UDC 621.187.15
DOI https://doi.org/10.52171/herald.424

Application of a Resource-Conserving Compressor Station Model for the Production Decline Period of a Gas-Condensate Field

E.Kh. Iskandarov, M.E. Harbizada

Azerbaijan State Oil and Industry University (Baku, Azerbaijan)

For correspondence:
Elman Iskandarov / e-mail: elman.iskandarov@asoiu.edu.az

Abstract

The article analyzes issues related to improving the energy efficiency and operational reliability of compressor stations (CS) on offshore platforms during the production decline period of gas-condensate fields. Under the conditions of decreasing reservoir pressure and well productivity, the operational characteristics of conventional centrifugal compressors were analyzed, and a resource-saving compressor station model adaptable to changing technological regimes was proposed. The necessity of implementing flexible compressor systems capable of efficient operation over a wide range of flow and suction pressures was substantiated in order to conserve resources and adapt technological regimes to changing conditions. The article analyzes the difficulties encountered in adapting compressor stations to decreasing production rates and reservoir pressure under real operating conditions. A compressor model for the final stage of field development was proposed, and appropriate parameters were determined, including the productivity of a single compressor with different configurations, the required number of compressors, and the total annual productivity of all compressors. The performed calculations showed that the proposed model enables more efficient operation of the compressor station during the production decline stage, reduces specific energy consumption, extends equipment service life, and improves the reliability of the offshore platform technological system.

Keywords: gas-condensate well, offshore platform, decreasing production, centrifugal compressor, piston compressor, efficiency range.

Submitted *20 April 2026*
Accepted *10 September 2026*
Published *25 September 2026*

For citation:
E.Kh. Iskandarov, M.E. Harbizada
[Application of a Resource-Conserving Compressor Station Model for the Production Decline Period of a Gas-Condensate Field]
Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2026, cild 18 (3), s.35-41
ISSN (p): 2076-0515, ISSN (e): 2789-8245

© 2026 E.K. Iskandarov & M.E. Harbizada. This article is distributed under the terms of the https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/ (CC BY-NC 4.0)

Qaz-kondensat yatağında hasilatın azalması dövrü üçün resursqoruyucu kompressor stansiyası modelinin tətbiqi

E.X. İskəndərov, M.E. Hərbizadə
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Bakı, Azərbaycan)

Xülasə

Məqalədə qaz-kondensat yataqlarında hasilatın azalma dövründə dəniz platformalarında kompressor stansiyalarının (KS) enerji səmərəliliyinin və istismar etibarlılığının artırılması məsələləri tədqiq olunmuşdur. Lay təzyiqinin və quyuların debetinin azalması şəraitində ənənəvi mərkəzdənqaçma kompressorlarının istismar xüsusiyyətləri təhlil edilmiş, dəyişən texnoloji rejimlərə uyğunlaşa bilən resursqoruyucu kompressor stansiyası modeli təklif olunmuşdur. Resursların qorunması və texnoloji rejimlərin dəyişən şəraitlərə uyğunlaşdırılması üçün sərf və qəbul təzyiqinin geniş diapazonunda effektiv işləyə bilən çevik kompressor sistemlərinin tətbiqinin zəruriliyi əsaslandırılmışdır. Məqalədə real istehsalat şəraitində kompressor stansiyalarının debetin və lay təzyiqinin azalmasına uyğunlaşdırılması baxımından qarşıya çıxan çətinliklər təhlil edilmişdir. Yatağın işlənməsinin son mərhələsi üçün kompressor modeli təklif edilmiş, uyğun parametrlər, müxtəlif konfiqurasiyalı bir kompressorun məhsuldarlığı, tələb olunan kompressorların sayı və bütün kompressorların illər üzrə ümumi məhsuldarlığı hesablanmışdır. Aparılmış hesablamalar göstərmişdir ki, təklif olunan model hasilatın azalma mərhələsində kompressor stansiyasının daha səmərəli istismarına, xüsusi enerji sərfinin azaldılmasına, avadanlığın istismar müddətinin uzadılmasına və dəniz platformasının texnoloji sisteminin etibarlılığının artırılmasına imkan verir.

Açar sözlər: qaz-kondensat quyusu, dəniz platforması, azalan hasilat, mərkəzdənqaçma kompressoru, porşenli kompressor, səmərəlilik diapazonu.

