

CRYOGENIC FLUID APPLICATION PROSPECTS IN THE 21ST CENTURY

Fidan İsmayilova¹, Fəhmin İsmayilzadə²

^{1,2}Azerbaijan State Oil and Industry University

^{1,2}Department of "Oil and gas transportation and storage"

¹Associate professor, Cand. of Tech. Sc., fidan.ismayilova.b@asoiu.edu.az

²Master student, fehmin.ismayilzade02@gmail.com

ABSTRACT

Mankind learned to create fire and high temperatures about 20 thousand years ago, but it was not possible to achieve cold. The first primitive cooling systems appeared in ancient Egypt, among the Sumerians, but this happened much later. The concept of cryogenic technology appeared only at the end of the 19th - beginning of the 20th centuries. Thanks to the use of cryogenic temperatures, people learned to liquefy gases - that is, to turn gas into a liquid. For a long time it was believed that substances such as nitrogen and oxygen could only exist in a gaseous state. Only in the 19th century did Michael Faraday become the first to liquefy most of the gases known at that time, with the exception of oxygen, hydrogen and nitrogen, which he learned to liquefy much later. Modern and promising technologies require improving the use of cold energy and increasing its efficiency. New research lays the foundation for the creation of new energy-saving, environmentally friendly, low-temperature systems and devices that can be used not only in the energy and aerospace industries, but also in everyday life and environmental care. The article describes the technology for obtaining cryogenic fluids, their specific properties, areas of application and future prospects. The exhaust gases from cryogenic fuels do not contain carcinogenic substances, smoke and 25-30% less carbon dioxide, which is one of the decisive factors in the conditions of fierce competition and environmental protection requirements. When cryogenic fuels are spilled, they do not absorb into the ground, but evaporate, which is important for the environment. The economic effect of using cryogenic technologies in aviation and other types of transport immeasurably exceeds the costs of their development. Modern and promising technologies require improving the use of cold energy and increasing its efficiency. New research lays the foundation for the creation of new energy-saving, environmentally friendly, low-temperature systems and devices that can be used not only in the energy and aerospace industries, but also in everyday life and environmental care.

Keywords: cold, cryogenic technology, cryogenic gases, liquefied gas, cryogenic engine, cryogenic fuel.

KRİOGEN MAYELƏRİN TƏTBİQ PERSPEKTİVLƏRİ

Fidan İsmayilova¹ Fəhmin İsmayilzadə²

^{1,2} Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

^{1,2} "Neftin, qazın nəqli və saxlanması" kafedrası

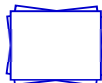
¹ Dosent, t.e.n., fidan.ismayilova.b@asoiu.edu.az

² Magistr tələbəsi, fehmin.ismayilzade02@gmail.com

2

XÜLASƏ

Bəşəriyyət təxminən 20 min il əvvəl od və yüksək temperatur yaratmağı öyrəndi, lakin soyuqluğu əldə etmək mümkün olmadı. İlk primitiv soyutma sistemləri qədim Misirdə, şumerlər arasında meydana çıxdı, lakin bu, çox sonra baş verdi. Kriogen texnologiya anlayışı yalnız XIX-cu əsrin sonu





- XX-ci əsrin əvvəllərində ortaya çıxdı. Kriogen temperaturların istifadəsi sayəsində insanlar qazları mayeləşdirməyi - yəni qazı maye halına çevirməyi öyrəndilər. Uzun müddət azot və oksigen kimi maddələrin yalnız qaz halında ola biləcəyinə inanılırdı. Yalnız XIX-cu əsrdə Maykl Faraday oksigen, hidrogen və azot istisna olmaqla, o dövrdə məlum olan qazların çoxunu mayeləşdirən ilk şəxs oldu ki, onlar mayeləşdirməyi çox sonralar öyrəndi. Müasir və perspektivli texnologiyalar soyuq enerjidən istifadənin təkmilləşdirilməsini və səmərəliliyinin artırılmasını tələb edir. Yeni tədqiqatlar təkcə energetika və aerokosmik sənayedə deyil, həm də gündəlik həyatda və ətraf mühitin qayğısına qalmaqda istifadə oluna bilən, enerjiyə qənaət edən, ekoloji cəhətdən təmiz, aşağı temperaturlu yeni sistemlərin və cihazların yaradılmasının əsasını qoyur. Məqalədə kriogen mayelərin alınması texnologiyası, spesifik xüsusiyyətləri, tətbiq sahələri və gələcək perspektivləri şərh edilmişdir. Kriyoyanacqlardan çıxan işlənmiş qazların tərkibində kanserogen maddələr, tüstü və 25-30% az karbon qazı yoxdur ki, bu da sərt rəqabət və ətraf mühitin mühafizəsi tələbləri şəraitində həlledici amillərdən biridir.

