

Impact of Chemical Composition of Fire Foams on the Environment and Human Health

M.A. Gurbanova¹, F.M. Hajizade²

¹*Academy of the Ministry of Emergency (Elman Gasimov st., Hovsan ave., Baku, AZ1089, Azerbaijan.)*

²*ANAS Institute of Geology and Geophysics (Hussein Javid pr., 119, Baku, AZ1073, Azerbaijan))*

For correspondence:

Gurbanova Maya / e-mail: mqmaya@mail.ru

Abstract

Per and polyfluoroalkyl substances (PFAS, also perfluorinated alkylated substances) are considered pollutants in the environment because they are present in the environment, biota and humans. The article discusses the toxic effect of fire foam components and the degree of damage to the environment. In this regard, PFAS compounds were found in their blood in various concentrations. Data on the toxicity of these compounds have been obtained almost exclusively from environmental studies, but data on their adverse effects on human health have been limited to a small number of professional studies. Although there is limited research on the effects of PFAS on humans, there are serious health problems associated with the widespread use of these compounds in the human population, especially given their very persistent and biocollective nature and potential developmental effects.

Keywords: fire-fighting foam, environment, PFAS, biodegradation, environmental hazard.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_03_123_130

For citation:

Gurbanova M.A., Hajizade F.M.

[Impact of Chemical Composition of Fire Foams on the Environment and Human Health]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy

2021, vol. 13, no. 3. Pp. 123-130 (in Azerbaijani)

Yanğınsöndürücü köpüklərin kimyəvi tərkib elementlərinin ətraf mühitə və insan sağlamlığına təsiri

M.Ə. Qurbanova¹, F.M. Hacızadə²

¹Fövqəladə Hallar Nazirliyinin Akademiyası (Hövsan qəs, Bakı, AZ1089, Azərbaycan)

²AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutu (H.Cavid pr 119, Bakı, AZ1073, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

Qurbanova Maya / e-mail: mqmaya@mail.ru

Xülasə

Per və polifloralkil birləşmələr ətraf mühitdə, biotada və insanlarda mövcud olduğu üçün ətraf mühit üçün çirkləndirici maddələr hesab olunurlar. Məqalədə yanğınsöndürücü köpüklərin tərkib elementlərinin toksiki təsirləri və ətraf mühitə zərərlik dərəcələri müzakirə edilmişdir. Mövcud məlumatlardan məlum olur ki, bir çox ölkələrin yanğınsöndürücülərində peşə fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq, onların qan nümunələrində müxtəlif konsentrasiyalarda PFAB (PFAS) birləşmələri aşkar edilmişdir. Bu birləşmələrin toksikliyi haqqında məlumatlar demək olar ki ətraf mühit tədqiqatları nəticəsində əldə edilmişdir, lakin insan sağlamlığına mənfi təsirləri barədə məlumatlar az sayda peşə araşdırılması ilə məhdudlaşdırılmışdır. PFAB - ların insan orqanizminə təsiri haqqında araşdırmaların məhdud olmasına baxmayaraq, xüsusən də onların yüksək davamlı və biotoplayıcı təbiətini və potensial inkişaf təsirləri nəzərə alaraq, bu birləşmələrin insan populyasiyanın geniş yayılması ilə bağlı ciddi sağlamlıq problemləri mövcuddur.

