

## EPURATION DES EAUX AVEC DES FILTRES DE BILLES EN POLYSTYRENE EXPANSE

### WATER PURIFICATION FILTERS OF EXPANDED POLYSTYRENE BALLS

**Valerey ORLOV**, *Université nationale de l'aménagement hydraulique et de gestion de l'environnement, Rivne, Ukraine. orlov\_valeriy@list.ru*

**Sergie MARTYNOV**, *Université nationale de l'aménagement hydraulique et de gestion de l'environnement, Rivne, Ukraine. 26serga@rambler.ru*

**Maria MEDDOUR** *Université nationale de l'aménagement hydraulique et de gestion de l'environnement, Rivne, Ukraine. 83marina@mail.ru*

**Sergie KUNITSKY** *Université nationale de l'aménagement hydraulique et de gestion de l'environnement, Rivne, Ukraine. kynutskiy@mail.ru*

**RESUME:** Le présent travail vise à discuter les problèmes de l'efficacité d'épuration des eaux à l'aide de filtres composés de billes en polystyrène expansé. Dans notre travail, nous étudierons l'utilisation de filtres composés des billes en polystyrène expansé dans différents schémas technologiques d'épuration des eaux pour l'eau potable. Une attention particulière est accordée aux stations de déferrisation de l'eau et au lavage des filtres.

**Mots clés:** filtre - régénération - polystyrène - déferrisation - schéma technologique.

**ABSTRACT:** The present work aims to discuss issues related to water purification efficiency employing expanded polystyrene balls filters. In our work we argue the use of expanded polystyrene balls filters in different patterns of technological water purification for drinking water. A special attention is given to stations for iron removal and washing of filters.

**Keywords:** filter - regeneration - polystyrene - iron removal- technological diagram.

## **INTRODUCTION**

Le développement de l'activité industrielle a provoqué la pollution pratiquement de toutes les eaux superficielles et souterraines qui servent de base pour l'eau douce sur la terre. Dans des conditions de pénurie d'eau, l'utilisation rationnelle des ressources aquatiques et l'altération de sa qualité est sans doute un problème complexe à la fois scientifique, technique et économique. Actuellement, une attention particulière est accordée à l'intensification du processus de traitement des eaux naturelles, au perfectionnement des technologies, à l'élaboration de nouvelles méthodes efficaces d'épuration ainsi qu'à la mise en œuvre de technologies d'économie des ressources.

Durant les 40 dernières années, des centaines de brevets de différents modèles de filtres de billes en polystyrène expansé flottante ont été déposés, plusieurs articles et monographies sont publiés dont les résultats sont appliqués dans de nombreuses stations de traitement des eaux en Ukraine, en Allemagne, aux États-Unis, en Russie, en Moldavie, en Biélorussie, en Slovaquie, en République tchèque et au Japon. Le département d'alimentation en eau potable et de forage de l'université nationale de l'aménagement hydraulique et de gestion de l'environnement (Ukraine, Rivne) est l'un des départements-pilotes dans le domaine de mise en œuvre des filtres de ce type.

Les filtres de billes en polystyrène expansé constituent un récipient avec une grille partiellement immergée qui soutient des billes flottant en polystyrène. Ce dernier est confectionné directement à l'usine, ou bien, fabriqué par des entreprises de fabrication des plaques d'isolation thermiques dans les installations spéciales de moussage. Du point de vue de leur construction, les filtres de billes en polystyrène peuvent être utilisés pour traiter les eaux usées par la voie de gonflement du polystyrène. Ils sont plus simples que ceux à billes de polystyrène lourd. Lors du filtrage, l'eau épurée est accumulée au-dessus du filtre, au cours de lavage; celle-ci coule vers le bas pour laver les billes de polystyrène. Pour ce faire, il suffit de fermer la vanne qui amène l'eau et ouvrir celle du lavage. En règle générale, on ne place pas le système de répartition au-dessus de la garniture en polystyrène, la grille de rétention accomplit cette fonction.

Le système de répartition doit être monté au fond du filtre comme suit:

- un élément tubulaire avec des orifices ronds,
- un orifice ou un tube aux orifices et des parois inclinées,
- un simple orifice avec la sortie vers le tube à la taille moyenne du filtre (Orlov, 2005).

