

Nəticə. Beləliklə, nəzərdən keçirdiyimiz mövzuların təhlilindən belə nəticələri yazı bilirik:

- Müasir proqram təminatının işlənməsi və mütəmadi effektiv diaqnostikanın normal yerinə yetirilməsi EE itkilərini birmənalı şəkildə azaldılmasına xidmət edir.
- Avtomatik diaqnostika sistemləri qurularkən nəzarətə kompleks yanaşmanın təmin edilməsi məqsəduyğundur.
- Elektroenergetika sistemləri üçün effektiv diaqnostikada müasir proqramlarla-SCADA– Supervisor Control And Data Acquisition (məlumatların toplanması və dispetçer idarəetmə sistemləri), PMU-Phasor Measurement Unit (sinxronlaşdırılmış vektor ölçüləri-SVÖ) işlənilməsi xarakterizə edilmiş və tətbiq olunmasının üstünlüyü göstərilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Rzayev B.H., Beydulayev M.Ə., Kələntərov V.A. (2014). Elektrik stansiyalarının və yarımstansiyalarının elektrik avadanlıqları. Bakı:Mütərcim, s.432
2. Həsənov Q.Ə. (2009). Yüksək gərginliklər və elektrik izolyasiya texnikası. Bakı, s.337
3. Hüseynov A.G., Mamedov R.M., Javadova M.M., Bayramova A.I. (2022). Features of the dynamics of the photoluminescence spectrum of the Cu₃In₅S₉ crystal when changing the intensity of laser excitation. Opticsandspectroscopy
- 4.Oleksandr Maslov, Dmytro Savielov, Yuliia Salenko, Javadova M.M. (2020). Theoretical Study of the Dynamic System. Proceedings of the 3rd International Conference on Bulding Innovations.Springer.Poltava
- 5.Javadova M.M., İlona Chernytska. (2020). Matrix memory device. Proceedings of the 3rd International Conference on Bulding Innovations. Springer. Poltava

References

1. Rzayev B.H., Beydulayev M.A., Kalanterov V.A. (2014). Electrical equipment of power stations and substations. Baku: Translator, p. 432
2. Hasanov G.A. (2009). High voltages and electrical insulation techniques. Baku, p. 337
3. Hüseynov A.G., Mamedov R.M., Javadova M.M., Bayramova A.I. (2022). Features of the dynamics of the photoluminescence spectrum of the Cu₃In₅S₉ crystal when changing the intensity of laser excitation. Opticsandspectroscopy
- 4.Oleksandr Maslov, Dmytro Savielov, Yuliia Salenko, Javadova M.M. (2020). Theoretical Study of the Dynamic System. Proceedings of the 3rd International Conference on Bulding Innovations.Springer.Poltava
- 5.Javadova M.M., İlona Chernytska. (2020). Matrix memory device. Proceedings of the 3rd International Conference on Bulding Innovations. Springer. Poltava

Məqaləyə istinad: Javadova M.M. Elektroenergetikada effektiv diaqnostika və müasir proqramlarla defektlərin aşkarlanmasının əhəmiyyəti. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 82-87, N2, 2024

For citation: Javadova M.M. Effective diagnostics in electrical energy and defects with modern programs importance of discovery. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC. p.82-87, N2, 2024

Redaksiyaya daxil olma/Received 8.2.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 9.4.2023

<http://doi.org/10.58225/sw.2024.2-88-93>

ULTRA BƏNÖVŞƏYİ ŞÜALARIN TƏSİRİ ALTINDA HETEROGEN FAZADA LAY SULARININ FOTOLİZİNDƏN ƏMƏLƏ GƏLƏN QAZLARIN TƏHLİLİ

Həsənova Seynura Azər qızı- assistent, Ekologiya kafedrası, AzMİU,
seynure.ibrahimova@gmail.com

Məmmədova Leyla Hüseyn qızı-fəlsəfə doktoru, dosent, Ekologiya kafedrası, AzMİU,
l.mammadova.ekologiya@gmail.com