Açar sözlər: yanğınsöndürücü köpük, ətraf mühit, bioparçalanma, PFAB, ekoloji təhlükə.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_03_123_130

УДК: 614.84; 504.75

Влияние химического состава пожарных пен на окружающую среду и здоровье человека

М.А. Гурбанова¹, Ф.М. Гаджизаде²

¹Академия Министерства по Чрезвычайным Ситуациям (Говсанский пр., Баку, AZ1089, Азербайджан)

²Институт геологии и геофизики Национальной академии наук Азербайджана (Г. Джавид пр. 119, Баку, AZ1073, Азербайджан)

Для переписки:

Гурбанова Мая / e-mail: mqmaya@mail.ru

Аннотация

Пер и полифторалкильные вещества (ПФАС, а также перфторированные алкилированные вещества) считаются загрязняющими веществами в окружающей среде, поскольку они присутствуют в окружающей среде, биоте и людях. В статье обсуждается токсическое действие компонентов пожарной пены и степень ущерба окружающей среде. В связи с этим в их крови были обнаружены соединения ПФАС в различных концентрациях. Данные о токсичности этих соединений были получены почти исключительно из экологических исследований, но данные об их неблагоприятном воздействии на здоровье человека были ограничены небольшим количеством профессиональных исследований. Хотя существует ограниченное количество исследований воздействия ПФАС на организм человека, существуют серьезные проблемы со здоровьем, связанные с широким использованием этих соединений в человеческой популяции, особенно с учетом их очень устойчивой и биокolleктивной природы и потенциального воздействия на развитие.

Ключевые слова: пена для пожаротушения, окружающая среда, биodeградация ПФАС, экологическая опасность.

Giriş

Müasir dövrdə ətraf mühitdə aşkar edilən davamlı üzvi çirkləndirici maddələr tədqiqatçıların diqqət mərkəzindədir. Yeni çirkləndirici maddələrə su hövzələrində rast gəlinən, lakin insan sağlamlığına və ətraf mühit üçün zərərli təsirləri hələ də tam araşdırılmayan maddələr aid edilir. Bu növ çirkləndirici maddələrə səthi aktiv maddələr kimi per-polftoralkil birləşmələrini aid etmək olar. Davamlı üzvi çirkləndiricilər, ətraf mühitdə uzun müddət parçalanmayan, güclü karbon-ftor rabitəsi nəticəsində parçalanmağa qarşı son dərəcədə davamlı olan birləşmələr hesab edilir. Səthi aktiv maddələrin və ya onların parçalanma məhsullarının konsentrasiyaları və miqdarı səth sularında, çöküntülərdə müxtəlif cür dəyişir. Ətraf mühitdəki səthi aktiv maddələrin yolverilən həddən yuxarı səviyyədə olması ekosistemə mənfi təsirlər göstərə bilər [1].

Per- və polftoralkil birləşmələr (PFAB) 1940-cı illərdən bəri bir sıra geniş ticarət məhsullarında istehsalında istifadə edilən çirkləndiricilərin böyük bir qrupudur. 1947-ci ildə PFAS istehsalında elektrokimyəvi flüorlaşma prosesi tətbiq edilmiş və 2002-ci ilə qədər PFAS birləşmələrinin istehsalında dominant proses olaraq qalmışdır. 1950-1960-cı illərdə PFAS birləşmələri sabitlik və səth gərginliyini azaltmaqla isladıcı maddə kimi bir çox məhsullarda geniş istifadə edilmişdir. (Prevedouros et al., 2006). Sənayedə, PFAS da səthi aktivləşdirici maddələr, emulsifikatorlar, isladıcı maddələr, əlavələr və örtüklər kimi istifadə edilmişdir (Land et al., 2015). 1960-cı illərin ortaları və 2000-ci illər ərzində, yanğınsöndürmə sahəsində yanar mayelərin söndürülməsində PFAS tərkibli təbəqəmələgətirici köpüklər (AFFF) istehsal edildi və UNEP məlumatlarına əsaslanaraq,

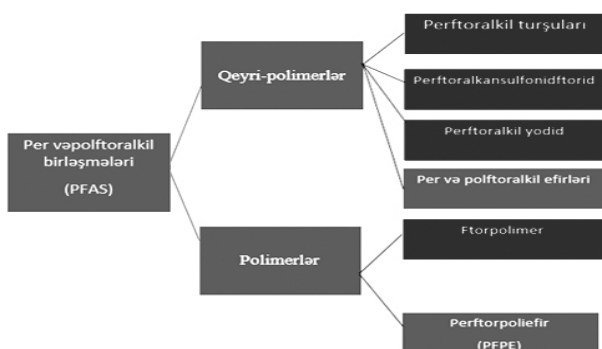
PFAS-AFFF 1970-ci illərdən bəri geniş yayılmışdır.

