

NEFT LƏKƏLƏRİNİN MƏSAFƏDƏN AŞKARLANMASI ÜÇÜN MİLLİ AVIASİYA AKADEMİYASINDA İŞLƏNİB HAZIRLANMIŞ FLÜORESSENT LİDAR-ın İŞ PRİNSİPİ, QURULUŞU VƏ ƏSAS MODULLARI

İ.Z. SADIXOV

Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı, Mərdəkan pr. 30

e-mail: ilham-sadixov@mail.ru

Tədqiq olunan məqalə SOCAR-ın dəstəyi ilə Milli Aviasiya Akademiyasında neft çirklənmələrinin lazer hesabına flüoressensiya metodu əsasında məsafədən aşkarlanması üçün nəzərdə tutulmuş KA-14 LİDAR-ın (Light Identification Detection and Ranging) iş prinsipi, quruluş sxemi və əsas modulların xüsusiyyətləri verilmişdir. LİDAR real zaman axımında zondlamanın aparılması və verilənlərin yerində emal edilə bilməsi kimi müasir tələblərə cavab verir. Bu xüsusiyyətlər neft sızıntılarının operativ aşkarlarına bilməsi baxımından aktual məsələdir.

Açar sözlər: LİDAR, məsafədən zondlama, flüoressensiya, lazer, Xəzər dənizi, neftin flüoressensiyası, lazer spektroskopiyası, neft çirklənmələri
UOT: 504.064.37:528.8

1. GİRİŞ.

Neft – bu gün sivilizasiyanı onsuz təsəvvür edə bilməyəcəyimiz qədər qiymətli xammaldır. Lakin çox vaxt neft və neft məhsullarının hasil olunması, daşınması, saxlanması və emalı onu ətraf mühitə böyük ölçüdə zərər verən çirkləndirmə mənbəyinə çevirir. Ətraf mühitə daxil olan antropogen mənşəli çoxsaylı zərərli maddələrin arasında neft və neft məhsulları ilk sıralardadır [1, 2]. Neft və onun komponentlərinin ətraf mühitə düşməsi (havaya, suya və torpağa) yaşayış yerlərinin fiziki, kimyəvi və bioloji xüsusiyyətlərinin dəyişməsinə və təbii biokimyəvi proseslərin pozulmasına səbəb olur. Belə kimyəvi maddələr ətraf mühitə düşdükdən sonra bir çoxu artıq öyrənilmiş olan bir sıra mürəkkəb çevrilmələrə məruz qalır. Neft karbohidratları transformasiya nəticəsində əvvəlkindən daha çox kanserogen və mutagen xüsusiyyətlərə malik, mikrobioloji parçalanmaya davamlı toksit birləşmələrə çevrilə bilirlər [3]. Bu baxımdan neft sızıntılarının tez və operativ aşkarlanması məsafədən zondlamanın aktual məsələlərindən biridir. LİDAR texnikasının bu sahədə tətbiq edilməsi günün saatlarından asılı olmayaraq və yetəri qədər geniş atmosfer şərtlərində bu tip monitorinqlərin aparılması üçün çox əlverişlidir [4, 5, 6].

