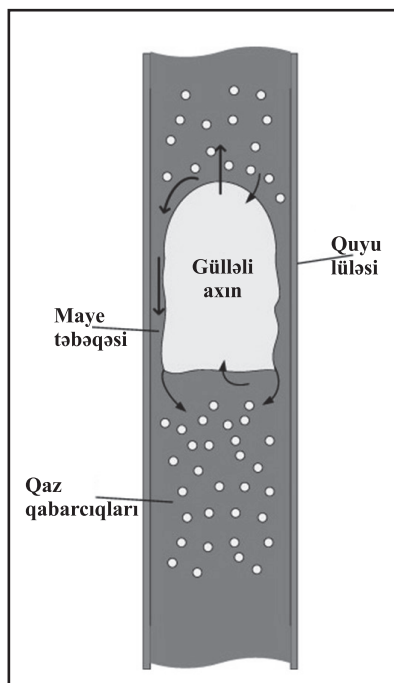
Criterion maps based on flow stability, Reynolds number, and critical velocities allow determination of flow regime boundaries and evaluation of sand transport risk.

Neft quyularında hasilat çox vaxt iki və ya üçfazlı axın rejimlərində gedir. Qaz, neft və suyun eyni lülə daxilində hərəkəti fazalararası sürüşmə yaradır. Bu sürüşmə təzyiqlik itkisinə, hidrodinamik qeyri-sabitliyə və rejim keçidlərinə səbəb olur. Rejim keçidləri təkcə hidravlik problemi deyil, qum təzahürü riskinin artması üçün də mexaniki əsas yaradır.

Qum daşınması üçün əsas şərt dənəciyə təsir edən hidrodinamik qüvvələrin onu yerindən oynatmasıdır. Quyuda bu, gərginlik, lokal sürət pulsasiyası və turbuləntlik intensivliyi ilə idarə olunur. Axın rejimi dəyişəndə bu göstəricilər kəskin dəyişir. Şəkil 1-də gülləli axın rejimində

maye-qazın quyu lüləsində hərəkəti göstərilmişdir ki, burada eyni debitdə gülləli axın zamanı impulsun periodik toplanıb boşalması zamanı divar yaxınlığında qısamüddətli yüksək sürət zonaları yaradır. Bu zonalar qum dənəciklərini qoparma, qaldırma və yuxarı daşıma ehtimalını artırır [1–4].

Sütunvari axın rejimində qaz nüvəsi və maye pilyonkası ayrılmış hidrodinamik quruluş formalaşdırır. Bu quruluşda maye pilyonkasının qalınlığı və dalğalanması dəyişkən olur. Dalğa qırılmaları və yenidən paylanma prosesləri divar yaxınlığında kəsilmə gərginliyini qeyri-bircins edir. Nəticədə qum daşınması bəzən hissəvi,



Şəkil 1. Gülləli axın zamanı maye-qazın quyu lüləsində hərəkəti

bəzən də impulsvari xarakter alır. Bu, eroziya, korroziya və perforasiya zonasında dərinləşən lokal yeyilmə riskini artırır.

Emulsiya axımında isə reoloji xüsusiyyətlər ön plana keçir. Özlüklüyün artması və xüsusi çəkinin dəyişməsi eyni sürətdə quyu divarı boyunca kəsilmə gərginliyi verir. Emulsiya sabitliyi pozulanda faza ayrılması başlayır və axın yəni-dən strukturlaşır. Bu keçidlər quyudibi zonada qum çökməsi, sonra isə qəfil “qopma” ilə qum dənəciklərinin lüləyə daxil olması kimi ssenarilər gücləndirir. Bu ssenarilər separator və armatur çirklənməsi, eləcə də ölçü cihazlarının səhv oxumaları ilə nəticələnir [5-8].

Quyudibi və perforasiya yaxınlığında rejim keçidləri daha kritkdir. Burada sürət profili, təzyiq qradiyenti və faza paylanması laydan gələn mexaniki qarışıqların davranışını birbaşa müəyyən edir. Xüsusilə qaz amili artdıqda və sulaşma dəyişkən olduqda gülləli rejimə keçid ehtimalı yüksəlir. Bu halda qum təzahürü üçün “tətik” rolunu oynayan amillər çox vaxt rejim keçidinin özüdür, layın geomexanikasında böyük dəyişiklik olmadan da qum artımı müşahidə olunur [9].

Bu məqalənin məqsədi iki və üçfazlı axında rejim keçidləri ilə qum daşınması riskinin əlaqəsini eyni çərçivədə qiymətləndirməkdir. İşdə gülləli, sütunvari və emulsiya rejimləri üçün kriteriya xəritələri qurulur və bu xəritələr qum

daşınması üçün kritik şərtlərlə üst-üstə salınır. Nəticə kimi istismar üçün tətbiq oluna bilən “rejim-risk” xəritəsi təqdim edilir. Bu xəritə debit, qaz həcm payı, sulaşma, dəyişən sürət, lülə diametri və meyillik kimi parametrlər əsasında risk zonalarını ayırmağa xidmət edir.

Materiallar və metodlar

Tədqiqat iki və üçfazlı axınlarda axın rejimi keçidlərini qum təzahürü riski ilə eyni hesablama çərçivəsində birləşdirir. Metodun əsas ideyası j_g-j_l müstəvisində rejim kriteriya xəritəsi qurmaq, daha sonra eyni nöqtələr üçün qumun qopma və daşınma şərtlərini hesablayıb xəritə üzərində risk sərhədlərini çəkməkdir [10]. Hesablamalarda quyu lüləsinin daxili diametri D , meyillik bucağı θ , təzyiq p və temperatur T , fazaların sıxlıqları (ρ_g, ρ_o, ρ_w), özlülükləri (μ_g, μ_o, μ_w), həcmi səflər (Q_g, Q_o, Q_w), sulaşma f_w , qum dənəsinin orta diametri d və dənənin sıxlığı ρ_s qəbul olunur. Fazaların həcmi səfləri quyu üzrə qərarlaşmış rejim ölçmələrindən, yaxud sınaq-rejim məlumatlarından götürülür. Axın rejimi təhlilinin vahid əsas dəyişəni kimi səthi sürətlərdən istifadə edilir.

Lülənin kəsik sahəsi (1) düsturu ilə təyin edilir:

$$A = \pi D^2 / 4 . \quad (1)$$

Qaz, neft və su üçün səthi sürətlər bu cür hesablanır:

$$j_g = Q_g / A, j_o = Q_o / A, j_w = Q_w / A . \quad (2)$$

Ümumi maye səthi sürəti və qarışıq səthi sürət (3) ilə verilir:

$$j_l = j_o + j_w, j_m = j_g + j_l . \quad (3)$$

Sulaşma belə təyin edilir:

$$f_w = Q_w / (Q_o + Q_w) . \quad (4)$$

Axın rejimi keçidlərini və hidravlik müqaviməti qiymətləndirmək üçün qarışıq sıxlıq və effektiv özlülük daxil edilir. Qarışıq sıxlıq (5) ifadəsi ilə götürülür:

$$\rho_m = \alpha \rho_g + (1 - \alpha) \rho_l . \quad (5)$$

burada ρ_1 maye fazanın sıxlığı, α isə qazın həcm payıdır. ρ_1 praktiki hesablamada (6) kimi yazılır:

$$\rho_1 = (1 - f_w) \rho_o + f_w \rho_w. \quad (6)$$

Emulsiya axınını nəzərə almaq üçün maye fazanın effektiv özlülüyü ayrıca qiymətləndirilir. Neft-su emulsiyası üçün μ_e , dispers fazanın həcm payından asılı funksiya kimi (7) yaxınlaşması ilə götürülür:

$$\mu_e = \mu_o [1 + 1.25 \phi / (1 - \phi / \phi_{\max})]^2, \quad (7)$$

burada ϕ emulsiyada dispers fazanın həcm payıdır, ϕ_{\max} isə sıx birləşmə həddini xarakterizə edir. Emulsiya sabitliyi yüksəldikcə μ_e artır, bu artım təzyiq itkilərini və divar kəsilmə gərginliyini böyüdür, nəticədə qum dənələrinin qopma və daşınma şərtləri dəyişir. Emulsiya təsiri nəzərə alındıqda qarışıq özlülük μ_m hesablamada μ_1 yerinə μ_e ilə əvəz olunur [11–14].

Ölçüsüz hidravlik göstəricilərdən Reynolds ədədi və Fraud ədədi istifadə edilir. Qarışıq Reynolds ədədi (8) kimi yazılır:

$$Re_m = \rho_m j_m D / \mu_m. \quad (8)$$

Fraud ədədi bu cür təyin edilir:

$$Fr = j_m / (gD)^{1/2}. \quad (9)$$

Hidravlik müqavimət əmsalı λ üçün laminar və turbulent sahələr ayrıca götürülür [15]. Laminar rejimdə $\lambda = 64/Re$, turbulent sahədə Blazius asılılığı $\lambda = 0.3164 Re^{-0.25}$ qəbul edilir. Bu yaxınlaşmalar hamar borular üçün geniş tətbiq olunur və Reynolds ədədinin artımı ilə rejimin keçid xarakteri aldığı göstərir.

Keçid sahəsində laminar rejimin turbulent rejimə dönməsi dayanıqsız xarakter alır və Reynolds ədədinin təxminən 1000–2300 intervalından başlayıb daha yüksək qiymətlərə qədər uzandığı qeyd edilir.

Divar kəsilmə gərginliyi qum qopmasının əsas sürücü parametridir və belə hesablanır:

$$\tau_w = \lambda \rho_m j_m^2 / 8. \quad (10)$$

Bu işdə qumun qopma başlanğıcı Şilds kriterisi ilə verilir. Ölçüsüz Şilds göstəricisi (11)

kimi yazılır:

$$\Theta = \tau_w / [(\rho_s - \rho_l) g d]. \quad (11)$$

Qopma başlanğıcı üçün şərt (12) kimi verilir:

$$\Theta \geq \Theta_c. \quad (12)$$

Θ_c sahə üçün kalibrlənən kritik göstəricidir və dənənin formasından, səthin kələ-kötürlüyündən, faza tərkibindən asılı dəyişir. Bu səbəbdən metod ikimərhələli tətbiq olunur. Birinci mərhələdə Θ_c verilmiş göstərici aralıklarından seçilir və ilkin risk xəritəsi qurulur. İkinci mərhələdə sahə müşahidələri, qum çıxışı və avadanlıq yüklənməsi kimi faktiki göstəricilər üzrə Θ_c korreksiya edilir [16–20].

Qumun quyu lüləsi boyunca yuxarı daşınması üçün təkə qopma kifayət etmir, daşınma şərti də ödənməlidir. Bunun üçün dənənin çökmə sürəti w_s qiymətləndirilir. Kiçik dənələr və aşağı sürətlərdə Reynolds ədədi üçün Stoks yaxınlaşması işlədilir:

$$w_s = (\rho_s - \rho_l) g d^2 / (18 \mu_l). \quad (13)$$

Daha iri dənələr və yüksək sürətlər üçün sürüklənmə əmsalı ilə w_s iterativ hesablanır. Daşınma şərti praktik mühəndis yanaşması kimi qarışıq sürətin çökmə sürətini üstələməsi ilə qoyulur:

$$j_m \geq k w_s. \quad (14)$$

burada k – ehtiyat əmsalıdır və rejim qeyri-sabitliyi artdıqca böyük götürülür. Gülləli rejimdə impulsvari sürət artımları olduğundan k dəyəri daha konservativ seçilir, sütunvari rejimdə isə plynka axınına görə divar yaxınlığında sürət qeyri-bircins olur və k seçimi meyillik θ ilə əlaqələndirilir [21–23].

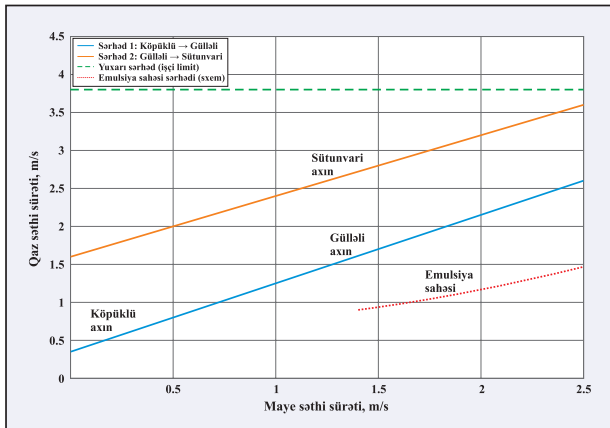
Rejim xəritələrinin qurulması üçün bütün iş nöqtələri $j_g - j_l$ koordinat sistemində keçirilir. Hər nöqtə üçün Re_m və Fr hesablanır, sonra seçilən kriteriya qaydaları ilə axın rejimi zonası təyin edilir. Üçfazlı təsiri göstərmək üçün eyni xəritədə f_w konturları və emulsiya sahəsi ayrıca işarələnir. Emulsiya sahəsi μ_e artımı ilə seçilir və həmin sahədə (8)–(10) düsturlarında μ_m yenilənir [24, 25].

Qum riski xəritəsi rejim xəritəsi üzərinə iki

sərhədin köçürülməsi ilə alınır: qopma sərhədi $\Theta = \Theta_c$ və daşınma sərhədi $j_m = k w_s$. Hər nöqtə üçün iki nisbət hesablanır: $R_1 = \tau_w / \tau_c$ və $R_2 = j_m / (k w_s)$, burada $\tau_c = \Theta_c (\rho_s - \rho_l)$ gd. Yekun risk göstəricisi $R = \max(R_1, R_2)$ kimi qəbul edilir. Belə tərif rejim keçidlərinin yaratdığı hidravlik güclənməni birbaşa τ_w üzərindən, daşınma qabiliyyətini isə j_m / w_s üzərindən ölçür. Nəticədə eyni $j_g - j_1$ müstəvisində həm axın rejimi zonaları, həm də qum qopma və daşınma risk zonaları birləşmiş şəkildə təqdim olunur.

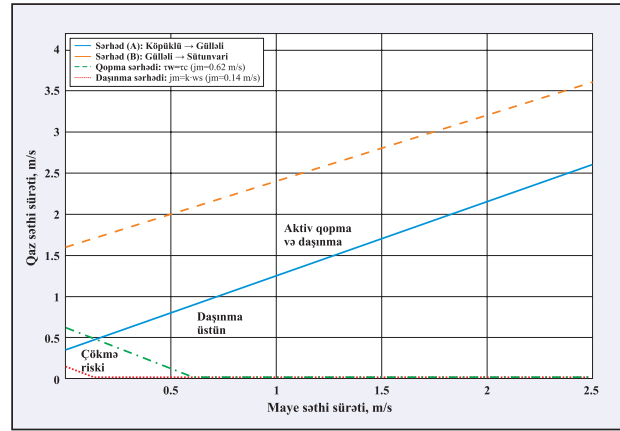
Müzakirə

Hesablamalar nəticəsində hər bir iş nöqtəsi üçün j_g və j_1 koordinatları, Re_m və Fr göstəriciləri, həmçinin divar kəsilmə gərginliyi τ_w , kritik kəsilmə gərginliyi τ_c və çökmə sürəti w_s alındı. Bu göstəricilər əsasında axın rejimi zonaları və qum qopma, daşınma sərhədləri eyni müstəvidə üst-üstə gətirildi. Nəticələr üç əsas çıxışda təqdim olunur: axın rejimi xəritəsi, qum riski sərhədləri ilə birləşdirilmiş rejim xəritəsi, sulaşma və emulsiya təsirini göstərən həssaslıq xəritəsi.



Şəkil 2. $j_g - j_1$ müstəvisində axın rejimi kriteriya xəritəsi

Şəkil 2-də $j_g - j_1$ müstəvisində axın rejimləri ayrılır. Aşağı j_g və nisbətən sabit j_1 sahəsində köpüklü və ya nisbətən sakit ikifazlı axın müşahidə olunur. j_g artdıqca və Fr böyüdükcə gülləli rejim zonasına keçid alınır. Daha yüksək j_g fonunda sütunvari rejim sahəsi formalaşır. Sulaşma yüksəldikcə və emulsiya stabilliyi artdıqca maye fazanın effektiv özlülüyü böyüyür, eyni sərtlərdə Re_{em} azalır və rejim sərhədləri j_1 istiqamətində sürüşür. Bu sürüşmə bir neçə zonada rejim keçidinin daha tez baş verməsi ilə nəticələnir və axının dayanıqlığını zəiflədir.



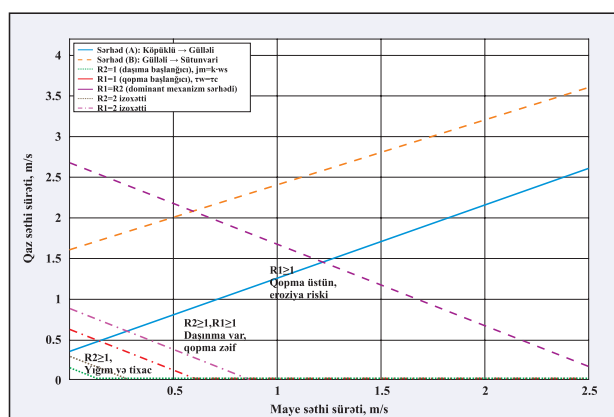
Şəkil 3. Rejim xəritəsi üzərində qum qopma və qum daşınma sərhədləri

Şəkil 3-də rejim xəritəsinin üzərinə qum qopma sərhədi və qum daşınma sərhədi köçürülür. Qopma sərhədi $\tau_w = \tau_c$ şərtinə görə, daşınma sərhədi isə $j_m = k w_s$ şərtinə görə qurulur. Bu iki sərhədin yerləşməsi göstərir ki, bəzi sahələrdə qum qopması başlayır, lakin daşınma zəif olur və çökmə ehtimalı artır. Bu zonalar istismar üçün ən riskli sahələrdən sayılır, çünki dib zonada yığılan qum sonradan rejim keçidi zamanı impulsvari şəkildə lüləyə daxil olur. Gülləli rejimdə riskin artması əsasən təzyiq və sürət pulsasiyası ilə bağlıdır. Sütunvari rejimdə risk divar yaxınlığında maye pilyonkasının dalğalanması və kəsilmə gərginliyinin qeyri-bircins paylanması ilə izah olunur. Emulsiya sahəsində isə riskin əsas səbəbi özlülüyün artması, təzyiq itkisinin böyüməsi və dib zonada lokallaşan sürət profili olur.

Cədvəldə seçilmiş tipik iş nöqtələri üzrə j_g , j_1 , f_w , Re_m , Fr , τ_w / τ_c və $j_m / (k w_s)$ nisbətləri verilir. Cədvəl üzrə müqayisə göstərir ki, eyni j_m səviyyəsində f_w artdıqda w_s azalır, lakin μ_m artdığı üçün τ_w artımı hər zaman eyni templə getmir. Buna görə risk iki mexanizm arasında bölünür. Bir qrup nöqtədə risk qopma mexanizmi ilə, digər qrupda isə daşınma mexanizmi ilə formalaşır. Bu ayrım əməli qərarlar üçün vacibdir. Qopma üstünlük təşkil edəndə eroziya və avadlığın yüklənməsi riski ön plana çıxır. Daşınma zəif olanda qum tıxacları və dib zonada yığım riski artır.

Şəkil 4-də sulaşmanın f_w və emulsiya effektiv özlülüyünün μ_c dəyişməsi fonunda risk xəritəsi təqdim olunur. f_w artdıqca emulsiya ehtimalı yüksəlir, μ_c böyüyür və eyni sərtlərdə Re_m azalır.

№	j_p , m/s	j_g , m/s	f_w	Re_m	Fr	τ_w/τ_c	$j_m/(k \cdot w_s)$	Dominant mexanizm	Qeyd
1	0.06	0.03	0.20	550	0.09	0.08	0.62	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Çökmə/yığılma ehtimalı yüksək
2	0.10	0.05	0.20	916	0.15	0.14	1.04	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Daşınma var, qopma zəif, keçid riski
3	0.15	0.05	0.25	1372	0.20	0.19	1.39	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Daşınma var, qopma zəif, keçid riski
4	0.20	0.10	0.30	1868	0.30	0.28	2.10	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Daşınma var, qopma zəif, keçid riski
5	0.30	0.15	0.30	2802	0.45	0.80	3.15	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Daşınma var, qopma zəif, keçid riski
6	0.40	0.20	0.35	3772	0.61	1.34	4.23	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Aktiv qopma və daşınma, eroziya riski
7	0.60	0.40	0.35	5718	1.01	3.05	7.04	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Aktiv qopma və daşınma, eroziya riski
8	0.60	1.10	0.35	6138	1.72	5.47	11.97	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Aktiv qopma və daşınma, eroziya riski
9	1.20	1.60	0.45	12132	2.83	15.18	19.93	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Aktiv qopma və daşınma, eroziya riski
10	0.80	2.70	0.25	8780	3.53	14.59	24.40	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Aktiv qopma və daşınma, eroziya riski
11	1.20	3.00	0.40	12864	4.24	23.67	29.73	Daşınma ($j_m/(k \cdot w_s)$)	Aktiv qopma və daşınma, eroziya riski
12	2.00	2.30	0.70	10450	4.34	42.81	31.42	Qopma (τ_w/τ_c)	Aktiv qopma və daşınma, eroziya riski
13	2.00	3.60	0.60	10660	5.65	55.99	40.49	Qopma (τ_w/τ_c)	Aktiv qopma və daşınma, eroziya riski



Şəkil 4. Rejim xəritəsində risk zonaları və dominant mexanizm sərhədləri

Bu, gülləli rejim zonasının genişlənməsinə və keçid sərhədlərinin aşağı sürətlərə yaxınlaşmasına gətirib çıxarır. Nəticə olaraq, eyni hasilat rejimi üçün qum riski daha böyük sahəni əhatə edir. Meyillik θ artdıqca bu təsir daha qabarıq görünür, çünki çökmə istiqaməti və faza paylanması qravitasiyadan daha çox asılı olur.

Həssaslıq təhlili göstərir ki, riskin idarə olunması üçün ən təsiredici parametrlər j_g , j_p , f_w , D və μ_c -dir. D artdıqda eyni sərhərdə səthi sürətlər azalır və τ_w aşağı düşür, bu isə qopma sərhədini

yuxarı sürətlərə aparır. μ_c artdıqda təzyiq itkisi böyüyür, rejim sərhədləri dəyişir və gülləli keçid ehtimalı artır. Bu nəticə sahədə belə interpretasiya olunur: sulaşmanın artdığı mərhələdə rejim sabitliyini qorumaq, qum riskinin idarəsi üçün əsas şərtidir.

Bu bölmənin yekun çıxışı kimi “rejim-risk” xəritəsi alınır. Xəritə istismarçıya konkret sahələr üzrə qərar verir: hansı sərf kombinasiyasında qum çökməsi gözlənilir, hansı sahədə qum impulsvari gəlir, hansı sahədə isə aktiv qopma və daşınma üstünlük təşkil edir. Növbəti addım bu xəritənin sahə məlumatı ilə kalibrlənməsi və seçilmiş quyular üçün operativ rejim tövsiyələrinin verilməsidir.

Nəticə

Bu işdə iki və üçfazlı axınlarda rejim keçidləri ilə qum daşınması riski eyni hesablama çərçivəsində birləşdirildi. Rejimler j_g-j_p müstəvisində ayrıldı və hər iş nöqtəsi üçün Re_m , Fr, divar kəsilmə gərginliyi τ_w , Şilds kriterisi ilə qopma şərti, çökmə sürəti w_s və $j_m \geq k \cdot w_s$ daşınma şərti hesablanaraq rejim xəritəsi üzərinə risk sərhədləri köçürüldü. Risk qiymətləndirilməsi

τ_w/τ_c və $j_m/(k \cdot w_s)$ nisbətləri ilə aparıldı, yekun göstərici kimi $R = \max(R_1, R_2)$ yanaşması qəbul olundu.

Alınan xəritələr göstərdi ki, rejim keçidləri qum riskini iki əsas mexanizm üzrə formalaşdırır. Birinci mexanizm qopmadır, burada τ_w artımı dənəciklərin yerindən qopmasını sürətləndirir. İkinci mexanizm daşınmadır, burada j_m/w_s nisbəti aşağı olduqda qopmuş qum quyu boyunca sabit daşınır və dib zonada yığılır. Rejimlər arasında xüsusilə gülləli axında sürət və təzyiq pulsasiyası qısamüddətli yüksək kəsilmə zonaları yaradaraq qopma ehtimalını yüksəldir. Sütunvari axında maye pilyonkasının dalğalanması divar yaxınlığında kəsilmə gərginliyini qeyri-bircins edir və risk impulsvari xarakter alır. Emulsiya sahəsində effektiv özlülüyün artması Re_m -i azaldır, rejim sərhədlərini dəyişir və gülləli rejim zonasını genişləndirir, nəticədə eyni sərf kombinasiyasında risk sahəsi böyüyür.

Tipik iş nöqtələri üzrə müqayisə də bunu təsdiqlədi. Eyni qarışıq sürət səviyyəsində sulaşma f_w artdıqda w_s azalır, amma emulsiya səbəbi ilə μ_m yüksəldiyi üçün τ_w artımı hər nöqtədə eyni templə getmir. Bu səbəbdən bəzi nöqtələrdə dominant məhdudlaşdırıcı amil

daşınma, digər qrupda isə qopma olur və əməli qərar iki fərqli risk tipinə yönəlməlidir. Qopma dominant olduqda eroziya və avadanlığın yüklənməsi riski artır. Daşınma dominant olduqda qum tıxacları və dib zonada yığılır riski yüksəlir.

Həssaslıq təhlili riskin idarəsi üçün ən təsiredici parametrləri seçdi. Əsas təsir j_g, j_l, f_w , lülə diametri D və emulsiya effektiv özlülüyü μ_c üzərində cəmlənir. D artdıqda səthi sürətlər və τ_w azalır, qopma sərhədi daha yüksək sürətlərə keçir. μ_c artdıqda təzyiq itkisi böyüyür, rejim sabitliyi zəifləyir və gülləli keçid ehtimalı yüksəlir. Buna görə sulaşmanın artdığı mərhələdə rejim sabitliyini qoruyan istismar rejimi seçimi qum riskinin idarəsində həlledici rol oynayır.

Praktik çıxış kimi “rejim-risk” xəritəsi istismarçıya konkret sərf kombinasiyaları üzrə qərar dəstəyi verir: qum çökməsi gözlənilən sahələr, impulsvari qum gəlişi ehtimalı yüksək zonalar və aktiv qopma-daşınma fonunda eroziya riski olan zonalar ayrılır. Növbəti mərhələdə xəritə sahə müşahidələri ilə kalibrənməli, Θ_c göstəricisi seçilmiş quyular üzrə korreksiya edilməli və k ehtiyat əmsalı gülləli rejim üçün daha konservativ seçilməlidir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Taitel Y., Dukler A.E. A model for predicting flow regime transitions in horizontal and near horizontal gas-liquid flow // *AICHE Journal*, 1976, vol. 22(1), pp. 47-55.
2. Mandhane J.M., Gregory G.A., Aziz K. A flow pattern map for gas-liquid flow in horizontal pipes // *International Journal of Multiphase Flow*, 1974, vol. 1(4), pp. 537-553.
3. Barnea D. A unified model for predicting flow-pattern transitions for the whole range of pipe inclinations // *International Journal of Multiphase Flow*, 1987, vol. 13(1), pp. 1-12.
4. Beggs H.D., Brill J.P. A study of two-phase flow in inclined pipes // *Journal of Petroleum Technology*, 1973, vol. 25(5), pp. 607-617.
5. Dukler A.E., Wicks M. III, Cleveland R.G. Frictional pressure drop in two-phase flow // *AICHE Journal*, 1964, vol. 10(1), pp. 38-43.
6. Dukler A.E., Hubbard M.G. A model for gas-liquid slug flow in horizontal and near horizontal tubes // *Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals*, 1975, vol. 14(4), pp. 337-347.
7. Hagedorn A.R., Brown K.E. Experimental study of pressure gradients occurring during continuous two-phase flow in small-diameter vertical conduits // *Journal of Petroleum Technology*, 1965, vol. 17(4), pp. 475-484.
8. Orkiszewski J. Predicting two-phase pressure drops in vertical pipe // *Journal of Petroleum Technology*, 1967, vol. 19(6), pp. 829-838.