Məsələnin qoyuluşu

Bu birləşmələr “təhlükəsiz” istehsal olunaraq istehlak olunsalar da, onlar elmi tədqiqatlarda davamlı, biotoplayıcı və toksik kimyəvi maddələr hesab olunurlar. 2009-cu ildə Stokholm Konvensiyasında qanunla istifadəsi qadağan olunmuş maddələrə yeni üzvi maddələr - perfluoroktan sulfonit turşusu və onun duzları, perfluoroktan sulfonilflorid əlavə edilmişdir (2). Bu maddələr ftor əsaslı köpükəmələgətirici maddələrin parçalanma məhsullarıdır və ətraf mühitə mənfi təsir göstərilir. Tədqiqatlar göstərir ki, PFOS davamlı, bioakumulativ və zəhərli çirkləndiricidir. Bu maddələr ftor əsaslı köpükəmələgətirici maddələrin parçalanma məhsullarıdır və ətraf mühitə mənfi təsir göstərilir.

Bu da öz növbəsində, yanğınsöndürmə sahəsində istifadə olunan ftortərkibli köpükəmələgətirici maddələrin tətbiqini demək olar ki, kəskin şəkildə məhdudlaşdırdı. 2000-ci ilin əvvəllərində ABŞ-ın əsas perftorlu birləşmələr istehsalçısı olan “3M Company” PFOS ilə əlaqəli məhsullarının istehsalını dayandırmaq qərarına gəldi. Bu səbəbdən, bu birləşmələrin müəyyən nümayəndələri (PFOA və PFOS) ətraf mühitdə davamlı, biotoplanan, insan və heyvanlar üçün potensial toksik olduqları üçün davamlı üzvi çirkləndiricilər (POP) sinfinə namizəd kimi təklif olunurlar ABŞ, Kanada, Avropa Birliyi, Avstraliya və Yaponiya qaydalara əsasən yanğınsöndürmə köpükləri də daxil olmaqla PFOS - əsaslı məhsulların istehsalını qadağan etmişdir. Hal-hazırda ABŞ-da AFFF-in ətraf mühitə tullanması ABŞ-ın Ətraf mühitin mühafizəsi Agentliyi (EPA) və Müdafiə Nazirliyi

tərəfindən qanunauyğun olaraq tənzimlənir. Bu birləşmələrin müəyyən bir sinfi ftortərkibli səthi aktiv maddələr kimi yanar mayelərin söndürülməsində tətbiq edilən yangınsöndürücü köpüklərin əsas tərkib hissəsini təşkil edir. Per- və polftoralkil birləşmələr sinfinin təsnifatına uyğun olaraq bir çox birləşmələr bura aid edilir, lakin ətraf mühit üçün zərərli birləşmələr yangınsöndürücü köpüklərin əsas tərkibini təşkil edən birləşmələr hesab edilir. Hal-hazırda geniş tətbiq olunan yangınsöndürücü köpüklər tərkibi, təbiətdə hidrofobik olan karbohidrogen səthi aktiv maddələrdən fərqli olaraq həm hidrofobik, həm də oleofob maddələr olan per- və poliftorlu alkil birləşmələrindən (PFAB) ibarətdir (şək.1).



Şəkil 1 – Per- və polftoralkil birləşmələrin təsnifatı
Figure 1 – Classification of per- and polyfluoroalkyl substances

Qeyd: qırmızı rəngli birləşmələr yangınsöndürücü köpüklərin tərkibinə aid edilir.