Применение ресурсосберегающей модели компрессорной станции для периода снижения добычи на газоконденсатном месторождении

Э.Х. Искендеров, М.Э. Гарбизаде
Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности (Баку, Азербайджан)

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы повышения энергоэффективности и эксплуатационной надежности компрессорных станций на морских платформах в период снижения добычи газоконденсатных месторождений. В условиях уменьшения пластового давления и дебита скважин проанализированы эксплуатационные характеристики традиционных центробежных компрессоров и предложена ресурсосберегающая модель компрессорной станции, адаптируемая к изменяющимся технологическим режимам. Обоснована необходимость применения гибких компрессорных систем, способных эффективно работать в широком диапазоне расходов и давлений всасывания, для сохранения ресурсов и адаптации технологических режимов к изменяющимся условиям. В статье анализируются трудности адаптации компрессорных станций к снижению дебита и пластового давления в реальных условиях эксплуатации. Предложена модель компрессора для заключительного этапа разработки месторождения, определены соответствующие параметры, включая производительность одного компрессора различных конфигураций, необходимое количество компрессоров и суммарную годовую производительность всех компрессоров. Проведенные расчеты показали, что предложенная модель обеспечивает более эффективную эксплуатацию компрессорной станции на стадии падения добычи, снижает удельные энергозатраты, увеличивает срок службы оборудования и повышает надежность технологической системы морской платформы.

Ключевые слова: газоконденсатная скважина, морская платформа, снижение добычи, центробежный компрессор, поршневой компрессор, диапазон эффективности.

Giriş

Qaz-kondensat yataqlarının işlənməsinin son mərhələsində lay təzyiqinin qanunauyğun azalması, quyuların debetinin aşağı düşməsi, maye fazanın (kondensat, su) və qumun payının artması müşahidə olunur ki, bu da ənənəvi mərkəzdənqaçma kompressorlarının işinin qeyri-sabitliyinə və səmərəliliyinin azalmasına gətirib çıxarır [1]. Dəniz platformalarında geniş istifadə olunan mərkəzdənqaçma kompressorları sərf və təzyiq üzrə məhdud tənzimləmə diapazonuna malikdir. Debet 1,0 mln. m³/gün-dən aşağı düşdükdə onlar optimal zonadan kənarda işləyir ki, bu da faydalı iş əmsalının (FİƏ) azalmasına, tez-tez dayanmalara, baypas xətlərinin qoşulması zərurətinə, xüsusi enerji sərfinin artmasına və istismar xərclərinin yüksəlməsinə səbəb olur [2].

Perspektiv istiqamətlərdən biri dəyişkən debetlərdə (0,5–5,0 mln. m³/gün) sabit işləməyi təmin edən, qəbul təzyiqinin (0,1–5,0 MPa) rəvan tənzimlənməsinə imkan verən, geniş yüklənmə diapazonunda yüksək FİƏ-yə (0,85-ə qədər) malik olan, qazın tərkibinə və termobarik şəraitə az həssas olan, mövcud platformaların rekonstruksiyası zamanı daha az kapital xərci tələb edən porşenli qaz mühərrikli kompressorların (QMK) tətbiqidir [3].

Müasir şəraitdə enerjinin səmərəliliyi və resursqoruyucu texnologiyalar neft-qaz sənayesinin davamlı inkişafının prioritetlərinə çevrildiyi üçün dəniz platformalarında azalan hasilat şəraitinə uyğunlaşdırılmış kompressor stansiyasının yeni modelinin hazırlanması böyük praktik və elmi əhəmiyyətə malikdir [4].

Belə bir həll böyük investisiyalar olmadan infrastrukturun istismar müddətini uzatmağa, enerji sərfini və istixana qazları emissiyalarını azaltmağa, karbohidrogenlərin çıxarılma əmsalını artırmağa və yatağın işlənməsinin son mərhələsində qaz nəqli sisteminin etibarlılığını təmin etməyə imkan verir.

İşin məqsədi

Tədqiqatın məqsədi, porşenli QMK-ların tətbiqi əsasında dəniz platforması üçün qəbul təzyiqinin adaptiv tənzimlənməsi ilə qaz-kondensat yatağında azalan hasilat şəraitində enerjinin səmərəli istifadəsini təmin edən kompressor stansiyasının resursqoruyucu modelinin işlənməsi və əsaslandırılması, eləcə də enerji və maddi resurslardan istifadənin səmərəliliyinin artırılması, avadanlıq və infrastrukturun istismar müddətinin uzadılması, həmçinin hasilat rejimlərinin dəyişməsi şəraitində qazın sıxılması üzrə xüsusi xərclərin azaldılmasıdır [5].