Acar sözlər: kriogen texnologiya, kriogen qazlar, mayeləşmiş qaz, kriogen mühərrik, kriogen yanacaq.

Giriş

Kriogen mayelər olduqca aşağı temperatur şəraitində (təxminən 120 K (-153 °C) ilə 0,7 K (-272 °C) arasında) işləmək qabiliyyətinə malik mayeləridir. Kriogen mayelərin alınması texnologiyaları yeni olmasa da, nisbətən yaxınlarda- XIX-cu əsrin sonu - XX-ci əsrin əvvəllərində meydana çıxıb.

Kriogen texnologiyaların tətbiqi sayəsində insanlar qazları mayeləşdirməyi - yəni qazı maye halına çevirməyi öyrəndilər. Uzun müddət azot və oksigen kimi maddələrin yalnız qaz halında ola biləcəyinə inanılırdı. Yalnız XIX-cu əsrdə Maykl Faraday oksigen, hidrogen və azot istisna olmaqla, o dövrdə məlum olan qazların çoxunu mayeləşdirən ilk şəxs oldu ki, onlar mayeləşdirməyi çox sonralar öyrəndi.

Hal-hazırda, mayeləşdirilmiş qazlar əsasında kriogen qurğular müxtəlif sənaye sahələrində geniş istifadə olunur. Kriogenika hər yerdə var və aşkar olandan - müxtəlif maddələrin kriogen vəziyyətdə saxlanması - ixtisaslaşdırılmış sahələrə: nüvə fizikası, superkeçiricilik, kriobiologiya, kriocərrahiyyə və daha çox. Sənaye qazlarının mayeləşdirilməsi, onların saxlanması və daşınması metallurgiya, kimya sənayesində və təbii ki, hərbi texnikada və astronautikada istifadə olunur.

Kosmik tədqiqatlar kriogenlər olmadan baş verə bilməzdi, çünki raketlər maye oksidləşdirici (oksigen) ilə yanacaq alır. Onun temperaturu 90 K-dən aşağıdır, yəni demək olar ki, -200 ° C-dir. Kosmonavtikanın sonrakı inkişafı da kriotexnologiyanın inkişafı ilə birbaşa bağlıdır. Artıq maye hidrogen üzərində uçan raketlər var. Raket mühəndisliyində mayeləşdirilmiş qazların əsas üstünlüyü odur ki, maye kriogen vəziyyətdə daha yığcam (az həcm tutur) olurlar və kosmik sənaye üçün bu parametrlər çox vacibdir. Müqayisə üçün deyək ki, bir kiloqram maye azot qazdan 700 dəfə az həcm tutur. Kompaklıq daşıyıcılara kosmik gəmini Yer orbitinə çıxarmaq üçün lazım olan ləvazimatları saxlamağa imkan verir. Eyni zamanda, əgər biz Aya və Marsa uçuşlar haqqında düşünürüksə, o zaman biz daha böyük miqdarda yanacaq saxlamalı olacağıq, ona görə də kriogen maddələrsiz edə bilmərik.

Məqsəd

Daha əvvəl qeyd olunduğu kimi, kriogen mayelərin tətbiq sahələri genişdir. Sənaye qazlarının, xüsusən də mayeləşdirilmiş təbii qazın (LNG) istehsalı və mayeləşdirilməsi və mayeləşdirilmiş qazların müxtəlif texnologiyalarda istifadəsi bütün dünyada artan iqtisadi marağı cəlb edir. Karbohidrogen yanacaqlarının o qədər də bol olmadığı, lakin onlara tələbatın yüksək olduğu ölkələrdə LNG-dən artıq geniş şəkildə istifadə olunur.