Note. Compounds used in fire-fighting are shown in red.

PFAB qlobal mühitdə geniş yayılmışdır və insanlarda daxil olmaqla su və yerüstü canlı orqanizmlərin toxumalarında mövcuddur. Ətraf mühitdə davamlı biotoplayıcı və toksikliyə səbəb olan bu birləşmələr müxtəlif ölkələrin su mühitində bir neçə mq/ l səviyyəsində tapılmışdır. Səth sularında və ətraf mühitdə per- və polftoralkil kimyəvi birləşmələrin aşkar edilməsi mühüm ekoloji

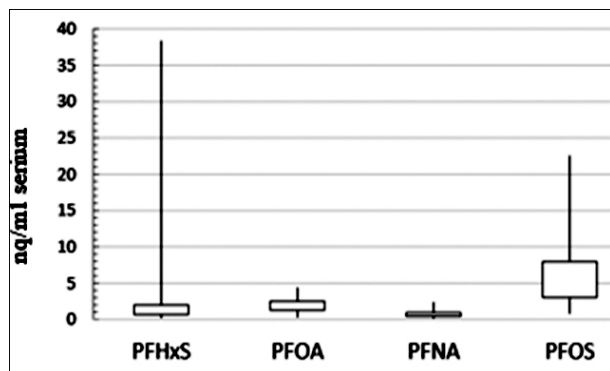
problemlər yaradır, çünki birləşmələr canlılar tərəfindən qəbul edilə və qida zəncirində biotoplana bilər. Perftorlaşdırılmış səthi aktiv maddələr ətraf mühitdə parçalanmadıqları üçün, onlar birgə çirkləndiricilərin paylanmasına və bioparçalanmasına təsir edən biogeo-kimyəvi proseslərə təsir edə bilirlər. Perftoroktan sulfonik və digər perfluoroalkil turşularının ətraf mühitin çirklənməsi yangınsöndürücü köpüklərin saxlanması və tətbiqi ilə əlaqələndirilir.

Per- və polftoralkil kimyəvi birləşmələrin toksikliyi haqqında məlumatların əksəriyyəti canlılar üzərində aparılan tədqiqatlardan gəlir və insan sağlamlığına mənfi təsirləri barədə məlumatlar az sayda peşə araşdırılması ilə məhdudlaşır. PFAB-ların insan orqanizminə təsiri haqqında araşdırmaların məhdud olmasına baxmayaraq, xüsusən də onların yüksək davamlı və biotoplayıcı təbiətini və potensial inkişaf təsirləri nəzərə alaraq, bu birləşmələrin insan populyasiyanın geniş yayılması ilə bağlı ciddi sağlamlıq problemləri mövcuddur.

Qeyd edildiyi kimi, bu birləşmələrin insan sağlamlığına mənfi təsiri birbaşa onun peşə fəaliyyəti ilə sıx bağlıdır və yangınsöndürücülər üçün bu aktual hesab edilir. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində [3], yangınsöndürücü köpüklərin kimyəvi tərkib elementləri kimi, PFHxS ($C_6HF_{13}O_3S$), PFOA ($C_8HF_{15}O_2$), PFNA ($C_9HF_{17}O_2$), PFOS ($C_8HF_{17}O_3S$) müxtəlif konsentrasiyalarda yangınsöndürücülərin qan nümunələrində aşkar edilmişdir (şəkil 2.)

Ümumilikdə yangınsöndürənlər arasında PFAS konsentrasiyalarının oxşar paylanması mövcuddur, lakin bəzi yangınsöndürənlərdə PFOS və PFHxS səviyyələrinin yüksəldilməsi yangınsöndürmə köpükləri və ya effektiv

olmayan profilaktik üsullarla bu birləşmələrə məruz qalmağın göstəricisi ola bilər.



Şəkil 2 – Yangınsöndürənlərin qan nümunələrində ftorlu birləşmələrin konsentrasiyaları [3].