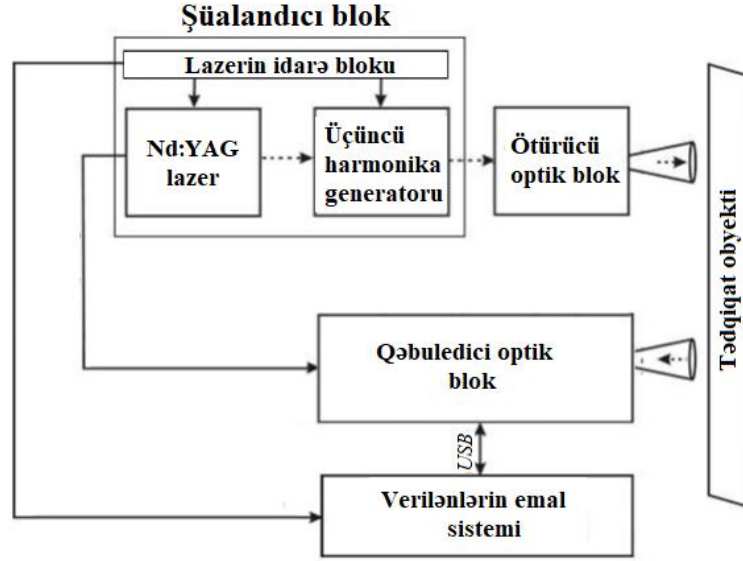
Xam neft çox geniş və müxtəlif maddələr sinifi olub karbohidrogenlərin, duzların, aminlərin, kükürd birləşmələrinin və metalların kompleks birləşmələridir. Məlumdur ki, xam neftin əsas komponentlərinə karbon (83-87%), hidrogen (11-14%), oksigen (3%-ə qədər), azot (0,1-2%), kükürd (0,05-6%) və mikroelementlər-metallar (<0,1%; daha geniş yayılmış metallar: dəmir, nikel, mis və vanadium) daxildir [7]. Neftin ölçülməsi və identifikasiyası üçün tətbiq edilən flüoressent spektroskopiyasının əsasını neftin flüoressensiya mənbəyi olan aromatik birləşmələr və onların törəmələri təşkil edir. Neftin ümumi karbohidrat miqdarının 25-75%-ni əsas hissəsi ikili birləşmələrdən ibarət olan aromatik karbohidratlar təşkil edir. Bu birləşmələr benzol, naftalin, antrasen, fenantren, floranthen, benzpirol və başqa polisiklik aromatik karbohid-

ratlardan və onların törəmələrindən, həmçinin ağır metallar təşkil edən porfirinlərdən ibarətdir. Sadalanan maddələr π elektronlarla birləşmiş, doymamış quruluşa malikdirlər və neftin flüoressent aşkarlama metodunun əsasını təşkil edirlər. Milli Aviasiya Akademiyasında yaradılmış KA-14 LİDAR sistemi neftin lazer şüalanması ilə həyəcandırıldıqda flüoressensiya edə bilmək qabiliyyətinə əsaslanmışdır və lidarın əsas xüsusiyyətləri daha öncə nəşr edilən elmi məqalələrdə öz əksini tapmışdır [8, 9, 10]. Tədqiq olunan məqalədə lidarın iş prinsipi və ayrı-ayrı hissələri ətraflı şəkildə izah olunur.

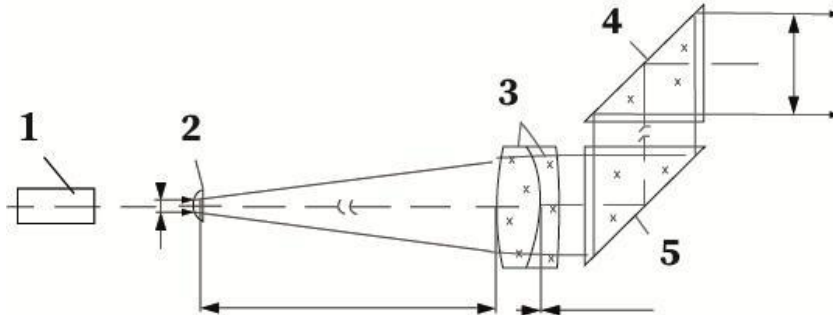
2. METODOLOGİYA.

LİDAR-ın iş prinsipi neft çirklənmələrinin lazer vasitəsi ilə şüalandırılması və yaranan flüoressensiya şüalanmasının qəbuledici kanal vasitəsi ilə qeyd edilməsidir. Zond şüalanmasının intensiv impulsları kollimasiya edən optik sistemdən çıxaraq tədqiq obyektinə olan neft nümunəsinə istiqamətləndirilir. Şüalanmanın çox kiçik bir hissəsi ayrılır (1-2%) və istinad siqnalının formalaşdırılması üçün istifadə olunur. Lazer şüasının udulması nəticəsində neft nümunəsində yaranan flüoressensiya qəbuledici optik modul ilə yığılır və ölçmələrin aparıldığı məsafədən asılı olaraq öncədən müəyyən edilmiş iki spektr analizatorundan birinə göndərilir. Son olaraq siqnallar analoq-rəqəm çeviricisi vasitəsi ilə kompüter modulunda toplanır və emal olunur. Şəkil 1-də LİDAR-ın ümumi quruluş sxemi təqdim olunmuşdur.