Aux régimes de déferrisation, le système inférieur est soumis à l'action intensive des dépôts ferrugineux et de l'obturation. De ce fait, la conception du système doit être la plus simple avec un maximum d'orifices de sortie.

## **MATERIELS ET METHODES**

Notre étude montre que les filtres à base de billes en polystyrène expansé (Fig. 1) peuvent être employés dans les schémas réactifs comme suit :

- à deux étages : clarification et décoloration de l'eau pour sa filtration finale après les décanteurs ou clarificateurs aux sédiments suspendus.

- Dans les circuits mono-étages en qualité de filtres de contact en billes de polystyrène expansé ou dans les circuits de déferrisation de l'eau pour le pré-traitement des eaux superficielles et pour l'épuration finale des eaux résiduaires.

Un échantillonnage réalisé en 2010 est présenté dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Données pour le filtrage d'eau, de l'année 2010 de la rivière de gélinotte (région de Zhytomyr)

Date	Temp °C	Turbidité, NTU		Couleur, degré.		vitesse, m/h	Concentration, mg/l	
		avant filtration	après filtration	avant filtration	après filtration		Coagulant	Chlorure
5.02	4	0,78	0,43	25	10...15	8,6	30	1,72
10.03	3	1,38	0,53	38	11...16	9,8	32	1,91
15.05	19	0,83	0,41	61	9...11	9,5	50	3,90
18.06	22	1,69	0,34	61	8...10	5,2	50	4,37
10.06	22	1,64	0,38	60	8...10	7,9	50	4,15
21.06	22	1,72	0,36	57	9...10	9,8	50	4,27
24.06	21	1,74	0,38	60	9...11	8,1	33	2,73
25.06	21	1,50	0,36	61	10...12	10,0	33	2,85
9.10	13	1,74	0,40	25	7...8	7,6	25	2,43

Les filtres composés de billes en polystyrène expansé à la couche croissante de sédiment peuvent être employés pour l'eau trouble. Au début de tout cycle de filtration, après le lavage, il est utile de laisser dans la partie inférieure du filtre une couche de sédiments. Cette dernière augmente progressivement lors du filtrage et retient la majeure partie des impuretés. Afin d'éliminer les odeurs et saveurs, il est nécessaire d'ajouter dans la partie supérieure du filtre une couche d'adsorbant (charbon activé AG-3), formant ainsi le filtre en billes de polystyrène expansé à charbon (Tugay & Orlov, 2010).

En comparaison avec les schémas technologiques existants, où le stade final d'épuration est assuré par des filtres à sable, les schémas proposés assurent des économies de l'ordre suivant:

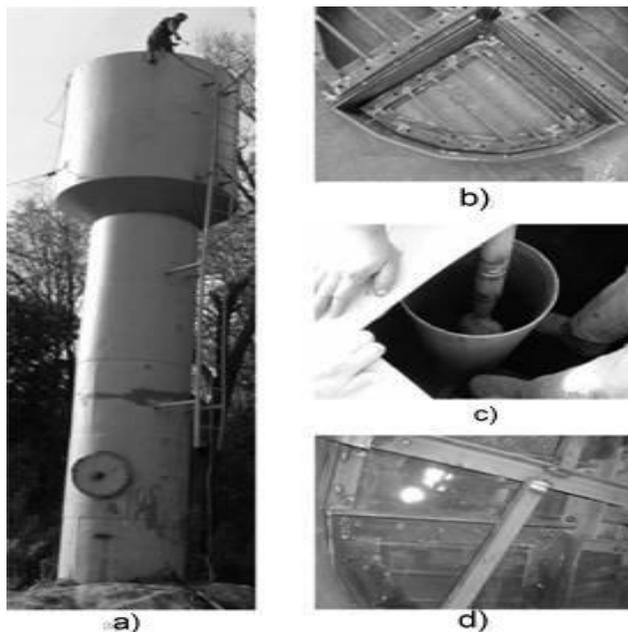
- en investissement de 40 à 50%,
- en coûts d'exploitation de 30 à 40%,
- en consommation électrique de 7 à 9%,
- une réduction de la consommation d'eau pour les besoins propres de 10 à 25%,
- une diminution des dimensions d'habitations et bâtiments de 8 à 36%,
- Une baisse du besoin des articles en béton armé de 15 à 43%, en tubes métalliques de 26 à 51%, en vannes de 40 à 52%.

