

## Karbon qazının geoloji formasiyalarda saxlanması üçün onun nəqlinin optimal variantının işlənməsi

F.N. Kərimov<sup>1</sup>, F.Ə. Quliyev, b.ü.f.d.<sup>1</sup>,  
F.Z. Bayramova<sup>1</sup>, M.A. Namazova<sup>1</sup>,  
L.M. Şixiyeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Neft və Qaz İnstitutu,

<sup>2</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

**Açar sözlər:** texnogen və antropogen proseslər, karbon qazı emissiyası, iqlim dəyişməsi, atqı mənbələri, ətraf mühit, nəql, injeksiya, lay, kollektor, yeraltı qaz anbarları.

DOI.10.37474/0365-8554/2021-11-55-58

e-mail: fatima.bayramova83@yahoo.com

### Разработка оптимального варианта транспортировки CO<sub>2</sub> для его хранения в геологических формациях

Ф.Н. Каримов<sup>1</sup>, Ф.А. Гулиев, д.ф.б.н.<sup>1</sup>, Ф.З. Байрамова<sup>1</sup>, М.А. Намазова<sup>1</sup>, Л.М. Шихиева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт нефти и газа,

<sup>2</sup>Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

**Ключевые слова:** техногенные и антропогенные процессы, выбросы диоксида углерода, изменение климата, источники сбросов, окружающая среда, транспортировка, закачка, пласт, резервуар, подземное хранилище газа.

Выявлены источники большого количества выбросов углекислого газа в атмосферу в Азербайджане, подсчитан объем сожженных углеводородов и количество отходов. В качестве основного объекта исследования были изучены методы централизованного сбора, транспортировки и утилизации отходов из источников на территории. В исследовании были изучены соответствующие геологические образования, существующие в Азербайджане и их газовая емкость была изучена путем определения геологических образований для хранения накопленных газов CO<sub>2</sub> в подземных формациях (хранилищах газа). Исследования основаны на мировом опыте, реальных производственных мощностях, новых проектах, современных технологиях и оборудовании для сбора CO<sub>2</sub>.

### Development of optimum CO<sub>2</sub> transportation for its storage in geological formations

F.N. Kerimov<sup>1</sup>, F.A. Guliyev<sup>1</sup>, F.Z. Bayramov<sup>1</sup>, M.A. Namazova<sup>1</sup>, L.M. Shikhiyeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute for Oil and Gas,

<sup>2</sup>Azerbaijan State University of Oil and Industry

**Keywords:** man-made and processes, emissions of carbon dioxide, climate change, sewage sources, environment, the transportation, injection, layers, collector, underground gas storage.

The sources of a large amount of carbon dioxide emissions into the atmosphere in Azerbaijan have been identified, the volume of burned hydrocarbons and the amount of waste calculated as well. The methods of centralized collection, transportation and disposal of waste from sources on the territory were studied as the main object of research work.

The relevant geological formations existing in Azerbaijan were studied and their gas capacity specified by identifying geological formations for storage of accumulated CO<sub>2</sub> gases in underground formations (underground gas storage). The study is based on global experience, real production facilities, new projects, modern technologies and equipment for CO<sub>2</sub> collection.

İri sənaye obyektlərindən atmosfərə atılan karbon qazının (CO<sub>2</sub>) miqdarı texniki və texnoloji baxımdan müxtəlif üsullarla azaldıla bilər. Üsullardan biri CO<sub>2</sub>-nin tutularaq birbaşa məqsədyönlü istifadəsədirsə, digər yol onun yerin altında

saxlanmasıdır. Elmi-tədqiqat işi çərçivəsində bu məsələlərin hər ikisi istiqamətində ayrılıqda geniş təhlilləri aparılsa da hazırkı məqalədə Azərbaycan, CO<sub>2</sub>-nin atmosfərdən tutularaq tullantı mənbələrinə yaxın olan geoloji formasiyalarda

saxlanması istiqamətində elmi-tədqiqat işi öz əksini konkret nəticələrdə tapmışdır. Bu məqsədlə həm tullantı mənbələrinə yaxın olan geoloji formasiyaların qaz tutumu imkanları araşdırılmış, həm də CO<sub>2</sub>-nin atqı mənbələrindən tutulub yığılaraq geoloji formasiyalara nəql olunması və yer altına vurularaq orada uzunmüddətli və təhlükəsiz saxlanması istiqamətində uyğun, qarşılıqlı-müqayisəli tədqiqat işləri yerinə yetirilmişdir. Nəticədə, Respublikamızda CO<sub>2</sub>-nin uzunmüddətli və təhlükəsiz saxlanması optimal variantı işlənərək təkliflər hazırlanmışdır [1, 2].