Xülasə. Neft hasilatı zamanı əmələ gələn lay sularının ətraf mühitə axıdılması olduqca böyük ekoloji tullantılar sırasında öndə dura problemlərdən biridir. Bu səbəbdən onun tərkibinin təyini və təmizlənməsi vacib məsələlərdən biridir. Lay suyunun tərkibinin təyin edilməsinin müxtəlif metodikaları işlənmişdir. Günümüzdə də müasir metodikalar üzərində tədqiqat işləri davam etməkdədir. Baxılan işdə lay suyunun tərkibində olan H_2 , CH_4 , C_6 , C_7 qazları xromotaqraf vasitəsi ilə təyin edilmiş və kvant çıxımı müəyyən edilmişdir. Tədqiqat işində kvars materialdan hazırlanmış ampulardan istifadə edilmiş, şüalanma mənbəyi kimi UB (ultra bənövşəyi) civə lampasından istifadə edilmişdir. Fotokatalizaot kimi 21 nm ölçülü TiO_2 tozundan istifadə edilmişdir. Xromotaqrafik analizlər üçün Agilent Technologies 7890A GC xromotaqrafından istifadə edilmişdir. Heterogen sistemin fotolizi zamanı hidrogenin kvant çıxımı katalizatorun miqdarı artıqca artır və TiO_2 oksidinin böyük miqdarlarında doyma müşahidə olunur. H_2 -nin yaranmasından fərqli olaraq yüksək molekullu karbohidrogenlərin kvant çıxımının TiO_2/H_2O nisbətindən asılılığı maksimum ilə xarakterizə olunur.
Açar sözlər: Lay Suyu, Ultra Bənövşəyi Şüalanma, GC 7890A, Kvant Çıxımı

ANALYSIS OF GASES PRODUCED BY PHOTOLYSIS OF RESERVOIR WATERS IN HETEROGENEOUS PHASE UNDER THE INFLUENCE OF ULTRAVIOLET RAYS

Hasanova Seynura Azar- assistant, department of Ecology, AzUAC,
seynure.ibrahimova@gmail.com

Mammadova Leyla Huseyn- doctor of ph., ass.prof., department of Ecology, AzUAC,
l.mammadova.ekologiya@gmail.com

Abstract: Discharge of formation water produced during oil production into the environment is one of the major environmental waste problems. For this reason, determination of its composition and purification is one of the important issues. Various methods of determining the formation water composition have been developed. Even today, research works on modern methods continue. In the considered work, H_2 , CH_4 , C_6 , C_7 gases contained in formation water were determined by means of a chromatograph and the quantum yield was determined. Ampoules made of quartz material were used in the research, and a UV (ultra violet) mercury lamp was used as the radiation source. 21 nm TiO_2 powder was used as a photocatalyst. An Agilent Technologies 7890A GC chromatograph was used for chromatographic analyses. During the photolysis of the heterogeneous system, the quantum yield of hydrogen increases more than the amount of the catalyst, and saturation is observed in large amounts of TiO_2 oxide. In contrast to the formation of H_2 , the dependence of the quantum yield of high-molecular hydrocarbons on the TiO_2/H_2O ratio is characterized by a maximum.

Keywords: Formation Water, Ultraviolet Irradiation, GC 7890A, Quantum yield

Giriş. Ultrabənövşəyi (UB) şüaların təsiri altında heterogen fazada lay sularının fotolizindən əmələ gələn qazların təhlili ətraf mühit kimyası və geologiyasının mühim tədqiqat sahələrindən biridir. Mürəkkəb tərkibə malik sular kimi tanınan lay suları, geoloji formasiyalarda mövcud olan təbii olaraq meydana gələn yeraltı sulardır. Işığın yaratdığı maddələrin parçalanması və ya çevrilməsi olan fotoliz prosesi zamanı UB şüalarına məruz qalan lay suları kimyəvi reaksiyalara məruz qalır və müxtəlif qazlar

əmələ gətirir. Bu adətən suda ultrabənövşəyi radiasiya zamanı təsirlənə bilən müxtəlif həll edilmiş üzvi və qeyri-üzvi birləşmələrin olması səbəbindən baş verir.