En outre, cela permettra d'éviter l'utilisation des pompes et des réservoirs de lavage, et parallèlement d'assurer un meilleur emplacement

des ouvrages en fonction des hauteurs. Il est à noter que réduire le nombre de personnel de service permet également une simplification importante de l'exploitation des ouvrages.

Les ouvrages modernes pour les filtres composés de billes en polystyrène expansé assurent la préparation de l'eau potable provenant des eaux colorées et peu troubles de rivières de Siversky Donets (Ukraine) et Dniepro (Ukraine). Ces eaux sont traitées au niveau de la station de filtration de Dzerjynsk (Ukraine) et le groupe de stations de filtration de Sokolsk (Ukraine). Les filtres composés de billes de polystyrène expansé à flux ascendant situés à l'extérieur sont mis en œuvre sur les stations de déferrisation d'eau dans la région de Kiev (Ukraine). L'installation à tour de déferrisation d'eau est mise en exploitation dans les villages Bohonyky, Plujne, Franivka, Simoniv (Ukraine). L'installation en question avec le filtre en mousse de polystyrène qui est monté à l'intérieur du château d'eau déjà existant, permet en grande partie de réduire les frais de construction et de simplifier au maximum son exploitation.

Le tableau 2 présente les résultats d'efficacité de fonctionnement et indique un haut degré d'épuration.



**Fig. 1.** Modernisation du château d'eau en métal

a). vue générale du château d'eau en cours de la reconstruction; b). pièce de la grille de rétention avant son montage; c). Montage d'une trappe dans le réservoir du château d'eau avec aérateur et dégazeur montés; d). la grille de rétention montée à l'intérieur du château d'eau.

**Tableau 2.** Efficacité de fonctionnement du château d'eau

Date d'échantillonnage	Concentration en fer (mg/l)		$pH_{entr}$	$pH_{filt}$
	$Fe_{entr}$	$Fe_{filt}$		
03.06.10	2,6	0,175	/	/
13.09.10	1,93	0,09	7,4	7,45
20.09.10	2,05	0,1	7,3	7,35
23.09.10	2,2	0,08	7,35	7,45

$Fe_{entr}$ : Teneur en fer dans l'eau d'entrée;  $Fe_{filt}$ : Teneur en fer dans le filtrat;

$pH_{entr}$ : Teneur de pH dans l'eau d'entrée;  $pH_{filt}$ : Teneur de pH dans le filtrat.

La station de déferrisation d'eau avec des filtres de billes en polystyrène expansé avec un débit de production de 800 m<sup>3</sup>/jour (Fig. 2) a été mise en exploitation en 2011. Afin d'assurer le contrôle de fonctionnement du matériel; des tubes piézométriques ont été branchés entre chaque filtre et le tableau des piézomètres. Le système inférieur de répartition est fabriqué sous forme de cône doté d'un orifice d'échappement servant à réduire la prolifération. Le taux de concentration de fer dans l'eau provenant à la station est de 2mg/l, la qualité de déferrisation d'eau est présentée dans le tableau 3.



**Fig. 2.** Station de déferrisation d'eau avec des filtres des billes de polystyrène expansé

**Tableau 3.** Indicateurs de qualité des eaux traitées (filtrat)

N°	Indicateurs	unité	Valeurs
1	Turbidité	mg/l	0
2	Couleur	degré	0
3	pH	--	7,25
4	Fer total:	mg/l	0...0,1
5	Dureté totale	mol/m <sup>3</sup>	6,3
6	Alcalinité	mol/m <sup>3</sup>	6,7
7	Ammoniac	mg/l	0,12
8	Chlorures	mg/l	4,2
9	Sulfates	mg/l	11,6
10	Minéralisation	mg/l	378
11	Nitrates	mg/l	0,12
12	Nitrites	mg/l	0,022

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans notre exploitation (Tableau 4), on a constaté que les exigences réglementaires ont été respectées dans la qualité du filtrat (plus de 840m<sup>3</sup>/j