Təcrübə göstərir ki, kriogen mayelərin tətbiqi və istifadəsinə maraq getdikcə artacaq. İlk növbədə, mövcud texnologiyaların inkişafının bütün istiqamətləri mayeləşdirilmiş qazların istifadəsinə doğru irəliləyir. Eyni zamanda bütün dünyada səmərəli enerji, təbii ehtiyatlara qənaət və ətraf mühitin qorunması məsələsi getdikcə aktuallaşması kriogen mayelərin tətbiqini zəruri edir. Bu, bizi enerjinin çevrilməsi üzrə yeni texnologiyalar axtarmağa, yeni yanacaq növlərindən istifadə etməyə, başqa





sözlə, səmərəli, ekoloji cəhətdən təmiz enerji sistemləri yaratmağa məcbur edir. Bu asan məsələ deyil, lakin LNG-dən istifadə onu böyük ölçüdə həll edə bilər. Planetimizdə enerji istehsalı üçün əsas vasitələr istilik elektrik stansiyaları, su elektrik stansiyaları və atom elektrik stansiyalarıdır. Üstəlik, əsas payı, demək olar ki, yer üzündəki bütün enerjinin 90%-i istilik elektrik stansiyalarının payına düşür. Onlar qaz, mazut, maye yanacaq və kömürlə işləyə bilərlər. Nəzərə alsaq ki, istilik elektrik stansiyaları irimiqyaslı enerjinin əsasını təşkil edir, onların enerji səmərəliliyini artırmaqla biz bərpa olunan enerji mənbələrinə tamamilə keçidlə bağlı hələ ilk cəhdlərimizlə müqayisə olunmayacaq dərəcədə yaxşı nəticələr əldə edəcəyik.

Bu baxımdan, təbii qazdan istifadə sxemini nəzərdən keçirək: Hasil edildikdən sonra mayeləşdirilir, istismar yerinə nəql edilir, qazlaşdırıcıya daxil olur və ətraf mühitin istiliyinin təsiri altında qaz halına çevrilir. Sonra metan, məsələn, enerji istehsal edən qaz porşen qurğusuna daxil olur və bu enerji son istehlakçıya verilir. Bununla belə, qazın mayeləşdirilməsi enerji tələb edir. Cəmi bir kiloqram LNG istehsal etmək üçün $1,8 \text{ ilə } 3,6 \cdot 10^6$ Joul arasında enerji tələb olunur (bir kiloqrama təxminən 0,5-1 kilovatt saat). Müqayisə üçün qeyd edək ki, standart gücü 1,5 kilovat olan çaydanda bir yarım litr suyu qaynatmaq üçün saatda təxminən 0,2 kilovat enerji lazımdır. Belə ki, təbii qazı mayeləşdirərkən saatda 1 kilovat enerji sərf olunur! Bu çox enerjidir və o, krioməhsulun tərkibindədir. Qeyd olunanları nəzərə alaraq, daha az enerji sərf etməklə kriogen mayələrin əldə olunmalı texnologiyalarının tətbiqi aktuallıq kəsb edir.

Metodlar

Kriogen Texnologiyaların İstiqamətləri və Genişlənən Tətbiq Sahələri. Kriogen texnologiyalarının inkişafı müasir elmin və sənayenin müxtəlif sahələrində böyük əhəmiyyət kəsb edir. Əvvəllər yalnız laboratoriya miqyasında istifadə olunan bu texnologiyalar bu gün geniş sənaye tətbiqinə malikdir və bu sahəyə maraq durmadan artır. Kriogen mayələrin əsas üstünlüklərindən biri onların çox aşağı temperaturda sabit şəkildə fəaliyyət göstərməsi və bu cür temperaturun tələb olunduğu proseslərdə mühüm rol oynamasıdır.

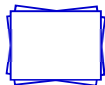
Bu sahənin mühüm istiqamətlərindən biri **kriobiologiya və bioloji materialların uzun müddət qorunması** texnologiyalarıdır. Canlı orqanizmlərə və bioloji strukturlara zərər vurmada onları donduraraq saxlamaq, son illərdə tibb və biologiya sahəsində inqilabi yeniliklərə səbəb olmuşdur. Məsələn, insan orqanlarının transplantasiyaya qədər mühafizəsi, kök hüceyrələrin və genetik materialların uzunmüddətli saxlanması kriogen metodların sayəsində mümkün olur. Eyni zamanda, nadir heyvan və bitki növlərinin qorunması üçün də bu texnologiyalar geniş tətbiq olunur.