UB şüaları kimyəvi rabitələri qırmaq və lay sularında müəyyən reaksiyaların getməsinə səbəb olan lazımi enerjiyə malikdir. Bu enerji ötürülməsi üzvi birləşmələrin parçalanmasına və karbon dioksid (CO_2), metan (CH_4), hidrogen sulfid (H_2S) və azot oksidi (NO_x) kimi qazların ayrılmasına səbəb ola bilər. Bu qazların tərkibi və konsentrasiyası lay sularının xüsusi kimyəvi tərkibindən asılı olaraq dəyişə bilər. Lay sularının fotolizindən əmələ gələn qazların təhlilini başa düşmək müxtəlif səbəblərdən vacibdir. Birincisi, bu, tədqiqatçılara UB şüaları altında baş verən mürəkkəb kimyəvi reaksiyalar haqqında məlumat əldə etməyə imkan verir, Yer qabığının dərinliklərində baş verən geokimyəvi proseslər haqqında qiymətli məlumatlar verir. İkincisi, bu qazların buraxılması və ya səthə daşınması zamanı ətraf mühitə potensial təsirinin qiymətləndirilməsinə kömək edir, çünki bu qazların bəziləri iqlim dəyişikliyinə, havanın çirklənməsinə və ya sağlamlığa təhlükə yarada bilər.

Lay sularının fotolizindən əmələ gələn qazların təhlili müxtəlif üsul və üsullarla aparılır. Qaz xromatografiyası, kütləvi spektrometriya və spektroskopiya nümunələrdə mövcud olan qazları müəyyən etmək və kəmiyyətini təyin etmək üçün geniş istifadə olunan üsullardır. Bundan əlavə, analiz təbii sistemlərdə rast gəlinən şərtləri simulyasiya edən, UB şüalanması və lay suları arasında mürəkkəb qarşılıqlı əlaqəni daha yaxşı başa düşməyə imkan verən laboratoriya təcrübələrini də əhatə edir. Ümumiyyətlə, ultrabənövşəyi şüaların təsiri altında heterogen fazada lay sularının fotolizindən əmələ gələn qazların təhlili həm geoloji, həm də ekoloji prosesləri başa düşməyimizə kömək edən tədqiqat sahəsidir. Kimyəvi reaksiyaları və qaz əmələ gəlməsini tədqiq etməklə, elm adamları Yerin yeraltı kimyası və ətraf mühitə potensial təsirləri haqqında məlumat əldə edə bilərlər. Lay suyu, həll olmuş və asılı halda olan üzvi və qeyri-üzvi kimyəvi maddələrin mürəkkəb qarışığıdır. Lay sularının fiziki-kimyəvi xassələri təbəqənin geoloji yaşından, dərinliyindən və geokimyasından, həmçinin laydakı neft və qaz fazalarının kimyəvi tərkibindən və hasilat zamanı əlavə olunan texnoloji kimyəvi maddələrdən asılı olaraq geniş şəkildə dəyişir. İki lay suyu eyni olmadığından, onun axıdılmasından yaranan ekoloji riskləri həll etmək üçün bölgəyə xüsusi tədqiqatlar lazımdır. Lay suyunun tərkibinə qeyri-üzvi duzlar, metallar, radioizotoplar və müxtəlif üzvi kimyəvi maddələr, ilk növbədə karbohidrogenlər daxildir. Müxtəlif sənaye sahələrinin - neft - qaz, kimya, metallurjiya, boyaq, sement və s. inkişafı su hövzələrinin - içməli su mənbələrinin və Xəzər dənizinin müxtəlif toksiki maddələrlə çirklənməsinə gətirib çıxarır [1-5]. Hazırda çirklənmiş suların toksiki kimyəvi birləşmələrdən təmizlənməsi üçün Müasir Oksidləşmə Prosesləri (Advanced Oxidation Processes) qrupuna daxil olan müxtəlif metodlar – UB-, ozon, katalitik, membran, biokimyəvi, fotokimyəvi, radiasiya-kimyəvi, plazmakimyəvi, elektro-kimyəvi və onların kombinə edilmiş variantları və s. geniş tətbiq olunur [6-8].