CO<sub>2</sub>-nin formasiyalarda saxlanması üzrə üç böyük sənaye miqyaslı layihə həyata keçirilir [3]:

– dənizin duzlu formasiyalarında Norveçdə Sleypner,

– Kanadada Ueybern,

– Əlcəzairin qaz yataqlarında İn-Salah.

Yaxın gələcəkdə bütün dünya üzrə bu cür layihələrin həyata keçirilməsi nəzərdə tutulub.

Norveçin StatoilHydro neft və qaz şirkəti Şimal dənizində yerləşən Sleypner yatağında karbon dioksidin saxlanması üzrə on iki ildən artıq kommersiya təcrübəsinə malikdir.

Şirkət CO<sub>2</sub>-nin tutulma texnologiyasını xərcləri minimuma endirmək üçün təbii qazı emal etməyə məcbur oldu. Çünki yataqdan çıxarılan qazın tərkibinin təxminən 9 %-i CO<sub>2</sub> qatışıqı təşkil edir. Norveç tələblərinə görə, yerüstü terminallardan yerli istehlakçılara və Avropa bazarına satılan qazda bu qatışıqların konsentrasiyası 2.5 %-dən çox olmalıdır.

Buna görə də, təbii qazdan konsentratlaşdırılmış CO<sub>2</sub>-nin kimyəvi ayrılması üçün StatoilHydro şirkəti ayrı bir platformada xüsusi təmizləmə sistemi qurub. StatoilHydro şirkəti CO<sub>2</sub>-nin emissiyalarını atmosfərə atmaq əvəzinə onun saxlanılmasına qərar verdi. Çünki Norveçdə ofşor neft-qaz fəaliyyəti üçün CO<sub>2</sub>-nin atmosfərə atılmasına görə vergilər üzrə dərəcələr çox yüksəkdir. StatoilHydro, Norveçdəki dəniz neft və qaz fəaliyyətləri üçün dərəcələri kifayət qədər yüksək olduğu üçün atmosfərə CO<sub>2</sub>-ni atma əvəzinə saxlamağa qərar verdi. CO<sub>2</sub>-nin saxlanması qaz yatağının Məhsuldar Qatın yuxarı hissəsində yerləşən sualtı anbarında həyata keçirilir. Bu rezervuar – duzlu su ilə dolu su qatı Utsira formasiyası adlanır.

Karbon dioksidin yeraltı saxlanması texnologiyası bu gün Əlcəzair səhrasında olan İn-Salah qaz layihəsində həyata keçirilir. British Petroleum, Statoil və Sonatrach şirkətləri tərəfindən istehsal edilən təbii qazın tərkibində kommersiya məqsədli istifadəyə görə çoxlu miqdarda CO<sub>2</sub> var.

Ona görə də kimyəvi udulmalar vasitəsilə artıq CO<sub>2</sub> çıxarılır, qalan qaz sıxılır və sonra böyük təzyiq altında iki kilometr dərinliyində yerləşən duzlu formasiyalara vurulur.

CO<sub>2</sub>-ni sadəcə olaraq yerin altında istənilən yerə vurmaq olmaz. İlkin olaraq münasib dağ süxuru müəyyənləşdirilməlidir. CO<sub>2</sub>-nin geoloji saxlanması üçün potensial kollektorlar bütün dünyada mövcuddur. Onlar özündə çıxarılabılən neft və qaz saxlayan məsəməli və keçirici dağ süxurlarıdır ki, bunlarda da kifayət qədər CO<sub>2</sub>-nin yerləşməsi və saxlanması mümkündür. Onların tutumu imkan verir ki, iqlimin texnogen dəyişməsinin yumşaldılması işində istifadə olunsun.

CO<sub>2</sub>-nin yer altında saxlanması əsas üç mümkün variantı mövcuddur: tükənmiş neft və qaz yataqları, CO<sub>2</sub>-nin saxlanması bilavasitə istifadə etmək olan, duzlu-sulu horizontlar, sənaye əhəmiyyəti kəsb etməyən daş kömür layları.

Bu yataqlar hazırda Azərbaycan üçün xarakterik deyil və gələcəyin variantı kimi baxıla bilər. Çünki böyük həcmdə CO<sub>2</sub>-nin daş kömür saxtalarına vurulması problemi hələ ki, tam olaraq həllini tapmamışdır. Digər tərəfdən isə ölkəmizdə iri tutumlu (böyük həcmli) kömür yataqları yoxdur.