Kriogen soyutma sistemləri yüksək texnologiyalı cihazların, o cümlədən maqnit rezonans tomoqrafiyası (MRT) və kvant kompüterlərin fəaliyyətində əsas rol oynayır. Belə sistemlərin işləməsi üçün tələb olunan ultra aşağı temperatur yalnız maye helium və azot kimi kriogen maddələrin istifadəsi ilə təmin olunur. Bu texnologiyalar sayəsində tibb və elektronika sahələrində yüksək dəqiqlikli cihazlar işlək vəziyyətdə saxlanılır.

Enerji sənayesində **mayeləşdirilmiş təbii qaz (LNG)** vacib enerji mənbəyi kimi çıxış edir. Onun istehsalı, saxlanması və nəqli üçün xüsusi kriogen avadanlıqlar və infrastruktur tələb olunur. LNG-nin istifadəsi, xüsusilə də enerjiyə tələbatın yüksək olduğu və karbohidrogen resurslarının məhdud olduğu ölkələrdə iqtisadi cəhətdən səmərəli sayılır. Eyni zamanda bu texnologiya enerji təhlükəsizliyi və enerji şaxələndirilməsi baxımından strateji əhəmiyyətə malikdir.

Kriogen yanacaqların ekoloji üstünlükləri də xüsusilə diqqətəlayiqdir. Onların istifadəsi zamanı havaya buraxılan zərərli qazların, xüsusilə karbon qazının miqdarı minimuma enir. Bu isə beynəlxalq ekoloji sazişlərə və müasir cəmiyyətin ətraf mühitə yönəlik tələblərinə cavab verir. Eyni zamanda, belə yanacaqlar torpaq və su ilə təmasda olduqda hopmur, buxarlanaraq ətraf mühitə zərərsiz şəkildə qarışır.

İqtisadi baxımdan da **kriogen texnologiyaların tətbiqi səmərəli hesab olunur**. İlk baxışdan aşağı temperaturun əldə olunması və saxlanması enerji tələb etsə də, kriogen əsaslı sistemlər uzunmüddətli





istismar dövründə qənaətcil və etibarlı olur. LNG ilə çalışan nəqliyyat vasitələri az yanacaq sərf edir və texniki baxımdan daha davamlıdır. Bu isə ümumi xərclərə müsbət təsir göstərir.

Gələcəyə baxış prizmasından yanaşsaq, kriogen texnologiyaların süni intellekt, avtomatlaşdırma və kosmik tədqiqatlarla integrasiyası getdikcə daha geniş imkanlar açır. Kriogen yanacaqda çalışan pilotsuz uçuş aparatları, ultra aşağı temperaturda işləyən serverlər və Ay-Mars kimi planetlərdə istifadə üçün nəzərdə tutulmuş sistemlər artıq real inkişaf mərhələsindədir.

Təhlillər. Qaz kriogen Stirling maşınları böyük və perspektivli bir istiqamətdir. Kriogen Stirling maşınları 20 K-yə qədər soyuq, yəni maye hidrogenin temperaturu istehsal edə bilər. Bu ekoloji cəhətdən təmiz və yüksək səmərəli maşınların istifadəsi 21-ci əsrdə kriogen texnologiyanın inkişafında, yanacaq ehtiyatlarına qənaət və ətraf mühitin çirklənməsinin azaldılması probleminin həllində ən perspektivli tendensiya. Lakin belə bir maşının layihələndirilməsi üçün adekvat riyazi model və müvafiq hesablama metodu yaratmaq lazımdır. Bu hesablamalar olduqca mürəkkəbdir.

Bu, termodinamikada olduqca yaxınlarda ortaya çıxan yeni bir istiqamətdir. Əsas ideya akustik enerjini işə çevirmək üçün istifadə etməkdir. Məsələn, akustik dinamik işləyərkən kosmosa yayılan akustik enerji istehsal edir. Bununla belə, bu dinamik akustik rezonatora qoşsanız və ona uyğun bir çevirici quraşdırsanız, ya mexaniki enerji, sonra elektrik enerjisi əldə edə bilərsiniz, ya da aşağı potensial istilik, yəni soyuq əldə edə bilərsiniz.