9. *Shoham O.* Mechanistic Modeling of Gas-Liquid Two-Phase Flow in Pipes // Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers, 2006, 396 p.
10. *Oroskar A.R., Turian R.M.* The critical velocity in pipeline flow of slurries // *AICHE Journal*, 1980, vol. 26(4), pp. 550-558.
11. *Turian R.M., Yuan T.F.* Flow of slurries in pipelines // *AICHE Journal*, 1977, vol. 23(3), pp. 232-243.
12. *Shook C.A., Roco M.C.* Slurry Flow: Principles and Practice // Boston: Butterworth-Heinemann (Digital Press), 1991, 336 p.
13. *Shields A.* Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebepbewegung // *Mitteilungen der Preussischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau*, Heft 26, 1936, (in German)
14. *Blasius H.* Das Ähnlichkeitsgesetz bei Reibungsvorgängen in Flüssigkeiten. – *VDI-Forschungsheft*, 1913, 131. (in German)
15. *Colebrook C.F.* Turbulent flow in pipes, with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipe laws // *Journal of the Institution of Civil Engineers*, 1939, vol. 11(4), pp. 133-156.
16. *Moody L.F.* Friction factors for pipe flow // *Transactions of the ASME*, 1944, vol. 66, pp. 671-684.
17. *Taylor G.I.* The viscosity of a fluid containing small drops of another fluid // *Proceedings of the Royal Society A*, 1932, vol. 138, pp. 41-48.
18. *Brinkman H.C.* The viscosity of concentrated suspensions and solutions // *Journal of Chemical Physics*, 1952, vol. 20, pp. 571-581.
19. *Sjöblom J.* (Ed.) *Emulsions and Emulsion Stability*. 2nd Edition // Boca Raton: CRC Press, 2005, 688 p.
20. *de Kruif C.G., van Vliet T.* A study of the rheological properties of concentrated food emulsions // *Journal of Food Engineering*, 1995, vol. 25(3), pp. 427-440.
21. *Papamichos E.* Erosion and multiphase flow in porous media. Application to sand production // *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 2010, vol. 14(8-9), pp. 1129-1154.
22. *American Petroleum Institute (API) Recommended Practice 14E: Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems*, 2013, Washington.
23. Mirzəcanzadə A.X., İskəndərov M.Ə., Abdullayev M.Ə., Ağayev R.Q., Əliyev S.M., Əmirov Ə.C., Qasımov Ə.F. Neft və qaz yataqlarının istismarı və işlənməsi. – Bakı, 2010, 444 s.
24. Mirzəcanzadə A.X. və b. *Hidravlika*. – Bakı: Maarif, 1990, 386 s.
25. Karimov I., Ismayilov Sh. Nanotechnology-Based Approaches for Sand Control in Oil Wells // *Egyptian Journal of Petroleum*, 2025, vol. 34(4), Article 4, pp. 322-332.

References

1. Taitel Y., Dukler A.E. A model for predicting flow regime transitions in horizontal and near horizontal gas-liquid flow // *AIChE Journal*, 1976, vol. 22(1), pp. 47-55.
2. Mandhane J.M., Gregory G.A., Aziz K. A flow pattern map for gas-liquid flow in horizontal pipes // *International Journal of Multiphase Flow*, 1974, vol. 1(4), pp. 537-553.
3. Barnea D. A unified model for predicting flow-pattern transitions for the whole range of pipe inclinations // *International Journal of Multiphase Flow*, 1987, vol. 13(1), pp. 1-12.
4. Beggs H.D., Brill J.P. A study of two-phase flow in inclined pipes // *Journal of Petroleum Technology*, 1973, vol. 25(5), pp. 607-617.
5. Dukler A.E., Wicks M.III, Cleveland R.G. Frictional pressure drop in two-phase flow // *AIChE Journal*, 1964, vol. 10(1), pp. 38-43.
6. Dukler A.E., Hubbard M.G. A model for gas-liquid slug flow in horizontal and near horizontal tubes // *Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals*, 1975, vol. 14(4), pp. 337-347.
7. Hagedorn A.R., Brown K.E. Experimental study of pressure gradients occurring during continuous two-phase flow in small-diameter vertical conduits // *Journal of Petroleum Technology*, 1965, vol. 17(4), pp. 475-484.
8. Orkiszewski J. Predicting two-phase pressure drops in vertical pipe // *Journal of Petroleum Technology*, 1967, vol. 19(6), pp. 829-838.
9. Shoham O. *Mechanistic Modeling of Gas-Liquid Two-Phase Flow in Pipes* // Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers, 2006, 396 p.
10. Oroskar A.R., Turian R.M. The critical velocity in pipeline flow of slurries // *AIChE Journal*, 1980, vol. 26(4), pp. 550-558.
11. Turian R.M., Yuan T.F. Flow of slurries in pipelines // *AIChE Journal*, 1977, vol. 23(3), pp. 232-243.
12. Shook C.A., Roco M.C. *Slurry Flow: Principles and Practice* // Boston: Butterworth-Heinemann (Digital Press), 1991, 336 p.
13. Shields A. Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung // *Mitteilungen der Preussischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau*, Heft 26, 1936, (in German)
14. Blasius H. Das Ähnlichkeitsgesetz bei Reibungsvorgängen in Flüssigkeiten. – *VDI-Forschungsheft*, 1913, 131. (in German)
15. Colebrook C.F. Turbulent flow in pipes, with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipe laws // *Journal of the Institution of Civil Engineers*, 1939, vol. 11(4), pp. 133-156.
16. Moody L.F. Friction factors for pipe flow // *Transactions of the ASME*, 1944, vol. 66, pp. 671-684.
17. Taylor G.I. The viscosity of a fluid containing small drops of another fluid // *Proceedings of the Royal Society A*, 1932, vol. 138, pp. 41-48.
18. Brinkman H.C. The viscosity of concentrated suspensions and solutions // *Journal of Chemical Physics*, 1952, vol. 20, pp. 571-581.
19. Sjöblom J. (Ed.) *Emulsions and Emulsion Stability*. 2nd Edition // Boca Raton: CRC Press, 2005, 688 p.
20. de Kruif C.G., van Vliet T. A study of the rheological properties of concentrated food emulsions // *Journal of Food Engineering*, 1995, vol. 25(3), pp. 427-440.
21. Papamichos E. Erosion and multiphase flow in porous media. Application to sand production // *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 2010, vol. 14(8-9), pp. 1129-1154.
22. *American Petroleum Institute (API) Recommended Practice 14E: Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems*, 2013, Washington.
23. Mirzejanzade A.Kh., Iskenderov M.A., Abdullayev M.A., Agayev R.G., Aliyev S.M., Amirov A.J., Gasimov A.F. Neft ve qaz yataqlarının istismari ve ishlenilmesi. Baki, 2010, 444 s.
24. Mirzejanzade A.Kh. ve b. *Hidravlika*. – Baki: Maarif, 1990, 386 s.
25. Ismayilov Sh., Karimov I. Nanotechnology-Based Approaches for Sand Control in Oil Wells // *Egyptian Journal of Petroleum*, 2025, vol. 34. Iss. 4. Article 4. pp. 322-332.

Neft şlamlarından nefti ayırmaq üçün yeni texnologiyanın hazırlanması və tətbiqi

A.M. Səmədov, t.e.d., **M.E. Əlsəfərova**, t.e.n.,
Ş.Y. Əliyeva, **N.İ. Emel**, **R.N. Qirimova**
"Neftqazəlmütədqiqatlayihə" İnstitutu

e-mail: matanat.alsafarova@socar.az

Açar sözlər: pulpa, reagent, deemulsasiya, deemulqator, qeyri-ionogen, adsorbsiya.

Məlumdur ki, neftin neft şlamından ayrılması böyük iqtisadi və ekoloji əhəmiyyətə malikdir. Orta hesabla neft şlamının tərkibində 20–75 % neft məhsulları, 5–10 % mexaniki qarışıqlar və 20–70 % su olur. Neft şlamının emalı nəticəsində ətraf mühitin neft məhsulları ilə çirklənməsi dayandırılır. Digər tərəfdən isə qiymətli xammalın itirilməsinin qarşısı alınır.

İnternet mənbələrindən, yerli və xarici texnologiyalardan, həmçinin ədəbiyyat materiallarından əldə edilən məlumatların öyrənilməsi əsasında neftin neft şlamından ayrılması üçün uyğun deemulqatorlar və çökdürücü məhlullar hazırlanmışdır. Laboratoriya tədqiqatları şəraitində proses zamanı deemulqatorun və çökdürücü məhlulun sərfi müəyyən edilmişdir.

Laboratoriya sınaqlarını uğurla keçmiş yeni reagentlərin qiymətindən və emal olunacaq neft şlamının miqdarından asılı olaraq yüksək iqtisadi səmərə əldə olunacaq. Neft şlamına əlavə edilən maddələrin emal qabiliyyəti yüksəkdir.

N. Nərimanov adına NQÇİ-də yerləşən Daşgil yatağından götürülmüş və tərkibində müvafiq olaraq 7.13 % su, 1487 mq/l duz və 8.5 % mexaniki qarışıqlar olan neft şlamının deemulsasiya edilməsi zamanı neftdə qalan suyun, duzun və mexaniki qarışıqların miqdarı ГОСТ 51858-2002 standartının tələblərinə uyğun olmuşdur.

Deemulqatorun və çökdürücü məhlulun sərfi, həmçinin prosesin aparılma şərtləri müəyyən edilmişdir. Laboratoriya sınaqlarını uğurla keçmiş tərkiblərin göstəriciləri müəyyənləşdirilmişdir.

Laboratoriya sınaqlarında ən effektiv nəticələr göstərən reagentlərin fiziki-kimyəvi göstəriciləri də müəyyən edilmişdir. Sınaqdan keçirilmiş tərkib və təklif olunan texnologiya əsasında növbəti mərhələdə sahə sınaqlarının aparılması planlaşdırılır. Növbəti mərhələdə eyni zamanda təklif olunan texnologiya və sınaqdan keçirilmiş tərkib əsasında mədən-sənaye sınaqlarının aparılması da nəzərdə tutulur.

Разработка и применение новой технологии отделения нефти от нефтешламов

А.М. Самедов, д.т.н., М.Э. Алсафарова, к.т.н., Ш.Ю. Алиева, Н.И. Эмель, Р.Н. Гиримова
НИПИнефтегаз

Ключевые слова: пульпа, реагент, деэмульгирование, деэмульгатор, неионогенный, адсорбция.

Известно, что отделение нефти от нефтешлама имеет большое экономическое и экологическое значение. В среднем нефтешлам содержит 20–75 % нефтепродуктов, 5–10 % механических примесей и 20–70 % воды. После переработки нефтешлама прекращается загрязнение окружающей среды нефтепродуктами. С другой стороны, предотвращается потеря ценного сырья. На основе изучения информации из интернета, отечественных и зарубежных технологий, а также литературных материалов были разработаны подходящие деэмульгаторы и отстойные растворы для отделения нефти от нефтешлама. В условиях процесса лабораторных исследований были определены расход деэмульгатора и отстойного раствора. В зависимости от стоимости новых реагентов, успешно прошедших лабораторные испытания, и количества перерабатываемого нефтешлама будет достигнута высокая экономическая выгода. Перерабатывающая способность веществ, добавляемых в нефтешлам, высокая. При эмульгировании нефтешлама, отобранного на месторождении Дашгиль при НГДУ им. Н. Нариманова и содержащего 7.13 % воды, 1487 мг/л соли и 8.5 % механических примесей соответственно, количество оставшейся в нефти воды, соли и механических примесей соответствовало требованиям ГОСТ 51858-2002. Определены расход деэмульгатора и отстойного раствора, условия проведения процесса. Установлены показатели составов, успешно прошедших лабораторные испытания.

Определены физико-химические показатели реагентов, показавших наиболее эффективные результаты в лабораторных испытаниях. На основе испытанного состава и предложенной технологии на следующем этапе планируется проведение полевых испытаний и далее горнопромышленных испытаний на основе нового состава и предлагаемой технологии.

Development and application of new technology for separation of oil from oil sludgs

A.M. Samadov, Dr. in Tech. Sc., M.E. Alsafarova, Cand. in Tech. Sc., Sh.Y. Aliyeva, N.I. Emel, R.N. Qirimova
"Oil-Gas Scientific Research Project" Institute

Keywords: slurry, reagent, demulsification, demulsifier, non-ionic, adsorption.

It is known that the separation of oil from oil sludge has great economic and environmental significance. On average, oil sludge contains 20–75 % petroleum products, 5–10 % mechanical impurities and 20–70 % water. Recycling oil sludge prevents environmental pollution from petroleum products. Furthermore, the loss of valuable raw materials is prevented. Based on the study of information from the Internet, domestic and foreign technologies, as well as literary materials, suitable demulsifiers and settling solutions for separating oil from oil sludge were developed. Under laboratory research conditions, the consumption of demulsifier and settling solution was determined. Depending on the cost of new reagents that have successfully passed laboratory tests and the amount of oil sludge processed, high economic benefits will be achieved.

The processing capacity of substances added to oil sludge is high. When emulsifying oil sludge collected at the Dashgil field of the N. Narimanov Oil and Gas Production Department and containing 7.13 % water, 1487 mg/l salt, and 8.5 % mechanical impurities, respectively, the amount of water, salt and mechanical impurities remaining in the oil complied with the requirements of GOST 51858-2002. The consumption rates of demulsifier and settling solution, as well as the process conditions, were determined.

The performance indicators of the formulations that successfully passed laboratory testing were established. The physicochemical properties of the reagents that showed the most effective results in laboratory tests were determined. Based on the tested composition and the proposed technology, field trials are planned for the next stage. The next stage is planned to conduct mining tests based on the tested composition and the proposed technology.

Neft şlamlarının emalı və utilizasiyası çox mühüm ekoloji və iqtisadi məsələdir [1, 2]. Neft şlamlarının emal metodu və zərərsizləşdirilməsinin seçilməsi əsasən şlamdakı neft məhsullarının miqdarından asılıdır.

Neft tullantılarının zərərsizləşdirilməsi və utilizasiyası məqsədlə kimyəvi zərərsizləşdirmə, bioloji, termik, fiziki və fiziki-kimyəvi emal üsulları tətbiq edilir. Qeyd olunan üsullardan fiziki-kimyəvi emal metodu daha geniş yayılmışdır. Bu metoddan istifadə edərkən neft şlamlarının emalı məqsədlə xüsusi seçilmiş səthi-aktiv maddələr, deemulqatorlar, isladıcılar, həlledicilər və digərlərindən istifadə olunur.

Termokimyəvi üsulun tətbiqi zamanı texniki-texnoloji parametrlərə düzgün riayət olunduqda heç bir mürəkkəbləşmə baş vermədən xam neft TŞ Az 0136002-55-2003 (Azərbaycanda çıxarılan, öz tərkibinə görə unikal olan neft) rəhbər sənədinin tələblərinə uyğun hazırlanır. Lakin obyektiv və subyektiv səbəblərdən deemulsasiyadan sonra neftin yuxarıda qeyd olunan Texniki Şərtə cavab verməməsi halı baş verə bilər. Belə halda onun səbəbləri müəyyənləşdirilib aradan qaldırılmalıdır. Bu səbəblərdən əsasları su-neft qarışığının tələb olunan temperatura qədər qızdırılmaması, istilik dəyişdiricilərinin ilanvarı borularında duzların çökməsi, xam neftdə lay sularının çox olması, davamlı emulsiyanın yaranması, deemulqatorun normadan az verilməsi və digərlərini qeyd etmək olar. Deemulsasiyaya təsir edən amillər, onları yaranan səbəblər cədvəl 1-də verilmişdir.

Neft şlamından nefti ayırmaq üçün mövcud olan yerli və xarici texnologiyalar, eləcə də ədəbiyyat materialları araşdırılmışdır [3–5]. Bu

araşdırmalardan sonra müvafiq deemulqatorlar və çökdürücü məhlul hazırlanmışdır. Neftin susuzlaşdırılması prosesində yaranan aralıq emulsiya layının parçalanması üsulu işlənmişdir. Üsulun mahiyyəti aralıq emulsiya layının inhibitorlaşmış xlorid turşusu və ya onu saxlayan kompozisiya səthi-aktiv maddə, həlledici və su əlavə etməklə emalından, qızdırılması və çökdürülməsindən ibarətdir. Üsul suyun və qeyri-ionogen deemulqatorun reagent-isladıcı ilə qarışığa daxil edilməsi, qızdırılması və qarışdırılmasından ibarətdir. Aralıq emulsiya layı kimi N.Nərimanov ad. NQÇİ-nin Daşgil sahəsində yerləşən neftin hazırlanması və nəqli sexinin ərazisində olan neft şlamlarından istifadə olunmuşdur.

Deemulqatorların hazırlanması otaq temperaturunda Laprol -3003, Laprol- 3603-2-12 və ya Laprol 5003-2B-10 və yüngül qazoyulun 40:60 (% kütlə) nisbətində (şərti adları, müvafiq olaraq I, II və III), həmçinin bu laprolların CW-288 reagenti ilə ekvikütlə nisbətində qarışığının və yüngül qazoyulun 20:20:60 (% kütlə) nisbətində (şərti adları, müvafiq olaraq IV, V və VI), qarışığının tam həll olmasına qədər sadə qarışdırılması ilə aparılır. CW-288 reagenti depressator xassəli olsa da, deemulsasiya etmə qabiliyyətinə malik deyil. Lakin bu reagenti laprollarla ekvikütlə nisbətində qarışdırdıqda güclü deemulsasiya etmə qabiliyyəti əldə edilir. Görünür ki, bu zaman Laprol və CW-288 reagenti arasında sinergetik effekt yaranır. İsladıcı reagentin hazırlanması otaq temperaturunda maye şüşənin Na_2SiO_3 və qələvinin NaOH 9:1 (% kütlə) nisbətində sadə qarışdırılması ilə aparılmışdır.

Hazırlanmış qeyri-ionogen deemulqatorlar

Cədvəl 1

Deemulsasiyaya təsir edən amillər	Amilləri yaranan səbəblər	Səbəblərin aradan qaldırılması yolları
Neft-su qarışığının reqlamentə uyğun qızdırılmaması	Yanacaq qazının kifayət qədər olmaması üzündən lazımi dərəcədə temperatura malik su buxarının olmaması; İstilik dəyişdiricilərində İlanvarı borularda duzların çökməsi	Yanacağı (neft və qazı) lazımi həcmdə tənzimləməli Boruları duzlardan təmizləməli
Xam neftdə lay sularının çox miqdarda olması	Xam neftin toplandığı çəndə suyun ayrılması reqlamentinin pozulması	Suyun ayrılmasının vaxt reqlamentinə riayət etməli
Deemulqatorun normadan az verilməsi	Reagentin sulu məhlulunun düzgün hazırlanmaması	Reagentin sulu məhlulunu düzgün hazırlamalı
Sobalardan keçən su-neft qarışığının axını sürətinin çox olması	Nasosların iş rejiminin düzgün olmaması	Nasosların iş rejimi tənzimlənməli
Dayanıqlı emulsiyanın yaranması	Ağır neftlərdə emulsiyanın yaranması	Deemulsasiyanın reqlamentini dəyişməli, nefti ikinci dəfə deemulsasiyadan buraxmalı

Kompozisiyanın №-si	Qeyri-ionogen deemulqator						Na ₂ SiO ₃ ·NaOH	Su
	I	II	III	IV	V	VI		
1	0.3	-	-	-	-	-	10.0	89.7
2	0.5	-	-	-	-	-	10.0	89.5
3	-	0.3	-	-	-	-	10.0	89.7
4	-	0.5	-	-	-	-	10.0	89.5
5	-	-	0.3	-	-	-	10.0	89.7
6	-	-	0.5	-	-	-	10.0	89.5
7	-	-	-	0.3	-	-	5.0	94.7
8	-	-	-	0.5	-	-	5.0	94.5
9	-	-	-	-	0.3	-	5.0	94.7
10	-	-	-	-	0.5	-	5.0	94.5
11	-	-	-	-	-	0.3	5.0	94.7
12	-	-	-	-	-	0.5	5.0	94.5

tələ su-neft emulsiyasına daxil edildikdə fazaların ayrılma sərhədində cəmləşir. İsladıcı reagent isə mexaniki qarışıqların səthində adsorbsiya olunaraq, onları hidrofillaşdırir və emulsiyada su damcılarının disperslənmiş örtüklərinin tərkibində yerləşən mexaniki qarışıqların səthindən adsorbsiya olunmuş neft emulqatoru sıxışdırıb çıxarır.

Aralıq emulsiya layı kimi N.Nərimanov ad. NQÇİ-nin Daşgil sahəsindən götürülmüş neft şlamlarından istifadə olunmuşdur. Su-neft emulsiyasının parçalanmasında işlədilən termokimyəvi üsulda hər iki amilin – temperatur və kimyəvi reagentin birgə təsirindən istifadə olunur [6, 7].

Neft şlamları “Buxarlanma sahəsi”, “Çən 2”

Cədvəl 3

Hazırlanmış kompozisiyanın №-si	Emaldan sonra neftdə olan suyun, duzların və mexaniki qarışıqların qalıq miqdarları		
	Su, %	Duzlar, mq/l	Mexaniki qarışıqlar, %
1	0.4	96.4	0.05
2	0.2	53.7	0.05
3	0.45	97.8	0.05
4	0.21	60.9	0.05
5	0.5	89.7	0.06
6	0.24	62.3	0.05
7	0.45	96.7	0.05
8	0.18	56.4	0.05
9	0.4	89.5	0.06
10	0.21	62.4	0.05
11	0.5	103.7	0.06
12	0.15	48.3	0.05
13	0.4	88.5	0.05
14	0.21	64.2	0.05
15	0.45	87.9	0.05
16	0.2	58.4	0.05
17	0.5	98.5	0.05
18	0.21	60.4	0.05
19	0.5	102.4	0.06
20	0.18	53.6	0.05
21	0.4	94.3	0.05
22	0.15	47.4	0.05

və “Nefit tutucudan” götürülərək, eyni kütlə nisbətələrində qarışdırılmışdır. Şlamın tərkibi 7.13 % su, 1487 mq/l duz və 8.5 % mexaniki qarışıqlardan ibarətdir.

Aralıq emulsiya layının parçalanması “butulka sınağı” (bottle-test) ilə həyata keçirilmişdir. Qraduirovka olunmuş və ağzı kip bağlanan şüşə qaba (durulaşdırıcı butulka) 200 q neft şlamı doldurulur. Neft şlamına həlledici, su, inhibitorlaşmış xlorid turşusu və hazırlanmış qeyri-ionogen deemulqator əlavə edilir və mexaniki qarışdırıcı ilə qarışdırılır. Neft şlamına əlavə edilən maddələrin ümumi kütləsi 40 q təşkil etmişdir. Əlavə edilən komponentlər neft şlamı ilə qarışıqdan sonra qarışdırma davam etməklə temperatur 65–70 °C-yə çatdıqda qarışdırılma dayandırılır, şüşə qabın ağzı bağlanır və çökdürmə prosesi 6 saat müddətində aparılır. Neft şlamına əlavə edilən maddələrin miqdarı (% kütlə) cədvəl 2-də verilib.

Çökdürmə prosesi başa çatdıqdan sonra ayrılan suyun həcmi qeyd olunur, neft fazası ayrılır və effektivlik neftin tərkibindəki qalıq suyun, xlorid duzlarının və mexaniki qarışıqların

miqdarı ilə təyin olunur. Neftdəki qalıq suyun miqdarı QOST 14870-77-yə uyğun olaraq Din-Stark metodu ilə, xlorid duzlarının miqdarı QOST 21534-76 və mexaniki qarışıqlar QOST 6370-83-ə uyğun müəyyən edilmişdir. Aparılmış işlərin nəticələri cədvəl 3-də verilmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi, neft şlamına əlavə edilən maddələrin emal etmə qabiliyyəti yüksəkdir. N.Nərimanov ad. NQÇİ-nin Daşgil sahəsindən götürülmüş və tərkibində müvafiq olaraq 7.13 % su, 1487 mq/l duz və 8.5 % mexaniki qarışıqlar olan neft şlamını deemulsasiya etdikdə neftdə qalan su, duz və mexaniki qarışıqların miqdarı QOST 51858-2002-nin tələblərinə uyğun olmuşdur.

Deemulqatorun və çökdürücü məhlulun sərfiyyat norması, prosesin aparılması şəraiti müəyyən olunmuşdur. Laboratoriya sınaqlarından uğurla keçmiş tərkiblərin göstəriciləri müəyyən edilmişdir. Sınaqlardan keçmiş tərkib və təklif olunan texnologiya əsasında növbəti mərhələdə mədən sınağının aparılması nəzərdə tutulur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Huseynova N.I., Safarov N.M., Safarova G.N. Hydrodynamic simulation of the current state of liquid filtration under water emulsion impact on oil layer // SOCAR Proceedings, Spesial Issue (2023), pp. 87-95.
2. Mammadov M.A., Yadigarov T.A., Safarova G.N. et al. An economic and mathematical modeling for risk assessment of innovative activities an enterprise in oil and gas industry // SOCAR Proceedings, 2024, No 4, p. 139-146.
3. Гасанов Х.И., Халилов Н.Н. Ингибиторы солеотложения на основе фосфатов этилендиамина и соляной кислоты. Материалы IV Международной научно-практической конференции Булатовские чтения, г. Краснодар, 31 марта 2020, т. 2, с. 126-128.
4. Khalilov N.N. Application of nanotechnology to prevent corrosion in the oil refining process // Ekoenergetika jurnalı, 2021, № 2, s. 15-19.
5. Гасанов Х.И., Халилов Н.Н. Новые ингибиторы солеотложения на основе органического аминоксодержащего соединения, Булатовские чтения. Материалы III Международной научно-практической конференции, г. Краснодар, 31 марта 2019, т. 2, с. 52-54.
6. Агазаде А.Д., Гасанов Х.И., Самедов А.М., Алсафарова М.Э., Агазаде О.Д. Разрушение водонефтяной эмульсии с аминоксодержащими композиционными составами / Булатовские чтения. Материалы IV Международной научно-практической конференции / Сборник статей, Краснодар 31 март 2020, т. 2, с. 40-43.
7. Халилов Н.Н., Гасанов Х.И., Самедов А.М., Алсафарова М.Э. Разработка новых составов для обезвоживания и обессоливания эмульсионных нефтей / Булатовские чтения, Материалы IX Международной научно-практической конференции / Сборник статей, Краснодар 31 март, 2025, т. 1, с. 263-266.

