

# РЕШАВАНЕ НА ПРОБЛЕМА С НАЛИЧИЕТО НА ШЕСТВАЛЕНТЕН ХРОМ В ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ, ИЗПОЛЗВАНИ ЗА ПИТЕЙНО-БИТОВИ НУЖДИ В РЕДИЦА НАСЕЛЕНИ МЕСТА В БЪЛГАРИЯ

## SOLUTION OF THE HEXAVALENT CHROMIUM CONTAMINATION ISSUE OF DRINKING WATER IN BULGARIA

Проф. д-р. инж. П. Калинков  
Гл. ас. д-р. инж. И. Ангелова<sup>1</sup>

Prof. P. Kalinkov, PhD  
Asst. I. Angelova, PhD

### Резюме

В подземните води, използвани за питейно - битово водоснабдяване в редица населени места в областите Плевен, Монтана, Видин е установено постоянно наднормено съдържание на шествалентен хром от естествен произход. Настоящата разработка предлага решение на съществуващия проблем чрез изграждане на пречиствателни станции за питейни води, базирани на метода йонообмен. Посочени са основни технологични параметри на инсталацията. Оценен е социалния, здравен и икономически ефект от изграждане на ПСПВ, чрез оразмеряване на станция с дебит 2 L/s, за която са изчислени необходимите капитални и експлоатационни разходи и себестойността на 1m<sup>3</sup> пречистена вода.

### Abstract

Permanent concentrations of hexavalent chromium of natural origin above the maximum contaminant level were detected in the potable water of Pleven, Montana, Vidin regions. This paper proposes a solution to the issue by construction of ion exchange drinking water treatment plants. The article indicates the main technical parameters of a plant, its social, health and economic impact. Capital and operational costs and the cost of 1m<sup>3</sup> of treated water are calculated for a drinking water treatment plant with flow of 2 L/s.

**Ключови думи:** шествалентен хром, природни води, йонообмен, разходи за пречистване

### 1 Актуалност на проблема

В последните години силен обществен отзвук предизвика оповестяването на данни за наличие на токсични замърсители във водите, използвани за питейно-битови нужди в България, като арсен и хром (шествалентен).

Шествалентният хром е класифициран като токсичен за животни и хора и се знае, че е канцерогенен[1]. Максималната допустимата концентрация на общ хром (три и шествалентен) във води, използвани за питейно – битово водоснабдяване в България и ЕС е 0,050mg/l (50µg/l) [2,3].

Замърсяване с хром (шествалентен) е регистрирано във водите на област Плевен, област Монтана, област Видин.

В подземните води, използвани за питейно битово водоснабдяване в над 25 малки населени места в Област Плевен е установено постоянно наднормено съдържание на шествалентен хром, датиращо от 60-те години на ХХ век. Сред засегнатите населени места са с. Божурица, с. Славовица, с. Крушовене, с. Байкал в Община Долна Митрополия, с. Черквица, с. Евлогиево, с. Драгаш войвода, с. Муселиево, с. Новачане в Община Никопол, с. Божурлук и с. Стежереве в Община Левски, с. Петокладенци и с. Татари в Община Белене, с. Ленково, с. Самовит, с. Милковица, с. Долни вит, с. Крета, с. Гиген, с. Искър, с. Брест в Община Гулянци и др.

---

<sup>1</sup> Университет по Архитектура, Строителство и Геодезия, София, България  
e-mail: irina\_ang@abv.bg

През 2009 – 2010г. РИОКОЗ Плевен пристъпва към спиране на няколко водоизточника с наднормено съдържание на хром в областта, което предизвиква бурен обществен отзвук и протести на местното население.

През м. Май 2010г. Община Белене, Област Плевен обявява Малка обществена поръчка за изготвяне на проекти за пречиствателни съоръжения за питейна вода на селата Татари и Петокладенци, в която основно изискване към ПСПВ е отстраняване на шествалентен хром от подпочвените води на селата, предназначени за водоснабдяването им. Обществената поръчка е отменена, поради допускане на съществени пропуски в тръжната документация. Съгласно чл. 11 от НАРЕДБА № 9 от 16.03.2001 г. за качеството на водата, предназначена за питейно-битови цели в случаите на липса на алтернативен водоизточник се разрешава водочерпенето за питейно – битови цели от източници, чиито качества не отговарят на поместените в същата наредба от компетентните органи за ограничен срок (не повече от 3 години), през който е необходимо да се намери или алтернативен водоизточник или надеждно решение за отстраняване на наднорменото съдържание на разглежданите замърсители.