Məsələnin qoyuluşu

Dəniz hasilat platformalarında kompressor stansiyaları (KS) qaz-kondensat məhsulunun yığılması və hazırlanmasının texnoloji sxeminin əsas elementidir. Onların əsas funksiyası qazın sualtı boru kəmərlərinə verilməsi üçün nəql təzyiqinin təmin edilməsi, həmçinin debetin sabitləşdirilməsi və quyuların optimal iş rejiminin saxlanmasıdır.

İlkin mərhələlərdə, lay təzyiqi tələb olunan nəql təzyiqindən xeyli yüksək olduqda, kompressor stansiyaları ya istifadə olunmur, ya da qismən yüklənmə rejimində işləyir. Lakin layın tükənməsi və sistemdə təzyiqin azalması ilə debetin saxlanılması və çıxış təzyiqinin (adətən dəniz magistralları üçün 5,0–6,0 MPa) təmin edilməsi üçün kompressiyanın mərhələli qoşulması tələb olunur [2].

Məsələnin həlli

Dəniz platformasında tipik kompressor stansiyasına aşağıdakılar daxildir: mərkəzdənqaçma kompressorları (işçi və ehtiyat rejimində

1–3 aqreqat); ötürücülər (qazturbin və ya elektrik ötürücüləri); sıxılmadan əvvəl qaz axınından kondensat və rütubətin ayrılması üçün separator avadanlıqları; soyutma və yağlama, eləcə də, avtomatlaşdırılmış idarəetmə və mühafizə sistemləri [6].

Əksər layihələrdə sabit sərflərdə yüksək məhsuldarlıq, kompaktlıq və etibarlılığın təmin edilməsi üçün mərkəzdənqaçma kompressorlarından istifadə olunur. Onlar böyük qaz debetlərində (2–3 mln. m³/gün-dən yuxarı) və məhdud tənzimləmə diapazonunda (adətən, nominal sərfin 70–100 %-i) effektivdir.

Dəniz şəraitində avadanlıqlara yüksək tələblər qoyulur: kütlə və ölçü məhdudiyyətləri; yüksək etibarlılıq və avtonomluq (xidmətin çətinliyi); vibrasiya və korroziyaya davamlılıq; personalın minimal iştirakı (uzaqdan idarəetmə) [7] .

Bu amilləri nəzərə alaraq, layihələndirilən mərkəzdənqaçma kompressorlarının iş şəraitinin dəyişməsi zamanı bir sıra ciddi istismar məhdudiyyətlərinə malik olmasını görə bilərik.

Azalan hasilat mərhələsində mərkəzdənqaçma maşınları optimal diapazondan kənarda işləməyə başlayır. Əsas problemlər: aşağı sərflərdə kompressiya rejiminin pozulması (pompaj rejiminə qədər); FİƏ-nin azalması; axının drosellənməsi və baypas edilməsi zərurəti; xüsusi enerji sərfinin artması; qəbul təzyiqinin qeyri-sabitliyi; podşipnik və kipləşdiricilərə düşən yüklərin artması; təmirarası resursun azalmasıdır [8].

Bundan əlavə, mərkəzdənqaçma kompressorları qazın tərkibinə (kondensat, rütubət) həssasdır və axının sabit parametrlərini tələb edir ki, bu isə quyuların qeyri-bərabər işləməsi şəraitində çətin təmin olunur. Onların tənzimləmə diapazonu təxminən nominal məhsuldarlığın ±20–25 %-i ilə məhdudlaşır. Daha çox azalma zamanı ya aqreqatların bir hissəsinin dayandırılması, ya da əlavə pillələrin quraşdırılması tələb olunur ki, bu da dəniz platforması şəraitində çox vaxt texniki və iqtisadi cəhətdən məqsədəuyğun deyil.