References

1. Huseynova *N.I.*, Safarov *N.M.*, Safarova *G.N.* Hydrodynamic simulation of the current state of liquid filtration under water emulsion impact on oil layer // SOCAR Proceedings, Special Issue, 2023, pp. 87-95.
2. Mammadov *M.A.*, Yadigarov *T.A.*, Safarova *G.N. et al.* An economic and mathematical modeling for risk assessment of innovative activities an enterprise in oil and gas industry // SOCAR Proceedings, 2024, No 4, p. 139-146.
3. Qasanov *Kh.I.*, Khalilov *N.N.* Inqibitory soleotlodzheniya na osnove fosfatov etilendiamina i solyanoy kisloty. Materialy IV Medzhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Bulatovskiye chteniya, q. Krasnodar, 31 marta 2020, t. 2, s. 126-128.
4. Khalilov *N.N.* Application of nanotechnology to prevent corrosion in the oil refining process // Ekoenergetika jurnalı, 2021, № 2, pp. 15-19.
5. Qasanov *Kh.I.*, Khalilov *N.N.* Novyye inqibitory soleotlodzheniya na osnove orqanicheskogo aminosoderdzhashyey soyedineniya. Materialy III Medzhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Bulatovskiye chteniya, q. Krasnodar, 31 marta 2019, t. 2, s. 52-54.
6. Aqazade *A.D.*, Qasanov *Kh.I.*, Samedov *A.M.*, Alsafarova *M.E.*, Aqazade *O.D.* Razrusheniye vodoneftyanoy emulsii s aminosoderdzhashimi kompozitsionnymi sostavami/ Bulatovskiye chteniya. Materialy IV Medzhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii/ Sbornik statey, Krasnodar, 31 marta 2020, t. 2, s. 40-43.
7. Khalilov *N.N.*, Qasanov *Kh.I.*, Samedov *A.M.*, Alsafarova *M.E.* Razrabotka novykh sostavov dlya obezvodzhvaniya i obessolivaniya emulsionnykh neftey / Bulatovskiye chteniya. Materialy IX Medzhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / Sbornik statey, Krasnodar, 31 marta 2025, t. 1, s. 263-266.

Ştanqlı nasoslarla istismar olunan quyulardan neftin və boruarxası qazın yığılması və nəqli

Ş.P. Kazımov, t.ü.f.d., S.B. Bayramov, t.ü.f.d., N.M. Əmirli

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

e-mail: sardar.bayramov@asoiu.edu.az

Açar sözlər: ştanqlı nasos, boruarxası qaz, neft hasilatı, qaz–neft amili, toplama sistemləri.

Ştanqlı nasos qurğuları lay təzyiqi azalmış neft quyularının istismarında geniş istifadə olunur. İstismar zamanı neftlə birlikdə səmt qazı hasil edilir və təzyiqin azalması nəticəsində qazın çox hissəsi boruarxası fəzada toplanır. Boruarxasın fəzada qaz təzyiqinin artması quyudibində təzyiqi yüksəldir, mayenin dinamik səviyyəsini nasosun qəbuluna yaxınlaşdırır. Nəticədə, nasosun qəbuledici klapanının altında qaz-qum ayırıcısından istifadə edilsə də onun silindrinə maye ilə birlikdə sərbəst qaz qabarcıqları daxil olur. Plunjerin yuxarı hərəkəti zamanı sərbəst qaz genişlənərək nasosun silindrinə daha çox mayenin daxil olmasına maneə törədir və nasosun dolma əmsalını aşağı salır. Nasosun silindrinin plunjer altı fəzasında maye ilə plunjer arasında boşluq yarandığından plunjerin aşağı hərəkətində genişlənmiş qaz sıxılır və plunjer zərbə ilə mayeyə dəyir. Təcrübi tədqiqatlara görə, nasosun silindrinə daxil olmuş sərbəst qaz ştanqlı nasosların məhsuldarlığını 40–60 %-ə qədər azalda bilər, həmçinin nasosun istismar müddətini qısaldır və ştanqlı nasosun faydalı iş əmsalını aşağı düşür.

Məqalədə ştanqlı nasoslarla istismar olunan quyularda neft-su emulsiyasının və boruarxası qazın yığılması, ölçülməsi və nəqli prosesləri təhlil edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, boruarxası qazın səmərəli idarə olunması və düzgün seçilmiş yığım, ölçmə, nəzarət və nəql sistemləri hasilatın sabitliyini artırır və qazla bağlı itkiləri azaldır.

Сбор и транспорт нефти и затрубного газа в скважинах, эксплуатируемых штанговыми насосными установками

Ш.П. Кязимов, д.ф.т.н., С.Б. Байрамов, д.ф.т.н., Н.М. Амирли

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: штанговый насос, затрубный газ, добыча нефти, газовый фактор, системы сбора.

Штанговые насосы широко используются при эксплуатации нефтяных скважин с пониженным пластовым давлением. В процессе работы насоса совместно с нефтью добывается попутный газ, и в результате снижения давления в скважине большая его часть накапливается в затрубном пространстве. Повышение давления газа в затрубном пространстве увеличивает давление на забое скважины, приближая динамический уровень жидкости к приемному клапану насоса. В результате, несмотря на использова-

ние газопесчаного сепаратора под приемным клапаном насоса, свободные газовые пузырьки попадают в его цилиндр совместно с жидкостью. При движении плунжера вверх попутный газ расширяется, препятствуя поступлению большего количества жидкости в цилиндр насоса и снижает коэффициент заполнения насоса. Поскольку в пространстве под плунжером цилиндра насоса образуется зазор между жидкостью и плунжером, расширяющийся газ сжимается при движении плунжера вниз, и плунжер ударяется о жидкость. Согласно экспериментальным исследованиям, попадание попутного газа в цилиндр насоса может снизить КПД штанговых насосов на 40–60 %, а также сократить срок службы и уменьшить коэффициент полезного действия штангового насоса.

В статье анализируются процессы сбора, измерения и транспортировки нефтеводной эмульсии и затрубного попутного газа из скважин, эксплуатируемых штанговыми насосами. Результаты показывают, что эффективное управление затрубным попутным газом и правильно подобранные системы сбора, измерения, контроля и транспортировки повышают стабильность добычи и снижают потери, связанные с газом.

Oil and annular gas gathering and transportation in wells operated by sucker rod pumping systems

Sh.P. Kazimov, Cand. in Tech. Sc., S.B. Bayramov, Cand. in Tech. Sc., N.M. Amirli
Azerbaijan State Oil and Industry University

Keywords: sucker rod pump, annular gas, oil production, gas–oil ratio, gathering systems.

Sucker rod pumping systems are widely used in the production of oil wells with depleted reservoir pressure. During operation, associated gas is produced together with oil. As reservoir pressure declines, a significant portion of the gas accumulates in the tubing–casing annulus. The increase in annular gas pressure leads to a rise in bottomhole pressure and causes the dynamic fluid level to approach the pump intake.

As a result, even when a gas–sand separator is installed below the pump intake valve, free gas bubbles may enter the pump cylinder together with the liquid. During the upward stroke of the plunger, the free gas expands, reducing the volume of liquid entering the cylinder and decreasing the pump fill factor. Furthermore, the formation of a gap between the plunger and the liquid in the plunger undertravel space causes the expanded gas to compress during the downward stroke, resulting in impact loading on the plunger. Experimental studies indicate that the presence of free gas in the pump cylinder can reduce the efficiency of sucker rod pumps by 40–60 %, shorten pump service life, and decrease overall system efficiency.

This article analyzes the processes of accumulation, measurement, and transportation of oil–water emulsion and annular gas in wells operated by sucker rod pumps. The results demonstrate that effective annular gas management and properly designed gathering, measurement, control, and transportation systems enhance production stability and reduce gas-related losses.

Lay təzyiqi və quyu məhsuldarlığının aşağı düşdüyü köhnə yataqlarda süni qaldırma metodlarından biri kimi sadəliyi və az kapital qoyuluşu ilə fərqlənən ştanqlı nasos qurğusu (ŞNQ) geniş tətbiq olunur [1–5]. Lakin neft və səmt qazının birgə istehsalı quyuda ştanqlı nasosun işinə bilavasitə təsir edir [6–8].

Lay təzyiqi düşdükcə, mayenin laydan quyu lüləsinə axını zamanı həll olmuş qaz neftdən ayrılır. Bu qazın əhəmiyyətli bir hissəsi nasos-kompressor borusu ilə istismar kəməri arasındakı həlqəvi fəzada toplanır [9, 10]. Həlqəvi fəzada qaz təzyiqinin artması quyudibində əks təzyiqin artmasına və dinamik səviyyənin azalmasına səbəb olur, nəticədə nasosun mayedə dalma dərinliyi azalır [6, 11, 12]. Nasosun dalma dərinliyi azaldıqca onun silindrinə neft ilə daxil olan qazın miqdarı artır [7]. Qaz genişlənən və sıxılan mühit olduğundan plunjerin yuxarı hərəkətində silindrə daxil olmuş qaz genişləndiyindən daha çox mayenin ora daxil olmasına müqavimət göstərir. Nəticədə nasosun silindri maye ilə tam dolmur və plunjerlə maye arasında qaz fəzası – ölü fəza yaranır. Plunjerin aşağı hərəkətində plunjeraltı qaz fəzası sıxıldığından vurma klapanı vaxtında açılmır və plunjer zərbə ilə silindrə daxil olmuş mayeyə dəyir. Nasosun dolma əmsalının azalması onun qeyri-stabil işləməsinə, məhsuldarlığının düşməsinə, silindr-plunjer cütliyünün və klapanların daha tez yeyilməsinə bilavasitə təsir edir. Çıxarılan məhsulun tərkibində aqressiv qum-gil qarışıqlarının olması [11, 13, 14] nasosun klapanlarının və silindr-plunjer cütliyünün aşınmasını daha da sürətləndirir [1, 9, 15].

Həlqəvi qaz fəzasına həsr olunmuş tədqiqatlar göstərir ki, həlqəvi fəzada qaz yığılma sürəti qaz-maye nisbəti, maye hasilatı və quyunun konstruksiyasından asılıdır [1, 3, 6, 11, 12]. Müəyyən edilmişdir ki, həlqəvi fəzada qaz təzyiqinin artımı zamanla qeyri-xəttidir və lay təzyiqi azaldıqca artır. Həlqəvi fəzada qaz təzyiqinin zamanla artması laydan quyuya axınının miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə azaltmaq və dinamik maye səviyyəsini nasosun qəbuluna doğru yerini dəyişdirmək qabiliyyətinə malikdir [1, 7].

İstehsalat təcrübəsində həlqəvi fəzada toplanmış qazın mənfi təsirlərini azaltmaq üçün müxtəlif metodlardan istifadə olunur, o cümlədən: nasosun qəbulunda mərkəzdənqaçma və

gravitasiyadan qazın ayrılması [1, 3, 12, 13]; nasosun dalma dərinliyinin artırılması və quyu-ağzı kompressorlardan istifadə edərək həlqəvi fəzadan qazın məcburi sorulub çıxarılması [8]. Bu metodların səmərəliyi quyuya xas şərtlərdən və yerüstü yığım sistemləri arasında koordinasiya dərəcəsindən asılıdır [15]. Bir çox hallarda inteqrasiya olunmuş yanaşmanın olmaması onların uzunmüddətli səmərəliyini məhdudlaşdırır [9]. Bu səbəbdən, ŞNQ ilə istismar olunan quyularda neftin və həlqəvi fəzadan qazın yığılması və nəqlinin təhlili praktik əhəmiyyət kəsb edir.

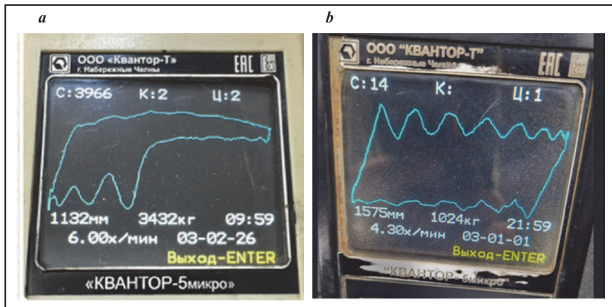
Problemin qoyuluşu

Neft quyularının ŞNQ ilə istismarında qaz faktorunun artması hasilatın qeyri-stabilliyi və nasosun səmərəliyinin azalması ilə müşahidə olunur [1, 12, 13]. Nasos-kompressor borusu ilə istismar kəməri arasındakı həlqəvi fəzada neft-qazın yığılması orada təzyiqin artmasına, dinamik maye səviyyəsinin aşağıya doğru sıxışdırılmasına, laydan quyuya neft axınının və nasosun maye ilə dolma əmsalının azalmasına səbəb olur [1, 7, 11]. Qaz-qum müdaxiləsinin artması nəticəsində nasosun hissələrinin yeyilməsi sürətlənir, klapanlardan, silindr-plunjer cütliyündən mayenin sızması artır, neft hasilatı azalır və nasos qurğusunun səmərəliyi, etibarlılığı və istismar müddəti azalır [9, 13].

ŞNQ məhsuldarlığı nasosun diametrindən, plunjerin gediş yolunun uzunluğundan və ikili gedişlərin sayından asılıdır [2, 5, 10]. Sadalanan parametrlər və nasosun buraxılma dərinliyindən asılı olaraq ştanq asqısına düşən yüklər dəyişir. Ştanq asqısının yuxarı hərəkətində ştanq və nasos-kompressor borularının deformasiyaları qurtardıqdan sonra quyudibində nasosun plunjeri yuxarı hərəkətə başlayır, eləcə də, ştanq asqısının aşağı hərəkətində, yenə də, ştanq və nasos-kompressor borularının deformasiyaları bitdikdən sonra nasosun plunjeri aşağı hərəkətə başlayır. Ştanq asqısının yuxarı və aşağı hərəkətlərində sürət və təcil dəyişdiyinə görə, asqıya düşən dinamik yük də dəyişir [5, 10, 11]. Ştanq asqısında yükün dəyişmə xarakterinə görə nasosun necə işləməsi haqqında dəqiq fikir yürütmək olur. 15 il öncəyə qədər ştanq asqısına düşən yüklər dinamogramlar vasitəsilə ölçülürdü. Dinamogramın çıxarılması üçün mancaq dəzgahı tam dayandırılmalı, ştanq kəməri quyuağzı kipləşdirici üzərindən xüsusi tutucular vasitəsilə

asılmalı, dinamograf ştanqın asqı yerində bərkidilməli, sonra mancaq dəzgahı az miqdarda hərəkətə gətirilərək ştanqlar qaldırılmalı və tutuculardan azad olmalıdır. Ondan sonra mancaq dəzgahı işə salınmalıdır. Bu işin təhlükəsiz icrası üçün quyuağzında ən azı iki nəfər təcrübəli operator işləməli olurdu. Mancaq dəzgahı dayandığı dövrdə quyunun parametrləri dəyişir və mancaq dəzgahı işə salındıqdan sonra qararlaşmış rejimin yaranması üçün 1...2 saat gözləmək lazım gəlirdi.

Son zamanlar nəzarət ölçü cihazları və avtomatikanın (NÖC və A) inkişafı ilə əlaqədar ştanq asqısına düşən yüklərin dəyişməsi kvantor vasitəsilə yerində və ya yüklərin təsirindən balansirin deformasiyasına görə onun üzərində quraşdırılmış NÖC vasitəsilə təyin edilir və məlumatlar operator otağında kompüterə ötürülür [4, 15]. Şəkil 1-də quyuağzında kvantor vasitəsilə çıxarılmış quyuların dinamogramları göstərilmiş və şəkil a-nın təhlilindən görünür ki, nasosun silindrinə daha çox qaz daxil olduğundan, silindr maye ilə tam dola bilməyib və nasos zərbələrlə işləyir, şəkil b-də isə silindr maye ilə tam dolub və nasos normal işləyir.



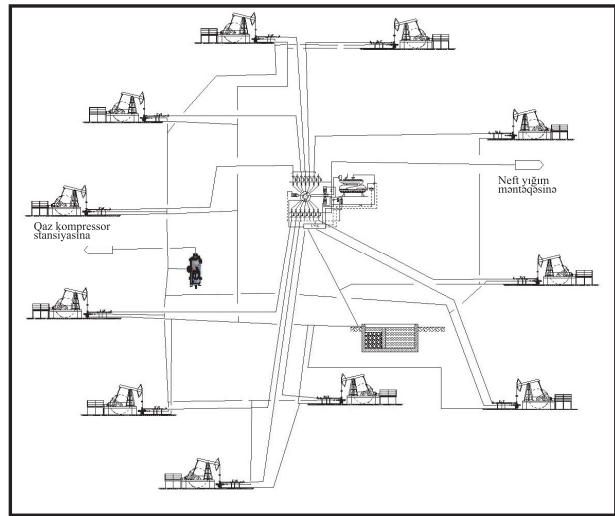
Şəkil 1. Quyuların dinamogramları: a – silindrə qazlı maye daxil olduqda; b – silindr maye ilə tam dolduqda

Məlumatlar operator otağında kompüterə ötürüldükdə, istənilən vaxt ixtiyari quyunun dinamogramını təhlil etməklə nasosun işi haqqında dəqiq fikir yürütmək olur. Son zamanlara qədər ştanq asqısının ikili gedişlərinin sayının dəyişilməsinə mühərrikin valı üzərində quraşdırılmış qasnağı dəyişmək vasitəsilə nail olunurdu. İndi isə xüsusi NÖC və A vasitəsilə, mancaq dəzgahı saxlanılmadan, mühərrikin dövrlər sayını dəyişməklə ştanq asqısının ikili gedişlərinin sayı dəyişdirilir.

Abşeron yarımadasında məhsuldar laylar kövrək süxurlardan: qum, qumdaşı, əhəngdaşı,

dolomitlərdən təşkil olunduğundan çıxarılan neft-qazın tərkibində aqressiv bərk hissəciklər olur [11, 13, 14]. ŞNQ-nin ştanq asqısında dinamogram çıxarıldıqda və ya mühərrikin valı üzərində qasnaq dəyişdirildikdə mancaq dəzgahı dayandırılmalı idi. Qurğunun işə salınma müddətinə qədər silindr-plunjer cütü aralığına qum dənəsi çöküb pərçimləmə yarada bilirdi, bu da bəzi hallarda ştanqların qırılması ilə nəticələnirdi.

Exolot vasitəsilə quyuda mayenin dinamik səviyyəsini, həqəvi fəzada təzyiqi və temperaturu ölçmək və məlumatı operator otağında kompüterə ötürmək mümkün olur.



Şəkil 2. Ştanqlı nasoslarla işləyən qrup quyuların məhsulunun yığılması

Lay təzyiqi düşmüş neft-qaz yataqlarının səmərəli istismarında qrup quyular üçün 6; 8; 10; 12 və ya 14 quyuluq avtomatik qrup ölçü bloku quraşdırılmalı və quyuların atqı xətlərinin sonluğu ölçü blokunun giriş xətlərinə birləşdirilməlidir (şəkil 2). Ölçü blokunda nəzərdə tutulmuş ardıcılıq üzrə quyuların günlük məhsuldarlığı ölçülür və məlumatlar operator otağında kompüterə ötürülür. Ölçü blokunun işlək hissələri qum təsirindən yeyilməyə qarşı həssasdır, ona görə ölçü blokunun giriş xətlərində qum tutulmalıdır. Bunun üçün giriş xətləri üzərində süzgəc və ya qumyığıq kamerası olan hidrosiklonlar quraşdırılmalıdır. Süzgəc və hidrosiklonların drenaj çıxışı üzərində partlayışa davamlı elektrik intiqallı siyirtmələr nəzərdə tutulmalı və qum yığıldıqca siyirtmələr qısa müddətə (5–10 s) avtomatik açılmalı, qum-su qarışığı yeraltı

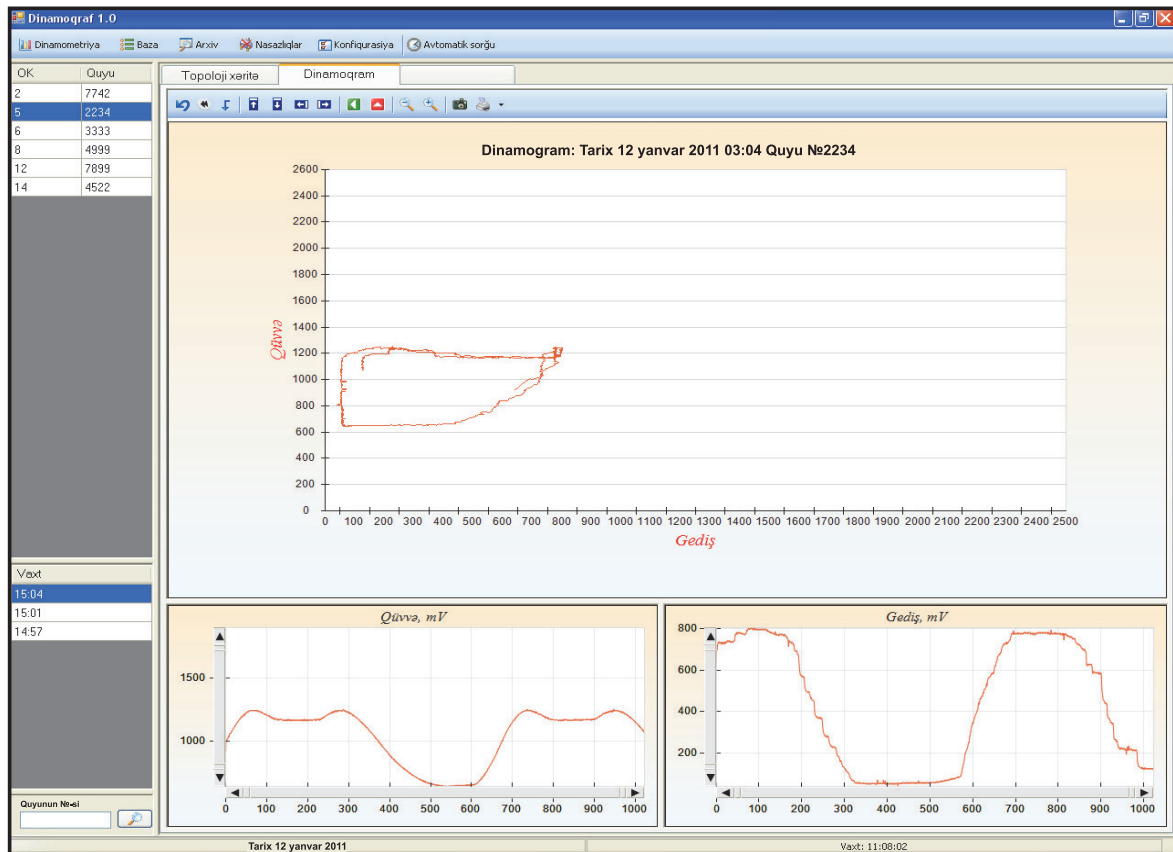
drenaj tutumuna axıdılmalıdır. Drenaj tutumu ikibölməli hazırlanmalı və üstü qapalı olmalıdır. Birinci bölmədə qum-gil qarışıqları çökür, daşmış maye ikinci bölməyə keçir. Drenaj tutumu elə bir yerdə tikilməlidir ki, həm quyulardan, həm də ölçü bloklarından oraya sərbəst axın ola bilsin. Quyuların qum tıxacından yuyulması üçün drenaj tutumuna yığılmış mayedən istifadə edilməlidir. Drenaj tutumuna quyulardan və ölçü bloklarından drenaj boru xətləri çəkilməlidir. Quyuların yuyulması vaxtı çıxan su-qum-gil qarışığı drenaj tutumuna axıdılmalıdır. Eyni zamanda drenaj tutumundan quyulara, onların yuyulması üçün təzyiq altında işləyə bilən borular çəkilməlidir. Drenaj tutumunda qumun və mayenin yuxarı səviyyəsinə ciddi nəzarət olmalıdır, belə ki, qum yığım bölməsində qum yuxarı səviyyənin 70 %-nə qədər dolduqda, texnika vasitəsilə drenaj tutumundan yığılmalı və utilizasiya üçün ekologiya idarəsi ilə razılaşdırılmış yerə daşınmalıdır. Eləcə də, su yığım bölməsində su yuxarı səviyyənin 70 %-nə qədər dolduqda nasos vasitəsilə nefti yığım məntəqəsinə gedən nəql kəmərinə vurulmalıdır.

Quyulardan çıxarılan maye ölçü blokun-

dan çıxan kollektor boru kəməri ilə nefti yığım məntəqəsinə nəql olunur. Mayenin tərkibində qum-gil qarışıqlarının olması yığım çənlərinin dib çöküntüləri ilə çirklənməsinə səbəb olur, bu da çənlərin aşınmasını sürətləndirir və istismar müddətini qısaldır. İl ərzində çənlər bir neçə dəfə dib çöküntülərindən təmizlənməlidir və buna da böyük həcmdə əmək, texnika və zaman sərf olunur.

Qum-gil qarışıqlarının ölçü bloklarının girişlərində tutulması həm ölçü blokunun ömrünü uzadır, həm də çənlər parkında mürəkkəbləşmələrin qarşısını alır.

ŞNQ ilə istismar edilən neft quyularının iş rejimlərinin idarə edilməsi və avtomatlaşdırılmış nəzarəti üçün "Simsiz nəzarət və idarəetmə telemetrik sistem"-ləri tətbiq edilir. Dispetçer məntəqə avadanlığı və obyekt kontrolleri sistemin tərkibinə daxildir. Dispetçer məntəqəsi antenna, "Radio modul" və ya GSM modem, kompüter və yuxarı səviyyəli proqram təminatından ibarət olub şəbəkə sisteminin mümkünlüyünü və məlumatların inteqrasiyasını özündə birləşdirir. Quyuağzında quraşdırılmış standart çıxışlı analoq (4–20 mA), rəqəmli (Modbus) və teledi-



Şəkil 3. Dinamoqraf programının pəncərəsi

namometriya vericilərindən (DUP, DUI, DÇLP, DÇUP) informasiyanı mikrokontroller modulu qəbul edərək alqoritmə uyğun ilkin emal edir və dispetçer məntəqəsinə radio modul vasitəsilə ötürür. Avtomatlaşdırılmış iş yerində yuxarı səviyyəli proqram təminatı (SCADA) qəbul edilmiş informasiyanı sistemləşdirir, məlumat bazasına yazır və quyunun işində baş verən nasazlıqları vaxtında aşkar edir.

Avtomatlaşdırılmış iş yeri irihəcmli arxivlərin yaradılmasına imkan verir, operator ilə vizual interfeys rolunu oynayır, kontrollerin işinə nəzarət etməyə və zəruri hallarda müdaxilə etməyə imkan verir.

Quyunun gündəlik dinamik səviyyəsini, quyudaxili təzyiqi, dinamoqramın formasını (şəkil 3) və ölçü blokunda sərfiyyatını nəzarətdə saxlamaq və təhlil etməklə quyunun işini tənzimləmək, lazım gəldikdə rejim parametrlərini (nasosun ikili gedişlərinin sayını) mancanaq dəzqahını saxlamadan dəyişmək olur. Mancanaq dəzqahının müxtəlif yırğalanma sayında və asqı nöqtəsinin müxtəlif gediş yolunda hər bir quyuyu dinamoqramını və onun hasilatını analiz etməklə quyuyu istismarı üçün əlverişli rejim seçmək olur.

Həlqəvi fəzada yığılmış qazın quyudibinə, dinamik səviyyəyə və nasosun işinə əks təsirini aradan qaldırmaq üçün kəmərlə başlığından qaz çıxış xətti çəkilməlidir [11, 15]. Qrup quyular üçün NÖC və A ilə təchiz olunmuş bir ədəd separator nəzərdə tutulmalı və quyuların qaz çıxış xətlərinin sonluğu separatorun giriş xəttinə birləşdirilməlidir. Bir neçə qrup quyular üçün bir ədəd vakuüm kompressoru quraşdırılmalıdır [6, 7]. Separatorlardan çıxan xətlər vakuüm kompressorun giriş xəttinə birləşdirilməlidir. Kompresorda qazın təzyiqi artırılaraq istifadə üçün müvafiq yerə nəql olunur. Quyuların həlqəvi fəzasından qazın götürülməsilə təzyiq xeyli aşağı

düşür, quyuya və nasosun işinə qaz təzyiqinin əks təsirləri aradan qaldırılmış olur.