За разглежданите населени места ВиК Плевен е депозирало заявление за разрешение за ползване на вода за питейно – битови цели с отклонения от изискванията пред МЗ, което е неудовлетворено поради липса на предложени мерки за гарантирано отстраняване на замърсителя в период от 3 години. Министерство на здравеопазването писмено указва своята подкрепа за намиране на решение на проблема със съдържанието на токсичен шествалентен хром в питейната вода на селата Татари и Петокладенци, като препоръчва следните възможности:

- Изграждане на нови водоизточници, съдържащи хром в рамките на нормативните изисквания;
- Подходящо смесване на водата с вода от водоизточници не съдържащи хром;
- Изключване на водоизточниците с трайно съдържание на хром;
- Пречистване на водите съдържащи хром.

Проучванията, проведени в миналото и съвременните изследвания доказват няколко характерни особености на съдържащият се в природните води замърсител, които имат основно значение при изучаване природата на хрома:

- ✓ Средното съдържание на хром е между 50 и 100µg/l.
- ✓ Над 90% от съдържащият се във водата хром е шествалентен.

Детайлно проучване на историята на замърсяването в областта констатира:

- ✓ Постоянно наличие на шествалентен хром в природните води датиращо от 70-те години на ХХ век (начало на периодичния мониторинг на водите в България)
- ✓ Наличие на хром във водосборните басейни на р. Искър, р. Вит, р. Осъм и р. Янтра
- ✓ Сходни характеристика на почви и скали в региона

Направените констатации дават основание, въпреки развитата в миналото индустрия, да се счита, че наличният в природните плитко лежащи подпочвени води шествалентен хром в Област Плевен не е с промишлен (антропогенен, изкуствен) източник, а с естествен (природен) произход. Изследванията на подпочвените води в района на Плевен доказват наднормено съдържание на хром в цялата област, което прави изключването на водоизточници и разреждането им с води от други водоизточници нецелесъобразно. Единствено технико – икономически обосновано решение остава намирането на оптимална технология за пречистването на води, съдържащи шествалентен хром.

## **2 Основа на настоящата разработка**

През 2014г. инж. Ирина Ангелова защитава дисертационен труд на тема: Отстраняване на шествалентен хром от подземни води, предназначени за питейно – битови нужди под ръководството на проф. др. инж. Петър Калинков. В дисертационният труд са проведени проучвания, дългогодишни лабораторни и полу-производствени изследвания на възможностите за пречистване на шествалентен хром от природни води.

Разработката доказва, че предвид особеностите на съществуващия в България проблем, а именно – отстраняване на шествалентен хром в ниски концентрации, от естествен произход, съдържащ се във водите, използвани за водоснабдяване на малки населени места, оптимален в

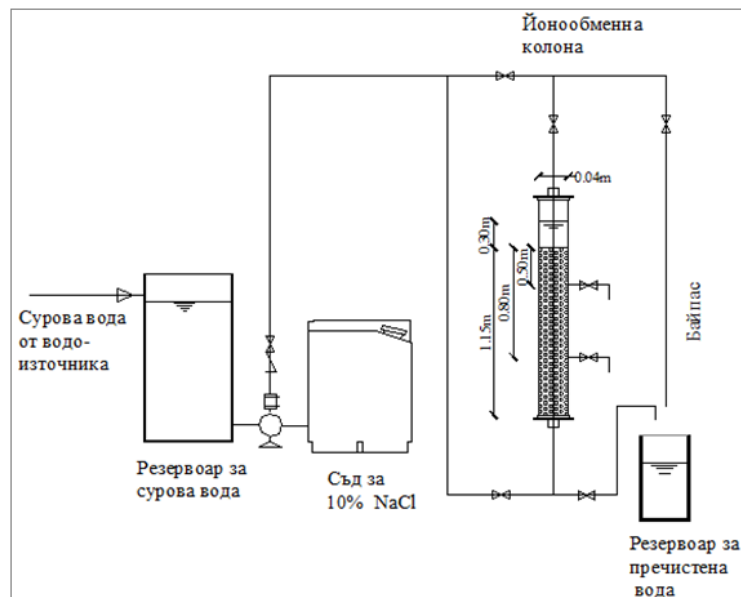
техничко – икономическо отношение метод за отстраняване на хроматни йони (с максимален брой предимства и минимален брой недостатъци) е йонният обмен.