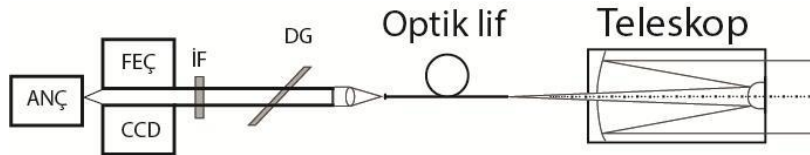
Yaradılan LİDAR sistemində neftin flüoressensiya xassələri nəzərə alınaraq şüalandırma mənbəyi kimi Nd:YAG lazerin (1064 nm) 3-cü harmonikasından istifadə olunur. Qabaritləri, çəkisi və effektiv soyutma sistemi nəzərə alınaraq şüalandırma mənbəyi kimi Nd:YAG lazeri əsasında Quantel CFR 200 model lazer tətbiq edilmişdir. Şüalanmanın dalğa uzunluğu 355 nm, impuls tezliyi 20 Hz, impulsun müddəti 7 nsan, bir impuls üçün enerjisi 60 mCl, enerji stabilliyi <2%, şüanın sərfiyyatı <3,5 mrad, şüa diametri 5,35 mm təşkil edir.



Şəkil 1. Milli Aviasiya Akademiyasında işlənilmiş KA-14 flüoressent LİDAR-ın quruluş sxemi.



Şəkil 2. Flüoressent KA-14 LİDAR-ın lazer şüalanmasının ötürücüsünün optik sxemi. 1– Nd:YAG lazer, 2, 3– lazer şüasının genişləndiricisi, 4, 5– tənzimlənən prizmalar.



Şəkil 3. KA-14 flüoressent LİDAR-ın qəbuledici optik blokunun quruluş sxemi.

LİDAR vasitəsi ilə aparılacaq ölçmələrin etibarlılığı lazer şüasının parametrlərindən birbaşa asılıdır. Bununla birgə təbiidir ki, tədqiqat obyektinə yönləndirilmiş lazer şüasının işlək dalğa uzunluğunda sərfiyyatı minimal və sistemin optik görüş oxu ilə paralelliyi maksimal olmalıdır. Bu səbəbdən, şüalanmanın ötürücü optik blok vasitəsi ilə tədqiqat obyektinə yönləndirilməsi zondlamanın aparılması üçün zəruri şərtədir [11]. Ötürücü optik blok lazer şüasının kollimasiyasını yaxşılaşdırır, məkan süzəcləməsinə həyata keçirir və lazerin özünün yarada biləcəyi arzuolunmaz yan şüalanmanı dəf edir. Yaradılan flüoressent lidarın arzu olunan xarakteristikalarını nəzərə alsaq, genişləndirmə əmsalı 3-4 intervalında olmalıdır. Ötürücü optik modulun quruluş sxemi şəkil 2-də göstərilmişdir.

LİDAR-ın qəbuledici bloku flüoressent şüalanmanın qeydiyyatı üçün nəzərdə tutulmuşdur. Blok optik sistemdən, lazer induksiya flüoressensiya şüalanmasının qeydiyyatının spektral kanallarının seçimini təmin edən spektral interferensiya süzəcləri və dixronik güzgüdən, fotoqəbuledici, fotoelektron çoxaldıcıdan və analoq-rəqəm çeviricisindən ibarətdir (şəkil 3).

Flüoressensiyanın şüalanması qəbuledici obyektiv vasitəsi ilə yığılır, spektral süzəcləmədən keçir və teleskopun fokus müstəvisində yerləşən optik lifə daxil edilir. Optik lifin istifadəsi qəbuledici optik sistemi ilə spektral bölgü sistemini yaymağa və qəbuledici teleskop ilə qəbuledicinin uyğunlaşdırılmasını sadələşdirməyə imkan verir. Qeydiyyatın spektral diapozonlara bölgüsü qəbuledici teleskopdan sonra dixronik güzgülərin köməyi ilə aparılır.

LİDAR-ın qəbuledici blokunda Nyuton tipli teleskop tətbiq olunmuşdur. Kosmik lidarlarda tədqiqat obyektini ilə lidar arasındakı məsafə çox böyük olduğundan teleskopun diametri əksər zamanlarda yetəri qədər informasiya yığa bilməsi üçün 1-3 metr arası (bəzən çox) olur [12]. Bizim halda isə, yaratdığımız yerüstü KA-14 flüoresent LİDAR-ı ilə aparılacaq eksperimentlər zamanı məsafəni nəzərə alaraq, çəkinin və qabaritlərin azaldılması baxımından tətbiq etdiyimiz Nyuton tipli teleskopun diametri 200 mm-dir.