Nəticə

Qaz və qum-gil qarışıqları ştanqlı nasosun məhsuldar işinə və uzunömürlülüyünə mənfi təsir göstərir. Bu halların qarşısının alınması üçün nasosun qəbulunda qaz-qum ayırıcıları quraşdırılmalıdır. Onların da tipi nasosun məhsuldarlığına müvafiq seçilməlidir.

Həlqəvi fəzada yığılan qazın yüksək təzyiq yaradaraq mayenin dinamik səviyyəsinə, nasosun işinə və laydan quyuya daxil olan məhsulun miqdarına əks təsir göstərir. Həmin qazın yığılması və istifadəsi üçün qrup quyular sisteminə separator bloku və vakuüm kompressoru nəzərdə tutulmalıdır. Belə ki, quyuların kəmərlə başlıqlarından separator blokunun girişinə qaz xətləri çəkilməli və eyni zamanda separatorun qaz çıxış xətti vakuüm kompressorunun girişi ilə əlaqələndirilməlidir. Vakuüm kompressorunda qazın təzyiqi artırılaraq istifadə üçün təyin olunmuş yerə nəql olunmalıdır.

3. Qrup quyular üçün ölçü blokları və yeraltı drenaj tutumları nəzərdə tutulmalıdır. Ölçü bloklarının uzunömürlülüyünü və etibarlılığını təmin etmək, eləcə də nefti yığım məntəqəsinə gedərək mürəkkəbləşmələr yaradan qum-gil qarışıqları ölçü bloklarının giriş xətlərində süzgəc və ya qum yığım kamerası olan hidrosiklonlardan istifadə etməklə ayrılmalı və drenaj tutumuna buraxılmalıdır.

Quyuağzında, ölçü blokunda, drenaj tutumunda, separator blokunda müvafiq NÖC və A-dan istifadə etməklə quyuda dinamik səviyyəyə, təzyiqə, ştanqlı nasosun işinə, quyuyu məhsuldarlığına, həlqəvi fəzadan qazın çıxarılmasına nəzarət etmək və quyuyu üçün optimal rejim seçmək olar.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Allison A.P. Solving gas interference issues with sucker rod pumps in the Permian Basin. In *SPE Artificial Lift Conference and Exhibition – Americas* (SPE-190936-MS). Society of Petroleum Engineers. 2018.
2. American Petroleum Institute. API Specification 11B: Specification for sucker rods, polished rods and liners, couplings, sinker bars, polished rod clamps, stuffing boxes, and pumping tees* (27th ed.) 2010.
3. Artyukhov A.V., Isaev A.A., Drozdov A.N., Gorbyleva Y.A., & Nurgalieva K.S. The rod string loads variation during short-term annular gas extraction // *Energies*, 2022, v. 15(14), p. 5045.
4. Fakher S., Khlaifat A., Hossain M.E., Nameer H. A comprehensive review of sucker rod pumps' components, diagnostics, mathematical models, and common failures and mitigations // *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 2021, № 11, pp. 3815-3839.
5. Hasanov F.Q., Bayramov S.B., Abdullayev E.E., Damirova J.R. Sucker-rod pumping unit with hydraulic transmission mechanism in the rod string // *SOCAR Proceedings*, 2024, No. 1, pp. 9-16.
6. Колесова С.Б. Снижение влияния свободного газа на работу насосного оборудования // *Нефть. Газ. Новации*, 2018, т. 6(66).
7. Уразаков К.Р., Белозеров В.В., Латыпов Б.М. Исследование динамики накопления газа в затрубном пространстве добывающих скважин // *Записки Горного института*, 2021, т. 250, с. 606-614.
8. Уразаков К.Р., Латыпов Б.М., Белозеров В.В. Температурный режим устьевого компрессора для откачки газа из затрубного пространства нефтяной скважины. *Известия Томского политехнического университета // *Инжиниринг георесурсов*, 2022, т. 333 (1), с. 190-199.
9. Hu C., Yu H., Han G., Liu M. Leakage of a multistage self-compensating soft plunger pump under different methods // *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 2022, v. 15(1), pp. 93-99.
10. Xu J., Li W., Meng S. Kinematic and dynamic simulation analysis of modified conventional beam pumping unit // *Energies*, 2022, v. 15(15), p. 5496.
11. Jeff Saponja, Rob Hari, Sean David, Justen Brignac, Dayley Jaszan, Oilify Corbin Coyes, Brandon VanHuss. Enhancing downhole gas and solids separation and lowering operational risk by taking advantage of multi-phase flow reversals. *Southwestern Petroleum Short Course*. 2021.
12. McCoy J.N., Lea J.F., Boland M.R. Evaluation and performance of packer-type gas separators with sucker rod pumps. In *SPE Artificial Lift Conference and Exhibition–North America* (SPE-164510-MS). Society of Petroleum Engineers. 2013.
13. He X., Pang Z., Ren L., Zhao L., Lu X., Wang Y., Liu P. A critical review on analysis of sand producing and sand-control technologies for oil well in oilfields. *Frontiers in Energy Research*, 2024, № 12, 1399033.
14. Suleimanov B.A., Abbasov H.F., Ismailov Sh.Z. A comprehensive review on sand control in oil and gas wells part II: Chemical treatment and sand management // *SOCAR Proceedings*, 2024, (4), pp. 27-41. _
15. Javida Damirova, Nigar Algazakhli, Musa Jafarov. Improving rod pump unit's quality indicators for the required parameters, PAHTEI proceedings of Azerbaijan high technical educational institutions // *Refereed & reviewed Journal*, 2024, v. 40 (05), pp. 573-581.

References

1. Allison A.P. Solving gas interference issues with sucker rod pumps in the Permian Basin. In *SPE Artificial Lift Conference and Exhibition–Americas* (SPE-190936-MS). Society of Petroleum Engineers. 2018.
2. American Petroleum Institute. API Specification 11B: Specification for sucker rods, polished rods and liners, couplings, sinker bars, polished rod clamps, stuffing boxes, and pumping tees, (27th ed.), 2010.
3. Artyukhov A.V., Isaev A.A., Drozdov A.N., Gorbyleva Y.A., Nurgalieva K.S. The rod string loads variation during short-term annular gas extraction // *Energies*, 2022, v. 15(14), p. 5045.
4. Fakher S., Khlaifat A., Hossain M.E., Nameer H. A comprehensive review of sucker rod pumps' components, diagnostics, mathematical models, and common failures and mitigations // *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 2021, № 11, pp. 3815-3839.
5. Hasanov F.Q., Bayramov S.B., Abdullayev E.E., Damirova J.R. Sucker-rod pumping unit with hydraulic transmission mechanism in the rod string // *SOCAR Proceedings, Special Issue*, 2024, No. 1, pp. 9-16.
6. Koleova S.B. Snidzheniye vliyaniya svobodnovo gaza na rabotu nasosnovo oborudovaniya // *Neft'. Gaz. Novatsii*, 2018, t. 6(66).
7. Urazakov K.R., Belozеров V.V., Latypov B.M. Issledovaniye dinamiki nakopleniya gaza v zatrubnom pronstranstve dobyvayushikh skvadzhin // *Zapiski Qornoqo instituta*, 2021, t. 250, s. 606-614.
8. Urazakov K.R., Latypov B.M., Belozеров V.V. Temperaturnyy redzhim ust'yevoqo kompressora dlya otkachki qaza iz zatrubnoqo pronstranstva neftyanoy skvadzhini. *Izvestiya Tomskoqo politekhnicheskogo universiteta // Indzhiniring georesursov*, 2022, t. 333(1), s. 190-199.
9. Hu C., Yu H., Han G., Liu M. Leakage of a multistage self-compensating soft plunger pump under different methods // *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 2022, v. 15(1), pp. 93-99.
10. Xu J., Li W., Meng S. Kinematic and dynamic simulation analysis of modified conventional beam pumping unit // *Energies*, 2022, v. 15(15), p. 5496.
11. Jeff Saponja, Rob Hari, Sean David, Justen Brignac, Dayley Jaszan, Oilify Corbin Coyes, Brandon VanHuss. Enhancing downhole gas and solids separation and lowering operational risk by taking advantage of multi-phase flow reversals. *Southwestern Petroleum Short Course*. 2021.
12. McCoy J.N., Lea J.F., Boland M.R. Evaluation and performance of packer-type gas separators with sucker rod pumps. In *SPE Artificial Lift Conference and Exhibition–North America* (SPE-164510-MS) // Society of Petroleum Engineers. 2013.
13. He X., Pang Z., Ren L., Zhao L., Lu X., Wang Y., Liu P. A critical review on analysis of sand producing and sand-control technologies for oil well in oilfields. *Frontiers in Energy Research*, 2024, № 12, p. 1399033.
14. Suleimanov B.A., Abbasov H.F., Ismailov Sh.Z. A comprehensive review on sand control in oil and gas wells part II: Chemical treatment and sand management // *SOCAR Proceedings*, 2024, № 4, pp. 27-41. _
15. Javida Damirova, Nigar Algazakhli, Musa Jafarov. Improving rod pump unit's quality indicators for the required parameters, PAHTEI proceedings of Azerbaijan high technical educational institutions // *Refereed & reviewed Journal*, 2024, v. 40 (05), pp. 573-581.

Boru kəmərlərində korroziya vəziyyətinin pyezokeramik sensorlar vasitəsilə monitorinqi

N.İ. Abbasov¹, M.S. Kərimova, t.ü.f.d.²

¹SOCAR Nəqliyyat İdarəsi,

²Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

e-mail: nurlanabbassov@gmail.com

Açar sözlər: boru kəmərlərinin monitorinqi, daxili korroziya diaqnostikası, pyezokeramik sensor texnologiyası, ultrasəs siqnal emalı, zaman üzrə tərs çevirmə.

Məqalədə magistral neft boru kəmərlərində daxili korroziya vəziyyətinin diaqnostikası üçün pyezokeramik sensorlar əsasında qurulmuş kompleks monitorinq metodu təqdim edilmişdir. Təklif olunan yanaşma aktiv ölçmə metodu, zaman üzrə tərs çevirmə metodu, dalğacıq paketi enerjisi əsasında xüsusiyyətlərin çıxarılması və konvolyusion neyron şəbəkəsi ilə avtomatik diaqnostikanı birləşdirir. Ultrasəs siqnallarının etibarlılığının artırılması məqsədilə zaman üzrə tərs çevirmə metodu tətbiq edilmiş və fokuslanmış siqnallar əldə olunmuşdur. Fokuslanmış siqnallardan dalğacıq paketi enerjisi əsasında informativ xüsusiyyətlər çıxarılmış və daxili korroziya dərəcələri süni intellekt vasitəsilə avtomatik müəyyən edilmişdir. Eksperimental nəticələr təklif olunan metodun yüksək diaqnostika dəqiqliyinə malik olduğunu göstərmişdir.

Мониторинг состояния коррозии трубопроводов с использованием пьезокерамических датчиков

Н.И. Аббасов¹, М.С. Керимова, д.ф.т.н.²

¹Транспортное управление SOCAR,

²Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: мониторинг трубопроводов, диагностика внутренней коррозии, пьезокерамическая сенсорная технология, обработка ультразвуковых сигналов, метод временного обратного преобразования.

Представлен комплексный метод мониторинга, основанный на пьезокерамических датчиках, для диагностики состояния внутренней коррозии в магистральных нефтепроводах. Предлагаемый подход объединяет метод активного измерения, метод временного обратного преобразования, извлечение информативных признаков на основе энергии вейвлет-пакетов и автоматическую диагностику с использованием сверточной нейронной сети. С целью повышения надежности ультразвуковых сигналов был применен метод временного обратного преобразования, в результате чего были получены сфокусированные сигналы. На основе энергии вейвлет-пакетов из сфокусированных сигналов были извлечены информативные признаки, и степени внутренней коррозии были автоматически определены с использованием методов искусственного интеллекта. Экспериментальные результаты показали, что предлагаемый метод обладает высокой диагностической точностью.

N.I. Abbasov¹, M.S. Karimova², PhD in Tech.Sc.²

¹SOCAR Transportation Department,

²Azerbaijan State Oil and Industry University

Keywords: pipeline monitoring, internal corrosion diagnosis, piezoceramic sensor technology, ultrasonic signal processing, time reversal method.

This paper presents a comprehensive monitoring method based on piezoceramic sensors for diagnosing the internal corrosion condition of main oil pipelines. The proposed approach integrates active sensing, the time reversal method, feature extraction based on wavelet packet energy, and automatic diagnosis using a convolutional neural network. To improve the reliability of ultrasonic signals, the time reversal method was applied, resulting in focused signals. Informative features were extracted from the focused signals based on wavelet packet energy, and internal corrosion levels were automatically identified using artificial intelligence techniques. Experimental results demonstrate that the proposed method achieves high diagnostic accuracy.

Magistral neft boru kəmərləri enerji daşıyıcılarının uzun məsafələrə təhlükəsiz və fasiləsiz nəqlini təmin edən əsas infrastruktur elementlərindən biridir. Bu tip boru kəmərlərinin istismarı zamanı qarşılaşılan ən ciddi problemlərdən biri daxili korroziya prosesidir. Korroziya boru divarının qalınlığının azalmasına, mexaniki möhkəmliyin zəifləməsinə və nəticə etibarilə qəza riskinin artmasına səbəb olur. Bu cür qəzalar həm ciddi iqtisadi itkilərə, həm də ətraf mühit üçün ağır nəticələrə gətirib çıxara bilər.

Daxili korroziya adətən neftin və onun tərkibində olan aqressiv komponentlərin, həmçinin rütubət və duzların təsiri nəticəsində yaranır və uzun müddət vizual olaraq müşahidə edilmir. Bu səbəbdən korroziya prosesinin erkən mərhələdə aşkarlanması və vəziyyətinin kəmiyyət baxımından diaqnostikası magistral neft boru kəmərlərinin istismar təhlükəsizliyi üçün mühüm əhəmiyyət daşıyır. Ənənəvi yoxlama üsulları, əsasən, periodik xarakter daşıyır və real vaxt rejimində fasiləsiz nəzarəti təmin etmir. Bundan əlavə, bu üsulların bir qismi yüksək xərc, mürəkkəb texniki təminat və istismar zamanı məhdud tətbiq imkanları ilə xarakterizə olunur.

Son illərdə boru kəmərlərinin struktur mükəmməliyinin qiymətləndirilməsi məqsədilə qeyri-dağıdıcı monitorinq metodlarının inkişafına xüsusi diqqət yetirilir. Bu istiqamətdə pyezokeramik sensorlar əsasında qurulan sistemlər, aktiv ölçmə metodu vasitəsilə boru divarında

yayılan ultrasəs dalğalarının təhlilinə əsaslanaraq, daxili qüsurların və korroziya proseslərinin aşkarlanması üçün perspektivli texniki həll kimi qiymətləndirilir. Lakin real istismar şəraitində ölçülmüş siqnalların səs-küylü olması və korroziya dərəcələri arasındakı fərqlərin zəif ifadə olunması bu yanaşmanın tətbiqində əlavə siqnal emalı və diaqnostika üsullarının istifadəsini zəruri edir.

Bu məqalədə magistral neft boru kəmərlərində daxili korroziya vəziyyətinin diaqnostikası üçün pyezokeramik sensorlar əsasında qurulan və zaman üzrə tərs çevirmə metodu, dalğacıq paketi enerjisi və konvolüsyon neyron şəbəkəsi kimi müasir yanaşmaları birləşdirən kompleks metod təklif olunur. Tədqiqatın əsas məqsədi ölçülmüş ultrasəs siqnallarının etibarlılığını artırmaq, korroziya vəziyyətini xarakterizə edən informativ xüsusiyyətləri çıxarmaq və daxili korroziya dərəcələrini yüksək dəqiqliklə avtomatik diaqnostika etməkdir.

Magistral neft boru kəmərlərində daxili korroziya prosesinin effektiv diaqnostikası üçün ilk növbədə etibarlı və həssas ölçmə mexanizminin seçilməsi tələb olunur. Bu baxımdan pyezokeramik sensorlar mexaniki və elektrik sahələri arasında çevrilmə qabiliyyətinə malik olduqları üçün boru kəmərlərinin struktur sağlamlığının monitorinqində geniş tətbiq potensialına malikdir. Pyezokeramik sensorların əsas iş prinsipi pyezoelektrik effektdə əsaslanır. Bu effektdə görə

mexaniki gərginlik nəticəsində materialda elektrik siqnalı yaranır, əksinə elektrik təsiri altında isə mexaniki deformasiya baş verir. Bu xüsusiyyət pyezokeramik sensorların həm hərəkətverici element, həm də ölçmə elementi kimi istifadə olunmasına imkan verir. Boru kəmərlərinin monitorinqində pyezokeramik sensorlar adətən borunun xarici səthinə bərkidilir və konstruksiyanın daxili vəziyyəti ultrasəs dalğalarının yayılma xüsusiyyətləri vasitəsilə dolay yolla qiymətləndirilir [1].

Korroziya monitorinqində pyezokeramik sensorlardan istifadə əsasən aktiv ölçmə metoduna əsaslanır. Bu metodda bir pyezokeramik sensor vasitəsilə boru divarına ultrasəs impulsu ötürülür, digər sensor isə boru boyunca yayılan dalğanı qəbul edir. Boru divarında korroziya baş verdikdə materialın qalınlığı azalır, qeyri-bircinslik artır və səth kobudluğu dəyişir. Bu dəyişikliklər ultrasəs dalğalarının amplituda, enerji və yayılma sürətinə təsir göstərərək ölçülmüş siqnallarda öz əksini tapır. Beləliklə, pyezokeramik sensorlardan əldə edilən siqnallar korroziya vəziyyətinə dair mühüm informasiya daşıyır [2].

Pyezokeramik sensorlar əsasında qurulan monitorinq sistemlərinin mühüm üstünlüklərindən biri onların qeyri-dağıdıcı və fasiləsiz nəzarət imkanlarıdır. Sensorların kiçik ölçülü olması və aşağı enerji sərfiyyatı boru kəmərinin istismar prosesinə ciddi müdaxilə etmədən monitorinqin aparılmasına şərait yaradır. Bundan əlavə, pyezokeramik sensorlar geniş tezlik diapazonunda işləyə bildikləri üçün ultrasəs dalğalarının müxtəlif rejimlərinin istifadəsinə imkan verir.

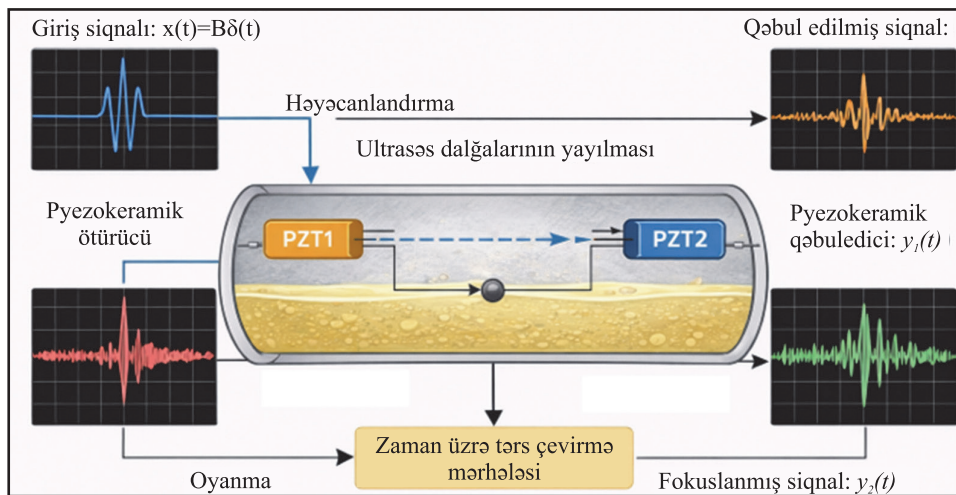
Pyezokeramik sensorlar əsasında aparılan aktiv ölçmələr nəticəsində əldə edilən ultrasəs siqnalları magistral neft boru kəmərlərinin real istismar şəraitində müxtəlif xarici təsirlərə məruz qalır. Mexaniki vibrasiyalar, temperatur dəyişmələri və mühit səs-küyü ölçülmüş siqnallarda faydalı informasiyanın zəifləməsinə səbəb olur və korroziya dərəcələri arasındakı fərqlərin aydın şəkildə seçilməsini çətinləşdirir. Bu səbəbdən ölçmə siqnallarının etibarlılığının artırılması korroziya vəziyyətinin dəqiq diaqnostikası üçün vacib mərhələ hesab olunur [3]. Zaman üzrə tərs çevirmə metodunun pyezokeramik sensorlar əsasında boru kəmərinə tətbiq sxemi şəkil 1-də təqdim olunmuşdur.

Şəkil 1-də göstəriləndiyi kimi, pyezokeramik sensorlardan biri hərəkətverici element kimi çıxış edərək boru divarına qısamüddətli ultrasəs impulsu ötürür. Bu impuls boru kəməri boyunca yayıldıqdan sonra ikinci pyezokeramik sensor tərəfindən qəbul edilir. Qəbul edilmiş siqnal zaman oxu üzrə tərsinə çevrilir və yenidən hərəkətverici element vasitəsilə konstruksiyaya ötürülür. Bu proses nəticəsində ultrasəs dalğası ilkin mənbə istiqamətində fokuslanır və fokuslanmış siqnal əldə olunur [4].

Zaman üzrə tərs çevirmə metodunda pyezokeramik sensor tərəfindən boru divarına qısamüddətli impuls siqnalı ötürülür və bu siqnal

$$x(t) = B \cdot \delta(t) \quad (1)$$

ifadəsi ilə təsvir olunur. Burada $\delta(t)$ delta funksiyasını, B isə impulsun amplitudunu göstərir. Boru kəməri boyunca yayılan ultrasəs dalğa-



Şəkil 1. Pyezokeramik sensorlar əsasında zaman üzrə tərs çevirmə metodunun boru kəmərinə tətbiq sxemi

sı digər pyezokeramik sensor tərəfindən qəbul edilir və $y_1(t)$ siqnalı kimi qeyd olunur. Bu siqnal konstruksiyanın daxili vəziyyəti haqqında informasiya daşıyır, lakin səs-küy komponentlərini də ehtiva edir. Qəbul edilmiş siqnal zaman oxu üzrə tərsinə çevrilərək $y_1(-t)$ formasında yenidən konstruksiyaya ötürülür.

Dalğa proseslərinin geri dönmə xüsusiyyəti nəticəsində tərs çevrilmiş siqnal mənbə istiqamətində fokuslanır və səs-küyü azaldılmış, daha informativ fokuslanmış siqnal $y_2(t)$ əldə olunur. Bu siqnal sonrakı xüsusiyyətlərin çıxarılması və diaqnostika mərhələləri üçün etibarlı giriş məlumatı kimi istifadə edilir.

Zaman üzrə tərs çevirmə metodunun tətbiqi nəticəsində əldə edilən fokuslanmış ultrasəs siqnalları korroziya prosesinə dair mühüm məlumatlar ehtiva etsə də, bu məlumatlar xam formada avtomatik diaqnostika üçün yararlı deyil. Buna görə də fokuslanmış siqnalların riyazi baxımdan emal edilməsi və korroziya vəziyyətini xarakterizə edən informativ xüsusiyyətlərə çevrilməsi tələb olunur. Bu mərhələnin əsas məqsədi fokuslanmış siqnallardan diaqnostika üçün ən uyğun və dayanıqlı göstəricilərin çıxarılmasıdır [5].

Bu tədqiqatda xüsusiyyətlərin çıxarılması mərhələsi dalğacıq paketləri üzrə parçalanma və dalğacıq paketi enerjisinin hesablanması əsasında həyata keçirilmişdir. Fokuslanmış siqnallar qeyri-stasionar xarakter daşdığı üçün onların analizi zamanı həm zaman, həm də tezlik sahəsində dəyişiklikləri nəzərə alan metodların istifadəsi məqsədəuyğun hesab olunur.

Dalğacıq paketləri üzrə parçalanma nəticəsində əldə edilən hər bir alt-zolaq üçün enerji

göstəricisi hesablanır. Dalğacıq paketi enerjisi siqnalın müvafiq tezlik intervalında cəmlənmiş məlumat miqdarını ifadə edir və korroziya dərəcələrinin fərqləndirilməsində yüksək həssaslığa malikdir. Enerji göstəricilərinin istifadəsi siqnalın amplitud dəyişmələrinə deyil, ümumi struktur xüsusiyyətlərinə əsaslandığı üçün səs-küyün təsirini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

Fokuslanmış siqnaldan xüsusiyyətlərin çıxarılması və onların sonrakı diaqnostika mərhələsinə ötürülməsi prosesi şəkil 2-də təqdim olunmuş sxemdə əks etdirilmişdir.

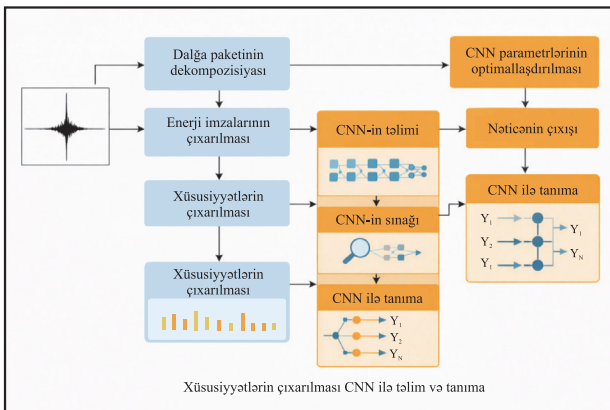
Şəkildə göstəriləyi kimi, fokuslanmış siqnal əvvəlcə dalğacıq paketləri üzrə parçalanır, daha sonra hər bir alt-zolaq üzrə enerji imzaları çıxarılır və formalaşdırılmış xüsusiyyətlər konvolyusion neyron şəbəkəsinin girişinə ötürülür. Bu yanaşma siqnal emalı və süni intellekt əsaslı diaqnostika mərhələləri arasında ardıcıl və məntiqi əlaqə yaradır.

Əldə edilmiş dalğacıq paketi enerjiləri normalaşdırılaraq vahid ölçü mühitinə gətirilir və korroziya vəziyyətini xarakterizə edən xüsusiyyətlər vektoru formalaşdırılır. Bu vektor fokuslanmış siqnalların mürəkkəb quruluşunu yığcam şəkildə təsvir edir və növbəti mərhələdə avtomatik sinifləndirmə üçün etibarlı giriş məlumatı rolunu oynayır [6].

Konvolyusion neyron şəbəkələri mürəkkəb və qeyri-xətti asılılıqları öyrənmək qabiliyyətinə malik olduqları üçün siqnal emalı və struktur sağlamlıq monitorinqi sahəsində geniş tətbiq olunur. Bu şəbəkələr giriş məlumatlarında mövcud olan lokal xüsusiyyətləri avtomatik şəkildə aşkar edir və müxtəlif siniflər arasında fərqləndirmə aparmağa imkan verir. Tədqiqatda konvolyusion neyron şəbəkəsi giriş qatında dalğacıq paketi enerjisindən formalaşdırılmış xüsusiyyətlər vektorunu qəbul edir və bu məlumatlar əsasında korroziya vəziyyətini müəyyən edir.