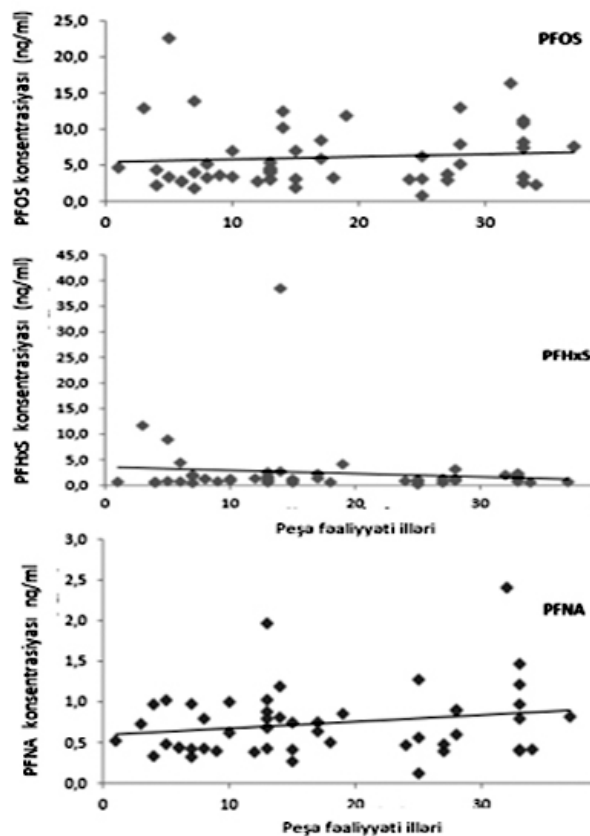
Figure 2 – Concentrations (ng/mL) of four highly fluorinated substances in serum firefighters [3].

Qeyd. Qrafikdə qeyd olunan kvadratlar yangınsöndürənlərin 50 % -nin qan nümunələrində aşkar olunan konsentrasiya miqdarıdır

Note. Boxes indicate the range in where 50% of the participants have their results and whiskers show the entire concentration range.

İsveçdə edilən bir araşdırmada, B sinifli yangınların söndürülməsində köpüklərin istifadəsi yangınsöndürənlərin qan nümunələrində PFOS və PFHxS səviyyələrinin açıq şəkildə artdığını və əmək fəaliyyətinin artması ilə serum səviyyəsinin artması ilə açıq bir tendensiyanın olduğu müşahidə olunmuşdur [3]. Yüksək ftorlaşmış maddələrin yangınsöndürənlərin qan nümunələrində müəyyən illərdən sonra aşkar oluna bilər və buna görə yangınsöndürücü kimi uzun müddət fəaliyyət göstərən şəxslərdə daha yüksək konsentrasiyaların aşkar olunması qəbul olunmuş faktır. Qan nümunələrində aşkar edilmiş maddələrə nəzər etdikdə, PFOS və PFHxS birləşmələrin yüksək konsentrasiyalı olduğu məlum olur. Bunların hər ikisi zəhərli, lakin PFHxS PFOS-dan daha zərərli birləşmə hesab olunur və ədəbiyyatlarda PFHxS zərəri barədə az məlumat verilir. “PFHxS” olduqca davam-

lıdır, insanlarda PFOS-dan daha çox bio-akkumulyativ hesab edilir.



Şəkil 3 – Yangınsöndürənlərin peşə fəaliyyəti illərinə əsasən kvadratlar üsulu ilə qurulmuş reqresiya təhlili əsasında xətti model.

Figure 3 – Serum concentrations of PFOS, PFHxS, and PFNA in relation to number of years worked as firefighters. A linear model is plotted (solid line) by least square regression analysis.

Yangınsöndürənlərin qan nümunələri üzrə aparılan tədqiqat nəticələrinin müqayisə etdikdə konsentrasiya göstəriciləri arasında müəyyən fərqlər mövcuddur.