Fotoqəbuledici LİDAR ilə aparılan ölçmələrin həssaslığını və dəqiqliyini müəyyən edən əsas elementlərdən biridir. Onun seçilməsi ölçmələrin aparılacağı spektral diapazonun müəyyənəndirilməsindən başlayır. Lidar ölçmələrinin aparılacağı diapazon (300 nm – 800 nm) nəzərə alınaraq fotoqəbuledici kimi xarici fotoeffektdə daha həssas olan və yüksək gücləndirmə əmsalına malik Fotoelektron Çoxaldıcıya (FEU) üstünlük verilmişdir.

KA-14 LİDAR-da sistemin sınaqdan keçirilməsi, kalibrovkası, müxtəlif neft nümunələrinin flüoresent spektral analizinin aparılması məqsədi ilə OCEANOPTICS-in Maya 2000 pro model multikanallı optik analizatoru tətbiq olunmuşdur. Spektrometrin optik diapazonu 380-750 nm arasındadır və laboratoriyaya şəraitində ölçmələrin aparılması üçün istifadə olunur. Real şəraitdə dəniz səthində neft çirklənmələrinin aşkarlanması üçün LİCEL GmbH firmasının MLD (Multispectral LİDAR Detector) 32 spektral kanala malik modeli istifadə olunur. 32 fotokatod elementi 32 təkfotonlu sistemin hesabına sistemi ikiölçülü spektral verilənlər ilə təmin edir. Multispektral lidar aşkarlayıcı

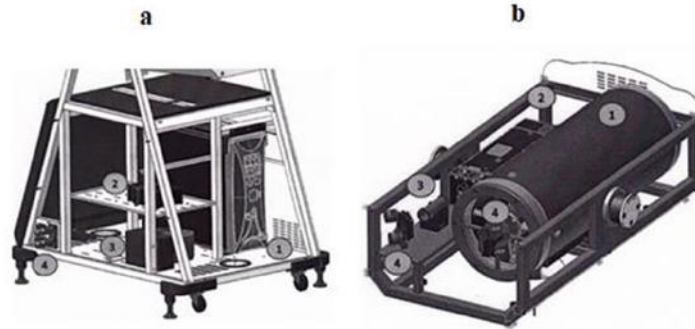
cısı spektrin eyni anda bir neçə dalğa uzunluğunu müəyyənəndirmək imkanına malikdir. Fotoelektron çoxaldıcıya əsaslanan spektrometrin optik diapazonu 300-880 nm təşkil edir.

Sonda FEU-nun çıxış siqnalları analoq-rəqəm çeviricisinə (ARÇ) yönləndirilir və oradan kompüter ilə qəbul olunur. Burada yığılan siqnallar yerində ilk emaldan keçir və yaddaşa köçürülür.

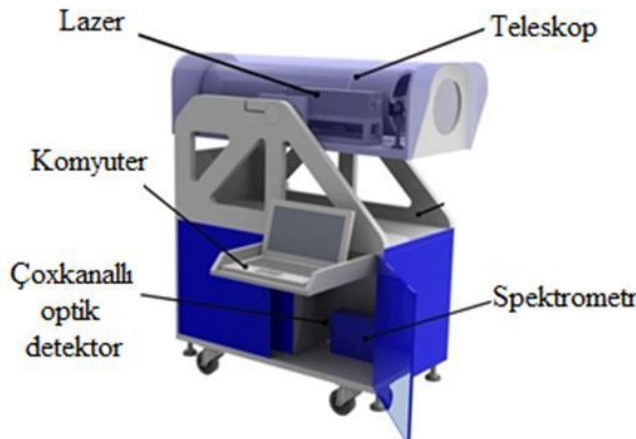
3. NƏTİCƏ.

İstismar şərtlərinin rahat, qabaritlərin kiçik olması, rütubətdən və kənar küylərdən qorunması məqsədi ilə LİDAR-ın bütün modullarının rəqəmsal interfeyslə təmin olunmuş, personal kompüter də daxil olmaqla, bir ana bazada birləşdirilməsi qərara alınmışdır. Belə kompanovka real şəraitdə dəniz kənarı neft platformalarında LİDAR-ın istifadəsi zamanı vacib şərt olan sistemin hermetikliyini və kənar küylərdən qorunmasını təmin edir.