Diaqnostika prosesi üç əsas mərhələdən ibarətdir: şəbəkənin təlimi, sınağı və tanıma mərhələsi. Təlim mərhələsində konvolyusion neyron şəbəkəsi müxtəlif korroziya dərəcələrinə uyğun xüsusiyyətlər üzərində öyrədilir və optimal parametrlər formalaşdırılır. Sınaq mərhələsində şəbəkənin ümumiləşdirmə qabiliyyəti qiymətləndirilir, tanıma mərhələsində isə yeni ölçmə məlumatları əsasında korroziya vəziyyəti avtomatik olaraq müəyyən edilir [7].

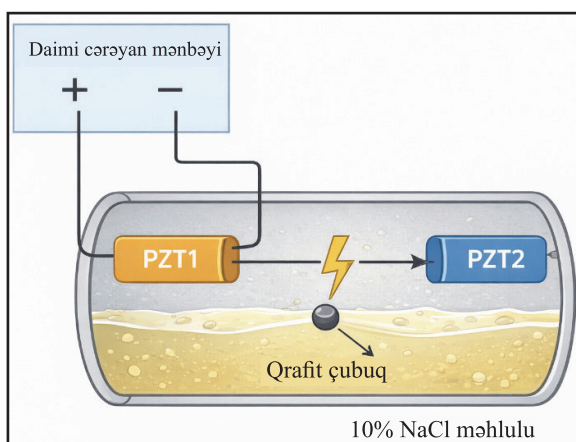
Konvolyusion neyron şəbəkəsinin tətbiqi



Şəkil 2. Dalğacıq paketi enerjisi və konvolyusion neyron şəbəkəsi əsasında korroziya diaqnostikasının strukturu

dalğacıq paketi enerjisi əsasında çıxarılmış xüsusiyyətlər ilə birgə istifadə edildikdə yüksək diaqnostika dəqiqliyi təmin edir. Bu yanaşma korroziya dərəcələri arasında olan zəif fərqlərin belə etibarlı şəkildə aşkar edilməsinə imkan yaradır və subyektiv qiymətləndirmə ehtiyacını aradan qaldırır. Nəticədə korroziya vəziyyəti real vaxt rejiminə yaxın şəraitdə avtomatik və kəmiyyət baxımından müəyyən edilir.

Təklif olunan korroziya diaqnostikası metodunun effektivliyini qiymətləndirmək məqsədilə laboratoriya şəraitində eksperimental tədqiqatlar aparılmışdır. Eksperimentlərin əsas məqsədi magistral neft boru kəmərlərində baş verən daxili korroziya prosesini süni şəkildə yaratmaq, pyezokeramik sensorlar vasitəsilə ölçmələr aparmaq və əldə edilən nəticələr əsasında metodun etibarlılığını yoxlamaqdır. Daxili korroziyanın yaradılması üçün elektrokimyəvi üsuldən istifadə edilmişdir. Eksperimental qurğunun ümumi sxemi şəkil 3-də verilmişdir [4].



Şəkil 3. Elektrokimyəvi üsulla daxili korroziyanın yaradılması üçün istifadə olunan eksperimental qurğunun sxemi

Şəkildən görüldüyü kimi, boru kəməri nümunəsi elektrolit mühiti kimi 10 % natrium xlorid (NaCl) məhluluna məruz qoyulmuş, qrafit elektrod və sabit cərəyan mənbəyi vasitəsilə boru divarında idarə olunan korroziya prosesi formalaşdırılmışdır. Bu

yanaşma real istismar şəraitində baş verən daxili korroziya mexanizminin laboratoriya mühitində modelləşdirilməsinə imkan vermişdir. Eksperiment zamanı boru kəməri nümunəsinin müxtəlif vaxt intervallarında korroziya dərəcələri yaradılmış və hər bir mərhələdə pyezokeramik sensorlar vasitəsilə ultrasəs ölçmələri aparılmışdır. Ölçmə mərhələsində əldə edilən siqnallar əvvəlcə zaman üzrə tərs çevirmə metodu ilə emal edilmiş, daha sonra dalğacıq paketi enerjisi əsasında informativ xüsusiyyətlər çıxarılmış və konvolyusion neyron şəbəkəsinə ötürülmüşdür. Bu ardıcılıqla aparılan emal prosesi ölçmə məlumatlarının diaqnostika üçün yararlı formaya salınmasını təmin etmişdir [8].

Aparılan eksperimental tədqiqatların nəticələri göstərmişdir ki, korroziya dərəcəsinin artması fokuslanmış siqnalların enerji paylanmasında sistemə dəyişikliklərə səbəb olur. Bu dəyişikliklər dalğacıq paketi enerjisi göstəricilərində aydın şəkildə əks olunmuş və müxtəlif korroziya vəziyyətlərinin fərqləndirilməsi mümkün olmuşdur. Konvolyusion neyron şəbəkəsi əsasında aparılan diaqnostika nəticələri yüksək dəqiqlik nümayiş etdirmiş və korroziya dərəcələrinin avtomatik sinifləndirilməsinə imkan vermişdir [9].

Təklif olunan pyezokeramik sensorlar əsasında qurulmuş monitoring metodunun effektivliyini qiymətləndirmək üçün dünya praktikasında geniş tətbiq olunan ənənəvi üsullar və müasir xarici analoqlarla müqayisəli təhlil aparılmışdır (cədvəl). Hazırda magistral neft boru kəmərlərinin diaqnostikasında əsasən ABŞ və Almaniyada istehsal olunan Maqnit sızma axını (MFL) və standart ultrasəs texnologiyalarına əsaslanan “ağıllı qurğular” istifadə olunur. Lakin aparılan tədqiqat göstərir ki, təklif olunan TR-WPE-CNN (zaman üzrə tərs çevirmə – dalğacıq paketi enerjisi – konvolyusion neyron şəbəkəsi) yanaşması bir neçə fundamental üstünlüyə malikdir:

– siqnalın etibarlılığı və fokuslanması: xarici analoqlarda (məsələn, GE Inspection Technologies sistemləri) istifadə olunan ultrasəs siqnal-

Müqayisə meyarları	MFL (Maqnit sızma axını)	Standart PZT metodları	Təklif olunan metod (TR-WPE-CNN)
Ölçmə tipi	Periodik	Aktiv	Fasiləsiz (Real vaxt)
Səs-küyə həssaslıq	Yüksək	Yüksək	Aşağı (Zaman üzrə tərs çevirmə ilə təmizlənilir)
Quraşdırma xərci	Çox yüksək	Orta	Aşağı
İnsan amili	Ekspert rəyi tələb olunur	Manual analiz	Tam Avtomatik (CNN sayəsində)
Diaqnostika dəqiqliyi	≈ 85-90 %	≈ 75-85 %	➤ 96 %

ları uzun məsafələrdə dispersiya və zəifləməyə məruz qalır ki, bu da kiçik korroziya ləkələrinin aşkarlanmasını çətinləşdirir. Bu işdə tətbiq olunan zaman üzrə tərs çevirmə metodu, dalğa enerjisini mənbə istiqamətində yenidən fokuslayaraq siqnal-küy nisbətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Bu, xarici analoqlardan fərqli olaraq, səs-küylü mühitlərdə belə yüksək dəqiqliklə diaqnostika aparmağa imkan verir:

– yüksək həssaslıq və erkən diaqnostika: ənənəvi MFL metodları boru divarının qalınlığı 15–20 %-dən çox azaldıqda effektiv işləyir. Tədqiqatda istifadə olunan dalğacıq paketi enerjisi (WPE) analizi isə siqnalın həm zaman, həm də tezlik xüsusiyyətlərini eyni anda emal etdiyi üçün korroziyanın erkən mərhələlərində (qalınlığın 5 %-dən az azalması zamanı) yaranan mikroskopik dəyişiklikləri belə müəyyən edə bilir.

– avtomatlaşdırma və subyektivliyin aradan qaldırılması: mövcud kommersion sistemlərinin çoxu məlumatların emalı üçün mütəxəssis (operator) rəyinə ehtiyac duyur. Təqdim olunan modeldə isə konvolyusion neyron şəbəkəsinin tətbiqi daxili korroziya dərəcələrinin insan müdaxiləsi olmadan, tam avtomatik və 96 %-dən yuxarı dəqiqliklə sinifləndirilməsini təmin edir.

Bu tədqiqatda təqdim olunan CNN–dalğacıq paketi enerjisi əsaslı diaqnostika yanaşması magistral boru kəmərlərinin intellektual monitorinqi üçün etibarlı elmi əsas formalaşdırır və rəqəmsal əkiz texnologiyasına inteqrasiya baxımından yüksək potensiala malikdir. Gələcək mərhələlərdə pyezokeramik sensor şəbəkələrinin IoT infrastrukturuna inteqrasiyası boru kəmərlərinin struktur sağlamlığının real vaxt rejimində izlənilməsinə və rəqəmsal model üzərində vizuallaşdırılmasına imkan verəcəkdir.

Bununla yanaşı, korroziya dərəcələrinin zaman üzrə dəyişmə dinamikasının süni intellekt alqoritmləri ilə təhlili əsasında boru kəmərinin qalan istismar müddətinin proqnozlaşdırılması mümkün olacaqdır. Bu yanaşma proqnozlaşdırıcı texniki xidmət strategiyalarının tətbiqinə və qəza risklərinin minimallaşdırılmasına şərait yaradacaqdır. Gələcək tədqiqatlarda modelin temperatur, daxili təzyiq və axın mühitinin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri kimi xarici amillərə adaptasiya qabiliyyətinin artırılması nəzərdə tutulur. Nəticə etibarilə, təqdim olunan yanaşma boru kəmərlərinin təhlükəsizliyini təmin edən avtonom və intellektual monitorinq sistemlə-

rinin yaradılması istiqamətində mühüm addım kimi qiymətləndirilə bilər.

Nəticə

Məqalədə magistral neft boru kəmərlərində daxili korroziya vəziyyətinin diaqnostikası üçün pyezokeramik sensorlar əsasında qurulmuş kompleks monitorinq yanaşması tədqiq edilmişdir. Təklif olunan metod ölçmə, siqnal emalı, xüsusiyyətlərin çıxarılması və süni intellekt əsaslı diaqnostika mərhələlərini vahid və ardıcıl sistem şəklində birləşdirir.

Tədqiqatın ilkin mərhələsində pyezokeramik sensorların aktiv ölçmə metodu əsasında boru kəmərlərində ultrasəs dalğalarının yaradılması və qəbulu imkanları göstərilmişdir. Ölçülmüş siqnalların real istismar şəraitində səs-küyə məruz qalması nəzərə alınaraq, zaman üzrə tərs çevirmə metodunun tətbiqi ilə siqnalların fokuslanması və informativliyinin artırılması təmin edilmişdir. Bu mərhələ korroziya təsirinin ölçmə nəticələrində daha aydın şəkildə ifadə olunmasına şərait yaratmışdır.

Sonrakı mərhələdə fokuslanmış siqnallar dalğacıq paketləri üzrə parçalanaraq dalğacıq paketi enerjisi əsasında informativ xüsusiyyətlər çıxarılmışdır. Bu yanaşma korroziya nəticəsində yaranan lokal dəyişikliklərin tezlik sahəsində effektiv şəkildə xarakterizə edilməsinə imkan vermişdir. Əldə edilən xüsusiyyətlər konvolyusion neyron şəbəkəsinin girişinə ötürülərək daxili korroziya dərəcələrinin avtomatik sinifləndirilməsi həyata keçirilmişdir.

Elektrokimyəvi üsulla yaradılmış laboratoriya şəraitində aparılan eksperimental tədqiqatların nəticələri təklif olunan metodun yüksək diaqnostika dəqiqliyinə malik olduğunu göstərmişdir. Nəticələr pyezokeramik sensorlar, zaman üzrə tərs çevirmə metodu və konvolyusion neyron şəbəkəsinin birləşmə tətbiqinin daxili korroziya vəziyyətinin etibarlı və obyektiv qiymətləndirilməsi üçün effektiv texniki həll olduğunu təsdiqləmişdir.

Ümumilikdə, aparılan tədqiqat magistral neft boru kəmərlərində fasiləsiz və qeyri-dağıdıcı korroziya monitorinqinin həyata keçirilməsi üçün praktik baxımdan tətbiq oluna bilən elmi əsaslandırılmış yanaşma təqdim edir. Gələcək tədqiqatlarda metodun real istismar şəraitində uzunmüddətli tətbiqi və müxtəlif boru materialları üçün uyğunlaşdırılması məqsəduyğun hesab olunur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Luo Z., Han Q., Wang X. Corrosion monitoring of pipelines using time reverssal guided waves. *NDT & E International*, 2018, v. 98, pp. 123-131.
2. Zhang Y., Li X., Sun H. Wavelet packet energy-based feature extraction for corrosion detection in pipelines. – *Measurement*, 2019, v. 146, pp. 675-684.
3. Zhao Y., Sun Z., Ye L. Corrosion damage classification using ultrasonic guided waves and convolutional neural networks. – *Structural Health Monitoring*, 2020, v. 19, № 5, pp. 1681-1694.
4. Yang D., Zhang X., Zhou T., Wang T., Li J. A novel pipeline corrosion monitoring method based on piezoelectric active sensing and convolutional neural networks. – *Sensors*, 2023, v. 23, № 8, pp. 3855-3874.
5. Wang T., Zhou Z., Wang C. Time reversal guided wave-based damage imaging for pipelines. – *Ultrasonics*, 2019, v. 96, pp. 110-119.
6. Peng Z., He C., Yang Z. Ultrasonic guided wave-based corrosion monitoring using piezoelectric sensors. – *Sensors*, 2021, v. 21, № 8, pp. 2765-2780.
7. Zhou J., Liu Y., Li H. Wavelet packet analysis for feature extraction of non-stationary signals in pipeline inspection. – *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2018, v. 99, pp. 1-15.
8. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning. – *Nature*, 2015, c. 521, № 7553, pp. 436-444.
9. Sun L., Wang C., Chen X. Internal corrosion assessment of pipelines using ultrasonic signals and machine learning. // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2022, v. 75, pp. 104698.

Gəmiqayırmanın formalaşması və onun təşkilində dövlət dəstəyinin rolu

T.İ. Baytalov

"Neftqazəlmətdəqiqatlayihə" İnstitutu

e-mail: t.baitalov@azgerneft.com

Açar sözlər: gəmiqayırma, sənaye, milli, müəssisə, dünya təcrübəsi, dövlət, dəstək.

Müasir iqtisadi münasibətlərin formalaşdığı şəraitdə ölkəmizin gəmiqayırma sənayesinin formalaşması istiqamətlərinin və onun təşkilində dövlət dəstəyinin rolunun müəyyənləşdirilməsi məqalədə əks olunmuşdur. Tədqiqat işində məntiqi ümumiləşdirmə, sistemli yanaşma, analiz və sintez metodlarından istifadə edilmişdir. Araşdırmalar gəmiqayırma sənayesi sahəsindəki müəssisələrin səmərəli təşkilinə və onların fəaliyyətinin təkmilləşdirilməsinə əlverişli şərait yaratmağa hədəflənmişdir.

Tədqiqatın nəticələri – ölkəmizdə milli gəmiqayırma sənayesinin səmərəli təşkilində dövlət dəstəyinin rolunun araşdırılması bu sənaye sahəsinin yüksək istehsal, elmi-texniki və ixrac potensialının inkişafına və səmərəli istifadəsinə yönəldilmiş qanun konsepsiyasının hazırlanaraq tətbiqinə imkan verə bilər. Gəmiqayırma sənayesinin təşkilində dövlət dəstəyinin rolu qiymətləndirilmiş və bu sahədə qabaqcıl dünya təcrübəsindən istifadə etməklə qanunvericiliyin təkmilləşdirilməsi zərurətləri tədqiq edilmişdir.

Формирование судостроения и роль государственной поддержки в его организации

T.И. Байталов
НИПИнефтегаз

Ключевые слова: судостроение, промышленность, национальный, предприятие, мировой опыт, государство, поддержка.

В статье отражено определение направлений формирования судостроительной отрасли нашей страны и роли государственной поддержки в ее организации в условиях формирования современных экономических отношений. В исследовательской работе использованы методы логического обобщения, системного подхода, анализа и синтеза. Исследование направлено на создание благоприятных условий для эффективной организации предприятий в сфере судостроения и совершенствования их деятельности.

Результаты исследования – изучение роли государственной поддержки в эффективной организации отечественной судостроительной отрасли в нашей стране может позволить разработать и реализовать правовую концепцию, направленную на развитие и эффективное использование высокого производственного, научно-технического и экспортного потенциала этой отрасли. Проведена оценка роли государственной поддержки в организации судостроительной отрасли и изучены потребности в совершенствовании законодательства с использованием передового мирового опыта в этой области.

The formation of shipbuilding and the role of state support in its organization

T.I. Baytalov
"Oil-Gas Scientific Reserch Project" Institute

Keywords: shipbuilding, industry, national, enterprise, world, organization, state, support

The article reflects the determination of the directions of formation of the shipbuilding industry of our country and the role of state support in its organization in the conditions of formation of modern economic relations. The research work used logical generalization, systematic approach, analysis and synthesis methods. The research aimed at creating favorable conditions for the effective organization of enterprises in the field of shipbuilding industry and improving their activities.

Results of the study – the study of the role of state support in the effective organization of the national shipbuilding industry in our country may allow the development and implementation of a legal concept aimed at the development and effective use of the high production, scientific-technical and export potential of this industry. The role of state support in the organization of the shipbuilding industry was assessed and the needs for improving legislation were studied using advanced world experience in this area.

Sərhədlərinin 24.29 %-i (ölkəmizin şərqindən Xəzər dənizinin sahil xəttinə düşən hissəsi 816 km-dir) dənizdən ibarət olan Azərbaycan Respublikası nəqliyyat sektorunda yük dövriyyəsinin 4.34 %-dən çoxunu dəniz nəqliyyatı vasitəsilə həyata keçirir [1, 2]. Həm dənizdə yük daşınmasının təşkili, həmçinin sərnişin daşınması baxımından, həm də öz dəniz şəlfində neft-qaz hasilatını və logistikasını daha da inkişaf etdirmək üçün, digər tərəfdən də öz əlverişli coğrafi mövqeyindən istifadə etməklə bu sahədə digər Xəzəryanı ölkələrə ixrac potensialını artırmaq üçün Azərbaycan Respublikasının milli gəmiqayırma sənayesinin səmərəli təşkilinə və təkmilləşdirilməsinə dəstək strateji əhəmiyyətə malikdir.

Ümummilli liderimiz H.Ə. Əliyevin uğurlu siyasəti nəticəsində Əsrin Müqaviləsi imzalandıqdan sonra dünyanın nəhəng neft şirkətləri sağlam rəqabət mühiti formalaşmış ölkəmizin neft-qaz sənayesinə investisiya qoyuluşunda çox maraqlı olmuşlar. Bu cür nəhəng layihələrin reallaşdırıldığı iqtisadi münasibətlər şəraitində ölkəmizdə xarici gəmiqayırma müəssisələri ilə eyni səviyyədə olan milli gəmiqayırma müəssisələrinin təşkilinə zərurət daha da artmışdır. Digər tərəfdən, gəmiqayırma sənayesinin səmərəli təşkili və inkişafı ümummilli liderimiz H.Ə. Əliyevin Xəzər dənizi regionunda Azərbaycanın qeyri-neft sektorunun inkişaf etdirilməsinə dair uğurlu strategiyasına mühüm töhvə verə bilən prioritetlərdəndir. Bütün qeyd edilən-

ləri nəzərə alaraq, xüsusi aktuallığa malik olan strateji sahə kimi gəmiqayırmanın formalaşdırılması istiqamətlərinin müəyyən edilməsi və bu sahənin səmərəli təşkilində dövlət dəstəyinin rolunun müəyyənəşdirilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Bazar prinsiplərinə uyğun milli sənayenin formalaşdığı şəraitdə gəmiqayırmanın səmərəli təşkilinin zəruriliyi

Ölkəmiz öz müstəqilliyini əldə etdikdən sonra əvvəlki inzibati amirlik sistemindən fərqli olaraq milli iqtisadiyyatımız yeni bazar prinsiplərinə uyğun olaraq formalaşdı. Belə şəraitdə dövlət sənaye siyasəti alətlərinin müxtəlifliyi ilə yeni idarəetmə prinsiplərinə keçid proseslərinin təkamülünü təmin etdi. Bu da dövlətin iqtisadi artımın stimullaşdırılmasında fəal rolunu göstərdi və dövlət siyasəti iqtisadiyyatın təkamül transformasiyasının tənzimləyicisi rolunda mühüm əhəmiyyət kəsb etdi.

Müasir dövrdə dövlətin qarşısında duran başlıca vəzifələrdən biri əhalinin sosial rifah səviyyəsinin daim yüksəldilməsinə xidmət edən və dünya təsərrüfatına səmərəli inteqrasiya olunan milli iqtisadiyyat formalaşdırmaqdır. Dayanıqlı milli iqtisadiyyatın qurulması və iqtisadi geriliyin aradan qaldırılması yeni bazar prinsiplərinə uyğun olaraq islahatların sürətləndirilməsini, həmçinin struktur dəyişikliklərinin həyata keçirilməsini tələb edir. Qeyd edilən məsələlərin həlli və iqtisadiyyatda transformasiya proses-

lərinin sürətləndirilməsi ölkədə bazar münasibətlərinin tələblərinə cavab verən iqtisadiyyatın sahələrinin, xüsusilə də sənayesinin inkişaf etdirilməsindən asılıdır. İqtisadiyyatda bazar prinsiplərindən istifadə olunması milli sənayenin yeni tələblərə uyğunlaşmasını zəruri edir [3].

Gəmiqayırma sənayesi də ölkənin iqtisadi sisteminin mühüm komponentlərindən biri olmaqla əsasən dövlətin strateji, siyasi, enerji, nəqliyyat və ərzaq təhlükəsizliyini müəyyənləşdirir. İqtisadiyyata əhəmiyyətli töhfə vermək gücünə malik olan gəmiqayırma həm ümumi sənayenin, həm də hərbi-sənaye kompleksinin strateji sahə kimi tərkib hissəsini təşkil edir. Qeyd edilən strateji əhəmiyyəti nəzərə almaqla, milli gəmiqayırmanın davamlı inkişaf etdirilməsi üçün tək cə maliyyə baxımından deyil, həm də qanunvericilik baxımından dövlət tərəfindən böyük dəstəyə ehtiyac var. Belə ki, gəmiqayırma müəssisələri üçün xüsusi vergi və gömrük rejiminin tətbiqi əlaqəli dövlət qurumları tərəfindən müvafiq güzəşt və azad olmaların verilməsi milli gəmiqayırma müəssisələrinin beynəlxalq aləmdə rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına əhəmiyyətli dərəcədə töhfə verir və onların səmərəli fəaliyyətini qoruyaraq dəstəkləyir. Burada dövlətin strateji məqsədləri iqtisadiyyatın bu mühüm sahəsində əmək məhsuldarlığının tədricən artırılması, yüksək iqtisadi səmərəliyin təmin olunması, əlaqəli müəssisələrin səmərəli idarə edilməsi, tikinti zamanı idxalı əvəz edən vəzifələrin yerinə yetirilməsi və ixrac imkanlarının artırılması olaraq mühüm əhəmiyyətə malikdir [4].

Dünya təcrübəsində gəmiqayırmanın təşkilinə göstərilən dövlət dəstəyi tədbirləri

Beynəlxalq təcrübə göstərir ki, sənayenin artım temp və inkişaf mərhələləri ölkələrin gəlir səviyyəsinə uyğun olaraq dəyişir. Ölkələr inkişaf etdikcə aşağı texnologiyalı və əməktutumlu yeyinti, yüngül və mebel sənayesi sahələri aparıcı mövqeyini orta texnologiyalı kimya, metallurgiya, gəmiqayırma, maşın və avadanlıq istehsalı sahələrinə verir [5].

Dünyada gəmiqayırmanın təşkilinin inkişaf tarixinə nəzər yetirdikdə məlum olur ki, istənilən ölkədə istər dövlət, istərsə də özəl gəmiqayırma müəssisələrinin vəziyyəti və inkişaf perspektivləri dövlətin bu sferada yürütdüyü siyasətin istiqamətindən xeyli dərəcədə asılı-

dır. Gəmiqayırmanın səmərəli təşkili və inkişafı məqsədilə dövlət siyasəti bu sahəyə subsidiyaların verilməsi, vergi güzəştlərinin tətbiq edilməsi, gömrük azadolmalarının verilməsi və bunun kimi digər müxtəlif istiqamətlərdə aparıla bilər. Əvvəllər gəmiqayırma müəssisələri inkişaf perspektivlərini obyektiv olaraq öz fəaliyyətləri ilə əlaqələndirirdilər, lakin bu sənaye sahəsinin üzləşdiyi çətinliklər dövlət dəstəyinin strateji rolunu göstərdi. Məsələn, 1981-ci ildə ABŞ-da mülki sifarişlər üçün dövlət subsidiyaları ləğv olunduqdan sonra bir çox özəl gəmiqayırma müəssisələri (xüsusən də kiçik və orta ölçülü gəmiqayırma müəssisələri) çətin vəziyyətlə üzləşdilər. Həmin dövrdə yaranmış vəziyyət ABŞ-da ticarət gəmilərinin tikintisinin demək olar ki, tamamilə dayandırılması ilə nəticələnmiş və xeyli sayda gəmiqayırma (gəmi təmiri) müəssisəsi bağlanmışdır [6–11]. Ümumiyyətlə, dövlət tərəfindən verilən subsidiyaların dayandırılmasına görə ABŞ-ın gəmiqayırma sənayesi həmin dövrdə dünyada rəqabət qabiliyyətliliyini itirmişdir.

1981-ci ilə qədər ABŞ-da uzunluğu 122 m-dən çox olan gəmilər tikməyə qadir olan 37 iri gəmiqayırma müəssisəsi fəaliyyət göstərirdi. Bu dövrdə gəmiqayırma sənayesi hərbi və yardımçı gəmilərin istehsalına görə dünyada birinci yeri tuturdu. Hərbi gəmiqayırmanın həcmi ümumi gəmiqayırmanın həcmindən 60 %-ə qədərini təşkil edir. Hər il standart yerdəyişmə qabiliyyəti 200–240 min t olan gəmilər tikilirdi. Araşdırmalar göstərir ki, uzun illər ABŞ rəhbərliyi ölkənin gəmiqayırma sənayesinə birbaşa və ya dolayısı ilə dəstək göstərmiş və bütün bunlar bu sahənin səmərəli inkişafına təkan vermişdir. Xüsusi olaraq qeyd etmək olar ki, ABŞ-da tərsənədən istifadə və gəmiqayırma işlərinin inkişafını təmin edən proteksionist qanunlar sistemi mövcuddur. Məsələn, “Sahil və daxili dəniz gəmiçiliyi haqqında” qanuna (Cons Qanununa) əsasən, sonuncu yalnız ABŞ gəmiqayırma zavodlarında tikilmiş və ABŞ bayrağı altında üzən gəmilərdə həyata keçirilə bilər. Dövlət dəstəyinin gəmiqayırma sənayesinin davamlı inkişafında mühüm rolunun göstəricisi olaraq onu da nümunə kimi qeyd edək ki, ABŞ hökumətinin 1980-ci illərin ortalarında milli mülki gəmiqayırma dəstəyinin dayandırılması nəticəsində həmin vaxtlarda bir çox müəssisələr mülki gəmilərin tikintisini demək olar ki, tamamilə dayandırmışdır.

olmuş, onlardan bir neçəsi iflas olmuş və beləliklə, bu sahədə fəaliyyət göstərən müəssisələrin sayı əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır. Nəticədə, 1994-cü ilə qədər böyük gəmiqayırma zavodlarının sayı 19-a düşmüşdür, onlardan yalnız 11-də tikinti sifarişləri var idi. İş yerlərinin sayı 40 % azalaraq məşğulluq səviyyəsi kəskin şəkildə aşağı düşmüşdür. Əmək Nazirliyinin məlumatına görə, 1994-cü ilin ortalarında gəmiqayırma və gəmi təmirində 108 min nəfər çalışırdı [10]. Bütün baş vermiş geriləmələri nəzərdən keçirərək, eləcə də 1990-cı illərin əvvəllərində baş verən hərbi gəmilər üçün sifarişlərin kəskin azalmasının təsirini yumşaltmaq üçün ABŞ Hərbi Dəniz Donanması iş yerlərinin əhəmiyyətli bir hissəsini saxlamaq məqsədilə yeni yardımçı gəmilərin konvertasiyası və tikintisi üçün bir sıra müqavilələr bağladı [10].