Bu perspektivli istiqamət müxtəlif texnologiyalar üçün maraqlıdır: enerji istehsalı, soyutma sistemləri, akustik enerjinin istifadəsi ilə səs-küyün qarşısının alınması, yanma prosesləri və s.

Gələcəkdə kriogen mühərriklərin istifadəsi nəzərdən keçirilir. Kriogen raket mühərriki kriogen yanacaq və oksidləşdiricidən istifadə edən raket mühərrikidir; yəni, həm yanacaq, həm də oksidləşdirici mayeləşdirilmiş və çox aşağı temperaturda saxlanılan qazlardır. İş prinsipi belədir: maye azot bir porşenli mühərrikə verilir. Qaynar, 77 K-dən 300 K-ə qədər bir faza və temperatur keçidi edir, nəticədə təzyiq artır, genişlənmə prosesləri baş verir, bunun sayəsində mühərrik işə başlayır. Bu mühərrik atmosfərə zərərli emissiyalar yaratmır. Eyni zamanda, yanacaq xərcləri baxımından, azot mühərriki, benzin mühərriklərindən geri qalmasına baxmayaraq, digər ekoloji təmiz cihazlardan heç də pis olmadığını göstərir.

Ölçüsü və çəkisi baxımından perspektivli kriogen mühərrik eyni gücə malik porşenli daxili yanma mühərrikləri ilə müqayisə edilə bilər. Tərtibatçıların fikrincə, onun tərkibində krioyanacaq sərfiyyatı hər kilovat-saata 5-15 kiloqram arasında olacaq.

Kriogen mühərrikin üstünlüyü onun yüksək ətraf mühitə uyğunluğu, həmçinin xüsusi təyinatlı işlərdə istifadə etmək imkanındır. Məsələn, kriogen yanacaq mühərrikləri olan dronlar istilik izi buraxmayacaq, yəni daxili yanma mühərrikləri və ya elektrik mühərrikləri olanlardan fərqli olaraq infraqırmızı izləmə cihazlarından istifadə etməklə onları izləmək mümkün deyil.

Maye azotla işləyən mühərrikin məhsulu əslində adi hava olacaq, ona görə də qoruqlar və digər mühafizə olunan təbiət əraziləri üçün nəzərdə tutulmuş nəqliyyat vasitələri üçün idealdır.

Yüngül kriogen karbohidrogenlərdən istifadə son dərəcə yüksək uçuş göstəriciləri ilə aviasiyanın inkişafı üçün geniş perspektivlər açır. Mayeləşdirilmiş qazdan olan krioyanacaqlar neft yanacaqlarından daha yaxşı enerji xassələrinə malikdir, bu da nəqliyyat vasitələrinin, ilk növbədə kosmik raketlərin və təyyarələrin yüksək texniki xüsusiyyətlərinə nail olmağa imkan verir. Krioyanacaqlardan çıxan işlənmiş qazların tərkibində kanserogen maddələr, tüstü və 25-30% az karbon qazı yoxdur ki, bu da sərt rəqabət və ətraf mühitin mühafizəsi tələbləri şəraitində həlledici amillərdən biridir. Kriogen yanacaqlar töküldükdə onlar yerə hopmur, əksinə buxarlanır ki, bu da ətraf mühit üçün vacibdir. Aviasiyada və digər nəqliyyat növlərində kriogen texnologiyalardan istifadənin iqtisadi effekti onların inkişafı xərclərini ölçüyəgəlməz dərəcədə üstələyir.

Müasir və perspektivli texnologiyalar soyuq enerjiden istifadənin təkmilləşdirilməsini və səmərəliliyinin artırılmasını tələb edir. Yeni tədqiqatlar təkcə energetika və aerokosmik sənayedə deyil, həm də gündəlik həyatda və ətraf mühitin qayğısına qalmaqda istifadə oluna bilən, enerjiyə qənaət edən, ekoloji cəhətdən təmiz, aşağı temperaturlu yeni sistemlərin və cihazların yaradılmasının əsasını qoyur.