CO<sub>2</sub>-nin geoloji saxlanması üçün lazım olan münasib dağ süxurları yüksək məsəməliyə və keçiriciliyə malik olmalıdır. Oxşar dağ süxurları formasiyası (quruluşları) “çöküntü hövzəsi” deyilən yerlərdə keçmiş geoloji çöküntü yığıntılarıdır. Bu keçirici formasiyalar öz yatma (yerləşmə) yerlərinə görə keçirici olmayan süxurlarla, gil qatları ilə əvəzlənir.

Çöküntü hövzələrinin tərkibində çox vaxt karbohidrogen və təbii karbon qazı yatağı kollektorları olur ki, bu da onların uzun zaman ərzində flüidləri tutub saxlamağa qadir olduğunu təsdiq edir. Təbii neft-qaz və hətta təmiz CO<sub>2</sub> tələləri bu flüidləri milyon illər ərzində özündə yerləşdirərək saxlaya bilər.

Öz quruluşuna görə qat-qat piroqu xatırladan bu yeraltı tikintilər çox vaxt sadə bircins təsvir olunur. Amma həqiqətdə o, qeyri-bərabər paylanmış dağ süxurlarının formasiyalarından təşkil olunub. Nəticədə, qeyri-bircins struktura malik olan kollektorlardan və süxur-tavandan ibarət kompleks yaranmışdır.

CO<sub>2</sub>-nin uzunmüddətli saxlanması təminatında yeraltı strukturun yararlığının qiymətləndirilməsi, tədqiqat obyektində dərin bilgiler və elmi-geoloji təcrübə lazımdır.

CO<sub>2</sub>-nin saxlanması potensial kollektor bir neçə kriteriyə uyğunlaşmalıdır:

– saxlanma yerinin tutumu və layların kifayət qədər məsəməliyə və keçiriciliyə malik olması;

– layların CO<sub>2</sub>-nin yerin altından çıxmasına mane olan qeyri-keçirici “süxur-tavan” örtük təbəqəsinin olması (qum, alevrit, gil);

– CO<sub>2</sub>-nin 800 m-dən daha çox dərinliklərdə saxlanması. Səbəbi, bu dərinliklərdə təzyiq və temperatur kifayət qədər yüksək olduğundan CO<sub>2</sub>-ni maye halında sıxışdırmaq olar ki, bununla da saxlanılan CO<sub>2</sub>-nin miqdarını maksimum artırmaq mümkündür.

Ümumiyyətlə, CO<sub>2</sub>-nin tutularaq yatağa nəqli və laya vurulması əsas problemlə məsələlərdən olduğundan bu sahədə xarici mütəxəssislər tərəfindən yerinə yetirilmiş işləri nəzərə alaraq məsələyə dəqiqliklə baxılması vacibdir. Belə ki, CO<sub>2</sub>-nin laya vurulması texnologiyasına əsaslanaraq, bu qazın haradan gətirildiyi nəzərə alınmaqla araşdırılmalıdır [4, 5].

Burada CO<sub>2</sub>-nin təbii mənbələrdən, o cümlədən elektrik stansiyaları və digər sənaye tullantılarından tutularaq yüksək təzyiqli borular vasitəsilə mədənlərə nəqli və layda istifadəsi daha aktualdır.

Sənaye obyektlərindən tutulub saxlanan CO<sub>2</sub> ilkin olaraq sıxılır, nəql olunur, sonradan isə saxlanma yerində süxura bir və ya bir neçə quyu vasitəsilə vurulur. Bütün bu zəncirvari proseslər ildə bir neçə milyon ton CO<sub>2</sub>-nin istifadəsi və saxlanması imkanlarına optimallaşdırılmalıdır.

CO<sub>2</sub> üçün istifadə olunan bütün boru kəmərləri, ifrat kritik şəraitdə yüksək təzyiq altında istismar olunur. Bütün bu hallarda CO<sub>2</sub> özünü qaz kimi aparsa da maye sıxlığına malik olur. Boru kəməri ilə CO<sub>2</sub>-nin saxlanma yerinə nəqli üçün onun üç mühüm amili əsas götürülür: borunun diametri, bütün uzunluq boyu təzyiq, boru divarının qalınlığı.