1998-ci ildə ABŞ-da qəbul edilmiş “Milli gəmiqayırmanın dirçəlişi” proqramı (MARITECH proqramı) mülki gəmilərin tikintisinin həyata keçirilməsi məqsədilə investisiyaların cəlb edilməsinin iqtisadi və hüquqi əsaslarının təmin edilməsi tədbirlərinin reallaşdırılmasını nəzərdə tutmaqla 1999–2003-cü illər üçün uzadılmışdır. ABŞ-ın sənaye siyasətində əsas maraq istehsalın kompleks təşkili ilə ölkənin iqtisadi təhlükəsizliyinin və sistemlərin dayanıqlığını təmin etməkdən ibarət idi.

Dünya gəmiqayırma biznesi elə təşkil olunmuşdur ki, onun inkişafı üçün aktiv və bəzən kəskin dövlət müdaxiləsinə ehtiyac var. Bu məsələ bu gün xüsusilə aktualdır. Bir çox ölkələrdə birbaşa və dolayı dövlət dəstəyi tədbirləri görülüb ki, bu da nəticədə istehsal olunan gəmilərin dəyərinin 20 %-dən çoxunu kompensasiya edir və müəssisələrin qiymət rəqabətliyini digər ölkələrin zavodları ilə müqayisədə yaxşılaşdırır. Məsələn, Cənubi Koreya və Çinin gəmiqayırma müəssisələri subsidiyalar alır ki, bu da gəmilərini daha ucuz satmağa imkan verərək onlara global bazarda rəqabət üstünlüyü təmin edir. Ümumiyyətlə, dünya təcrübəsində bu cür dəstəkverici tədbirlərə nümunə kimi aşağıdakıları göstərmək olar [12]: güzəştli kredit; gəmiqayırma müəssisələrinin birbaşa kapitallaşdırılması; ixrac zamanı gəminin dəyərinin bir hissəsinin kompensasiyası; əlavə xərclərin bir hissəsinin kompensasiyası və s.

Ən iri gəmiqayırma mərkəzləri Cənubi Koreya, Yaponiya, Almaniya, Braziliya, Tayvan və

Çində yerləşir. Göründüyü kimi, mühüm məhsul növləri üzrə əsas istehsalçı ölkələr məhdud sayda olduğu halda, bu ölkələr müxtəlif fəaliyyət qruplarında yer alır. Bununla yanaşı, gəmiqayırma sektorunda istehsalçıların nisbi diversifikasiyasını və inkişaf etməkdə olan ölkələrin payının artması xüsusilə qeyd edilməlidir [13].

Ən iri gəmiqayırma mərkəzləri olan ölkələrdə sənayeləşmə mərhələlərində əməktutumlu və texnoloji cəhətdən nisbətən daha sadə sənaye məhsullarının ixracını daha çox kapital və bilik tələb edən sənaye sahələrinin qurulması əvəz etmiş, 1980-ci illərin sonlarından etibarən sənaye istehsalı yalnız ixracın yox, həm də daxili tələbatın ödənilməsi vasitəsilə genişlənməyə başlamışdır. İxrac modelinə əsaslanan ölkələrdə metallurjiya, avtomobil istehsalı, maşınqayırma, gəmiqayırma, elektrik avadanlıqlarının istehsalı, elektronika kimi sahələrdə ixtisaslaşma dərinləşdikcə və hər növbəti sahənin texnoloji çətinliyi artdıqca insan kapitalının təşviqi istiqamətində dövlətlərin səyləri güclənmişdir [5].

Dünya təcrübəsinin nəzərdən keçirilməsi zamanı Rusiyada bu sahədə aparılan dövlət dəstəyi tədbirlərinin təhlili də mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Rusiyada gəmiqayırma müəssisələrinin maliyyə problemləri yarandığı halda bu çətinliklər dövlət tərəfindən çox vaxt dolayı yolla, sifarişlə təmin olunmaqla həll olunur. Bununla yanaşı, gəmiqayırma sənayesi üçün xarakterik olan problemləri müəyyənləşdirərək, hansı dövlət dəstəyi tədbirlərinin onların həllinə kömək edəcəyini müəyyənləşdirdi [12]. Milli strateji maraqlar sahəsi hesab edilən gəmiqayırma sənayesinə dünyada əhəmiyyətli dərəcədə dövlət dəstəyi verilir (cədvəl).

Ümumiyyətlə, milli sənayenin tərkib hissəsi olan gəmiqayırmanın səmərəli təşkili (həmçinin onun yük-sərnəşin nəqlinə, o cümlədən dəniz işlərinə olan tələbatların səmərəli qarşılınmasının və ixrac imkanlarının da) imkanlarının genişlənməsində onun sabit inkişafı təmin edilməlidir. Bunun üçün dünya təcrübəsində aşağıdakı forma və vasitələrdən istifadə olunur: qanunvericiliyin tənzimlənməsi; subyektlərin istehsalının və onun yenidən təşkili sisteminin subsidiyalaşdırılması; donanmanın inkişafının və gəmiqayırmanın təşkilinin proqram yönümlü idarə edilməsi.

Milli gəmiqayırma sənayesinin qanunvericiliklə tənzimlənməsi istiqamətləri

Yuxarıdakılara əsasən göstərmək olar ki,

Ölkə	Gəmilərin tikintisinə dotasiya	Müəssisələrin texniki silahlanmasına dəstək	Vergi və gömrük güzəştləri	Güzəştlili kreditləşmə	Elmi-tədqiqat işlərinin (R&D) həyata keçirilməsinə dəstək
Almaniya	+	+	~ 300 mln. avro/il	Avropa ölkələrində gəmilərin tikintisi üçün kreditlər aşağıdakı şərtlərlə verilir: - suda (qiymətin 80 %-ə qədər), - kredit müddəti (10 il), - faiz dərəcələri (illik 6 %-dən çox olmamaq şərti ilə)	Avropa ölkələrində gəmiqayırma müəssisələrinin illik dövryyəsinin təxminən 3 %-i hər il elmi-tədqiqat işlərinə ayrılır. "Leader SHIP 2015" Proqramı ÜDM-in 3 %-ə bərabər olan məbləğdə elmi-tədqiqat və inkişaf işlərinin dövlət tərəfindən maliyyələşdirilməsini nəzərdə tutur. Lakin bu günə qədər bu göstərici əldə edilməmişdir.
İtaliya	+	+	+		
Niderland	+	+	+		
Finlandiya	+	+	+		
ABŞ	+	+	-	Suda – gəminin qiymətinin 87.5 %-i (müddəti 25 il)	Müdafə tədqiqatları və inkişafı üçün sənayenin illik büdcə ayrımları.
Cənubi Koreya	+	+	+	İqtisadi Əməkdaşlıq və İnkişaf Təşkilatının şərtləri (müddəti 13 ilə yüksəldi)	Cənubi Koreya və Yaponiyada gəmiqayırma sahəsində elmi-tədqiqat və inkişaf xərclərinin 50 %-ə qədər dövlət tərəfindən təmin edilir. Belə ki, Cənubi Koreyada bu rəqəm ildə təxminən 250 mln. dol.-dır.
Yaponiya	+	+	-	Suda gəminin qiymətinin 60–80 %-ni təşkil edir (müddət 10–15 il, illik 5–8 %)	
Çin	+	+	+	Ölkə bankının ekspertləri həyata keçirir	Elmi-tədqiqat və inkişaf işləri 100 % dövlət tərəfindən maliyyələşdirilir.

dünyada gəmiqayırmanın qanunvericiliklə tənzimlənməsi və subsidiyalaşdırılması formaları ümumiyyətlə hərtərəfli tətbiq olunur. Milli strategiyamızın təhlili də göstərir ki, "Azərbaycan Respublikasında sənayenin inkişafına dair 2015–2020-ci illər üçün Dövlət Proqramı"nda və eləcə də uzunmüddətli dövrlər üzrə strateji baxış sənədlərində "ilk növbədə yerli xammala əsaslanan rəqabətqabiliyyətli ağır sənaye istehsalının genişlənməsinin zəruriliyi qeyd olunmuşdur. Dövlət Proqramlarının və uzunmüddətli strateji baxışların əhatə etdiyi dövrlər ərzində metallurgiya, maşınqayırma, gəmiqayırma, avadanlıq istehsalı, neft-qaz emalı, neft-kimya, kimya və digər texnologiyalı mühüm sənaye sahələrində müasir tələblərə uyğun yeni istehsal güclərinin qurulması zəruri prioritetlər olaraq göstərilmiş və strateji hədəflər kimi müəyyənləşdirilmişdir. Xüsusilə, qeyd olunmuşdur ki, metallurgiya və neft-kimya sahələrində baza məhsullarının istehsalı son məhsul istehsal edən çoxlu sayda müəssisələrin yaradılmasına təkan verəcəkdir. Proqramda bununla yanaşı, metallurgiyanın inkişafının yeni qurulmuş gəmi istehsalı sahəsinin xammal təchizatını yaxşılaşdıracağı, rəqabət qabiliyyətini yüksəldəcəyi, maşınqayırmanın inkişafı üçün sağlam zəmin yaradacağı vurğulanmışdır. Strateji hədəflər olaraq müəyyənləşdirilmişdir ki, Dövlət Proqramının icra müddətində maşınqayırma, xüsusən, neft maşınqayırması sənayesinin inkişafı diqqət mərkəzində saxlanılmalıdır, bu sahədə istehsal olunan mal və avadanlıqların daxili tələbatın ödənilməsində payının artırılması istiqamətində tədbirlər görülməlidir. Eləcə də, sənaye üçün baza məhsulları istehsal edən ağır sənaye müəssisələrinin qurulmasına zərurət yarandıqda dövlətin yaxından iştirakı təmin edilməli, baza məhsullarından yarımfabrikat və son məhsul istehsalının isə özəl sektor tərəfindən icrası təmin edilməlidir" [5].

Son illər həyata keçirilən sənayeləşmə tədbirləri çərçivəsində neft-qaz, qızıl və digər hasilat sahələrində əldə edilmiş uğurlarla yanaşı, sənayenin diversifikasiyasının genişləndirilməsi tədbirlərinin davamı olaraq, yeni istehsal gücləri istifadəyə verilmiş, müasir texnologiyalara əsaslanan rəqabətqabiliyyətli müəssisələr yaradılmışdır [5]. Bu cür tədbirlər çərçivəsində, Qaradağ Sənaye Parkında müasir gəmiqayırma kompleksi istifadəyə verilmişdir [13]. Bir sıra sənaye müəssisələrinin, o cümlədən Bakıda Gəmiqayırma Zavodunun fəaliyyətə başlamasının qeyri-neft sənayesinin növbəti mərhələdə daha dərin şaxələndirilməsi üçün geniş imkanlar yaratması növbəti strateji hədəf olaraq xüsusilə qeyd edilmişdir [5].

İqtisadi artımın davamlı olması, milli iqtisadi

sadiyyatın dərin şaxələnməsi, məhsullar (iş və xidmətlər) üzrə ixrac potensialının tam reallaşdırılması üçün yeni “hərəkətverici qüvvələr” tapılmalıdır. Neft sektoru sosial-iqtisadi inkişafın dayaqlarından biri olsa da, qeyri-neft iqtisadiyyatı inkişafın mərkəzinə çevrilməlidir. Yalnız şaxələnməmiş iqtisadiyyat dayanıqlı ola bilər. Bunun üçün əsas məqsəd iqtisadiyyatda qeyri-neft sektorunun payının artmasına nail olmaqdır [14]. Məhz bu iqtisadi məqsədlə “Azərbaycan-2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər” planlaşdırılmış və bu prioritetlərə söykənən “2022–2026-cı illərdə sosial-iqtisadi inkişaf Strategiyası” hazırlanmışdır. Hədəflənmişdir ki, bu Strategiyanın reallaşması 2026-cı ilin sonunda ölkə iqtisadiyyatının simasında böyük dəyişikliklərə səbəb olacaq, yüksək iqtisadi artım təmin olunacaq, iqtisadi artım tamamilə yeni keyfiyyət bazasında formalaşacaq və iqtisadiyyatda məşğulluğun artırılması daha da güclənəcək [15].

Ölkəmizdə sənayenin sürətlə inkişaf etdiyi şəraitdə gəmiçilik və gəmiçiliyin maddi-texniki tələbatını qarşılayan gəmiqayırma fəaliyyətinin böyük rolu var. Belə əlverişli iqtisadi mühitin formalaşdığı şəraitdə həm ticarət gəmiçiliyinin, həm də gəmiqayırmanın səmərəli fəaliyyətinin təşkil edilməsi və tənzimlənməsi üçün hüquqi bazanın təkmilləşdirilməsinə böyük zərurət yaranmışdır. Bu baxımdan da gəmiqayırma və digər əlaqəli sənaye sahələrinin təşkili, xidmətlərin göstərilməsi üçün istifadə edilən, bu sahədə sahibkarların səmərəli fəaliyyətinə və inkişafına əlverişli şərait yaradan ərazi olaraq “Qaradağ Sənaye Parkının yaradılması haqqında” Azərbaycan Respublikası Prezidenti tərəfindən 3 iyun 2015-ci il tarixində 1255 nömrəli Sərəncam verilmişdir [16]. Ümumən gəmiçiliklə bağlı işə Azərbaycan Respublikasında ticarət gəmiçiliyi fəaliyyətinin hüquqi əsaslarını, onun səmərəli təşkili və məqsədli inkişafından yaranan münasibətləri tənzimləmək məqsədilə ölkə başçısının 22.06.2001-ci il tarixli, 146-IIQ nömrəli Sərəncamı ilə “Azərbaycan Respublikasının Ticarət Gəmiçiliyi Məcəlləsi” təsdiq edilmişdir. Bu Məcəllənin 292-ci maddəsinə əsasən gəminin inşa olunmasından, eyni zamanda onun təmirindən yaranan tələblərin təmin edilməsi məqsədilə gəmiqayırma və ya gəmi təmiri müəssisələrinin gəmi onların sahibliyində olduğu müddətdə gəmini saxlamaq hüququna malikdir. Gəminin

(yaxud inşa edilməkdə olan gəminin) məcburi satılması vəziyyətində gəmiqayırma və ya gəmi təmiri müəssisələrinin gəminin satışından əldə olunmuş məbləğ hesabına öz tələblərinin ödənilməsinə ixtiyarı vardır. Gəminin (yaxud inşa edilməkdə olan gəminin) ipotekasının predmeti həmin Məcəllənin 294-cü maddəsi ilə tənzimlənir. “Müqavilədə başqa hal nəzərdə tutulmadıqda, gəminin ipotekası gəminin həmin gəmi mülkiyyətçisinə məxsus olan ləvazimatlarına, eyni zamanda gəminin məhv olması və zədələnməsinə görə məsuliyyət şərtləri ilə bağlanmış dəniz sığorta müqaviləsi üzrə çatacaq sığorta ödənişinə də şamil olunur. Gəminin ipotekası fraxta şamil olunmur. Müqavilədə başqa hal nəzərdə tutulmadıqda, inşa edilməkdə olan gəminin ipotekası gəminin inşası üçün nəzərdə tutulmuş, gəmiqayırma müəssisəsinin ərazisində olan və aydın şəkildə markalanmış və eyniləşdirilmiş material və avadanlığa, həmçinin inşa edilməkdə olan gəminin məhv olması və zədələnməsinə görə məsuliyyət şərtlərinə uyğun olaraq bağlanmış dəniz sığorta müqaviləsi üzrə çatacaq sığorta ödənişinə də şamil olunur” [17, 18].

Nəticə

Müasir iqtisadi münasibətlər şəraitində Azərbaycan Respublikasında gəmiqayırmanın səmərəli təşkili məqsədilə iqtisadi cəhətdən əlverişli şərait yaratmağa yönəldilmiş dövlət dəstəyinə ehtiyac var. Ona görə də ilk növbədə, gəmiqayırma sahəsində dövlət dəstəyi tədbirlərinin təmin olunması üçün bu sənaye sahəsinin yüksək istehsal, elmi-texniki və ixrac potensialının inkişafına və səmərəli istifadəsinə yönəldilmiş qanunun konsepsiyası hazırlanmalıdır. “Gəmiqayırmanın təşkilinə dövlət dəstəyi haqqında” Azərbaycan Respublikasının Qanunu layihəsinə aşağıdakı məsələlərin daxil edilməsini məqsəduyğun hesab edirik.

1. Yeni gəmilərin tikintisi üçün dövlət tərəfindən gəmiqayırma müəssisələrinə birbaşa subsidiyaların ayrılması və bununla da gəmiqayırma müəssisələrinə gəmilərini daha ucuz satmağa imkan verməklə onlara global bazarda rəqabət üstünlüyünün yaradılması. Dünya təcrübəsini nəzərə alaraq, bu cür subsidiyalar yeni tikinti layihələrinin 20–30 %-i məbləğində müəyyən oluna bilər.

2. Milli gəmiqayırma müəssisələrinin xarici dövlətlərin zavodları ilə müqayisədə rəqabət qa-

biliyyətliyin daha da gücləndirilməsi və ixracın təşviq edilməsi məqsədilə ixrac zamanı gəminin dəyərini bir hissəsinin kompensasiya edilməsi.

3. Gəmiqayırma müəssisələrinə, gəmi sifarişçilərinə və milli lizinq təşkilatlarına ölkəmizin gəmiqayırma sənayesində gəmilərin inşasına görə xüsusi proqramlar üzrə uzunmüddətli (10–25 il) güzəştli kreditlərin, habelə rəqabət əsasında verilən istehsalın modernləşdirilməsi və yenidən qurulması məqsədilə investisiya kreditlərinin ayrılması. Dünya təcrübəsinə əsaslanaraq, bu cür kreditlərin faiz dərəcəsi aşağı olmalıdır və illik olaraq 5–6 %-dən yüksək olmamalıdır.

4. Dövlət qurumlarının bütün növ su nəqliyyatı vasitələri və üzən qurğuların (platformalar, qazma qurğuları, hərbi gəmilər və s.) inşasına və əsaslı təmirinə olan tələbatının milli gəmiqayırma müəssisələri tərəfindən qarşılınmasına dəstək verilməli.

5. Gəmiqayırma müəssisələrinin avans ödənişlər üzrə əlavə dəyər vergisini ödəmək öhdəliyinin müvəqqəti olaraq təxirə salınması və onun gəmilərin sifarişçilərə təhvil verildiyi vaxta keçirilməsi (digər tərəfdən, gəmiqayırma müəssisələrinə uzunmüddətli dövrdə genişmiqyaslı vergi güzəştlərinin verilməsi).

6. Gəminin inşası və modernləşdirilməsi məqsədilə istifadə olunan avadanlıq və materialların, həmçinin ölkəmizdə istehsal edilməyən gəmi komponentləri və materiallarının idxalının

gömrük rüsumlarından uzunmüddətli dövrdə azad edilməsi (hazırda 2026-cı ilə qədər azadır).

7. Gəmiqayırma sahəsində elmi tədqiqatların, bazar araşdırmalarının, təhlillərin, məhsulların təkmilləşdirilərək rəqabət qabiliyyətinin artırılması imkanlarının, eləcə də dizayn və sair kimi müxtəlif potensial inkişaf imkanlarının tədqiq olunması və tətbiqinin stimullaşdırılması məqsədilə gəmiqayırma müəssisələrinə maliyyənin ayrılması. Ayrılacaq maliyyə dünya təcrübəsinə əsaslanaraq gəmiqayırma müəssisələrinin dövrüyyəsinə bağlanıla və illik dövrüyyənin 3–5 % həddində müəyyənləşdirilə bilər.

8. Gəmi istehsalı və ixracı ilə yanaşı, təmir üzrə də ixracın təşviqi məqsədilə xaricdən təklif olunan gəmi təmiri layihələrinin əldə edilməsi imkanlarının artırılması üçün satışlar üzrə ƏDV-nin 0 % dərəcə ilə tətbiq olunması.

9. Gəmiqayırma sənayesi üzrə yan iqtisadi sahələrin inkişaf etdirilməsi, yerli istehsalat təşkil etməklə xaricdən material asılılığının azaldılması və digər tərəfdən də gəmiqayırma müəssisələrinin son məhsullarının rəqabətə davamlı qiymətə başa gəlməsi üçün gəmiqayırma müəssisələrinin təchizatçılarının da əlaqəli gəlirlərinin uzunmüddətli dövrdə vergidən azad edilməsi.

Ədəbiyyat siyahısı

1. https://az.wikipedia.org/wiki/Azərbaycan_sərhədləri
2. *Azərbaycanda nəqliyyat* // Azərbaycan Dövlət Statistika Komitəsinin statistik məcmuəsi. – Bakı: AZMEGA GROUP MMC, 2024, 84 s.
3. *Hüseynov Ə.A.* Müasir şəraitdə ölkə sənayesinin restrukturizasiyasının əsas istiqamətləri // *İpək Yolu*, 2017, № 1, s. 40-49.
4. *Ветрова Е.Н., Дорошенко С.Н., Кравченко К.Н.* Проблемы и перспективы развития Крымского судостроения для экономики РФ // *Научный журнал НИУ ИТМО, Серия: Экономика и экологический менеджмент*, 2022, № 2, с. 3-11.
5. *Azərbaycan* Respublikasında sənayenin inkişafına dair 2015–2020-ci illər üçün Dövlət Proqramı // Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 26 dekabr 2014-cü il tarixli Sərəncamı ilə təsdiq edilmişdir. Bakı, 2014.
6. *Əliyev R.L.* Avtonom gəmi texnologiyasına dair yeniliklərin Azərbaycanın dənizçilik və gəmiqayırma sektorlarına təsirinin araşdırılması və tədqiqi // *Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi əsərləri*, 2021, № 1, s. 60-68.
7. *Məmmədova M.B., Hacıyev Q.B.* Gəmi təmiri müəssisələrinin növləri və onların inkişaf problemləri // *Kooperasiya*, 2024, № 4(75), s. 228-235.
8. *Məmmədova M.B., Hacıyev Q.B.* Rəqabət qabiliyyətlilik şəraitində gəmi təmiri müəssisələrində istehsalın həyata keçirilməsi sistemi // *Azərbaycan neft təsərrüfatı*, 2024, № 11, s. 46-55.
9. *Orucov A.S., Yadiqarov T.A.* Dəniz nəqliyyatının iqtisadiyyatı. – Bakı: ADDA-nın nəşriyyatı, 2014, 125 s.
10. *Бродунов А.Н.* Зарубежный опыт судостроительного производства в современных условиях (на примере США и Великобритании) // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*, 2007, 4(3), с. 75-82.

11. *Ефимова Е.Г., Навроцкая Н.А.* Являются ли инновации драйвером развития судостроения? Опыт России и Китая // Наука и искусство управления, 2021, № 1, с. 111-122.
12. *Савченко О.В., Половинкин В.Н.* Современное состояние, проблемы и перспективы развития отечественного гражданского судостроения // Труды Крыловского государственного научного центра, 2022, 3(401), с. 152-164.
13. *Аğır sənaye və maşınqayırmanın inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi* // Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 6 dekabr 2016-cı il tarixli fərmanı ilə təsdiq edilmişdir. Bakı, 2016.
14. “Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər” haqqında Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı // 2 fevral 2021-ci ildə imzalanmışdır. Bakı, 2021.
15. “Azərbaycan Respublikasının 2022–2026-cı illərdə sosial-iqtisadi inkişaf Strategiyası”nın təsdiq edilməsi haqqında Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı // 22 iyul 2022-ci ildə imzalanmışdır. Bakı, 2022.
16. “Qaradağ Sənaye Parkının yaradılması haqqında” Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı // 3 iyun 2015-ci ildə imzalanmışdır. – Bakı, 2015.
17. *Azərbaycan Respublikasının Ticarət Gəmiçiliyi Məcəlləsi* // Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 22 iyun 2001-ci il tarixli, 146-İIQ nömrəli Sərəncamı ilə təsdiq edilmişdir. Bakı, 2001.
18. *Шамрай Ф.А.* Обеспечение конкурентоспособности судостроительных предприятий с применением цифровых технологий: дисс. ... канд. экон. наук / Великий Новгород, 2022, 236 с.

References

1. https://az.wikipedia.org/wiki/Azərbaycan_serhedleri
2. *Azerbaijanda negliyyat* // Azerbaijan Dövlət Statistika Komitəsinin statistik məcmuəsi. – Bakı: AZMEGA GROUP MMC, 2024, 84 s.
3. *Hüseynov E.A.* Muasir shəraitdə ölkə sənayesinin restrukturizasiyasının əsas istiqamətləri // İpek Yolu, 2017, № 1, s. 40-49.
4. *Vetrova E.N.* Problemy i perspektivy razvitiya Krymskogo sudostroeniya dlya ekonomiki RF / Ye.N.Vetrova, S.N.Doroshenko, K.N.Kravtsenko // Nauchnyy dzurnal NIU ITMO, Seriya: Ekonomika i ekologitseskiy menedjment. – Sankt-Peterburg: 2022, № 2, s. 3-11.
5. *Azerbaijan Respublikasında sənayenin inkişafına dair 2015–2020-ci illər üçün Dövlət Programı* // Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 26 dekabr 2014-cü il tarixli Sərəncamı ilə təsdiq edilmişdir. – Bakı, 2014.
6. *Eliyev R.L.* Avtonom gəmi texnologiyasına dair yeniliklərin Azərbaycanın dənizsəhə və gəmiqayırma sektorlarına təsirinin arashdirilməsi və tədğigi / R.L.Eliyev // Azerbaijan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi əsərləri, 2021, № 1, s. 60-68.
7. *Memmedova M.B.* Gəmi təmiri müəssisələrinin növləri və onların inkişaf problemləri / M.B.Memmedova, G.B.Hajiyev // Kooperasiya, 2024, № 4(75), s. 228-235.
8. *Memmedova, M.B.* Regabet gəmiqayırma shəraitində gəmi təmiri müəssisələrində istehsalın heyatə kətsirilməsi sistemi / M.B.Memmedova, G.B.Hajiyev // Azerbaijan neft təsərrufatı, 2024, № 11, s. 46-55.
9. *Orujov A.S.* Dəniz negliyyatının iqtisadiyyatı / A.S.Orujov, T.A.Yadigarov. – Bakı: ADDA-nin nəshriyyatı, 2014, 125 s.
10. *Brodunov A.N.* Zarubedniy opyt sudostroitel'nogo proizvodstva v sovremennykh usloviyakh (na primere SSHA i Velikobritanii) // Moskva: Natsional'nie interesy: prioriteti i bezopasnost, 2007, 4(3), s. 75-82.
11. *Efimova E.G.* Yavlyayutsya li innovatsii drayverom razvitiya sudostroeniya? Opyt Rossii i Kitaya / E.G.Efimova, N.A.Navrotskaya // Nauka i iskusstvo upravleniya, Moskva: 2021, № 1, s. 111-122.
12. *Savtsenko O.B.* Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya otechestvennogo gradzdanskogo sudostroeniya / O.V.Savtsenko, V.N.Polovinkin // Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra. – Sankt-Peterburg: 2022, 3(401), s. 152-164.
13. *Agir senaye ve mashinqayırmanın inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi* // Azerbaijan Respublikası Prezidentinin 6 dekabr 2016-cı il tarixli fərmanı ilə təsdiq edilmişdir, Bakı: 2016.
14. “Azerbaijan 2030: sosial-igtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər” haqqında Azerbaijan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı // 2 fevral 2021-ci ildə imzalanmışdır, Bakı: 2021
15. “Azerbaijan Respublikasının 2022–2026-cı illərdə sosial-igtisadi inkişaf Strategiyası”nın təsdiq edilməsi haqqında Azerbaijan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı // 22 iyul 2022-ci ildə imzalanmışdır, Bakı, 2022.
17. *Azerbaijan Respublikasının Ticarət Gəmiçiliyi Məcəlləsi* // Azerbaijan Respublikası Prezidentinin 22 iyun 2001-ci il tarixli, 146-IIG nömrəli Sərəncamı ilə təsdiq edilmişdir. – Bakı: 2001
16. “Garadagh Sənaye Parkının yaradılması haqqında” Azerbaijan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı // 3 iyun 2015-cı ildə imzalanmışdır. – Bakı: 2015.
18. *Shamray F.A.* Obespechenie konkurentosposobnosti sudostroitel'nykh predpriyatiy primeneniye tsifrovyykh tekhnologiy: / diss. ... kand. ekon. nauk. / Velikiy Novgorod, 2022, 236 s.