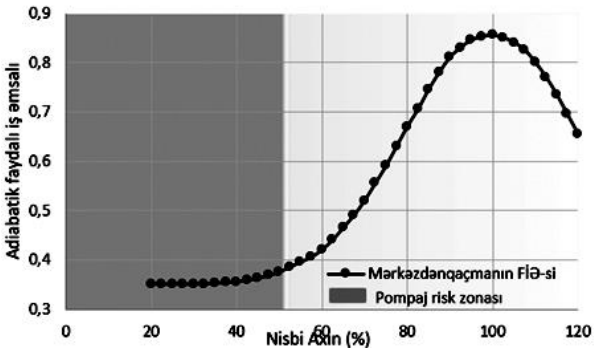
Nəticədə, yatağın işlənməsinin son mərhələsində ənənəvi KS-nin istismarı enerji səmərəliliyinin azalması, ötürücülərdə yanacaq sərfinin artması, istismar xərclərinin yüksəlməsi və avadanlığın sürətlə aşınmasına gətirib çıxarır [9].

Beləliklə, ənənəvi mərkəzdənqaçma kompressor stansiyaları ilkin və orta mərhələlərdə özünü yaxşı doğruldur, lakin aşağı debet və təzyiq rejimlərinə keçid zamanı az səmərəli olur. Bu isə texnoloji rejimin dəyişən şəraitlərə uyğunlaşdırılması üçün yeni resursqoruyucu həllərin axtarılmasını zəruri edir [10].

Azalan hasilat mərhələsində mərkəzdənqaçma kompressorları sərf üzrə məhdud iş diapazonu, aşağı verimlərdə səmərəliliyin kəskin azalması, daimi baypas ehtiyacı və xüsusi enerji sərfinin artması kimi məhdudiyyətlər göstərir. Bu isə onları uzunmüddətli istismar üçün iqtisadi baxımdan əlverişsiz edir [11,12].

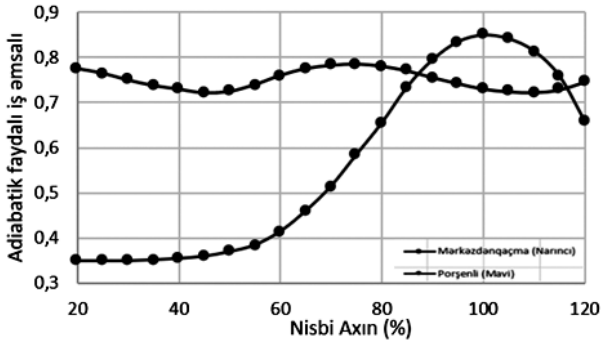
Şəkil 1-də mərkəzdənqaçma kompressorunun adiabatik faydalı iş əmsalı ilə nisbi axın sürəti (20–120%) arasındakı tipik əlaqə göstərilmişdir.

Şəkil 1-də ştrixlənmiş sahə (axın 60%-dən kiçik olduqda) dalğalanma riski zonasını göstərir. Əgər iş şəraiti bu diapazona düşərsə, əks axın, ciddi vibrasiya və çarxın zədələnməsi mümkündür. Praktik olaraq belə bir nəticəyə gəlinmişdir ki, mərkəzdənqaçma kompressorları nominal axın sürətinin təxminən 60%-dən böyük qiymətində etibarlı şəkildə işləyir; daha aşağı axın sürətlərində ya böyük həcmli modernləşdirmələr, ya da digər texnologiyalara keçid tələb olunur [2,4,5].



Şəkil 1 – Mərkəzdənqaçma kompressorunun adiabatik faydalı iş əmsalının nisbi axın sürətindən asılılığı
Figure 1 – Dependence of the adiabatic efficiency of a centrifugal compressor on the relative flow rate

Şəkil 2-də isə mərkəzdənqaçma və porşenli kompressorun adiabatik faydalı iş əmsallarının müqayisəsi göstərilmişdir (model əyriləri).

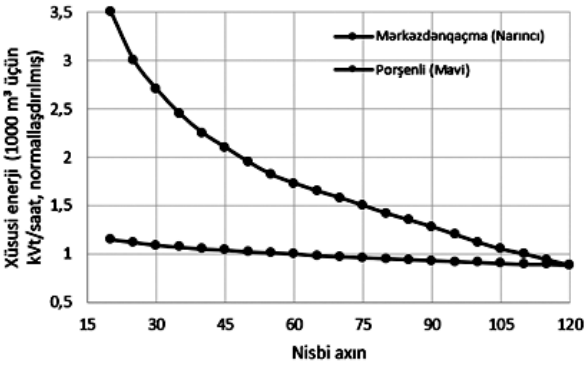


Şəkil 2 – Mərkəzdənqaçma və porşenli kompressorların adiabatik faydalı iş əmsalının nisbi axın sürətindən asılılığının müqayisəsi
Figure 2 – Comparison of the dependence of the adiabatic efficiency of centrifugal and reciprocating compressors on the relative flow rate

