

Yanğınsöndürmə sahəsində tətbiq edilən köpükəmələgətirici maddələrin ekoloji qiymətləndirmə meyarları

Ekologiya və təhlükəsizlik

Qurbanova M.Ə.

Fövqəladə Hallar Nazirliyi

E-mail: mqmaya@mail.ru

Məlumdur ki, yanar mayelərin söndürülməsində əsasən, köpükəmələgətirici maddələr tətbiq edilir. Müasir dövrdə ekoloji şəraitin tələblərinə əsasən bioloji cəhətdən ətraf mühit üçün zərərsiz yanğınsöndürücü vasitələrin tətbiqi əsas önəm kəsb edir. Bunu nəzərə alaraq hazırda istifadə olunan müxtəlif köpükəmələgətirici maddələrin ətraf mühit üçün ekoloji qiymətləndirmə meyarları təhlil edilmişdir.

Açar sözlər: köpükəmələgətirici maddələr, davamlılıq, toksiklik, bioloji oksigen tələbatı, biotoplanma

Giriş

Baş vermiş yanğınların ətraf mühitə təsirini minimuma endirmək və zərərin minimuma endirilməsi üçün tənzimləmə tələbinin artması köpükəmələgətirici maddələrdə aşqarların (əlavə maddələrin) təsirinin son on ildə ciddi yoxlanıldığını göstərir. Yanğın sahəsində tətbiq olunan köpükəmələgətirici maddələrin aşqarların zərərlərinin ictimai şəkildə tanınması əvvəlcə 2001-ci ildə PFOS-un ABŞ bazarından çıxarılması və onun 2009-cu ildə Stokholm konvensiyasına daxil edilməsi ilə özünü büruzə vermişdir. Perftoroktan sulfonatların istehsalının dayandırılmasının əsas səbəbi onun ətraf mühitə mənfi təsir göstərməsidir. Bu zaman PFOS-nun kanserogen xüsusiyyətləri obyektiv olaraq sübut edilmişdir. Lakin buna baxmayaraq müasir zamanda tərkibində perftor-alkil birləşmələr (PFAS) olan yanğınsöndürücü köpüklər yanğın sahəsində geniş tətbiq olunur. Bu baxımdan, yanğınların söndürülməsində istifadə edilən köpüklərin ekoloji tələblərinin yüksəldilməsi məsələlərinin həlli yolları aktual məsələlərdən biridir

Məsələnin qoyuluşu

Köpükəmələgətirici maddələr müxtəlif tərkiblərdən ibarət olduğu üçün onların parçalanmaması, bioakkumulyasiyası, toksikliyi və parçalandığı zaman biokimyəvi oksigen tələbatlarına (BOT) görə biota, torpaq və su yollarına birbaşa və dolaylı yolla qısa və uzunmüddətli təsir göstərirlər. Ətraf mühitin ekoloji təhlükəsizliyi baxımından yanğınsöndürücü köpüklərin tərkibi nisbətən sadə prinsiplərə əsasən təyin edilməlidir [1]. Bu prinsiplərə əsasən, onların tərkibində bioparçalanan komponentlərin kəskin effektinin olması, onların tərkibində üzvi halogenlər, siloksanlar və bu kimi birləşmələrin xronik təsiri bəlli olan lakin uzunmüddətli effektləri məlum olmayan və parçalanmayan birləşmələr daxildir.

Tətbiq edilən köpükəmələgətirici maddələrin əsas xüsusiyyətləri aşağıdakılardan ibarətdir:

– Köpükəmələgətirici maddələrin potensial mənfi təsirləri qısamüddətli təsirlərlə birgə, davamlı zərərli komponentlərlə əlaqədar olaraq uzun müddətli təsirlər baxımından da nəzərdən keçirilməlidir.

– Su mühiti əksər çirkləndiricilərin təsirinə qarşı xüsusilə həssasdır. Bu çirkləndiricilərə, tərkibində müxtəlif çirkləndirici maddələr olan köpükəmələgətirici maddələr də daxildir.

– Çox yüksək BOT (biokimyəvi oksigen tələbatı) oksigenin miqdarını azaltdığı üçün su hövzələrində qısamüddətli zərərli təsirlərin əsas səbəbidir.