Göründüyü kimi, nəql məsələlərində CO<sub>2</sub>-nin sıxılması, laya vurulması və ətraf mühitə olan təsiri bir-biri ilə əlaqədar olub tədarükün əsasını təşkil edir.

CO<sub>2</sub>-ni dəniz nəqliyyatı (gəmi), yaxud da boru kəməri vasitəsilə nəql etmək olar. Hazırda gəmi ilə CO<sub>2</sub>-nin nəql olunması yalnız çox az həcmdə (10000–15000 m<sup>3</sup>) sənaye məqsədləri üçün həyata keçirilir. Lakin gələcəkdə bu daşıma növü CO<sub>2</sub>-nin tutulub saxlanması layihələri üçün cəlbədiçi ola bilər, yalnız o hallarda ki, CO<sub>2</sub>-nin olduğu ətraf mənbələr münasib kollektorlardan çox uzaqda yerləşmiş olsun.

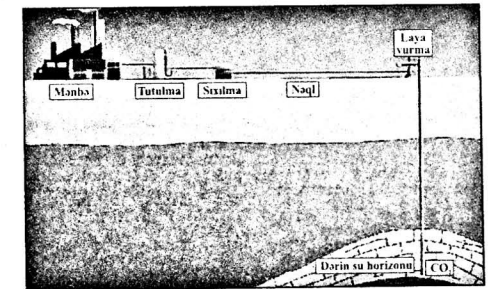
Qeyd edək ki, hazırda yenilənmiş (modernizə

edilmiş) gəmilərin MKQ tutumu 200000 m<sup>3</sup>-dən artıqdır. Onlar 230000 t CO<sub>2</sub> aparmaq gücünə malikdir. Bununla belə, dəniz nəqliyyatı fasiləsiz, səlis logistikanı təmin edə bilmir və həm də limanda CO<sub>2</sub>-nin aralıq saxlanması, eləcə də yenidən yüklənməsi üçün lazımı avadanlıqlar olmalıdır.

Böyük həcmdə CO<sub>2</sub>-nin nəql edilməsində isə əsasən boru kəmərlərindən istifadə edilir. ABŞ-da CO<sub>2</sub>-nin nəql edilməsi üçün uzunluğu 3000 km-ə qədər olan boru kəməri mövcuddur. Boru kəməri vasitəsilə CO<sub>2</sub>-nin nəqli inkişaf etmiş bazar texnologiyasıdır. ABŞ-da bir il ərzində 40 mln. t-dən artıq CO<sub>2</sub> uzunluğu 2000 km-dən artıq olan boru kəmərləri vasitəsilə nəql olunur. Bu çox sərfəli və təhlükəsiz olmaqla bərabər, eyni zamanda da CO<sub>2</sub>-nin tutulub yığılması qurğusundan saxlanma yerinə kimi daşınması (axını) fasiləsiz olaraq təmin olunur.

Hazırda dünyada bir çox aparıcı şirkətlər, o cümlədən Sulzer, Bellona və MHİ firmalarının avadanlıqları və işləyib hazırlanmış texnologiyaları göstərilən problemlərin həllində aparıcı rol oynayır [6].

CO<sub>2</sub>-nin sıxılması və saxlanma yerinə vurulması üçün o, bərk maye halına qədər sıxılır. Məqsəd, CO<sub>2</sub>-nin qaz halına nisbətə az yer tutmasına imkan yaradılmasıdır. Stasionar mənbələrdən atılan tullantı qarışıqlarından ayrılan CO<sub>2</sub>-nin səmərəli nəqli və saxlanması üçün toplanan böyük həcmdə CO<sub>2</sub> seli sıxılmaya və dehidratlaşmaya (susuzlaşdırılmaya) uğradılır (şəkil).



CO<sub>2</sub>-nin geoloji saxlanma mərhələləri

Dehidratlaşmanın aparılmasının əsas məqsədi avadanlıqlarda korroziyanın qarşısının alınması və infrastrukturun etibarlığının təminatıdır. Bu proses yüksək təzyiq altında hidratlar əmələ gətirməklə (avadanlıq və borularda tıxac yarada bilən bərk buz kristalları) baş verir. Sıxılma dehidratlaşma ilə eyni zamanda icra olunur. Bu çoxpilləli və təkrarlanan prosesdir: sıxılma, soyudulma və suyun ayrılması tsiklləri.

Təzyiq, temperatur və suyun tərkibi ümumilikdə nəql olunmanın növünə və saxlanma yerinin tələb olunan təzyiqinə uyğunlaşdırılmalıdır.