В периода от 08.2012г. до 12.2013г. с подкрепата на Водоснабдяване и Канализация ЕООД, гр. Плевен е проведено полево изследване в полу-производствени условия. Йонообменна инсталация за изследване динамиката на процеса на отстраняване на шествалентен хром от реална вода (Фиг. 1) е монтирана в с. Божурица, Община Долна Митрополия, Област Плевен. Целта на инсталацията е да провери работата на йонообменните смоли в условия максимално близки до експлоатационните.

Изградената моделна пилотна инсталацията е безнапорна и се състои от йонообменна колона с диаметър  $D=0,04$  m, обща геометрична височина 1,80 m с възможност за пробовземане от три различни пункта, дозаторна помпа с променлив дебит и напор до 1,5 bar, резервоар за сурова вода, резервоар за пречистена вода.

В колоната е зареден филтърен пълнеж силноосновна анионообменна смола Lewatit M510 с обща височина  $H=1,15$  m, защитен воден слой над пълнежа  $h=0,30$  m. Суровата вода протича през филтърния пълнеж с низходящ поток. Периодично са събирани проби от вход колона, както и от три пробовземни пункта на колоната до достигане на насищане на йонообменната смола. Дълбочина на пробовземане от трите пункта е както следва:  $h_1=0,50$  m,  $h_2=0,80$  m,  $h_3=1,15$  m.

**Регенерация:** Регенерация на смолата е извършена в колоната чрез подаване на 10% разтвор на NaCl в низходящ поток. Изследвани са общо 11 цикъла на насищане и регенерация.



Фиг. 1 Пилотна йонообменна инсталация в с. Божурица, Област Плевен

В процеса на работа на полу – производствената йонообменна инсталация са определени адсорбционният капацитет на смолата в експлоатационни условия, височината на насищане на слоя смола, продължителността на филтроцикъла, необходимите обеми регенериращ разтвор и вода за промивка след регенерацията и други технологични параметри. Изследвано е влиянието на скоростта на потока и височината на йонообменния слой, както и поредността на регенерацията върху адсорбционната способност на използваната смола.

Предложени са алтернативи и са проучени възможностите за третиране на генерираните технологични отпадъчни води (ТОВ) при регенерацията на силноосновната анионообменна смола. Практически приложимо е редуцирането на Cr(VI) с железен сулфат до неразтворима форма и

последващото му утаяване. Утайката е подходяща за депониране, а надкаловите води за заустване в канализационна мрежа.

На база на получените резултати е изготвена методика за оразмеряване на йонообменна инсталация, запълнена със силноосновна анионообменна смола Lewatit M510. В оразмерителната методика е включено стъпало за пречистване на природни води чрез метода йонообмен, стъпало за регенерация на изтощената йонообменна смола и стъпало за третиране на технологичните отпадъчни води от регенерацията.

### 3 Практически пример

Доказателство за технико – икономическата ефективност и практическа приложимост на предложената технология в дисертационния труд на инж. Ангелова е оразмеряване и остойностяване на модулна ПСПВ с дебит 2 L/s за с. Божурица, Област Плевен.

В практиката се използват две основни схеми при експлоатацията на йонообменни колони, представени на Фиг. 2.

При схема а част от общото водното количество  $Q_{ПС}$  се отклонява от общия поток без да се пречиства т.н. байпас  $Q_B$ . Байпасираното водно количество се смесва с потока, преминал процес на пречистване. Общият поток се подава към консуматорите. Водното количество, което може да бъде байпасирано се определя в зависимост от отношението на пределно допустимата концентрация на хром в пречистения поток и концентрацията на хромните йони в суровата вода -  $f_B$ . Продължителността на филтроцикъла е до пробив на колоната.