Müasir dövrdə istehsal edilən yağışsöndürücü köpüklərin üzərində istehsalçı tərəfindən qeyd edilən "ekoloji cəhətdən təmiz" çağırışı heç də həqiqəti əks etdirmir. Yağışsöndürücü köpüklərinin xüsusiyyətləri və effektivliyi, onların tərkibindəki müxtəlif birləşmələrdən və formullardan asılıdır. Bəzi birləşmələr və formullar ətraf mühitə atıldıqda, insan sağlamlığına və digər ətraf mühit amillərinə qısa və uzun müddətli zərərli təsir göstərir. Köpükəmələgətirici maddələrin ətraf mühit üçün təhlükə doğuran əsas səbəbləri aşağıdakılardır:

- bioloji oksigen tələbatı;
- qısamüddətli toksiklik;
- davamlılıq;
- biotoplanma;
- uzunmüddətli toksiklik.

Həll üsulları

İstehsalçılar tərəfindən köpükəmələgətirici tərkiblərdə, o qədər də effektiv olmayan yan maddələr mövcuddur ki, digər əlaqəli olmayan birləşmələrlə birləşdikdə ətraf mühitə xüsusi zərərli təsir göstərə bilər ki, bu da zərərli maddələrin bitki və heyvan növlərinə xüsusi təsir göstərə bilər.

Bioloji oksigen tələbatı. BOT və KOT effektləri köpükəmələgətirici maddələrin tərkibində qlitol, zülal, karbohidrogen səthi aktiv maddələr və ya digər tərəfindən yaranır. Perforlu maddələr kimyəvi və biokimyəvi cəhətdən sabitdirlər və normal şəraitdə oksidləşmirlər. Əgər köpükəmələgətirici maddə və onun tərkibindəki digər maddələr aşağı və yol verilən toksikliyi malik olsalar belə, onun su mühitindəki mövcudluğu suyun keyfiyyətinə və biotanın inkişafına təsir göstərəcəkdir. Yağışsöndürmə sahəsində tətbiq edilən köpükəmələgətirici maddələrin biokimyəvi oksigenə tələbatı çox yüksəkdir, baxmayaraq ki, bunun əhəmiyyəti ümumiyyətlə qəbul edilməmişdir və ya ətraf mühitə mənfi təsirlərin qiymətləndirilməsində nəzərə alınmamışdır. BOT prosesinin bilavasitə mənfi "zərərli" təsirlərin çox əhəmiyyətli bir hissəsi olmasına baxmayaraq, köpükəmələgətirici maddələr ilə əlaqəli olan BOT-nın dərəcəsi və təsiri ilə bağlı çox az tədqiqat aparılmışdır [2]. Yağışsöndürücü köpüklər üçün təhlükəsizlik pasportunda BOT haqqında məlumatların mövcudluğu çox müxtəlifdir. Bir çox məhsul üçün isə bu barədə məlumat tamamilə yoxdur.

Köpükəmələgətirici maddələr üçün bioloji oksigen tələbatının xüsusiyyətləri bunlardır:

- Bütün yağışsöndürücü köpüklər, növündən asılı olmayaraq yüksək və yaxud çox yüksək BOT-na malikdir.
- BOT ilk növbədə şəkər, karbohidratlar, həlledicilər və bioloji parçalanan səthi maddələr kimi üzvi komponentlərin bioloji parçalanması nəticəsində yaranır.
- BOT-nın su hövzələrində oksigen tükənməsi potensialı, süni havalandırma istifadə edilən OECD 203 toksiklik test üsulu ilə ifadə edilən kəskin toksiklikdən daha böyük əhəmiyyətə malikdir.

Kimyəvi oksigen tələbatı. Həm KOT, həm də BOT qiymətləri BOT-nın inkişaf xüsusiyyətlərini və ümumi bioloji parçalama qabiliyyətini qiymətləndirmək üçün köpük konsentratına əsaslandırılır. KOT tamamilə bioloji parçalana bilən məhsulları çıxmaqla təbii mühitdə meydana gələcək oksidləşmə dərəcəsini ifadə etmir. BOT-nın KOT-a nisbəti, ətraf mühitdə asanlıqla bioloji parçalana bilən bir maddədəki üzvi komponentlərin miqdarını bildirir.

Bioparçalanma qabiliyyəti. Yağışla mübarizə köpüyündə olan birləşmələrin əhəmiyyətli bir hissəsi BOT_n-nın KOT-a nisbətinə görə ümumi orta və yüksək bioparçalanmaya malik qlitol efir həllediciləri, karbohidrogen səthi aktiv maddələr, zülallar, karbohidratlar və mürəkkəb şəkərlər kimi bioloji parçalanan üzvi maddələrdir. Ətraf mühit şəraitində və ya bioloji təmizlənmə şəraitində məhsulun və ya tullantıların ümumi bioparçalanması adətən 28 günlük biokimyəvi oksigen tələbatının (BOT₂₈) ümumi kimyəvi oksigen tələbatına (KOT) faizlə ifadə olunan nisbəti kimi müəyyən edilir [3].