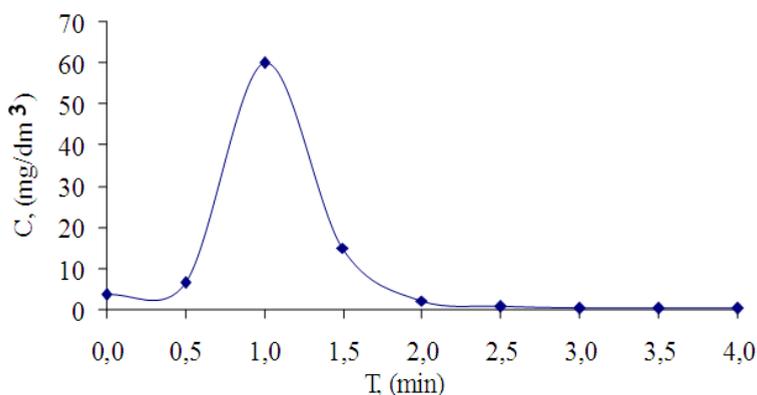
(ESRN, 2010), la teneur en fer dans le filtrat est inférieure à  $0,2 \text{ mg/dm}^3$  et l'odeur de l'hydrogène sulfuré est absente.

**Tableau 4.** Concentration du fer dans l'eau traitée

Date	Concentration du fer (mg/l)				
	Avant filtration	Filtre			
		1 <sup>er</sup>	2 <sup>ème</sup>	3 <sup>ème</sup>	4 <sup>ème</sup>
26.08.2011	1,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
13.09.2011	0,83	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
19.10.2011	2,88	0,07	0,1	0,1	0,13
30.11.2011	0,97	0,05	0,06	0,05	0,06
15.12.2011	1,37	<0,05	<0,05	0,11	<0,05
08.02.2012	1,28	0,11	0,05	0,18	0,10

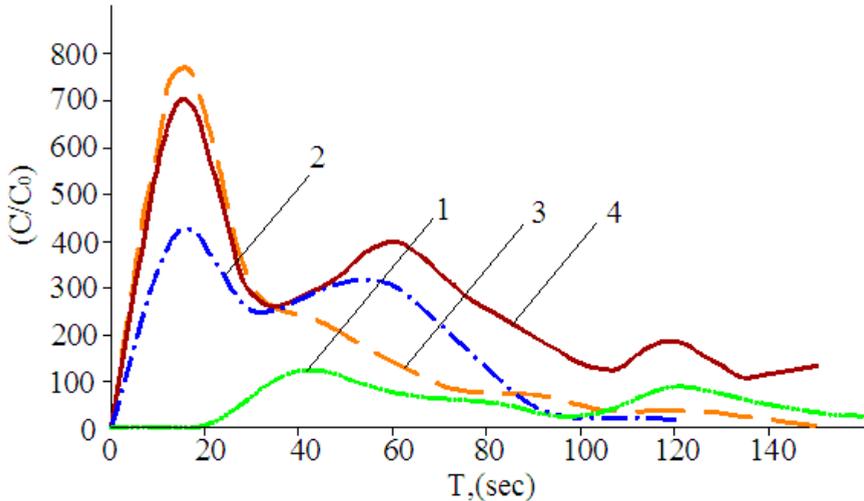
La qualité du filtrat varie en fonction de la vitesse de filtration et concentration du fer dans les sources d'eau.

La régénération de la couche de billes en polystyrène filtrant dans toutes les installations a été réalisée immédiatement après le cycle de filtration (Fig. 3 et 4). Selon Orlov (2008), l'intensité de régénération et l'extension relative de la couche, liées à ce procédé, influencent l'efficacité de régénération, la quantité de polluants accumulés et leur densité, la construction du fond de système de répartition (Orlov, 2008).



**Fig. 3.** Concentration du fer dans l'eau lors de régénération du château d'eau.

Les filtres de déferrisation de cette station fonctionnent avec différentes durées de filtration et de la régénération. La figure 4 représente la dynamique de l'élimination des polluants accumulés dans l'eau lors de la régénération pour une durée de 2 à 4 jours de filtration.