UB şüalanma oblastında udma spektrinə malik bir sıra yarımkeçirici oksidlərin- TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , CdS , ZnS modifikasiya olunmaqla onun udma oblastını genişləndirmək və görünən işıq oblastında şüalanma enerjisindən istifadə etmək imkanı vardır. Son zamanlar nano oksidlərin istifadəsi tullantı suların təmizlənməsi prosesinin effektivliyinin artırılması üçün imkan yaradır. Bu istiqamətdə yuxarıda göstərilən oksidlərdən ən perspektivlisi TiO_2 nano oksididir. Buna əsas səbəb nano TiO_2 oksidinin fotokimyəvi korroziyaya qarşı davamlı olmasıdır. Hazırda nano TiO_2 oksidinin iştirakı ilə müxtəlif növ tullantı suların təmizlənməsi geniş tətbiq olunur. Neft sənayesinin mühim ekoloji problemlərindən biri neft və qaz çıxarılması zamanı yaranan lay suyunun ətraf mühiti çirkləndirməsi ilə əlaqəlidir. Hazırda neft sənayesində yaranan lay sularının miqdarı $20,24 \text{ mln/m}^3$ həcmindədir [9]. Yarımkeçirici fotokatalizator kimi TiO_2 əla piqmentar xassələrə, yüksək ultrabənövşəyi udma qabiliyyətinə və yüksək sabitliyə malikdir ki, bu da onu suda və havada kimyəvi maddələrin fotokatalitik parçalanmasında istifadə etməyə imkan verir. TiO_2 oksidi 3 kristal quruluşda olur; anataz, rutil və brokit. TiO_2 oksidinin ən stabil forması anataz kristal quruluşudur. [10]. 700°C -dən yuxarı temperaturda qızdırılmaqla rutilə çevrilə bilər. Anataz rutilə müqayisədə daha açıq quruluşa görə rutildən daha effektivdir.

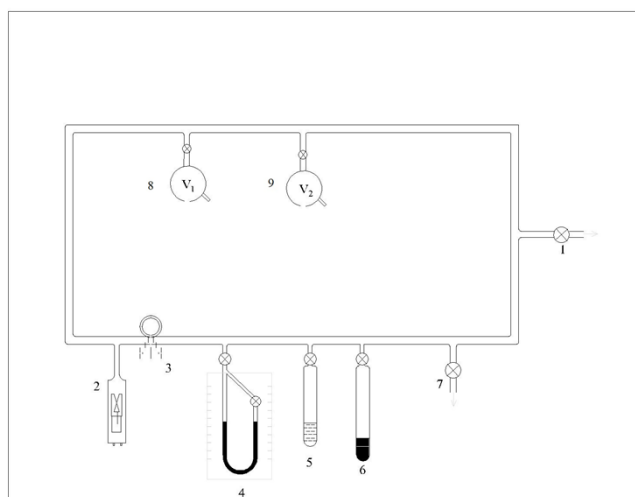
Fotokatalitik proseslər üçün günəş işığından, süni işıqdan (közərmə lampasından) və UB şüalanma mənbələrindən istifadə edilir. Bu üsul üzvi materiallar, üzvi turşular, estrogenlər, pestisidlər,

boyalar, xam neft, mikroblar (viruslar daxil olmaqla) və xlorə davamlı orqanizmlər, azot kimi qeyri-üzvi molekullar daxil olmaqla müxtəlif maddələri parçalamaq üçün tətbiq edilir [11-13].

Lay suyunun tərkibini təyin zaman onun müxtəlif tipli anionlardan, kationlardan eyni zamanda müxtəlif miqdarda alifatik və aromatik birləşmələrdən ibarət olduğunu müşahidə etdik [9].

Təqdim olunan işdə lay suyunun tərkibində karbohidrogenlərin və H_2 , C_1 , C_6 və C_7 qazlarının təyini üçün "Agilent Technologies 7890A GC" markalı (ABŞ) kompüterlə idarə olunan xromatoqrafının TCD detektorundan istifadə edilmişdir. Bu zaman cihazın müxtəlif kalonkalarından istifadə edilmişdir. Bunun üçün Carboxen 1010 PLOT markalı Fused Silica Capillary Column 30 m x 0,53 mm istifadə edilmişdir. Hidrogenin analizinin aparılması zamanı qaz daşıyıcısı olaraq Arqon qazından istifadə edilmişdir. Karbon dioksidin analizinin aparılması zamanı qaz daşıyıcısı olaraq Helium qazından istifadə edilmişdir. Lay sularının təmizlənməsində müxtəlif metodikalar işlənmişdir. Təmizlənmənin kinetikasının müəyyən etmək üçün suyun keyfiyyət analizləri edilir. Bunlardan bəziləri daha çox maliyyə xərci tələb etdiyindən geniş şəkildə istifadəsi iqtisadi səmərəli sayılır. Lay sularında xromatoqrafik analiz nəticəsində kifayət qədər nəticə görmək mümkündür. Əldə edilən nəticələrə əsasən təmizləmə prosesinin hansı qanunauyğunluqla getdiyini aydın şəkildə görmək mümkündür. Bu səbəblə təqdim edilən metod ilə daha az maliyyə xərci sərf etməklə lay suyunda təmizləmə prosesi zamanı hansı dəyişikənin getdiyini görmək üçün xromatoqraf cihazından istifadə edilmişdir.