Köpükəmələgətirici maddələrin bioparçalanmasını xarakterizə edən əsas göstəricilər aşağıdakılardır:

- Bioparçalanma tərkibində ancaq davamlı zəhərli maddələr, məsələn,ftorlaşmış üzvi tərkiblər, siloksanlar və ya onun oxşar birləşmələri və ya onun ilkin birləşmələri olmayan yanğınsöndürmə köpüklərinə aid edilməlidir.

- Asanlıqla bioparçalanan maddə dedikdə, 28 gün və ya qeyd edilən müddət ərzində >95% şərti ödəməlidir.

- Tam bioparçalanan isə 28 gün və ya müəyyən müddət ərzində > 99% parçalanma şərtini qarşılamalıdır.

Müxtəlif analitik metodlara əsaslanaraq birləşmələrin bioparçalanmasını qiymətləndirmək üçün qəbul edilmiş bir sıra metodlar mövcuddur. “İqtisadi Əməkdaşlıq və İnkişaf Təşkilatı” – tərəfindən (OECD) kimyəvi maddələrin "hazır bioparçalanmasının" yoxlanılması üçün altı sınaq metodu irəli sürülmüşdür.

Hazır bioparçalanma testləri 28 gün davam edir və hazır bioparçalanan maddələr üzvi karbon azaldılması, CO₂ ayrılması və ya O₂ sərfinin 60-70% həddinə cavab verməlidir. Cədvəl 1-də altı OECD 301 testi, onların bioparçalanmanı ölçmək üçün istifadə olunan analitik parametrləri, bioparçalanmanın hesablanması detalları və keçid səviyyələri verilmişdir [4]. Bioparçalanma 10%-ə çatdıqda keçid səviyyələri 28 günlük testin 10 günlük periodu daxilində müəyyən olunmalıdır. 10 günlük period ərzində testin keçid səviyyəsi təmin edilmədiyi təqdirdə, test 28 gün davam etdirilə bilər və 28 gündə keçid səviyyəsi tələblərinə cavab verərsə, maddə bioparçalanan hesab edilə bilər, lakin hazır bioparçalanan ola bilməz. Təşkilat hazır bioparçalanma testlərində adətən test maddəsinin yüksək konsentrasiyası (2-100 mq/l) istifadə olunur və şərtlər çox sərt hesab olunur. Respirometrik metod, təcrübə müddəti ərzində nəzarət edilən nisbətdə maddənin davamlı oksigenlə təmin edilməsindən ibarətdir.

Cədvəl 1. OECD 301 testi

Nömrə	Ad	Analitik parametr	Bioparçalanmanın hesablaması	Keçid səviyyələri
301A	HÜK	Həllolmuş üzvi karbon (HÜK)	$1 - \left(\frac{HÜK_t - HÜK_{bos,t}}{HÜK_0 - HÜK_{bos,0}} \right)$	70%
301B	CO ₂ –qiymətləndirmə	Respirometriya, CO ₂ ayrılması	$\frac{mqCO_2 \text{ ayrılan}}{\text{Nəzəri } CO_2 \cdot mq \text{ test maddəsi}}$ və ya $\frac{mqCO_2 \text{ ayrılan}}{\text{test maddəsində } YÜK \cdot 3,67}$	60%
301C	Dəyişdirilmiş MİTİ	Respirometriya, oksigen sərfi	$\frac{BOT}{NOT}$	60%
301D	Bağlı şüşə	Respirometriya, həllolmuş oksigen	$\frac{BOT}{NOT}$ və ya $\frac{BOT}{KOT}$	60%
301E	Dəyişdirilmiş OECD yoxlaması	Həllolmuş üzvi karbon	$1 - \left(\frac{HÜK_t - HÜK_{bos,t}}{HÜK_0 - HÜK_{bos,0}} \right)$	70%
301F	Manometrik respirometriya	Oksigen sərfi	$\frac{BOT}{NOT}$ və ya $\frac{BOT}{KOT}$	60%