Şəkil 2-dən göründüyü kimi, axın sürəti azaldıqca mərkəzdənqaçma kompressorunun FİƏ-si kəskin şəkildə azalır və aşağı axın sürətində 0,35–0,45-ə çatır; porşenli kompressorun FİƏ-si isə nisbətən sabit qalır (təxminən 0,72–0,78). Bu o deməkdir ki, debet sürəti azaldıqca porşenli QMK səmərəliliyini saxlayır, mərkəzdənqaçma QMK isə onu itirir. Bu isə xüsusi enerji istehlakını artırır.

Araşdırmalar göstərir ki, aşağı debetlərdə mərkəzdənqaçma kompressorları məhdud enerji səmərəliliyinə və istismar risklərinə malikdir. Mərkəzdənqaçma və porşenli kompressorun adiabatik FİƏ-nin nisbi debetdən asılılıqlarının müqayisəsi onların arasında əhəmiyyətli fərqlərin olduğunu göstərir [1,4].

Şəkil 3-də, mərkəzdənqaçma və porşenli kompressorlar üçün xüsusi enerji sərfinin (1000 m^3 üçün kVt/saat, normallaşdırılmış) nisbi debetdən asılılığının modelləşdirilməsi əyriləri göstərilmişdir.



Şəkil 3 – Nisbi axın sürətindən asılı olaraq xüsusi enerjinin modelləşdirilməsi
Figure 3 – Modeling of specific energy as a function of the relative flow rate

Şəkil 3-dən göründüyü kimi, mərkəzdənqaçma kompressoru üçün axın sürəti azaldıqca xüsusi enerji əhəmiyyətli dərəcədə artır (100%-də təqribən 1.0-dan 20%-də isə 3.0-dən böyük qiymətə qədər). Porşenli kompressorda isə (hamar bir əlaqə nümayiş etdirir) – xüsusi enerjidə artım azdır. Nəticə etibarilə, hasilatın azalması ilə mərkəzdənqaçma aqreqatlarının istifadəsi əhəmiyyətli enerji itkisinə və iqtisadi səmərəsizliyə səbəb olur.

Belə ki, debit azaldıqca mərkəzdənqaçma kompressorunun FİƏ-si kəskin şəkildə aşağı düşərək aşağı məhsuldarlıq zonasında 0,35–0,45 səviyyəsinə çatır, porşenli kompressorda

isə bu göstərici nisbətən sabit qalır və təxminən 0,72–0,78 intervalında dəyişir.

Bu, debit azaldıqda porşenli qaz mühərrikli kompressorların səmərəliliyini saxladığını, mərkəzdənqaçma kompressorlarının isə onu itirərək xüsusi enerji sərfinin artmasına səbəb olduğunu göstərir.

Xüsusi enerji sərfinin (kVt·saat/1000 m³, normal şəraitə gətirilmiş) nisbi debitdən asılılığı da fərqli xarakter daşıyır.

Mərkəzdənqaçma kompressorlarda debit azaldıqca xüsusi enerji sərfi kəskin artır (100 % məhsuldarlıqda təxminən 1,0 olduğu halda, 20 % məhsuldarlıqda 3,0-dən artıq olur).

Porşenli kompressorlar isə xüsusi enerji sərfinin xeyli rəvan dəyişməsi ilə xarakterizə olunur və artım nisbətən az olur.

Beləliklə, hasilatın azalması şəraitində mərkəzdənqaçma aqreqatlarının tətbiqi əhəmiyyətli enerji itkilərinə və ümumilikdə iqtisadi səmərəsizliyə gətirib çıxarır.

İstismarın son mərhələsində aşağıdakılar müşahidə olunur: enerji istehlakının 30-60% artması; ümumi sistemin FİƏ-nin 35-45%-ə düşməsi; dayanma və təmir sayının artması. Porşenli qaz mühərrikli kompressorlarının (AJAX, Dresser-Rand, Ariel) isə aşağıdakı üstünlükləri verilir: 0,5-5,0 mln. m³/gün diapazonunda sabit iş; təzyiq və sərfin daha geniş diapazonda tənzimlənməsi imkanı; yüksək texniki xidmət və modulluq.