Sıxıcı avadanlıqların (kompresor təsərrüfatı) işlənilib hazırlanması üçün aşağıdakı şərtlərin yerinə yetirilməsi əsas amil (faktor) olaraq götürülür: axının sürəti, sorma-vurma təzyiqləri, qazın istilik tutumu, kompressorun məhsuldarlığı.

Sıxılma üçün texnologiya var və artıq bir çox sənaye sferalarında geniş tətbiqi aparılır.

#### Nəticə

1. Atmosferə atılan CO<sub>2</sub>-nin tutulması, sax-

lanması və məqsədyönlü istifadə olunması üçün səmərəli metodlar, tutucu qurğular və texnologiyaların müqayisəli təhlili aparılmış və ölkəmizdə tətbiqi variantları seçilmişdir.

2. CO<sub>2</sub>-nin tutulub yığılması, nəqli və yeraltı geoloji formasiyalarda saxlanması üçün, tükənmiş neft-qaz yataqlarının imkanları tam araşdırılaraq bu formasiyalardan əlverişli geoloji şəraiti olan neft-qaz yataqlarında CO<sub>2</sub>-nin uzunmüddətli saxlanması üçün yeni yeraltı qaz anbarlarının hazırlanması iqtisadi və ekoloji cəhətdən əhəmiyyətli-dir.

#### Ədəbiyyat əyləhni

1. *Xan S.A.* Анализ мировых проектов по захоронению углекислого газа // НТЖ Георесурсы, 2010, 4 (36), 55-62 с.
2. [http://wds.ica.org/wds/pdf/world CO<sub>2</sub> Documentatio.pdf](http://wds.ica.org/wds/pdf/world_CO2_Documentatio.pdf). IEA CO<sub>2</sub> Emissions from fuel combustion, OECD/IEA, Paris, 2017.
3. Презентация МНІ о технологии улавливания CO<sub>2</sub>, – Mitsubishi heavy industries group, январь 2017, 14 с.
4. Сообщение Института Географии НАНА. “Ветроэлектростанции могут обеспечить до 17% спроса на электроэнергию”. – Баку (Trend), от 22 ноября 2019 г., 288 с.
5. *Quliyev İ.S., Kərimov F.N., Quliyev F.Ə., İbrahimov T.T., Hacıyeva A.A.* Azərbaycanda iri sənaye obyektlərindən atmosferə atılan və istilik effekti yaradan karbon qazının (CO<sub>2</sub>) tutulub saxlanması və məqsədyönlü istifadə edilməsi yollarının öyrənilməsi. – “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” üzrə Beynəlxalq Konfransın materialları, 03-04 may, Gəncə - 2019, s. 285-288.
6. Презентация технологии извлечения CO<sub>2</sub> из отходящих газов. Mitsubishi Хэви Индастриз ЛТД, January 2017.

#### References

1. *Khan S.A.* Analiz mirovykh proyektov po zakhoroneniuyu uglekislogo gaza // NTZH Georesursy, 2010, 4 (36), s. 55-62.
2. [http://wds.ica.org/wds/pdf/world CO<sub>2</sub> Documentatio.pdf](http://wds.ica.org/wds/pdf/world_CO2_Documentatio.pdf). IEA CO<sub>2</sub> Emissions from fuel combustion, OECD/IEA, Paris, 2017.
3. *Prezentatsiya* MHI o tekhnologii ulavlivaniya CO<sub>2</sub>, – Mitsubishi Heavy Industries Group, yanvar' 2017, 14 s.
4. *Soobshchenie* Instituta Geographii NANA. “Vetroelektkrostantsii mogut obespechit' do 17% sprosa na elektroenergiyu”. – Baku (Trend), ot 22 noyabrya 2019 g., 288 s.
5. *Guliyev İ.S., Kerimov F.N., Guliyev F.A., Ibrahimov T.T., Hajiyeva A.A.* Azerbajjanda iri senaye obyektlərindən atmosfere atılan ve istilik effekti yaradan karbon gazının (CO<sub>2</sub>) tutulub saklanılması ve megsedyonlu istifadə yollarının oyrenilmesi. – “Muasir tebiət ve igtisad elmlerinin aktual problemleri” uzre Beynelkhalg Konfransin materiallary, 03-04 may, Genje- 2019, s. 285-288.
6. *Prezentatsiya* tekhnologii izvlecheniya CO<sub>2</sub> iz otkhodyashchikh gazov. Mitsubishi Khevi Indastriz LTD, January 2017.