Buna əsas kimi yangınsöndürücülərin, köpüklərin təsirinə məruz qalma dərəcəsinin az olması, köpüklərin tətbiqi zamanı ehtiyat tədbirlərinin görülməsi və eyni zamanda B sinifli yangınlar üçün nəzərdə tutulan köpüklərin tətbiq sahələrinin məhdudlaşdırılması hesab edilə bilər.

Həll yolları

Yanğınsöndürücü köpüklərin ətraf mühitə potensial təsirlərinin qiymətləndirilməsi üçün ətraf mühit üçün qəbulluq meyarlarından istifadə edilə bilər. Qiymətləndirmədə, maddənin təhlükəsizlik pasportunun təhlili və əldə olunan məlumatlardan istifadə edilir və aşağıdakılara ədədi dəyərlər tətbiq edilir. Hesablama nəticəsində şərti bir rəqəm alınır, bu rəqəm söndürücü köpüklərin ətraf mühitə potensial təsir balı kimi qiymətləndirilir. Köpüklərin qısamüddətli və uzunmüddətli təhlükələri üzrə qiymətlər ekoloji təhlükələr üçün təyin olunan Kimyəvi maddələrin təsnifatı və etikətlənməsi üzrə global uyğunlaşdırılmış sistem (GHS) kodları əsasında təyin edilir. Bu kodlar məhsulun təhlükəsizlik pasportunda olur və Yanğınla mübarizə Kimyəvi maddələr Qrup Standartının (2006) tələb etdiyi kimi bildirilir.

Təsir balı =

$$\frac{\text{Bioparçalanma} \times \sum \text{QM təhlükə}}{\sum \text{UM təhlükə} \times \sum \text{PFAB təhlükəsi}} \quad (1)$$

Burada, Bioparçalanma - BOT/KOT nisbətindən alınan bal, $\sum \text{QM}$ təhlükə - təhlükəsizlik pasportundan (MSDS) alınan qısa müddətli təhlükələrin ballarının cəmi, $\sum \text{UM}$ təhlükə- təhlükəsizlik pasportundan (MSDS) qeyd edilən uzun müddətli təhlükə ballarının cəmi, $\sum \text{PFAS}$ təhlükəsi - təhlükəsizlik pasportunda qeyd edilən PFAS nümayəndələrinin "Chemwatch Gold" sisteminə üzrə qeyd edilən balıdır [4].

Bioparçalanma

Bioparçalanma təhlili BOT/ KOT nisbəti ilə qəbul edilir. Bioloji oksigen tələbatının (BOT) kimyəvi oksigen tələbatına

(KOT) nisbəti, ətraf mühitdə asanlıqla bioloji parçalana bilən maddədəki üzvi komponentlərin nisbətini əks etdirir. Bu nisbətin optimal olmadığı qəbul edilsə də, per- və polüflüorlaşdırılmış birləşmələrin tam oksidləşməməsi səbəbindən məhsulda qeyri-ftorlaşdırılmış birləşmələrin bioparçalanma-ğına əsas verir. YK üçün təhlükəsizlik pasportunda BOT barədə məlumatların mövcudluğu çox müxtəlifdir . Bir çox məhsul üçün isə bu barədə məlumat tamamilə yoxdur. Ümumiyyətlə qeyd etmək lazımdır ki, YK növündən asılı olmayaraq yüksək və yaxud daha yüksək BOT-na malikdir [2]. Bioparçalanma üçün göstərici qiymətlər aşağıdakı cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1 – Bioparçalanma üçün çərçivə balı kriteriyaları

Table 1 – Framework scoring criteria for biodegradability

BOT/KOT (q/m ³)	Xüsusiyyət	Göstərici
>0.6	Hazır bioparçalanan	1
0.5 – 0.6	Bioparçalanan	1.5
0.4 – 0.5	Az Bioparçalanan	2
0.2 – 0.4	Pis Bioparçalanan	3
<0.2	Parçalanmayan	4