Tamamilə mineralaşdırılmış bir karbon mənbəyi üçün bioparçalanma zamanı karbon sərfi və karbon qazının ayrılması əsas amildir (1). Bu sadələşdirmədə, dəyişkən oksigen tələbatına səbəb ola bilən digər elementlərdən ibarət olan birləşmələri nəzərə alınmır. (2) [5] və (3) [4] bərabərlikləri bioparçalanma zamanı nəzəri oksigen tələbatını (NOT) və nəzəri karbon qazını (NCO₂) hesablamaq üçün istifadə olunur:



$$NOT \left(\frac{mqO_2}{mq \text{ test maddəsi}} \right) = \frac{16 \left[2C + \frac{H-Cl-3N}{2} + 3S + \frac{5P}{2} + \frac{Na}{2} - O \right]}{\text{Molekulyar kütlə}} \quad (2)$$

$$NCO_2 \left(\frac{mqO_2}{mq \text{ test maddəsi}} \right) = \text{test maddəsində YÜK} \cdot 3,67 \quad (3)$$

Nəzəri oksigen tələbatı (NOT) və ya karbon qazının ayrılmasının (NCO₂) hesablanmayacağı hallarda (yəni maddənin nə olduğu bilinmir), kimyəvi oksigen tələbatına (KOT) və ya Yekun üzvi karbona (YÜK) əsaslanan əvəzetmə parametrlərindən istifadə edilə bilər.

Qısamüddətli toksiklik. Köpükəmələgətiricilərin tərkibi həmçinin, digər komponentlərdən ibarət olduğu üçün yaranan toksiklik köpüyün ətraf mühitə buraxılma bölgəsindəki orqanizmlərə bilavasitə mənfi təsir göstərə bilər. Kəskin toksiklik və BOT-nın bilavasitə təsirini ayırmaq çətindir. Tətbiq olunan köpükəmələgətirici maddələrin su mühiti üçün toksikliyi əsas məsələ hesab edilir. Su toksikliyi suda olan kimyəvi maddələrin və ya birləşmələrin nisbi toksiklik göstəricisidir və sıra testlər vasitəsilə (EC 50 və LC50) təyin olunurlar. Toksiklik məlumatları, köpükəmələgətiricilərin potensial təsirini müəyyənləşdirmək üçün standart toksiklik şkalası ilə (cədvəl 2) müqayisə edilir və tətbiq olunma şərtlərinə əsasən qiymətləndirilir.

Cədvəl 2. Şirin su hövzələrində EC50 və LC50 göstəricilərinə görə toksiklik kateqoriyaları

Toksiklik sinfi	Miqdar mq/l
Tam zəhərli	< 0,01
Güclü zəhərli	0,01- 0,1
Yüksək zəhərli	0,1-1
Orta zəhərli	1-10
Yüngül zəhərli	10-100
Nisbətən zərər verir	100-1000
Praktiki olaraq zəhərsiz	> 1000

Uzunmüddətli toksiklik. Xüsusən də qısamüddətli toksikliyin nisbətən aşağı olmasına baxmayaraq, birləşmələr davamlı və ya bioakkumulyativ olarsa tərkiblərin insanlara və orqanizmə uzun müddətli təsir göstərməsinə səbəb olan, adətən nəzərə alınmayan potensialdır. Davamlı zəhərli birləşmələrin mövcud olduğu yerlərdə uzunmüddətli təsirə məruz qalma potensialı və effektləri xüsusilə ətraf mühitdə davamlılıq ilə əlaqədar olaraq ətraflı şəkildə nəzərdən keçirilməlidir. Müəyyən müddət ərzində konsentrasiyalar arta bilər, bioparçalanma və ya orqanizmlərdə biotoplana bilər. Müasir tədqiqatlarda demək olar ki, köpükəmələgətirici maddələrin uzunmüddətli toksikliyi barədə məlumatlara yol verilməmişdir.

Davamlılıq. Köpükəmələgətiricilərin əsas göstəriciləri onun davamlılığıdır. Köpüyün davamlılığı alınmış köpüyün həcmnin 25%-nin parçalanmasına sərf olunan vaxtla ölçülür. Bundan əlavə, davamlılıq köpüyün 50%-nin maye halına çevrilməsinə sərf olunan vaxtla ölçülür. Bunlardan başqa köpüyün termiki davamlılığı və izoledicilik xassələrində əsas göstəricidir. Müasir dövrdə istehsal edilən yağışsöndürücü köpüklərin tərkibində ətraf mühitdə asanlıqla parçalanmayan və ya biotada asanlıqla metabolizə olunmayan, ətraf mühitdə parçalanmayan, uzun müddət

dət ərzində zəhərli təsir göstərə bilən və hazırda məlum olmayan zəhərliliyə malik olan maddələrin birləşmələri ola bilər. Davamlılıq eyni zamanda orada uzunmüddətli təsirə qalma riskinin mövcud olduğunu, zəhərli birləşmələrin biotoplanmasını, təsirin ətraf mühitə buraxılma mənbəyindən böyük məsafədə yayılmasını ifadə edir.