LİDAR əsas və zondlama bucağının dəyişdirilə bilməsi üçün dönmə platforma olmaqla 2 baza bloktan ibarətdir. Şəkil 4 a, b -də görüldüyü kimi əsas blokda şüalandırma mənbəyi olan lazerin 1 – qida bloku, 2 – spektrometr, 3 – çoxkanallı optik qəbuledici, 4 – elektrik qidalanması və kompüter ilə əlaqə üçün birləşdiricilər yerləşdirilmişdir. Dönmə platformada isə 1 – teleskop, 2 – lazer şüalandırıcısı, 3 – lazer şüasının kollimatoru, 4 – iki döngəli güzgüdən ibarət qəbuledici sistem qurulmuşdur. Bu cür tərtibat ölçmələrin $\pm 20^\circ$ bucaq diapazonunu təmin edir.



Şəkil 4. KA-14 LİDAR-ın a) əsas və b) dönmə bloku.



Şəkil 5. Milli Aviasiya Akademiyasında yaradılmış KA-14 flüoresent LİDAR – ın bütün modullarının birləşdirildiyi ümumi görünüşü.

Sistemin tam olaraq avtomatlaşdırılmış ölçmələri apara bilməsi, avtonom rejimdə işləyə bilməsi və kompüter ilə sinxron bağlantının yaradılması üçün hər iki platforma bir blokda birləşdirilmişdir. Beləliklə, Abşeron yarımadasında ilk dəfə dəniz səthindəki neft çirklənmələrinin məsafədən aşkarlanması üçün real zamanda ölçmələr aparmaq qabiliyyətinə malik, mobil LİDAR sistemi Milli Aviasiya Akademiyasında işlənilib hazırlanmışdır. LİDAR-ın ümumi görünüşü və texniki xarakteristikaları müvafiq olaraq şəkil 5 və cədvəl 1-də təqdim olunmuşdur.

KA-14 flüoresent LİDAR-ı ilə Abşeron yarımadasının müxtəlif zonalarında çıxarılan neft nümunələrinin flüoresent spektrləri ölçülüb və bəzi nəticələr nəşr olunmuşdur [13]. Hal-hazırda SOCAR-ın dəstəyi ilə 8 NQÇİ və 4 birgə müəssisəyə aid olan bütün neft nümunələrinin LİDAR vasitəsi ilə flüoresent spektral analizləri aparılır. Nəticələr əsasında yaxın illərdə bütün neft nümunələrinin flüoresensiya spektrləri əsasında VERİLƏNLƏR BAZASI yaradılması planlaşdırılır.

Cədvəl 1.

KA-14 LİDAR-ın əsas xüsusiyyətləri

No.	Parametrin adı	Qiymət
1	Lazer şüalanmasının dalğa uzunluğu	355 nm
2	Teleskopun diametri	200 mm
3	Kollimatorun çoxaltma əmsalı	3 – dən az olmamaqla
4	Teleskopun ölçmə bucağının diapazonu	±20°
5	Spektral görüntü imkanı	6 nm
6	Spektral diapazon	300 – 880 nm
7	Spektr kanallarının sayı	32
8	Maksimum zondlama məsafəsi	250

4. TƏŞƏKKÜR.

Aparılan işlərə göstərdiyi maddi-texniki dəstəyə görə Azərbaycan Dövlət Neft Şirkətinə və nəticələrin

müzakirəsində göstərdiyi köməyə görə akademik, f.-r.e.d Arif Mircəlal oğlu Paşayevə və professor, f.-r.e.d Kərim Rəhim oğlu Allahverdiyevə öz dərin təşəkkürlərimi bildirirəm.