Yanğınsöndürücü köpüklərin ətraf mühitə qısamüddətli təhlükə dərəcəsi köpüklərin üzrəində olan GHS kodlarına əsasən müəyyən edilir[4]. Məhsulda GHS kodu 400 - 402 verilən yalnız bir birləşmədən ibarətdir olduqda, hesablama zamanı tək bir göstərici nəzərə alınır. Əgər məhsulda GHS kodu 400 – 402 olandan başqa birləşmə olduqda hesablama zamanı hər bir kod üzrə

göstərici nəzərə alınır. Məsələn, bir məhsulun hər biri özünə uyğun GHS 401 kodu olan üç birləşmədən və müvafiq olaraq 1, 3 və 10% faiz tərkibindən ibarət olduqda, qısamüddətli təhlükə hesabı:

$$\text{Qısamüddətli təhlükə dərəcəsi} = \left(\text{Göstərici} \times \frac{1}{100} \right) + \left(\text{Göstərici} \times \frac{3}{100} \right) + \left(\text{Göstərici} \times \frac{10}{100} \right) \quad (2)$$

GHS kodu ilə müəyyən edilmiş qısamüddətli təhlükə dərəcəsi üçün bal kriteriyaları aşağıdakı cədvəl 2-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2 – GHS kodu ilə müəyyən edilmiş qısamüddətli təhlükə üçün çərçivə balı kriteriyaları

Table 2 – Framework scoring criteria for short-term hazard identified by GHS code

GHS kodu	Xüsusiyyət	Göstərici
H402	Su həyatına qarşı ziyanlı	200
H401	Su həyatına qarşı toksik	400
H400	Su həyatına qarşı çox toksik	600

Köpüklərin ətraf mühitə uzunmüddətli təhlükə dərəcəsi də köpüklərin üzərində olan **GHS** kodlarına əsasən müəyyən edilir (cədvəl 3.) Burada da köpükdə GHS kodu 410 - 413 verilən yalnız bir birləşmədən ibarətdir olduqda, hesablanma zamanı tək bir göstərici nəzərə alınır.

Əgər məhsulda biri GHS 410 kodu, digəri isə GHS 412 kodu olan iki birləşmə varsa və hər ikisi 5% maksimum tərkibdə olsa, uzunmüddətli təhlükə dərəcəsi aşağıdakı kimi hesablanacaq:

$$\text{Uzunmüddətli təhlükə dərəcəsi} = \left(\text{Göstərici} \times \frac{5}{100} \right) + \left(\text{Göstərici} \times \frac{5}{100} \right) \quad (3)$$

Cədvəl 3 – GHS kodu ilə müəyyən edilmiş uzunmüddətli təhlükə üçün çərçivə balı kriteriyaları

Table 3 – Framework scoring criteria for long-term hazard identified by GHS code

GHS kodu	Xüsusiyyət	Çərçivə balı
H413	Su həyatına uzunmüddətli zərərli təsirə səbəb ola bilər	200
H412	Su həyatına uzunmüddətli ziyanlı	400
H411	Su həyatına uzunmüddətli toksik	600
H410	Su həyatına uzunmüddətli çox toksik	800

PFAS təhlükəsi

Qiymətləndirmə zamanı köpüklərin tərkib elementlərində PFAB (PFAS) birləşmələri olduqda **Chemwatch Gold System** təhlükəsizlik pasportunda göstərilənlərə müvafiq hədd balı nəzər alınmalıdır [5]. Qeyd olunan birləşmənin daha davamlı bir məhsula parçalanması göstərildiyi zaman isə hər iki birləşmənin ən yüksək hədd balı göstərici kimi götürülür.