Materiallar və tədqiqat üsulları. Tədqiqat işində Azərbaycan Respublikası Qaradağ rayonu neft-qaz çıxarma idarəsi nəzdində işləyən neft-qaz hasilatı quyularından götürülən lay suyundan istifadə edilmişdir. $V=35$ ml həcmli optik kvardan hazırlanmış ampulalar həm kimyəvi üsullarla, həm də distillə olunmuş su ilə təmizlənərək, $T=873K$ temperaturda, $t=72$ saat müddətində termiki işlənmişdir. Ampula soyuduqdan sonra onun daxilinə 15-30 ml lay suyu və şüalanma müddətində maqnit qarışdırıcıdan istifadə etməklə neft məhsullarının həcmdə bərabər paylanması üçün dəmir barmaqçıq salınmışdır. Ampulalara uyğun olaraq 0.015qr, 0.03 qr, 0.06 qr və 0.09 qr 21 nm ölçülü TiO_2 əlavə edildi. Daha sonra vakuum-adsorbsiya qurğusu vasitəsilə nümunə daxilində $\sim 10^{-1}$ Pa təzyiqdə hava qovularaq ampula bağlanmışdır. Qurğunun sxemi şəkil 1-də təsvir edilmişdir [14].



Şəkil 1. Vakuum- adsorbsiya qurğusunun quruluşu:

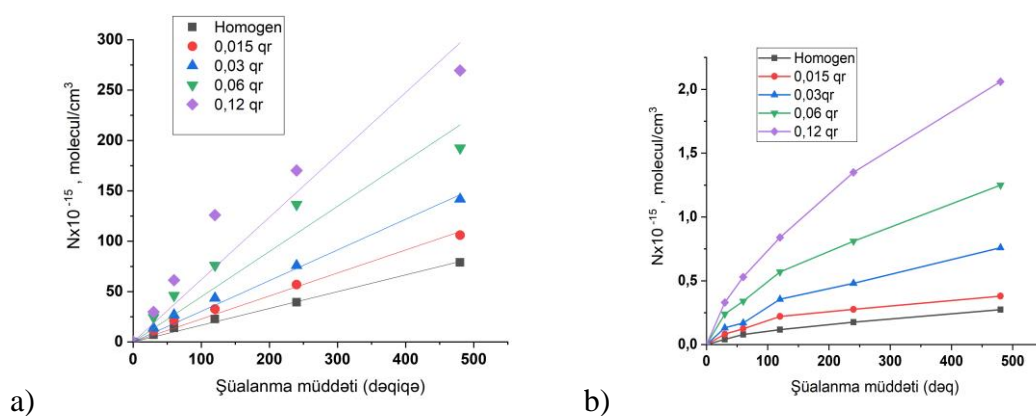
- 1 - forvakuum, 2 - vakuum-ölçü lampası, 3- manometr, 4 - civə manometrləri, 5- katalizator nümunəli ampulalar, 6 - sulu ampulalar, 7- forvakuum, 8 və 9 - V_1 - V_2 - həcmələr [14]

Ampulalar UB lampadan 10 sm məsafədə, maqnit qarışdırıcı üzərində ştativdə yerləşdirilmişdir. Şüalanma müddətində maqnit qarışdırıcı fasiləsiz olaraq işləmişdir. Şüalanma prosesində UB lampa və ampula ventilyator vasitəsilə temperatura nəzarət edilmişdir. Lay suyu kvars

ampula daxilində UB lampa altında 30 dəq, 60 dəq, 120, 240 dəq və 480 dəq olmaqla eyni şəraitdə şüalanmışdır. şüalanma prosesindən dərhal sonra qaz xromotaqrafında analizlər həyata keçirilmişdir.