Elmə və texnikaya həsr olunmuş ömür

2026-cı il aprel ayının 1-də, SSRİ Dövlət Mükafatı laureatı, Azərbaycan Respublikasının əməkdar elm və texnika xadimi, görkəmli alim, texnika elmləri doktoru, professor Kərim Səlim oğlu Əliverdizadənin anadan olmasının 115 ili tamam olur. O, 1911-ci ilin baharında Qarabağın dilbər guşələrindən biri olan Ağdamın Qaradağlı kəndində dünyaya gəlib.

K.S. Əliverdizadə 1930-cu ildə “Azneft” İstehsalat Birliyinin nəzdində açılmış üçillik Ali mühəndis-pedaqoji kursuna daxil olub, 1933-cü ildə həmin kursu uğurla bitirdikdən sonra qısa müddət təhsil kombinatının müdiri işləmişdir. 1934-cü

ildə “Azneft” İB-nin göndərişi ilə Azərbaycan Sənaye İnstitutuna (indiki Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti) daxil olub, 1938-ci ildə oranı fərqlənmə diplomu ilə bitirərək mühəndis-mexanik ixtisasına yiyələnmişdir.

K.S. Əliverdizadə 1938-ci ildə keçmiş “L. Şmidt” adına maşınqayırma zavodunda mühəndis-konstruktor kimi fəaliyyətə başlamışdır. O, 1940-cı ilin noyabr ayından Azərbaycan Elmi-Tədqiqat Neft Maşınqayırma İnstitutunda (AzİNmaş) böyük mühəndis-konstruktor, baş mühəndis, elmi işlər üzrə direktor müavini vəzifələrində işləmiş, 1952–1954-cü illərdə isə “Neftqazelmütədqiqatlayihə” İnstitutunun direktoru vəzifəsinə kimi yüksəlmişdir.

1954-cü ildən 1974-cü ilə qədər AzİNmaşda elmi işlər üzrə direktor müavini, 1972-ci ildən ADNSU-nun “Mexanika” kafedrasının professoru, 1974-cü ildən 1990-cı ilə qədər “Sənaye maşınları” kafedrasının müdiri işləmiş və 1990-cı ildən ömrünün sonuna qədər (16 mart 1996-cı il) həmin kafedranın professoru vəzifəsində fəaliyyətini davam etdirmişdir.

K.S. Əliverdizadə “Neftin dərinlik nasos üsulu ilə çıxarılmasının köklü yenidənqurulması”na görə 1950-ci ildə SSRİ Dövlət Mükafatı laureatı adına layiq görülmüşdür. 1954-cü ildə texnika elmləri namizədi, 1963-cü ildə texnika elmləri doktoru alimlik dərəcələrini, 1964-cü ildə professor elmi adını almışdır, 1981-ci ildən Azərbaycan Respublikasının əməkdar elm və texnika xadimidir. Mütəxəssislər onu neft quyularının ştanqlı nasos qurğusu ilə istismarı avadanlıqlarının, o cümlədən mancanaq dəzgahlarının tip-ölçü sıralarını yaradanlardan biri kimi tanıyırlar.

K.S. Əliverdizadə ömrünün 60 ilini həm neft və qaz sənayesinin mexanikası, maşın və avadanlıqlarının inkişafı sahəsində elmə, həm də təhsil-tədris sahəsində mühəndis kadrların və alimlərin hazırlanması işinə sərf etmişdir.

K.S. Əliverdizadə 3 monoqrafiyanın, 300-dən artıq elmi əsərin (monoqrafiyaların), tədris vəsaitinin, 100-ə qədər ixtiranın və onlarla səmərəli təklifin müəllifidir.

Onun “Dərinlik nasos qurğusunun mancanaqlı fərdi intiqalları” (“Балансирные индивидуальные приводы глубиннонасосной установки”), Bakı, 1951, “Uzungeşiqli yığalanma rejiminin mexanika və texnika məsələləri” (“Вопросы механики и техники длинноходового режима откачки”), Bakı, 1958, “Ştanqlı dərinlik nasosunun intiqalları” (“Приводы штангового глубинного насоса”), M.: Nedra, 1973, kitabları uzun müddət ştanqlı quyu nasosu qurğusunun geniş və səmərəli istifa-

dəsilə əlaqədar mütəxəssislərin masa üstü kitabı sayılır. O, həmçinin “Neft quyularının istismarında tətbiq olunan avadanlığın hesabı və layihələndirilməsi” (“Расчет и конструирование оборудования для эксплуатации нефтяных скважин”), Moskva, 1959-cu il, adlı sanballı təhsil vəsaitinin müəlliflərindən biridir. Bu nəzəri və tətbiqi işlər öz əhəmiyyətini indi də itirməmiş, müxtəlif konstruksiyalı ştanqlı nasos qurğusunun intiqalını (balansirli, balansirsiz, fiqurlu balansirli) yaratmağa imkan vermişdir. Neft-maşınqayırma sahəsində mancanaq dəzgahları üzrə K.S. Əliverdizadənin axtarışları və əldə etdiyi nəticələr Azərbaycan elminin nailiyyətlərindən sayılır. Onun rəhbərliyi ilə Novikov ilə əməkdaşlıqda çarx ötürməli reduktor bazasında yaradılmış mancanaq dəzgahları bir sıra göstəricilərinə görə (məsələn, metal tutumu, etibarlılığı) dünyada istehsal edilən ən yaxşı dəzgah nümunələrindən üstündür.

Onun rəhbərliyi ilə 15 nəfər texnika üzrə fəlsəfə doktoru hazırlanmışdır.

Professor K.S. Əliverdizadənin əziz xatirəsi ixtiraçı, görkəmli elm xadimi, xeyirxah, qayğıkeş, vətəninin və xalqının təəssübünü çəkən böyük bir Şəxsiyyət kimi həmişə qəlblərdə yaşayacaqdır.

Böyük ipək yolunun bərpasında Azərbaycanın neft-qaz strategiyasının mühüm rolu

R.Q. Abdullayev

(neft-qaz tarixinin tədqiqatçısı)

e-mail: rafilibalam46@gmail.com

Qədim və orta əsrlərdən başlayaraq coğrafi baxımdan bir-biri ilə uzlaşan quru və dəniz yolları müxtəlif xalqlar və dövlətlər arasında münasibətlərin yaranmasına səbəb olmuşdur. Bu yollardan ən azmanı və əhəmiyyəti ilə seçiləni, uzun əsrlər fəaliyyətdə olmuş, bəşər tarixində ilk qitələrarası ticarət, mədəniyyət və diplomatiya yolu kimi qiymətləndirilən “Böyük İpək Yolu” idi. Şərqi və Qərbi xalqları ilə daimi çoxəsrli münasibətlər burada yaşayan əhalinin qarşılıqlı zənginləşməsinə səbəb olurdu. Bu münasibətlər həmçinin dünya sivilizasiyasının inkişafına da təkan verirdi.

Eramızdan əvvəl II əsrdən etibarən Çindən qərb istiqamətində ticarət karvanlarının hərəkət etməsi xarici ticarət əlaqələrinin yaranmasına səbəb olmuş, Çin malları, xüsusilə də Çin ipəyi beynəlxalq bazarlara yol tapmışdı. Çindən ixrac olunan əsas əmtəə ipək olduğu üçün bu yola “İpək Yolu” adı verilmişdi. Böyük İpək Yolunun bir qanadı da Azərbaycan ərazisindən keçərək iki qola (qərbə – indiki Gürcüstan və şimala – indiki Rusiyanın cənub hissəsi) ayrılırdı.

Məhz bu baxımdan, ötən əsrin 1990-cı illərində Avropa ittifaqı SSRİ-nin süqutundan sonra müstəqillik qazanmış Şərqi Avropa, Cənubi Qafqaz və Mərkəzi Asiya dövlətlərinə siyasi, iqtisadi və ticari müstəvidə texniki və maliyyə yardımlarını özündə ehtiva edən TASİS (Müstəqil Dövlətlər Birliyinə Texniki Yardım) proqramının icrasına başlanması və Avrasiya qitəsi boyu şərqlə qərb arasındakı əhəmiyyətli ticarət marşrutlarının üzərində yerləşən Mərkəzi Asiya və Cənubi Qafqaz ölkələrinin dayanıqlı iqtisadi model qurmalarını və global iqtisadiyyata inteqrasiyasını təmin edəcək TRASEKA (Avropa-Qafqaz-Asiya Nəqliyyat Dəhlizi) proqramının yaradılması təşəbbüsü xüsusi yerə sahib idi. Bu proqramın həyata keçirilməsi müəyyən mənada Böyük İpək Yolunu bərpa edirdi.

Böyük İpək Yolunun bərpasında onun keçəcəyi ölkələr sırasında yenidən müstəqilliyini təmin etmiş Azərbaycan Respublikasının neft-qaz ehtiyatlarının dünya, xüsusən

Avropa bazarlarına çıxarılması mühüm rol oynaya bilərdi. Ona görə də ümummilli lider Heydər Əliyevin yeni neft strategiyasının tərkib hissəsi kimi neft və gələcəkdə təbii qaz marşrutlarının alternativliyinə nail olmaq xüsusi rol oynayırdı. Neft-qaz marşrutlarının alternativliyi Azərbaycanın hər hansı bir dövlətdən iqtisadi asılılığına son qoymaqla yanaşı, ölkəmizin milli mənafeyinin qorunmasına da cavab verirdi.

Məqalədə Böyük İpək Yolunun yaranmasına tarixi ekskurs edimiş, bu yolun bərpasında Azərbaycanın neft-qaz strategiyasının mühüm rolu, bu strategiyanın həyata keçirilməsində dövlətimizin apardığı ardıcıl uğurlu siyasət geniş təhlil edilmiş və işıqlandırılmışdır.

Eramızdan əvvəl II əsrdə Böyük ipək yolu (BİY) fəaliyyətə başlayandan sonra Azərbaycan ərazisi onun şaxələnmiş yollarının qovuşduğu mühüm bir məntəqəyə çevrildi və bu da Abşeron neftinin həmin marşrutla daşınmasına geniş imkanlar açdı. Əsrlərində bu yolun adını ilk dəfə çəkən coğrafiyaçı Strabonun şərafinə BIY-ni adətən “Strabon Yolu” da adlandırırdılar. Maraqlısı odur ki, uzun bir tarixə malik olan BIY istilahı (termini) yalnız XIX əsrdən başlayaraq alman alimi Ferdinand fon Rixtqofen (1833–1905) tərəfindən irəli sürülmüşdür.

BİY Çinlə Roma imperiyasını birləşdirirdi və bəzi şaxələnmiş qolları eramızın XVI-XVIII əsrinə qədər mövcud olub. Bu, dünya sivilizasiyası tarixində böyük nailiyyətlərdən biri idi. BIY yalnız karvan yolu deyil, həmçinin fikir mübadiləsi yolu idi. Qərbə ipək, şərqə isə qızıl və gümüş daşınırdı. Şərqdə başlanğıc məntəqəsi Veyxe vadisində yerləşən, hazırda Şensi əyalətinin mərkəzi, qədimdə Erkan Xan imperiyasının (e.ə. 206 – 25) paytaxtı olan Siyan (XIV əsrə qədər – Çanyan) şəhəri idi. Siyandan Lauçjou vasitəsilə Dunxuana çataraq iki qola ayrılırdı: Şimal yolu Turfandan (Şərqi Türküstan) keçib Pamir dağları vasitəsilə Fərqanəyə və indiki Qazaxıstan çöllərinə doğru uzanırdı, cənub yolu isə Labnor gölünün yaxınlığından

Təklə-Məkan dağlarının cənub qurtaracağı ilə Yarkənd və Pamir dağlarının cənubu ilə Baktriyaya, oradan Parfiyaya və Hindistana gedirdi.

BİY-nin uzunluğu, Romaya (İtaliya) qədər demək olar ki, 6.5 min km, Pireney (Lissabon) yarımadasına kimi hesablanırsa isə bu rəqəm 9 min km-ə çatır. Çox yerlərdə bu sadəcə karvan yolu idi. Karvan yollarının şaxələnməmiş şəkəlləri Avropa və Asiya ərazisində Aralıq dənizindən Çinə qədər uzanır, qədim və orta əsrlərdə Qərblə Şərq mədəniyyəti arasında mühüm ticarət və dialoq vasitəsi idi. Roma BİY-ni ələ keçirmək və ya onun kimi magistral yaratmaq istəyirdi. Buna görə də tez-tez indiki İran ilə müharibə edirdi. İndiki Rusiya, Cənubi Qafqaz və Mərkəzi Asiyanın əraziləri daxil olmaqla, demək olar ki, bütün Avrasiya qitəsini əhatə edən şaxələnməmiş BİY həm də müxtəlif mədəniyyətləri və dünyəvi dinləri bütün dünyaya yayırdı.

BİY-nin ən uzun və magistral hissəsi Mərkəzi Asiya, o cümlədən indiki Qazaxıstan ərazisindən keçirdi. Karvan yollarında zəngin şəhərlər, ticarət-sənətkarlıq məntəqələri, karvansaralar yaranıb çiçəklənməyə başladı: İndiki Türkmənistanda – Mərv, Özbəkistanda – Buxara, Səmərqənd, Urgənc, Qazaxıstanda – Orta, Türkünstan, Taraz, İspəncab, Qırğızıstanda – Cul, Suyab, Novokənt, Balasaqun, Borskoon, Taş-Rabat, Oş, Uzgen. Sonra bu yol davam edir, Uzbay çayından keçərək Xəzər dənizinə çatır və İran, Azərbaycan ərazisindən davam edirdi. İnsanlar bu azman (çox uzun) yolu piyada, dəvələrlə və gəmilərlə qət edirdilər.

Hələ qədim dövrlərdən Abşeronda hasil edilən neftin başqa ölkələrə daşınması barədə məşhur tarixçilər və səyahətçilər: II əsrdə Plutarx (46–127), Klavdiy Ptolomey (87–165), IX əsrdə Əhməd əl-Balazuri (820–892), X əsrdə Əbu-İshaq əl-İstəxri (850–934) və Əbul Həsən əl-Məsudi (896–956), XIII əsrdə Marko Polo (1254–1324), XVI əsrdə Covanni Battisto Ramuzio (1485–1557), XVII əsrdə Adam Olşleqel (Oleari, 1599–1671), Övliya Çələbi (1611–1682) və Engelbert Kempfer (1651–1716), XVIII əsrdə Conas Hanvey (1712–1786) və digərləri yazmışlar. 1886-cı ildə çap olunmuş “Bakı – Avropanın neftidir” kitabında məşhur ingilis diplomatı və jurnalisti Ç.T. Marvin (1854–1890) yazırdı ki, 2500 il bundan öncə Abşerondan Persiyaya (İrana), İraqa, Hindistana və digər ölkələrə neftin daşınması barədə təkzibedilməz dəlillər vardır.

Azərbaycandan neftin nəqlinin təşəkkül tapması və daşınma istiqamətlərinin şaxələnməsi birbaşa BİY-nin yaranması ilə bağlıdır. Ona görə də BİY fəaliyyətə başlayan zaman Azərbaycan da bu yolun mühüm qovşağına çevrildi, çünki ən qızgın ticarət yollarından biri indiki Azərbaycan ərazisindən keçirdi.

Çox uzaq illərdə neftin nəqli üçün vasitələr olmadığından, onu yalnız çıxarıldığı yerdə istifadə edirdilər. Nəqliyyat vasitələrinin yaranması, öncə tuluqlarda “karvan üsulu” və ya su yolu ilə gəmilərdə daşınması, neftin tətbiqinin sərhədlərini xeyli genişləndirdi və öz növbəsində hasilatın artmasına müsbət təsir göstərdi.

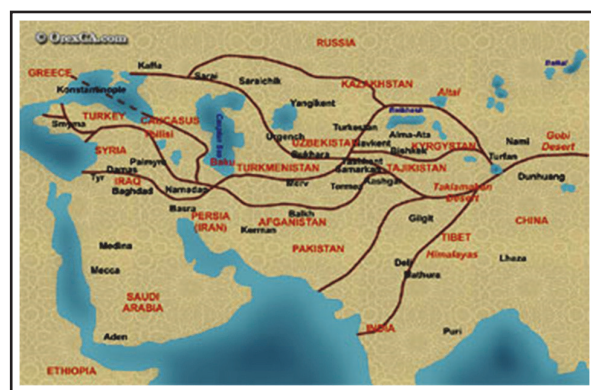
Azərbaycan (Qafqaz Albaniyası-Arran) ərazisində BİY iki qola ayrılırdı: onlardan biri Kür çayı boyunca yuxarı, Kolxida və İberiyaya tərəf, digəri isə şimala, Xəzər dənizinin qərb sahilinə və Dərbənd və Qafqaz düzləri ilə keçərək Qara dəniz sahillərində yerləşən yunan

şəhər-koloniyaalarında qurtarırdı. Buradan mallar dənizlə Roma və digər Avropa şəhərlərinə çatdırılırdı. Bu yolu tam qət edənlər o qədər də çox deyildi. “Strabon yolunun” məhz bu iki qolu boyunca orta əsrlərdə Azərbaycanın bir çox qədim şəhərləri ucaldıldı.

Həmçinin Volqadan keçməklə indiki cənubi Rusiya və Ukrayna çöllərinə, o cümlədən, Krıma və Şərqi Avropaya aparıcı ipək yolunun düzənlik şaxəsi – Dəşt-i Qıpçaq (Qıpçaq çölü – XI-XV əsrlərdə türk xalqlarının Altaydan Dunayadək yaratdığı nəhəng dövlət ərazisi – **müəl.**) yolu da mövcud idi.

Şərq və Qərb xalqları ilə daimi çoxəsrli münasibətlər bu xalqların qarşılıqlı zənginləşməsinə səbəb olurdu. Bu münasibətlər həmçinin dünya sivilizasiyasının inkişafına da təkan verirdi.

V əsrdən VII əsrdə Qafqaz Albaniyasının paytaxtı olan Partav (Bərdə) VIII–X əsrlərdə BİY-nin şaxələrindən birində, bu yolun kifayət qədər canlandırılmış hissəsində, Yaxın Şərq və Transqafqaz regionunda öz dövrünün ən böyük ticarət və əl incəsənətinin çox yüksək inkişaf etdiyi mərkəzlərdən birinə çevrilmişdi (şəkil 1).



Şəkil 1. Böyük ipək yolunun şaxələnməmiş qolları

Mənbə: <http://gruzovoz.com>

VII–VIII əsrlərin mənbələri neftin Abşerondan Qafqaz Albaniyasının paytaxtı Kabalaya (Qəbələyə), Dərbəndə və başqa şəhərlərə, Atropatenaya (Adorbayqan), İrana və Şərqi müxtəlif ölkələrinə həm karvanla, həm də dəniz yolu ilə daşınması barədə məlumat verirlər.

Orta əsrlər dövrünün əvvəllərində Azərbaycan BİY-nin fəaliyyətində önəmli rol oynamaqda davam edir və əsas keçid yeri kimi qalırdı. Bu zamanlar Azərbaycan şəhərləri Uzaq Şərq və Orta Asiyadan Bizansa və oradan da Avropanın şimalına aparılması məqsədilə gələn yüklərin özünəməxsus anbarı kimi fəaliyyət göstərirdi.

IX–X əsrlərdə Azərbaycanda iqtisadiyyatda və təsərrüfatda inkişaf nəzərə çarpır. Xarici və daxili ticarətin inkişafı ilə əlaqədar Dərbənd, Bakı, Gəncə, Şamaxı, Şabran, Şəki, Astarə, Təbriz, Ərdəbil, Naxçıvan kimi şəhərlər mühüm ticarət mərkəzlərinə çevrilirlər. Xəzəristan, Rusiya, İran, Bizans, Uzaq və Yaxın Şərq ölkələrindən – Hindistan, Çin, İraq, Suriya – Azərbaycan şəhərlərinə tacirlər gəlir və öz mallarını mübadilə etməklə buradan karvanlarla neft, duz, ipək və başqa məhsullar aparırdılar.

X əsrin axırında (982–983-cü illər) naməlum bir İran coğrafiyaşünasının “Xudud əl-ələm” kitabında qeyd edilir ki: “Deyləmilər (yəqin İrandakı Deyləmanlar sü-

laləsinə məxsus ərazi nəzərdə tutulur-**müə.**) ölkəsində işlənən bütün neft Bakıdan gətirilir. Büveyhilər dövlətinə də (İran ərazisində dövlət-**müə.**) işlədilər bütün neft Bakıdan gətirilir”.

Ərəb coğrafiyaşünası Məhəmməd əl-Müqəddəsi (945–1000) 985-ci ildə “Ahsan Al Taqasim Fi Ma’rifat əl- Əqalim” (“İqlimin öyrənilməsi üçün ən yaxşı bölmələr”-**müə.**) adlı kitabında Bakı haqqında yazırdı: “Bakı dəniz sahilindədir. O, vilayətin yeganə limanıdır...”. Məhəmməd əl-Müqəddəsinin məlumatında Bakı ilk dəfə olaraq liman adlandırılır. Bu türk boyu olan Salarilərin hakimiyyəti dövrünə (942–981-ci illər) təsadüf edir və tarixi mənbələr göstərir ki, bu dövrdə Xəzər dənizində Azərbaycanın ticarət gəmiləri üzüməyə başlamışdı.

Şirvanşahlar dövləti (VI-XVI əsrlər) dövründə paytaxt olan qədim Şamaxı ilə yanaşı, X əsrin axırlarından etibarən Bakının da rolu artmağa başladı və o, Şirvanın əsas şəhərlərindən birinə çevrildi. XI əsrdə Şirvanşahlar tərəfindən Bakı ətrafında qala divarları ucaldıldı və dənizdə gəmiçilik geniş inkişaf etməyə başladı.

Elə bu dövrdən də Bakı Xəzər dənizində iri limana və beynəlxalq ticarətdə tranzit mərkəzə çevrilir. Ümumilikdə XI-XII əsrlərdə və sonralar Azərbaycanı Hindistan və Çinlə əlaqələndirən dünya ticarəti, qurudan cənub yolu ilə Orta Asiya və İrandan keçməklə, həmçinin şimal yolu ilə Xəzər dənizinin sahilinə Dərbənd və Xəzər xaqanlığından keçməklə həyata keçirilirdi.

XV-XVI əsrlərdə bir liman kimi Bakının əhəmiyyəti artır. Xəzər dənizinin ətrafında olan ölkələr arasında böyük ticarət mübadiləsi aparılır və onların içində neft əsas məhsul idi.

XV əsrdən başlayaraq Avropadan Şərqi gedən ticarət yollarından biri indiki Rusiya ərazisindən keçməklə (Volqadan Xəzərə üzüməklə) Azərbaycandan keçirdi və bununla əlaqədar Bakı limanının rolu xeyli artmış oldu. Elə ona görə də orta əsr Avropa mənbələrində Xəzər dənizi həm də “Bakı dənizi” adlandırılırdı.

Eyni zamanda neft Bakıdan Gilan tacirləri tərəfindən də alınaraq onların kiçik gəmilərində Manqışlaqdakı (Xəzərin şərq sahilinə) sahil körpüsünə daşınır, oradan isə karvan yolları ilə Xivəyə, Buxaraya və digər Orta Asiya şəhərlərinə aparılırdı.

1990-cı illərdə Avropa ittifaqı SSRİ-nin süqutundan sonra müstəqillik qazanmış Şərqi Avropa, Cənubi Qafqaz və Mərkəzi Asiya dövlətlərinə siyasi, iqtisadi və ticari müstəvidə texniki və maliyyə yardımlarını özündə ehtiva edən TƏSİS (Müstəqil Dövlətlər Birliyinə Texniki Yardım) proqramının icrasına başlamışdı. Təklif edilmiş ilk layihələr arasında 70 illik təcrid nəticəsində qlobal bazarlardan uzaq düşmüş, karbohidrogen ehtiyatları ilə zəngin və ən əsası Avrasiya qitəsi boyu şərqlə qərb arasındakı əhəmiyyətli ticarət marşrutlarının üzərində yerləşən Mərkəzi Asiya və Cənubi Qafqaz ölkələrinin dayanıqlı iqtisadi model qurmalarını və qlobal iqtisadiyyata inteqrasiyasını təmin edəcək TRASEKA təşəbbüsü (Avropa-Qafqaz-Asiya Nəqliyyat Dəhlizi) xüsusi yerə sahib idi.

1993-cü ilin may ayında Brüssel (Belçika) konfransında Cənubi Qafqazın (3 dövlət) və Mərkəzi Asiyanın (5 dövlət) yeni müstəqil dövlətləri ilə Avropa arasında “Avropa-Qafqaz-Asiya” nəqliyyat dəhlizinin yaradılması məqsədilə Avropa Birliyinin dəstəyi ilə bu beynəlxalq

nəqliyyat dəhlizinin inkişafına texniki yardım üzrə TRASEKA proqramı qəbul olunur. Bu proqramın həyata keçirilməsi müəyyən mənada BİY-ni bərpa edir. TRASEKA proqramı üzrə Texniki Yardım Avropa Yenidənqurma və Bərpa Bankı, Dünya Bankı, Asiya İnkişaf Bankı, İslam İnkişaf Bankı kimi beynəlxalq maliyyə təşkilatlarından milyardlarla ABŞ dolları sərmayə qoyuluşunun cəlb edilməsinə kömək etmişdir. Bu proqrama cəlb olunmuş dövlətlər arasında regional əməkdaşlığı genişləndirmək və iqtisadi sabitliyi möhkəmləndirmək üçün Avropa İttifaqının dəstəklədiyi mühüm layihələrdən biri də Cənubi Çevrədə Neft və Qaz Kəmərləri (İNOQEYT) layihələridir.