Bioplanma. Zəhərli birləşmələrin orqanizm tərəfindən udulması və onların ətraf mühitdə yüksək konsentrasiyalarda toplanması və daha sonra həmin birləşmələri keçərək qida zənciri vasitəsilə) biokonsentrasiyasıdır. Biotoplanma potensialı biocəmləşmə amili, oktanol/ su hissə əmsalı və suda həllolma məlumatları kimi parametrlərlə ölçülən, canlı orqanizmdə kimyəvi maddənin udulmasının bir ölçüsüdür. “ABŞ Ətraf Mühitin Mühafizə Agentliyi”-nin mövcud təsnifatına əsasən biotoplanma amili 1000 –dən az olarsa, biotoplayıcı hesab olunmur, 1000-5000 biotoplayıcı, 5000-dən yuxarı olduqda isə yüksək biotoplayıcı hesab edilir [6].

Nəticə

Beləliklə, yanğınsöndürücü köpüklərin ətraf mühit üçün ekoloji qiymətləndirmə meyarının tədqiqi nəticəsində aşağıdakı nəticələr əldə olunur:

1. Ekoloji qiymətləndirmə zamanı ftor və karbohidrogen səthi aktiv maddələrdən başqa köpüyün aktiv və əlavə maddələri də sınaqdan keçirilməlidir. Bütün toksiklik testləri istehsalçının özü, təsdiqlənmiş laboratoriyalar və ya məsləhətçilər tərəfindən deyil, təsdiq edilmiş sertifikatlaşdırılmış sınaq laboratoriyaları tərəfindən aparılmalıdır.

2. Qısamüddətli toksiklik, yanğınsöndürücü köpüklərin təhlükəsizlik pasportunda ən çox istinad edilən bir amildir, köpüklərin potensial təsirlərini yalnız bu əsasda qiymətləndirmək və müqayisə etmək yanlışdır, səbəb kimi birləşmələrdə uzunmüddətli toksiklik təsiri olan davamlı və biotoplayıcı birləşmələr ola bilər.

3. Yanğınsöndürücü köpüklərin “Təhlükəsizlik Vərəqələri”-ində qeyd olunan ekoloji toksiklik haqqında məlumat son məhsula deyil, yalnız köpüyün seçilmiş komponentlərinə aiddir. Qeyd edildiyi kimi, ümumi toksiklik onun tərkib hissələrinin toksikliyi ilə müqayisədə çox fərqli qəbul edilir.

Ədəbiyyat

1. Moody C., Field J. Perfluorinated surfactants and the environmental implications of their use in fire-fighting foams. // *Environmental Science and Technology*. – 2000, 34. – Pp.3864-3870.

2. Benjamin J. Place and Jennifer A. Field. Identification of Novel Fluorochemicals in Aqueous Film Forming Foams Used by the US Military. // *Environmental Science and Technology*. – 2012. – Vol. 46. – Pp.7120–7127,

3. Bourgeois A., Bergendahl J., Rangwala A. Biodegradability of fluorinated fire-fighting foams in water. // *Chemosphere*. – 2015, 131. – Pp.104-109.

4. Guideline for the Testing of Chemicals. 301; Organization for the Economic Cooperation and Development (OECD). – Paris, 1992.

5. Eaton A, Clesceri L., Greenberg A. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. // American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. – Washington, DC, 1995.

6. Colville S., McCarron N. Environmental issues associated with defence use of aqueous film forming foam (AFFF). // *Environmental Stewardship, Environment, Heritage and Risk Branch*. – 2003.

Резюме

Гурбанова М.А.

Критерии экологической оценки пенообразующих веществ, используемых в сфере пожаротушения

Известно, что пенообразователи в основном используются при тушении горючих жидкостей. В настоящее время с точки зрения экологических требований использование

биоразлагаемых противопожарных материалов очень важно. Принимая это во внимание, критерии экологической оценки были проанализированы для различных пенообразующих веществ, которые используются в настоящее время.

Ключевые слова: пенообразователи, долговечность, токсичность, биологическая потребность в кислороде, биотоп

Summary

Gurbanova M.A

Environmental assessment criteria of the foaming agents used in fire fighting sphere

It is known that, in the extinguishing of flammable liquids mainly foaming agents are used. In today's world, the use of biodegradable fire extinguishers in the environment is of paramount importance. Taking this into consideration, the environmental assessment criteria for the various foaming substances currently used, are analyzed.

Key words: foaming agents, durability, toxicity, biological oxygen demand, bioaccumulation.