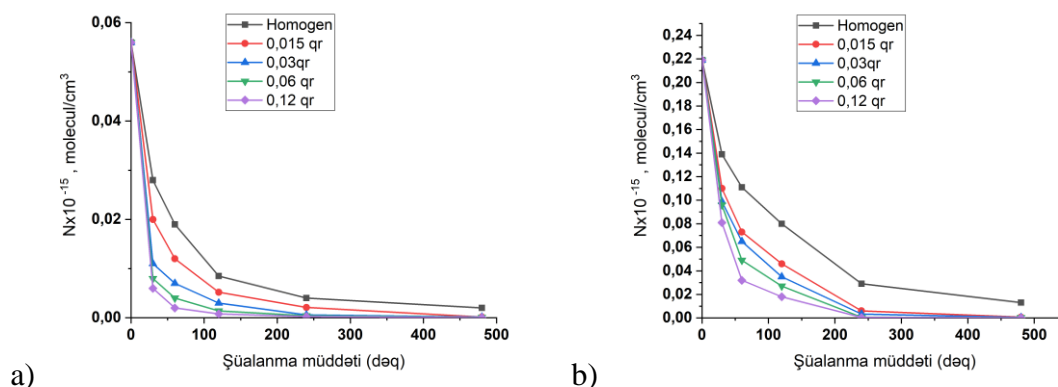
Nəticələr. Karbohidrogenlərin (doymuş və doymamış karbohidrogenlər) analizi “Agilent Technologies 7890A GC” markalı (ABŞ) kompüterlə idarə olunan xromatoqrafının FİD detektorunda (J&W 113-4332, -80 to 260/300°C, 30m x 320µm x 0µm (GC–GASPRO) markalı kapilyar kolonka) aparılmışdır. Termoşkafda temperatur termoproqlammış rejimlə qaldırılmışdır: 50°C-də 10 dəq. izoterma, sonra 10°C/dəq sürətlə 230°C-yə qədər qaldırılmış, daha sonra 230°C-də 10-15 dəq izoterma rejimində saxlanılmışdır. Bu müddət ərzində ampulanın qaz fazasında olan karbohidrogenlərin analizi aparılmışdır. Analiz FİD detektorunda aparılmışdır. Qaz daşıyıcısı olaraq Helium qazından istifadə edilmişdir. Detektorun və injektorun temperaturu 230°C olmuşdur.

TiO₂ oksidinin müxtəlif miqdarlarında fotoliz nəticəsində yaranan qaz məhsullarının qatılığının şüalanma müddətindən asılılığı aşağıdakı şəkillərdə göstərilmişdir.



Şəkil 2. a) Hidrogenin və b) CH₄-ün qatılığının şüalanma müddətindən asılılığı [14]

Alınmış kinetik əyrilər baxılan şüalanma vaxtı intervalında zamandan asılı olaraq qatılığın xətti olaraq artdığını göstərir. Asılılıqdan görüldüyü kimi heterogen sistemin fotolizi zamanı hidrogenin kvant çıxımı 0.07×10^{-2} -dən təxminən 2.3×10^{-2} molekul/kvanta qədər artır və TiO₂ oksidinin böyük miqdarlarında doyma müşahidə olunur.



Şəkil 3. a)C₆-nin və b)C₇-nin qatılığının şüalanma müddətindən asılılığı [14].

Cədvəl 1. Fotoliz prosesində qaz fazada alınan məhsulların kvant çıxımları [14]

Fotoliz Məhsululu	Kvant çıxımı, molekul/kvant, 0.015 qr TiO ₂	Kvant çıxımı, molekul/kvant, 0.03 qr TiO ₂	Kvant çıxımı, molekul/kvant, 0.06 qr TiO ₂	Kvant çıxımı, molekul/kvant, 0.12 qr TiO ₂
H ₂	0.07x10 ⁻²	0.99x10 ⁻²	1.7x10 ⁻²	2.3x10 ⁻²
CH ₄	0.05x10 ⁻³	0.06x10 ⁻³	0.13x10 ⁻³	0.2x10 ⁻³
C ₆	2.9x10 ⁻⁶	1.5x10 ⁻⁶	1.5x10 ⁻⁶	1.5x10 ⁻⁶
C ₇	1.4x10 ⁻⁵	1.2x10 ⁻⁵	1.7x10 ⁻⁵	1.8x10 ⁻⁵