Nəticə

1. Müasir dövrdə yeni tədqiqatlar təkcə energetika və aerokosmik sənayedə deyil, həm də gündəlik həyatda və ətraf mühitin qayğısına qalmaqda istifadə oluna bilən, enerjiyə qənaət edən, ekoloji cəhətdən təmiz, aşağı temperaturlu yeni sistemlərin və cihazların yaradılmasının əsasını qoyur.
2. Kriyoyanacqlardan çıxan işlənmiş qazların tərkibində kanserogen maddələr, tüstü və 25-30% az karbon qazı yoxdur ki, bu da sərt rəqabət və ətraf mühitin mühafizəsi tələbləri şəraitində həlledici amillərdən biridir.
3. Kriogen mayelərin istifadəsi ekoloji tələblərə uyğun gələrək bu sahədə digər yanacaq növlərini üstələyir.

ƏDƏBİYYAT

1. Akulov L. A., Zaitsev A. V. Perspektivy utilizatsii kholoda szhizhennogo prirodnogo gaza pri malotonnazhnoy regazifikatsii // Vestnik Mezhdunarodnoy Akademii Kholoda. – 2013, vyp. 2. – S. 29–31.
2. Arkharov A. M. Inzhenernaya kriologiya na rubezhe vekov. Sayt: Novye tekhnologii – inzhiniring. <http://www.ntds.ru/>
3. Ben-Zion Maytal, John M. Pfothner. Miniature Joule-Thomson Cryocooling: Principles and Practice. Series: International Cryogenics Monograph Series. Springer, 2013, 380 p.
4. Steven W. Van Sciver. Helium Cryogenics. 2nd ed. 2012, XXIV, 470 p.
5. Oleynikov L. Sh. *Krioopticheskie sistemy*. – S-Pb.: «IPK «KOSTA», 2013. – 352 s.
6. Jaya Vignesh, M.; Harvey, S.; Atkins, A.; Atkins, P.; De Sercey, G.; Heikal, M.; Morgan, R.; Vogiatzaki, K. Use of cryogenic fluids for zero toxic emission hybrid engines. In *Internal Combustion Engines and Powertrain Systems for Future Transport 2019*, 1st ed.; CRC Press: London, UK, 2020; pp. 117–130.
7. Lemmon, E.W.; Bell, I.H.; Huber, M.L.; McLinden, M.O. Thermophysical Properties of Fluid Systems. In *NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69*; Linstrom, P.J., Mallard, W.G., Eds.; National Institute of Standards and Technology: Gaithersburg, MD, USA, 2022.
8. Kim, T.; Kim, Y.; Kim, S.K. Numerical study of cryogenic liquid nitrogen jets at supercritical pressures. *J. Supercrit. Fluids* 2011, 56, 152–163.
9. Park, T.S. LES and RANS simulations of cryogenic liquid nitrogen jets. *J. Supercrit. Fluids* 2012, 72, 232–247.
10. Petit, X.; Ribert, G.; Lartigue, G.; Domingo, P. Large-eddy simulation of supercritical fluid injection. *J. Supercrit. Fluids* 2013, 84, 61–73.
11. Müller, H.; Niedermeier, C.A.; Matheis, J.; Pfitzner, M.; Hickel, S. Large-eddy simulation of nitrogen injection at trans- and supercritical conditions. *Phys. Fluids* 2016, 28, 015102.
12. Wei, W.; Xie, M.; Jia, M. Large eddy simulation of fluid injection under transcritical and supercritical conditions. *Numer. Heat Transf. Part A Appl.* 2016, 70, 870–886.
13. Li, L.; Xie, M.; Wei, W.; Jia, M.; Liu, H. Numerical investigation on cryogenic liquid jet under transcritical and supercritical conditions. *Cryogenics* 2018, 89, 16–28.
14. Magalhães, L.; Carvalho, F.; Silva, A.; Barata, J. Turbulence Modeling Insights into Supercritical Nitrogen Mixing Layers. *Energies* 2020, 13, 1586.
15. Banuti, D. Thermodynamic Analysis and Numerical Modeling of Supercritical Injection. Ph.D. Thesis, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany, 2015.
16. Lemmon, E.W.; Bell, I.; Huber, M.L.; McLinden, M.O. NIST Standard Reference Database 23: Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, Version 10.0; National Institute of Standards and Technology: Gaithersburg, MD, USA, 2018.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КРИОГЕННЫХ