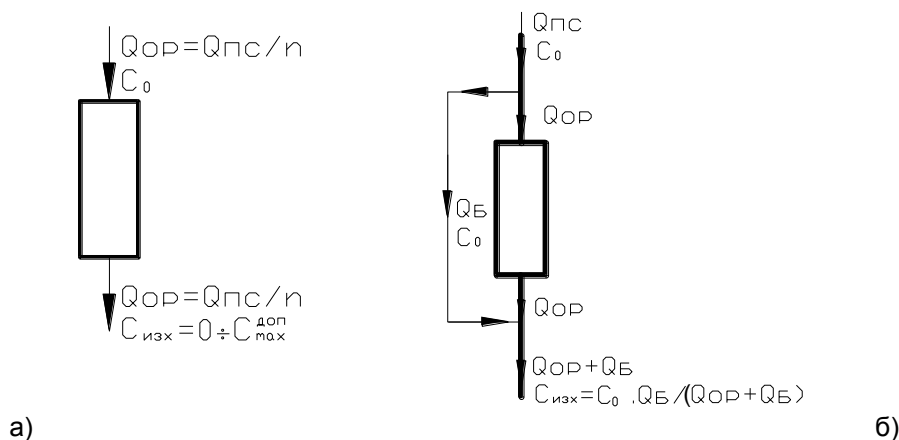
При схема б цялото водно количество  $Q_{ПС}$ , преминава през йонообменната колона, като филтроцикъла продължава до достигане на максимално допустимата концентрация на изхода на колоната  $C_{max}^{доп}$ .

Оразмерителното водно количество за всяка една колона от йонообменната инсталация се определя както следва:

$$Q_{op} = \frac{Q_{ПС} - Q_B}{n} \quad (l/s)$$

$$Q_B = f_B \cdot Q_{ПС} = \frac{C_{max}^{доп} \cdot Q_{ПС}}{C_0} \quad (l/s)$$

$$Q_{op} = \frac{Q_{ПС}}{n} \quad (l/s)$$



Фиг. 2 Схеми на работа на йонообменни колони

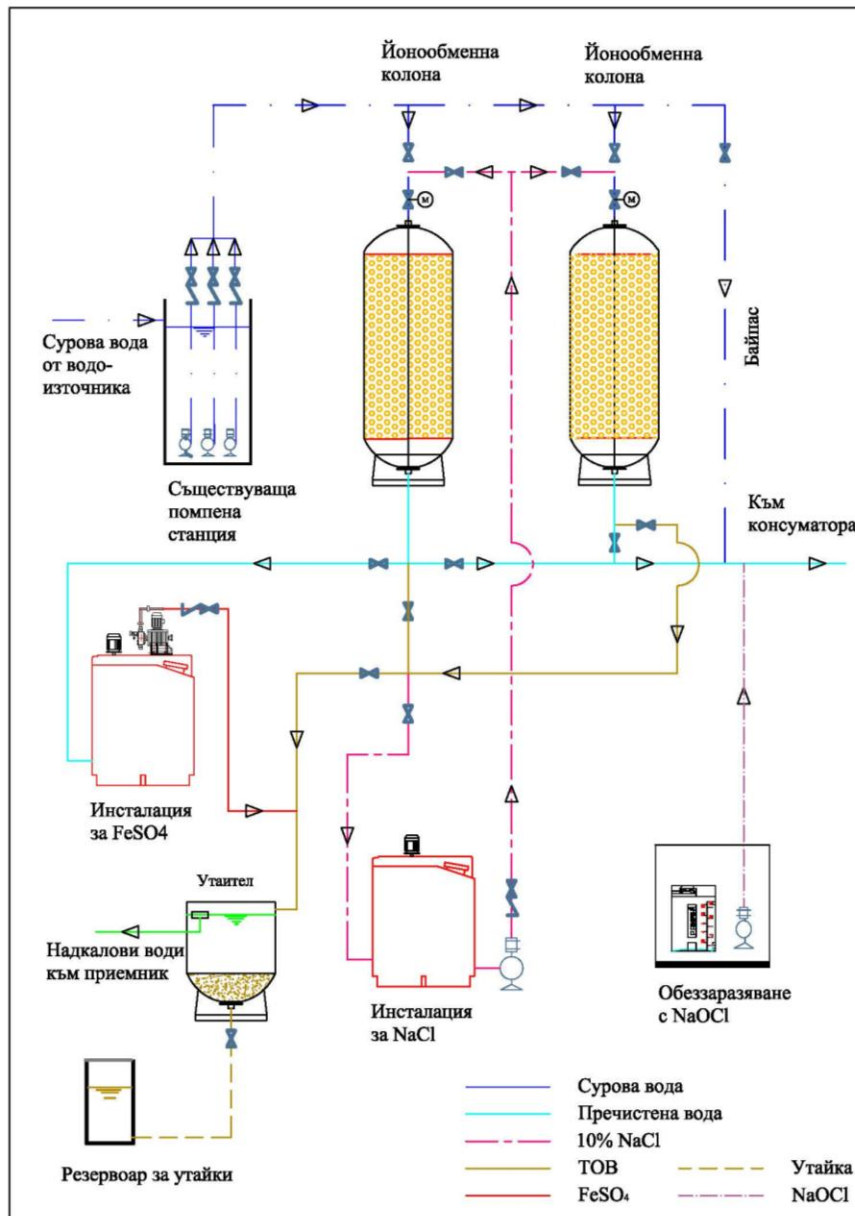
В настоящата разработка са разгледани два варианта за определяне на оразмерителното водно количество на ПСПВ – Вариант I съгласно схема а и Вариант II – съгласно схема б. И при двата варианта е следвана следната технология на пречистване:

- пречистване на водата през йонообменни колони

- обеззаразяване на пречистената вода с натриев хипохлорит
- регенерация на изтощената йонообменна смола с 10% разтвор на NaCl
- третиране на отпадъчния разтвор от регенерация с  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$

Проектираната станция ще се състои от следните съоръжения, Фиг. 3:

- входно измервателно устройство
- йонообменни колони
- инсталация за обеззаразяване
- съдове за реагенти, оборудвани с дозаторни помпи и бъркалки
- утайтел за технологични отпадъчни води
- резервоар за утайки
- изходно измервателно устройство



Фиг. 3 Технологична схема на пречиствателна станция за отстраняване на шествалентен хром от подземни води, предназначени за питейно – битови нужди

Предвидено е машините и съоръженията да се разполагат в помещение (сграда).

#### Описание на пречиствателната станция

##### ❖ **Входно измервателно устройство**

За правилната експлоатация на пречиствателната станция е необходимо да се предвиди устройство за редовно измерване на протичащата вода през съоръженията за пречистване, т.е. трябва да се следи постъпващото водно количество за пречистване и изходящият поток т.е. реалната производителност на пречиствателната станция. Водното количество на входа и изхода на пречиствателната станция ще бъде измервано чрез ултразвуков разходомер, монтиран на тръбопровод.

##### ❖ **Йонообменни колони**

Йонообменна инсталация за отстраняване на шествалентен хром е напорна и се състои от йонообменни колони с подходящ диаметър свързани успоредно.

Всяка колоната е заредена с филтърен пълнеж от силноосновна анионообменна смола Lewatit M510. Суровата вода протича през филтърния пълнеж с низходящ поток. Инсталацията е оборудвана със съответните арматури (спирателни кранове, обратни клапи и др.) и датчици, които гарантират оптималната и автоматизирана работа на колоните. Регенерация на смолата се извършва в колоната чрез подаване на 10% разтвор на NaCl в низходящ поток.

##### ❖ **Хлориране на водата**

При хлориране с натриев хипохлорит, той се съхранява в полиетиленов резервоар. Върху него е монтирана мембранна дозаторна помпа, снабдена с нивосигнализатор за изключването и при изпразване на бидона. Необходимото количество натриев хипохлорит, което инжектира дозаторната помпа се извършва автоматично, като се задава предварително необходимата доза в зависимост от качеството на реагента и хлоропоглъщаемостта на водата, а сигнал за необходимия дебит на помпата постъпва от импулсния разходомер.

Инсталацията за обеззаразяване на водата в с. Божурица е съществуваща, поради което не е преоразмерявана и остойностявана в настоящата разработка.

### **3.1 Входни параметри**

Предоставените от Вик ЕООД Плевен протоколи от изпитване на водите от водоизточниците на с. Божурица съдържат информация относно съдържанието на мътност, цветност, вкус и мирис, които са оценени като приемливи за потребителите във всички анализирани проби. Също така са публикувани стойностите на показателите нитрити (<0,2mg/L), нитрати (20mg/L), желязо (20-30mg/L), манган (<10µg/L), цинк (<0,45mg/L), флуориди (<0,3mg/L), мед (<0,02mg/L), които са под максимално допустимите от нормативите. Биологичните показатели на изследваната вода сочат съдържание на ешерихия коли 0/100 КОЕ/ml и колиформи 0/100 КОЕ/ml. Изследваните показатели се менят в много тесни граници.