- [1] Ю.С. Другов, А.А. Родин. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007, 270 с.
- [2] С.А. Патин. Нефть и экология континентального шельфа. М.: ВНИРО, 2001. 247 с.
- [3] Некрасова Алина Александровна, Привалов Дмитрий Михайлович, Попова Ольга Сергеевна, Привалова Наталья Михайловна и Двадненко Марина Владимировна. "Воздействие нефти и нефтепродуктов на окружающую среду" Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, no. 125, 2017, pp. 309-318.
- [4] Р. Межерис. Лазерное дистанционное зондирование. М.: Мир, 550 с. 1987.
- [5] R.M. Measures. Laser remote sensing. Fundamentals and applications. Krieger Publishing Company. Malabar. Florida. 1992. 510 p.
- [6] V.V.Fadeev, S.A.Burikov, P.A.Volkov, V.B.Lapshin, A.V. Syroeshkin. Oceanology, 2009, vol. 49, N2, p. 205-210.
- [7] A.A. Petrov, 1984. Petroleum hydrocarbons. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, p. 174.
- [8] A. Pashayev, B. Tagiyev, K. Allahverdiyev, A. Musayev, I. Sadikhov. 2015. LIDAR for remote sensing of contaminations on water and earth surfaces taking place during oil-gas production. Proc. SPIE, 2015, vol. 9810, pp. 981018-1–981018-7.
- [9] Arif M. Pashayev, Kerim R. Allahverdiyev, Bahadir G.Tagiyev, and Ilham Z.Sadikhov. Light induced fluorescence lidar developed and employed at the National Aviation Academy of Azerbaijan", Proc. SPIE 10226, 19th International Conference and School on Quantum Electronics: Laser Physics and Applications, 102260W (5 January 2017)
- [10] A.M. Pashayev, A.A. Musayev, N.A. Veliyev, B.G. Tagiyev, Y.M. Baghirov, K.R. Allahverdiyev, I.Z. Sadikhov. DISTINCTIVE FEATURES OF EMISSION SPECTRA OF CRUDE OILS OF THE ABSHERON PENINSULA, International Conference on Modern Trends in Physics, Baku State University, May 2019.
- [11] Serkan, Mert & Kirkici, Hulya. Optical beam-shaping design based on aspherical lenses for circularization, collimation, and expansion of elliptical laser beams. Applied optics. 47. 230-241. 10.1364/AO.47.000230, 2008.

- [12] *P. Mazinghi, V. Bratina, D. Ferruzzi, L. Cambicorti, F. Simonetti, A. Zuccaro Marchi, P. Salinari, F. Lisi, M. Olivier, A. Bursi and J. Pereira do Carmo* "An ultra-lightweight, large aperture, deployable telescope for advanced lidar applications", Proc. SPIE 10567, International Conference on Space Optics — ICSSO 2006, 105670E. 21 November 2017.
- [13] *A.M. Pashayev, B.G. Tagiyev, N.A. Veliyev, Y.M. Bagirov, A.A. Musayev, K.R. Allahverdiyev, I.Z. Sadikhov*. Fluorescence spectra of oil spills on Caspian sea surface as measured by KA-14 LIF LIDAR developed at the National Aviation Academy of Azerbaijan, *Azərbaycan Neft Təsərrüfatı Jurnalı*, №7, s.67-71. 2018.

I.Z. Sadikhov

PRINCIPLE OF OPERATION, OPTICAL STRUCTURE AND MAIN MODULES OF FLUORESCENT LIDAR DEVELOPED AT THE NATIONAL AVIATION ACADEMY FOR THE REMOTE SENSING OF OIL SPILLS

Principle of operation, technical characteristics for main modules of KA-14 LIDAR (Light Identification Detection and Ranging) based on laser fluorescence method and developed at National Aviation Academy under SOCAR's financial support are described in the present paper. Peculiarities of developed LIDAR respond to all requirements, which demand to this kind of systems. These peculiarities are actual ones for detection of oil leakage.

И.З. Садыхов

ПРИНЦИП РАБОТЫ, ОПТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ГЛАВНЫЕ МОДУЛИ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ЛИДАРА, РАЗРАБОТАННОГО В НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ АВИАЦИИ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ПЯТЕН

В настоящей статье представлены принцип работы, технические характеристики основных модулей КА-14 ЛИДАР-а (Идентификация при Помощи Света и Определение Расстояния) для определения нефтяных загрязнений методом лазерной флуоресценции, изготовленного в Национальной Академии Авиации в рамках проекта при финансовой поддержке ГНКАР (Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики). Особенности ЛИДАР-а отвечает необходимым требованиям, предъявляемым в настоящее время к системам подобного рода. Эти особенности представляются актуальными с позиций оперативной регистрации утечек нефти.

Qəbul olunma tarixi: 14.11.2019