Dünyanın tanınmış 10 xarici neft şirkəti ilə 20 sentyabr 1994-cü ildə tarixi “Əsrin müqaviləsi” imzalandıqdan sonra ümummilli lider Heydər Əliyevin müəllifi olduğu “yeni neft strategiyası”nın əsas istiqamətlərindən biri də Azərbaycanın enerji ehtiyatlarının dünya bazarına hansı marşrutlarla çıxarılması oldu.

Həm “Əsrin müqaviləsi”nə uyğun olaraq AÇG layihəsi çərçivəsində hasil olunacaq neftin, həm də nəhəng Şahdəniz qaz-kondensat yatağı (1996-cı ilin 4 iyun tarixində Xəzər dənizinin Azərbaycan sektorunda yerləşən Şahdəniz perspektiv strukturu üzrə imzalanmış sazişə əsasən 2000-ci ildə Şahdəniz qaz-kondensat yatağında 2-ci axtarış quyusunun qazılması nəticəsində qaz ehtiyatı – 1.2 trln. m³, kondensat – 240 mln. t olan nəhəng yataq aşkar edildi) qazının dünya bazarına etibarlı çıxarılması ən vacib məsələlər sırasında idi. Ümummilli lider Heydər Əliyevin yeni neft strategiyasının tərkib hissələrindən biri də neft və gələcəkdə təbii qaz marşrutlarının alternativliyinə nail olmaq idi. Neft-qaz marşrutlarının alternativliyi Azərbaycanın hər hansı bir dövlətdən iqtisadi asılılığına son qoymaqla yanaşı, ölkəmizin milli mənafeyinin qorunmasına da cavab verirdi.

1997-ci il oktyabr ayının 27-dən Azərbaycan nefti şimal boru kəməri (layihə gücü 6.1 mln. t/il olan təmir olunmuş keçmiş Qroznı-Bakı neft kəməri – **müə.**) vasitəsi ilə dünya bazarına çıxarıldı.

1998-ci ilin 7-8 sentyabr tarixində Bakıda BİY-yə həsr olunmuş beynəlxalq konfransda bütün iştirakçılar müasir coğrafi-iqtisadi həqiqətlərin müzakirəsi zamanı BİY layihəsinin yenidən bərpa olunması qənaətinə gəlirlər. Bu layihənin texniki iqtisadi əsaslarının işlənməsinə xarici ekspert şirkətləri cəlb olundular. Nəticədə Azərbaycana kreditlər daxil olmağa başlandı.

1999-cu il aprelin 17-də Bakı-Supsa neft kəməri (1996-cı il mart ayının 8-də Gürcüstanın paytaxtı Tbilisi şəhərində Azərbaycan Respublikası və Gürcüstan arasında xam neftin ixracı barədə Hökumətlərarası sazişə əsasən bu layihənin illik gücü 10 mln. t xam neftin ixracını nəzərdə tuturdu) ilə AÇG yatağından hasil olunan ilkin Azərbaycan nefti ixrac olunmağa başlanılır. Bu marşrutun ən böyük üstünlüyü Azərbaycan neftinin təmiz halda “Azeri layt” (Azeri light) markası ilə dünya bazarına çıxarılması idi. Eyni zamanda boru kəmərinin digər üstünlüyü neftin Supsaya Novorossiyskə nisbətən daha ucuz nəql olunması idi.

Bununla belə, Azərbaycanın malik olduğu neft potensialı ölkəmizdə yaxın illərdə 35–40 mln. t neft istehsal etməyi proqnozlaşdırırdı. Bu da neftin tam ixracı üçün

əsas ixrac boru kəmərinin çəkilməsini zəruri edirdi. Qazaxıstanın (gələcəkdə ildə 100–150 mln. t) və Türkmənistanın öz neft ehtiyatlarını Azərbaycan vasitəsilə nəql etmək perspektivini də nəzərə alsaq, bu zərurət daha da artmış oldu. Qazaxıstan tərəfi Azərbaycan ərazisindən öz neftinin ixracında maraqlı olduğunu 1997-ci il iyun ayının 10-da Almatı şəhərində “Azərbaycan Respublikası və Qazaxıstan Respublikası arasında neftin beynəlxalq bazarlara nəql olunmasında əməkdaşlıq haqqında Memorandumu” imzalamaqla bəyan etdi (Bu memorandum 1997-ci ilin 26 iyun tarixində Milli Məclis tərəfindən ratifikasiya olunaraq qanun statusu alır).

Bütün bunları nəzərə alan ümummilli lider Heydər Əliyev Əsas İxrac Boru Kəməri (ƏİBK) olan Bakı-Tbilisi-Ceyhan (BTC) layihəsini gerçəkləşdirmək sahəsində fəaliyyətə başladı.

1997-ci il sentyabr ayının 5-də Azərbaycan Respublikasının Prezidenti “Əsas İxrac Boru Kəmərinin marşrutunun müəyyən edilməsi üçün işçi qrupun yaradılması barədə” Sərəncam imzaladı .

1998-ci il oktyabr ayının 29-da Türkiyə Cümhuriyyətinin yaradılmasının 75 illiyi münasibətilə keçirilən təntənələrdə Türkiyə, Azərbaycan, Gürcüstan, Qazaxıstan və Özbəkistan prezidentləri, həmçinin müşahidəçi qismində ABŞ administrasiyasının nümayəndəsi “Ankara bəyannaməsi”ni imzaladılar. Bu bəyannaməni imzalamaqla Xəzər hövzəsi ölkələri ƏİBK-nın tikintisində maraqlı olduqlarını təsdiq etdilər.

Qazaxıstan tərəfinin bu layihədə iştirakının maraqlı olduğunu bir daha göstərmək məqsədilə 1999-cu ilin 26 yanvar tarixində ARDNŞ ilə Qazaxıstan Milli Neft Şirkəti “Kazaxoyl”) arasında “Qazaxıstan neftinin Azərbaycan ərazisindən nəqli barədə” protokol imzalandı.

Bu layihə ilə əlaqədar bütün nöqtələr, XX əsrin sonunda keçirilən izdihamlı hadisə zamanı – ATƏT-in dövlət başçılarının 1999-cu il noyabrın 18–19-da İstanbul Zirvə Görüşündə qoyuldu. Burada əzəmətli tarixi kompleks olan “Çırağan” sarayında “Azərbaycan Respublikası, Gürcüstan və Türkiyə ərazilərindən BTC ƏİBK ilə xam neftin nəqli barədə saziş”, həmçinin məzmununa və mahiyyətinə görə çox vacib olan “İstanbul bəyannaməsi” imzalandı.

Layihənin icrasını sürətləndirmək məqsədilə Azərbaycan Respublikasının Prezidenti Heydər Əliyev “Bakı-Tbilisi-Ceyhan Əsas İxrac Boru Kəmərinin tikintisi və istismara verilməsi haqqında” 29 dekabr 1999-cu il tarixli, 300 sayılı Sərəncam imzalayır. 2000-ci il may ayının 26-da bu imzalanmış sənədlər “Qanun” şəklini alır.

2000-ci il oktyabr ayının 11-də Azərbaycan Respublikasının müvafiq sərəncamına əsasən oktyabr ayının 19-da Türkiyədə BTC ƏİBK-nın tikintisi barədə Saziş imzalandı.

2002-ci il aprel və iyul aylarında Azərbaycan Respublikasının Prezidenti “İxrac neft və qaz boru kəmərlərinin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi haqqında” Fərman və “Bakı-Tbilisi-Ceyhan ƏİBK layihəsində Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin iştirak payının maliyyələşdirilməsi haqqında” fərman imzaladı.

Ümummilli lider Heydər Əliyevin adını daşıyan bu strateji layihənin tikintisində start 2002-ci ilin sentyabrında Səngəçal terminalında Azərbaycan Respublikasının Prezidenti Heydər Əliyevin, Gürcüstan Prezidenti Eduard Şevardnadzenin və Türkiyə Respublikasının Prezidenti

Əhməd Nəcəf Sezerin iştirak etdiyi ilk təməlqoyma mərasimində verildi.

BTC neft kəmərinin illik ötürmə qabiliyyəti – 50–60 mln. t, gündəlik neft ötürmə qabiliyyəti 1 mln. bar., uzunluğu 1768 km-dir, bunun 443 km-i Azərbaycanın, 249 km-i Gürcüstanın, 1076 km-i Türkiyənin payına düşür.

“Əsrin müqaviləsi”nin bağlanması ilə Ulu öndər Heydər Əliyev tərəfindən təməli qoyulan Azərbaycanın yeni neft strategiyası 2003-cü ilin oktyabr ayında prezident seçilən İlham Əliyev tərəfindən özünün yeni inkişaf mərhələsinə qədəm qoydu.

2004-cü il oktyabr ayının 24-də Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin və Gürcüstanın Prezidenti Mixeil Saakaşvilinin iştirakı ilə BTC-nin bu iki ölkə sərhədində boruların qaynaqlanma mərasimi keçirildi.

2005-ci il may ayının 25-də BTC ƏİBK-nin Azərbaycan ərazisindən keçən hissəsinin tam istifadəyə verilməsi mərasimi keçirildi, Səngəçal terminalından boru xəttinə ilk neft vuruldu. 2005-ci il oktyabr ayının 12-də isə kəmərin Gürcüstan hissəsi istifadəyə verildi.

2006-cı il may ayının 28-də “Respublika günü”ndə Azərbaycan nefti Ceyhan limanına çatdı. 2006-cı il iyul ayının 13-də isə Ulu öndər Heydər Əliyevin adını daşıyan Bakı-Tbilisi-Ceyhan Əsas İxrac Boru Kəmərinin tikintisi tam başa çatdırıldı və istismara verildi. Bu hadisə Ulu öndər Heydər Əliyevin yeni neft strategiyasının əsl təntənəsi idi.

Qazaxıstan neftinin Bakı-Tbilisi-Ceyhan ƏİBK-nə qoşulması istiqamətində işlər aparılırdı. Bu sahədə işlərin sürətləndirilməsində Azərbaycan Respublikası Prezidentinin “Azərbaycan Respublikasının ərazisindən Qazaxıstan neftinin nəql edilməsi məsələlərinin işlənilib hazırlanması ilə əlaqədar bəzi tədbirlər haqqında” 14 sentyabr 2005-ci il tarixli Sərəncamı mühüm əhəmiyyət kəsb etmişdi. Bura Qazaxıstanda Aktaudan Atrayuya 700 km uzunluğunda neft boru kəmərinin çəkilməsi, Atray yaxınlığında Kurik deyilən yerdə yeni neft terminalının tikintisi, Bakıda neftin boşaldılması sisteminin qaydaya salınması və BTC ƏİBK-nə qoşulması daxil idi.

2007-ci il iyunun 16-da Qazaxıstan da rəsmi olaraq BTC neft boru kəmərinə qoşuldu. Həmin gün Azərbaycan və Qazaxıstan prezidentləri Xəzər dənizi ilə və Azərbaycan ərazisindən birbaşa beynəlxalq bazarlara Qazaxıstan neftinin Bakı-Tbilisi-Ceyhan sistemi ilə nəqlinin dəstəklənməsi və həyata keçirilməsi üzrə saziş imzaladılar. Bu sazişə əsasən Xəzərdən Qazaxıstan neftinin BTC boru kəmərinə vurulması üçün onun Aktau-Bakı istiqamətində tankerlərlə daşınması məqsədilə nəqliyyat sistemi yaradıldı.

Bundan başqa, son vaxtlar Türkmənistan da öz neftinin Azərbaycan ərazisindən dünya bazarlarına tranzit nəqlində fəallığını artırır. Xəzərin Türkmənistan sektorunda yataqların işlənməsi ilə məşğul olan “Dragon Oil” şirkətinin nefti “SOCAR Trading”lə Türkmənistanda fəaliyyət göstərən xarici şirkətlər arasında imzalanmış müqaviləyə əsasən Bakı-Tbilisi-Ceyhan boru kəmərinə vurulmaqla nəql edilir.

Əgər XXI əsrin əvvəllərində ümumdünya təbii qaz ehtiyatında Azərbaycanın payı cəmi 0.4 % təşkil edirdisə, yeni aşkar edilmiş Şahdəniz və istismarda olan neft-qaz yataqlarının (xüsusən Bahar), o cümlədən əsasən Azəri,

Çıraq və Günəşli yataqlarında olan səmt qazları ehtiyatının hesabına kəşf edilmiş qaz ehtiyatlarının ümumi həcmi artıq 2.2 trln. m³, yəni dünya qaz ehtiyatlarının 1.5 %-ni təşkil edir. Xəzər dənizinin Azərbaycan sektorunda yerləşən Ümid və Abşeron qaz-kondensat yataqlarının, Babək, Naxçıvan, Şəfəq, Asiman, Zəfər, Məşəl və digər strukturların da perspektivliyini nəzərə alsaq, bu göstərici 4–5 trln. m³ həddinə qədər yüksələ bilər ki, bu da dünya ehtiyatlarının 2.6–3.25 %-nə bərabərdir.

Şahdəniz yatağının işlənməsinin “Mərhlə-1” layihəsi üzrə 178 mlrd. m³ qaz və 34 mln. t kondensat çıxarılması və bu qazın əsas hissəsinin ixrac olunması nəzərdə tutulmuşdu.

Bununla əlaqədar, “Mərhlə-1” layihəsinə uzunluğu 970 km olan Bakı- Tbilisi-Ərzurum qaz kəmərinin tikintisi daxil edilmişdir, bunun Cənub Qafqaz Boru Kəməri (CQBK) adlanan hissəsinin 442 km Azərbaycandan, 248 km isə Gürcüstandan keçir. BOTAS-ın Gürcüstan-Türkiyə sərhədində CQBK-ya birləşdirilən hissəsi isə 280 km məsafə qət edərək Ərzurumadək uzanır. Qaz kəmərinin tikintisinin ilkin dəyəri 0.9 mlrd. ABŞ dolları təşkil etmişdir. Kəmərin illik maksimal ötürmə gücü 20 mlrd. m³-ə bərabərdir.

2006-cı ilin dekabr ayında Şahdəniz yatağından qaz hasilatı başlanır. 2007-ci ilin iyul ayında Bakı-Tbilisi-Ərzurum qaz kəməri tam istismara verilir və Şahdəniz qazı bu kəmərlə vasitəsilə Gürcüstan və Türkiyəyə nəql olunur. Azərbaycan özü də bu qazın alıcısı qismində çıxış edir.

2006-cı il noyabr ayının 7-də Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyev Brüsselə rəsmi səfəri zamanı Azərbaycan Respublikası ilə Avropa İttifaqı arasında “Enerji məsələləri üzrə strateji tərəfdaşlığa dair” anlaşma memorandumunu imzalayır.

2011-ci ilin 13 yanvar tarixində Azərbaycanla Avropa İttifaqı arasında “Cənub Qaz Dəhlizi haqqında Birgə Bəyannamə” imzalanır.

2011-ci il oktyabr ayının 25-də Azərbaycan və Türkiyə arasında Türkiyənin Azərbaycandan təbii qaz almasına və Azərbaycan qazının Türkiyə ərazisindən Avropaya nəqlinə imkan verən 15 mühüm qaz ixracı sənədlərinin, o cümlədən Azərbaycan və Türkiyə hökumətləri arasında ildə 16 mlrd. m³ həcmində Azərbaycan qazının Türkiyənin şərqi (Samsun) qərbinə (Ceyhan) nəql olunması üçün Transanadolu təbii qaz boru xəttinin (TANAP) çəkilməsi barədə hökumətlərarası sazişin imzalanması bu sahədə yeni mərhələnin başladığından xəbər verirdi.

2012-ci il iyun ayının 26-da İstanbulda Türkiyə və Azərbaycan arasında iki ölkənin prezidentlərinin iştirakı ilə “Trans Anadolu Qaz Boru Kəməri üzrə Hökumətlərarası müqavilə” imzalanır. 2013-cü il 18 yanvar tarixində Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyev Azərbaycan və Türkiyə hökumətləri arasında 26 iyun 2012-ci ildə imzalanmış “Trans Anadolu Qaz Boru Kəməri üzrə Hökumətlərarası müqavilə”ni təsdiq edir.

30 may 2014-cü ildə İstanbulda Şahdəniz qaz-kondensat yatağının işlənməsi və TANAP layihəsindəki pay bölgülərində dəyişikliklər edilməsi ilə bağlı sənədlər imzalanır.

20 sentyabr 2014-cü ildə Səngəçal terminalında Cənub Qaz Dəhlizinin tətbiqi qoyulur. Təmələqoyma mərasimində Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyev,

Bolqarıstan prezidenti Rosen Plevneliyev, Yunanıstanın baş naziri Antonis Samaras, Gürcüstanın baş naziri İrakli Qaribaşvili, Monteneqronun baş naziri Milo Cukanoviç, Türkiyənin enerji və təbii qaynaqlar naziri Taner Yıldız, İtaliyanın iqtisadi inkişaf nazirinin müavini Klaudio Deviçenti, BP şirkətinin icraçı direktoru Robert Dadli və digər rəsmi şəxslər, şirkət nümayəndələri iştirak ediblər.

2015-ci il fevral ayından başlayaraq Bakıda Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin təşəbbüsü ilə hər il Cənub Qaz Dəhlizi üzrə Məsləhət Şurası çərçivəsində nazirlərin görüşünə start verilir. 2015-ci il mart ayının 17-də Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin, Türkiyə Respublikasının Prezidenti Rəcəb Tayyib Ərdoğanın və Gürcüstanın Prezidenti Georgi Marqvelaşvilinin iştirakı ilə Türkiyənin Qars bölgəsində TANAP qaz boru kəmərinin tətbiqi qoyulur.

Lakin hadisələrin sonuncu gedişində beynəlxalq maliyyə qurumları bu layihənin maliyyələşdirilməsindən imtina etdikləri üçün Azərbaycan öz maliyyə imkanları ilə onu davam etdirdi və sonrakı illərdə Avropaya uzanan və TAP adlanan qaz kəmərinin istismara verilməsi ilə bu nəhəng layihə başa çatdırıldı. Sonralar Azərbaycanın bu təşəbbüsünün nə qədər uzaqgörən olduğunu və 2022-ci ilin fevral ayında Rusiya-Ukrayna müharibəsinin başlanması ilə Avropada yaranmış enerji böhranının azaldılmasında mühüm rol oynayacağına şahidi olduq. 2023-cü il may ayının 31-də Bakıda keçirilən enerji həftəsində Avropa İttifaqının energetika üzrə Baş direktoru Kristina Lobello Borrera bu faktı qəbul edərək ittifaqın bu layihəni dəstəklədiyini bildirmişdi.

2015-ci il mart ayının 13-də BP şirkəti və TANAP konsorsiumu Türkiyədə səhmdarlıq sazişi imzalayırlar və buna əsaslanaraq BP şirkəti TANAP layihəsinin səhmdarları sırasına daxil olur. Əldə olunmuş razılaşmaya əsasən TANAP layihəsində səhmdarların iştirak payı belədir: SOCAR – 58 %, “Botaş” (Türkiyə) – 30 %, BP – 12 %.

Burada TANAP layihəsinin həyata keçirilməsi ilə bağlı olan bir məsələyə də diqqət çəkmək istərdim. Dünya iqtisadiyyatının önündə gedən Çin də 2013-cü ildə bir sıra xüsusiyyətlərinə görə TRASEKA ilə eyni məzmunu sahib olan *Kəmərlər və Yol təşəbbüsünü* (KYT) irəli sürmüşdür. KYT təkcə infrastruktur quruculuğu ilə kifayətlənməyərək, təşəbbüsə qoşulmuş dövlətlərlə siyasi-iqtisadi, o cümlədən enerji layihələrinin hərtərəfli gücləndirilməsini də nəzərdə tutur.

Bu məqsədlə, 2016-cı ilin may ayından etibarən KYT-ə üzv ölkələri arasında iqtisadi əməkdaşlığın inkişafı və perspektivli layihələrin maliyyələşdirilməsi kimi məsələlərin həllini nəzərdə tutan Asiya İnfrastruktur və İnvestisiya Bankı (AİİB) da təsis edilmişdir. Çinin rəhbərliyi altında 57 ölkənin birgə iştirakı ilə qurulmuş AİİB, XXI əsrin ən böyük beynəlxalq maliyyə institutlarından biri hesab edilir və onun ilk təsisçi üzvlərindən biri də 254.1 milyon dollarlıq kapital ilə Azərbaycan Respublikası olub. Məhz, TANAP layihəsinin həyata keçirilməsində birbaşa AİİB-nin 2016-cı ilin dekabr ayında ayırdığı 600 milyon dollar dəyərinə uzunmüddətli kredit mühüm rol oynamışdır.

2020-ci il oktyabr ayının 13-də Cənub Qaz Dəhlizi (CQD) layihəsinin bir hissəsi olan Trans-Adriatik Boru Kəmərinin (TAP) tikintisi başa çatdırılır. 2020-ci il dekabr

ayının 31-də isə TAP ilə Azərbaycan təbii qazı Avropa bazarına çatdırılır və bununla da “Cənub Qaz Dəhlizi”nin strateji məqsədinə nail olunur.

Bu layihənin uğurla başa çatdırılması ilə ildə 10 mlrd. m³-dən çox Azərbaycan satış qazının Avropaya ixracı həyata keçirilir ki, bunun da 8 mlrd. m³ Melendulyodan SNAM Rete Gas (SRG) şirkəri vasitəsilə İtaliyaya, 2 mlrd. m³ isə bərabər olaraq Nea-Mesimvriyadan Desfa şirkəri vasitəsilə Yunanıstana və Bolqarıstana (İGB layihəsi), qalanı isə yaxın bazarlara (məsələn, Bolqarıstandan Rumıniyaya) ötürülür.

Eyni zamanda Cənub Qaz Dəhlizinin Qərbi Balkan ölkələrinə uzadılması da mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu istiqamətdə atılan ilk addıma Macarıstanın və Şimali Makedoniyanın qoşulması buna misal ola bilər.

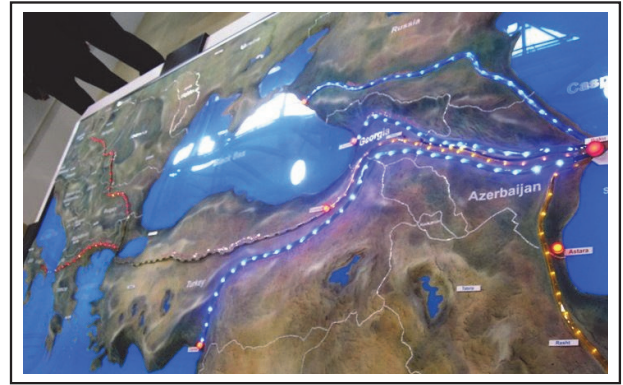
2022-ci il dekabrın 16-da Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkəti (SOCAR) və “Romgaz S.A.” arasında Azərbaycandan Rumıniyaya qaz tədarükünə dair müqavilə imzalanır. Müqavilə 2023-cü il yanvarın 1-dən etibarən təbii qazın Cənub Qaz Dəhlizinin Avropa qolu olan TAP-ın Yunanıstan-Komotini çıxış nöqtəsindən Yunanıstan-Bolqarıstan Qaz İnterkonektoru (İGB) vasitəsilə planlı nəqlini nəzərdə tutur.

2023-cü ilin 10 dekabr tarixində Serbiyanın Niş şəhərində Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin, Serbiya Respublikasının Prezidenti Aleksandr Vuçiqin, Bolqarıstan Respublikasının Prezidenti Ruen Radevin iştirakı ilə Azərbaycan təbii qazına qoşulmaq üçün Serbiya-Bolqarıya (Niş-Dimitrovqrad) interkonektorunun işə salınma mərasimi keçirilir.

Beləliklə, “Enerjinin İpək yolu” kimi qiymətləndirilən Azərbaycanın əsas ixrac qaz kəmərlərini aşağıdakılar təşkil edir: Cənubi Qafqaz Boru Kəməri, Cənubi Qafqaz boru kəmərinin genişləndirilməsi, Bakı-Tbilisi-Ərzurum, Trans Anadolu (TANAP) və Trans Adriatik (TAP) kəmərləridir:

- **Cənubi Qafqaz Boru Kəməri:** qazı Azərbaycandan Gürcüstan və Türkiyəyə nəql edir.
- **Cənubi Qafqaz Boru Kəmərinin Genişləndirilməsi:** qazın Türkiyəyə ötürülən həcmi artırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur.
- **Bakı-Tbilisi-Ərzurum Qaz Kəməri:** Azərbaycandan Türkiyəyə qaz nəql edən digər əsas kəmərdir.
- **Trans Anadolu (TANAP):** Cənubi Qafqaz Boru Kəmərinin Türkiyə hissəsidir və Azərbaycandan Türkiyəyə nəql olunan qazın əsas marşrutunu təşkil edir.

– **Trans Adriatik (TAP):** TANAP-ın Avropa hissəsidir. Azərbaycandan gələn qazı Türkiyədən Yunanıstan, Albaniya və İtaliya vasitəsilə Avropa ölkələrinə çatdırır (şəkil 2).



Şəkil 2. Azərbaycanın ixrac neft və qaz boru kəmərləri
Mənbə: <https://azerbaijan.az/uploads/news-files/melumatlar/IQTISADIYYAT/9516c46b52d87c8c324f033e3944e1e7.jpg>

Azərbaycan qazının Cənub-Şərqi Avropa ölkələrinə (Xorvatiya, Albaniya və Monteneqro) nəqli üçün tikintisi 600 mln. avro dəyərində qiymətləndirilən daha bir layihənin – İonik-Adriatik qaz boru kəmərinin (İAP) həyata keçirilməsi üçün də işlərə başlanmışdır. 2026-cı ildən ildə 200 mln. m³ Azərbaycan qazının Albaniyaya nəql edilməsi üçün də layihə işlərinə başlanmışdır. Təsədüfi deyildir ki, Azərbaycan qazının Avropaya nəqlini nəzərdə tutan bütün bu layihələr Avropa İttifaqının (Aİ) ümumi maraqları layihələrinə daxil edilmişdir.

Cari il iyul ayının 21-də Xankəndidə keçirilən III Şuşa Qlobal Media Forumunda Prezident İlham Əliyev bunu bir daha qeyd etmişdir: “Biz Avropa İttifaqının üzvü olan bir neçə ölkədən təkliflər almışıq. O ölkələr ki, bəziləri artıq bizim qazımızı alır, digərləri isə hələ də Azərbaycan qazını almır. Biz bu təklifləri dəyərləndiririk”.

BP şirkətinin Azərbaycan, Gürcüstan və Türkiyə üzrə regional prezidenti Heri Consun qeyd etdiyi kimi: “Prezident İlham Əliyevin liderliyi, onun ölkəsi və bütün region ilə bağlı gələcəyə baxışı bu tarixi nailiyyətin gerçəkliyə çevrilməsinə güclü təkan verdi. Dünya neft və qaz sənayesində ən mürəkkəb layihələrdən biri olan bu layihənin həyata keçirilməsində onun şəxsi təşəbbüsü həlledici rol oynadı”.

Ədəbiyyat siyahısı

1. *Rafiq Abdullayev*. “Azərbaycan nefti-tarixə baxış” (tarixi-populyar nəşr), “Max Ofset”, Bakı, 2024, I-II cild, 1204 s.
2. *Abdullayev R.Q.* Böyük İpək Yolu və Abşeron nefti, ”İki sahil” qəzeti, 2-3 mart, 2011.
3. *Flora Sadıqlı* “14 ölkə son deyil”, “Azərbaycan” qəzeti, 12 avqust, 2025.
4. Vüsal Quliyev Orta dəhliz: Qərbin Traseka layihəsindən Şərqi Kəmərlər və Yol təşəbbüsünə, BRİ, 12 sentyabr, 2023-cü il.