PFAB birləşməsinin faiz tərkibi ilə bağlı təhlükəsizlik pasportunda heç bir məlumat qeyd olunmarsa, hesablamada tam hədd balı ədədi qiymət kimi götürülür (6: 2 fltortelomer üçün PFOT (PFOA) GHS kodu -H412 tətbiq edilir).

Nəticə

Yanar mayelərin söndürülməsində PFAB tərkibli yangınsöndürücü köpüklər, beynəlxalq təşkilatlar tərəfindən verilən mə-

lumata əsasən 2023-cü ilə qədər mərhələli şəkildə istehlak bazarından çıxarılacaqdır. Müasir dövrdə bu tərkibli köpüklərə alternativ olaraq digər kimyəvi tərkibli köpüklər təkilif olaraq verilməsinə baxmayaraq, yanğınsöndürücülərin qeyd etdiklərinə əsasən, bu növ köpüklərin istifadəsi əlverişsiz hesab olunur.

PFAB-ə məruz qalma riski peşə fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq mümkün qədər minimuma endirilməlidir. Yanğınsöndürücülərin mütəmadi olaraq bu cür birləşmələrin təsirinə məruz qaldığını nəzərə alaraq, onlar köpük məhsullarının Təhlükəsizlik məlumatları vərəqələrində (SDS) verilmiş təhlükəsiz iş prosedurlarına və tövsiyələrə diqqət yetirilməlidirlər. PFAB-ın yanğınsöndürücü-

lərin orqanizmlərində miqdar olaraq azalması uzun müddət tələb edir. Buna görə, qandakı mövcud konsentrasiya səviyyələri illər əvvəl məruz qalmış təsirləri əks etdirə bilər.

Əksər istehsalçı iddialarına baxmayaraq, tərkibində ftor olmayan YK ftortərkibli YK-ə nisbətən daha yüksək toksikliyə malikdir, belə ki, ftortərkibli köpüklər təbəqəmələgətirici xüsusiyyəti ilə xarakterizə olduğu halda, tərkibində ftor olmayan YK təbəqə xüsusiyyətini əvəz etmək üçün tərkibə yüksək miqdarda karbohidrogen səthi aktiv maddələr və həlledicilər əlavə edilir.

Karbo-hidrogenli səthi aktiv maddələr və həlledicilər ümumiyyətlə su sistemlərində ftorlu səthi aktiv maddələrə nisbətən daha toksiki hesab olunur.

REFERENCES

1. **Qurbanova M.Ə.** Su mənbələrini çirkləndirən maddələrin ekoloji təhlükəsizlik səviyyəsinin qiymətləndirilməsi // *Su problemləri, elm və texnologiyalar*, № 2 (14), 2019. Bakı, S.133-1432 (in Azerbaijani).
2. **Qurbanova M.Ə.** Yanğınsöndürmə sahəsində tətbiq edilən köpükəmələgətirici maddələrin ekoloji qiymətləndirmə meyarları //ADNSU. *Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərin Xəbərləri*.Volume 22, № 4. Pp. 86-92(in Azerbaijani).
3. **Anna Kärrman, Filip Bjurlid, Jessika Hagberg, Niklas Ricklund, Maria Larsson.** Study of environmental and human health impacts of firefighting agents. Germany, 2016. 57 p. (in English)
4. **Borg D, Håkansson H.** 2012. Environmental and health risk assessment of perfluoroalkylated and polyfluoroalkylated substances (pfass) in Sweden. Naturvårdsverket: Naturvårdsverket, Swedish environmental protection agency report 6513 (in English).
5. **Lindstrom A.B., Strynar M.J., Libelo E.L.** 2011. Polyfluorinated compounds: Past, present, and future. *Environmental Science & Technology* 45:7954-7961(in English).

<i>Daxil olub:</i>	<i>07.05.2021</i>
<i>Tamamlanıb:</i>	<i>15.09.2021</i>
<i>Qəbul edilib:</i>	<i>18.09.2021</i>