**Fig. 4.** Cinétique de l'élimination des polluants accumulés dans l'eau lors de régénération du filtre

C - concentration des polluants accumulés dans l'eau lors de régénération ( mg/l)

C<sub>0</sub> - concentration des polluants accumulés dans l'eau d'entrée, mg/l.

1 - T<sub>f</sub> = 2 jours,  $i = 7,6 \text{ l/(s} \cdot \text{m}^2)$ ,  $v_p = 7 \text{ m/h.}$ ;

2 - T<sub>f</sub> = 3 jours,  $i = 11,4 \text{ l/(s} \cdot \text{m}^2)$ ,  $v_p = 11 \text{ m/h.}$ ;

3 - T<sub>f</sub> = 3 jours,  $i = 10,2 \text{ l/(s} \cdot \text{m}^2)$ ,  $v_p = 7,7 \text{ m/h.}$

4 - T<sub>f</sub> = 4 jours,  $i = 17,5 \text{ l/(s} \cdot \text{m}^2)$ ,  $v_p = 4,4 \text{ m/h.}$

Deux niveaux critiques évidents de concentration de polluants dans l'eau de régénération ont été observés au cours de l'intensification de l'eau de régénération (fig.4, courbes 2 et 4). Cela est peut être dû au fait que la régénération se fait dans la zone de turbulence d'où la formation du noyau central, dans lequel l'intensité de régénération de ce dernier est plus élevée que la valeur moyenne. Par conséquent, la régénération la plus intensive se fait d'abord dans la partie centrale du filtre. Ensuite, vu le malaxage de la couche de billes en polystyrène, la régénération se produit à la périphérie, le deuxième niveau critique en est l'indicateur. Les valeurs absolues de ces niveaux dépendent de l'intensité de régénération, de la répartition des

impuretés suivant la hauteur de la couche, de la durée, de la vitesse de filtration et de la concentration des polluants dans l'eau d'entrée. A la baisse de l'intensité moyenne, le lavage s'effectue au régime laminaire et le profil des vitesses est plus uniforme que dans le cas précédent. Par conséquent, on n'observe qu'un seul niveau critique très net dans l'eau de régénération (fig.4, courbe 3.). La baisse ultérieure de l'intensité provoque une réduction significative de l'extension relative de la couche et, par conséquent, une régénération insuffisante (fig.4, courbe 1).

Ainsi, la construction du fond du système de répartition (château d'eau, la station de déferrisation d'eau) influe sur la cinétique d'entraînement des polluants à partir de la couche de billes en polystyrène ainsi que sur l'efficacité de sa régénération.

## CONCLUSION

La durée du cycle de filtration dans les filtres des billes en polystyrène expansé doit être de un à deux jours. La vitesse de filtration est fixée à 7 m/h, cette dernière varie en fonction du filtre. Il est recommandé de laver les filtres un par un avec un intervalle minimum de trois heures. La durée du lavage est de 3 à 4 minutes, l'intensité du lavage est de 9 à 18 l/s.m<sup>2</sup>. Le débit d'eau à filtrer doit être augmenté progressivement pendant les premières 30 minutes, après la régénération.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ESRN 2.2.4-171-10 (2010) Etat des règles et de normes sanitaires "Les conditions d'hygiène pour l'eau potable destinée à la consommation humaine" (trad. Ukrainienne: ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною")
- Orlov V. (2005) Epuration de l'eau avec des filtres avec remplissage granulaire. Monographie – NUWMNRU Rivne, 2005. – 163 p. (trad. Ukrainienne: Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. За ред. В.О. Орлова – Рівне: НУВГП, 163р.)
- Orlov V. (2008). Déferrisation des eaux souterraines simplifiée d'aération et la de filtration. Monographie – NUWMNRU Rivne, 158 p. (trad. Ukrainienne: Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням: Монографія. За ред. В.О. Орлова – Рівне: НУВГП, 2008. -158с.

Tugay A., Orlov V. (2009). Alimentation en eau potable .Manuel –  
K.ZNANNIA, 735p. (trad. Ukrainienne:Водопостачання: Підручник.  
За ред. А.М. Тугай, В.О. Орлова – К.: Знання, 735с.)

&&&&&