Qaz-kondensat yataqlarının istismarının son mərhələsində kompressor stansiyasının istifadə edilməsi təcrübəsi göstərir ki, nominal debetlərdə mərkəzdənqaçma kompressorları yüksək FİƏ-ni təmin etməyə imkan verir, həmin layihə göstəricilərinin 50%-dən böyük olduğu diapazonda effektli deyil.

Nəticə

1. Tükənməkdə olan dəniz yataqları üçün kompressor stansiyalarının layihələndirilməsi və ya təkmilləşdirilməsi zamanı, yüksək və sabit axın sürətləri (nominalın 60-70%-dən böyük olduğu halda) üçün mərkəzdənqaçma kompressorlarının tətbiqi səmərəli hesab edilə bilər.
2. Məhdud platforma şəraitində, texniki yoxlama və təmir xərclərinin yüksək olduğu halda, porşenli kompressorların istifadəsi iqtisadi cəhətdən daha səmərəlidir.
3. Gözlənilən uzunmüddətli aşağı debet dövrləri üçün (0.5-2.0 mln. m^3/gün) porşenli QMK-ların və ya hibrid sxemlərə (mərkəzdənqaçma + bufer rolunda porşenli) üstünlük verilməsi məqsədəuyğundur.

Maraqlar münaqişəsi

Müəlliflər bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edirlər.

REFERENCES

1. **Ismaylov, G.G., Iskenderov, E.H.** Compressor stations analysis on the electrical analogy basis. Socar Proceedings / Open source preview, 2019(3), pp. 81–87. DOI: 10.5510/OGP20190300401
2. **İskəndərov E.X., Hərbizadə M.E.** Qaz-kondensat quyularının məhsulunun hazırlanmasında asfalten-qatran-parafin çöküntülərinin ləğvi texnologiyası // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. 2025, vol.17 (4), pp.72-80. https://doi.org/10.52171/herald.330

https://www.researchgate.net/publication/399065002_Technology_for_the_Elimination_of_Asphaltene-Resin-Paraffin_Deposits_in_the_Processing_of_Gas-Condensate_Well_Production

3. Otraslevıye obzorı i novosti po podseyskoy kompressii i novım reşeniyam (Offshore-mag, Marine-TechnologyNews, Shell/Equinor news 2023–2025).

4. **Iskandarov, E.Kh., Bagirov, A.N., Bagirov, Sh.A., Ismayilova, P.Sh**., Development of new technological processes based on supersonic flow of natural gas SOCAR Proceedings, 2022, (4), p 117–123. DOI: 10.5510/OGP20220400790.

5. **Iskandarov E.Kh., Baghirov A.N.** DRYING UP THE INJECTED GAS INTO THE UNDERGROUND STORAGE AS A FACTOR IN INCREASING THE VOLUME OF INJECTED GAS. SOCAR Proceedings No.3 (2025) 098-104.
http://dx.doi.org/10.5510/OGP20250301102

6. OneSubsea / SLB – Proyekt podvodnoy kompressii Ormen Lange (Informatsiya o sluçaye)

7. MAN Energy Solutions / MAN ES – «World's First Subsea Compressor Units Reach 100,000 Operational Hours» (case/news, 2022).

8. INGAA / ICF – «Assessment of Electric Drive Compressor Conversion» (2024)

9. Korvaro F. i dr. – «İssledovaniye nadejnosti, dostupnosti i remontopriqodnosti (RAM) porshnevıx kompressorov» (2017).

10. Reuters / press – «Shell and partners boost gas production from Norway's Ormen Lange field» (2025)**.** https://www.reuters.com/business/energy/shell-partners-boost-gas-production-norways-ormen-lange-field-2025-06-27/

11. "Subsea gas compression review and its application in oil and gas reservoir productivity" - Ohia, Egelle, Onyewuenyi (review,2022).
https://www.researchgate.net/publication/363613866_subsea_gas_compression_review_and_its_application_in_oil_and_gas_reservoir_productivity

12. Offshore Magazine – "Subsea gas compression projects offshore Norway, Australia on track" (2023).
https://www.offshore-mag.com/subsea/article/14288058/subsea-gas-compression-projects-offshore--norway-australia-on-track