TiO₂ oksidinin müxtəlif qiymətlərində yaranan qaz məhsulların qatılığının şüalanma müddətindən asılılığı öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, H₂ -nin yaranma sürəti sistemə daxil edilən TiO₂ oksidinin miqdarı artdıqca artır. Alınmış əyriyədən H₂ yaranmasının kvant çıxımı TiO₂ /H₂O nisbətindən asılı olaraq hesablanmışdır. CH₄ isə ilkin yaranma sürəti TiO₂ oksidinin miqdarından asılı olaraq artır. Lakin H₂ -nin yaranmasından fərqli olaraq digər karbohidrogenlərin kvant çıxımının TiO₂ /H₂O nisbətindən asılılığı maksimum ilə xarakterizə olunur və bu maksimum qiymət nisbətən 0.005 qiymətində müşahidə olunur.

Ədəbiyyat

1. Hüseynov F.Ə., Kazımov Ş.P. Karbohidrogen yataqlarının lay suları və İşlənmənin texniki-iqtisadi göstəriciləri. UOT 622.276.7.622.245.43
2. Щабыйев Ф.М. (2004). «Абшерон йарымадасынын ясас нефт йатагларында нефтля бирликдя щасил едилян суларда гиймятли микрокомпонентлярин, дузларын юйрянилмяси вя онлардан сямряяли истифадя олунмасы мягсядия тювсийяләр щазырланмасы» адлы (2003. И.60. 2004 В сайлы мцгабиля цзря) елми-тядгигат иши шаггында щесабат. Бакы, АЗНГСДЕТЛИИ-нин фонду, Дювлят гейдийят №-си 0104 Аз 00017
3. Quliyeva X.B. (2015). Xam neftin emalı zamanı yaranan ekoloji problemlər, onların həlli istiqamətləri və iqtisadi zərərlərin hesablanması. Bakı
4. Jerry Neff, Kenneth Lee, and Elisabeth M.Deblois. (2011). Produced Water: Overview of composition, fates and effects. Produced water, DOI 10.1007/978-1-4614-0046-2
5. Berry J.A, Wells P.G (2005) Environmental modeling of produced water dispersion with implications for environmental effects monitoring design. In: Armsworthy SL, Cranford PJ, Lee K (eds) Offshore oil and gas environmental effects monitoring: approaches and technologies. Battelle Press, Columbus, OH, pp 111–129
6. Quliyev Ü.A. Fenolların suda məhlullarında radiasiya və fotokimyəvi çevrilmə proseslərinin tədqiqi. Bakı 2016.
7. Casado J., Fornaguera J. (2008). Pilot-scale degradation of organic contaminants in a continuous-flow reactor by the helioelectro-fenton method. Clean: Soil, Air, Water, v. 36, No 1, p. 53-58
8. Chen C.Y., Lu C.L. (2002). An analysis of the combined effects of organic toxicants. Sci. Total Environ., v. 289, N.140, p. 123-132
9. SOCAR illik-hesabatlar 2015-2021. URL: <https://www.socar.az/az/page/illik-hesabatlar>
10. Kokorin, A.I.; Bahnemann, D.W. (2003). Chemical Physics of Nanostructured Semiconductors; VSP: Boston, MA, USA
11. Blake, D.M. (2001). Bibliography of Work on the Heterogeneous Photocatalytic Removal of Hazardous Compounds from Water and Air; National Renewable Energy Laboratory: Denver, CO, USA, p.150–158
12. Schmitt-Kopplin, P.; Hertkorn, N.K.A. (1998). Structural changes in dissolved soil humic matter during photochemical degradation processes under nitrogen and oxygen atmospheres. Environ. Sci. Technol. 32, p.2531–2541
13. Paleologou, A.; Marakas, H.; Xekoukoulotakis, N.P.; Moya, A.; Vergara, Y.; Kalogerakis, N.; Gikas, P.; Mantzavinos, D. (2007). Disinfection of water and wastewater by TiO₂ photocatalysis, sonolysis and UV-C irradiation. Catal. Today 129, p.136–142