В Табл. 1 са представени качествените показатели на водите от с. Божурица, Област Плевен.

*Табл. 1 Качествени показатели на водите във водоизточника на с. Божурица, Област Плевен*

Показател	Мерна единица	Наредба №9	с. Божурица
pH	-	6,5-9,5	7,68
<b>Хром</b>	<b>µg/L</b>	<b>50</b>	<b>104</b>
Електропроводимост	µS/cm	2000	987
Перм. окисляемост	mgO <sub>2</sub> /L	5	0,8
Хлориди	mg/L	250	26,3

Калций	mg/L	150	60
Магнезий	mg/L	80	54
Обща твърдост	mgеqv/L	12	7,64
Сулфати	mg/L	250	49
Фосфати	mg/L	0,5	0,03
Желязо	µg/L	200	32

Поместените обобщени данни за качеството на суровата вода в с. Божурица служат за оразмерителни параметри на ПСПВ.

### 3.2 Резултати от прилагане на оразмерителна процедура

Получените резултати от оразмеряване на модулна йонообменна инсталация, съгласно предложената в дисертационния труд на инж. Ирина Ангелова методика, са обобщени в Табл. 2.

Табл. 2 Оразмерителна таблица на модулна ПСПВ за отстраняване на Cr(VI)

№	Параметър	Означение	Дименсия	Стойност	
				I вариант	II вариант
<b>Входни данни</b>					
1	Водно количество на ПС	$Q_{ПС}$	L/s	2	2
2	Средна начална концентрация на хромати в суровата вода	$C_0$	mg/L	0,1	0,1
3	Максимално допустима концентрация на хром на изхода на колоната	$C_{изх}$	mg/L	0,05	0,05
4	Експериментален сорбционния капацитет на смолата	$q_{YN}$	mg/g	0,4	0,4
5	Температура на суровата вода	$t$	°C	10	10
6	Плътност на водата при зададената температура	$\rho_v$	kg/m <sup>3</sup>	999,73	999,73
7	Плътност на частиците на смолата	$\rho_ч$	g/L	1080	1080
8	Насипна плътност на смолата	$\rho_{см}$	g/L	690	690
9	Плътност на 10% NaCl	$\rho_{NaCl}$	kg/m <sup>3</sup>	1070,7	1070,7
10	Среден диаметър на частиците	$d_ч$	mm	0,61	0,61
11	Земно ускорение	$g$	m/s <sup>2</sup>	10	10
12	Динамичен коефициент на вискозитет на водата	$\mu$	P	0,01307	0,01307
<b>Оразмерителни данни</b>					
1	Брой колонии	$n$	бр.	2	2
2	Оразмерително водно количество на 1 колона	$Q_{ор}$	L/s	0,5	1
3	Ефект на регенерация	$\eta$		0,95	0,95
4	Работен сорбционния капацитет на смолата	$q_{раб}$	mg/g	0,38	0,38
5	Избрана скорост на филтрация	$v$	m/h	10	10
6	Изчислителен диаметър на колоната	$D$	m	0,48	0,68

7	Диаметър на колоната	D	m	0,50	0,70
8	Скорост на филтрация при форсиран режим	$v_{\phi}$	m/h	18,34	18,72
9	Продължителност на филтроцикъла	$t_{\text{експ}}$	h	360	500
10	Височина на смолата в колоната	$H_k$	m	1,15	1,15
11	Напорни загуби в колоната	$h_{\text{кол}}^{\text{заг}}$	m	1,60	1,60
12	Обем на необходимия регенериращ разтвор за 1 регенерация	$V_{\text{рег}}$	$\text{m}^3$	0,45	0,88
13	Обем на промивната вода	$V_{\text{пром}}$	$\text{m}^3$	11,25	22,05
14	Брой регенерации в годината	$N_{\text{рег}}$	бр./год	24	18
15	Необходимо количество NaCl за година	M	kg	2344,84	3309,03
16	Обем на съда за съхранение на разтвор на натриев хлорид за 2 регенерации	$V_{\text{съд}}^{\text{NaCl}}$	$\text{m}^3$	0,90	1,8
17	Годишен разход на железен сулфат	$X_{\text{FeSO}_4}$	kg	25,1	35,4
18	Обем на съда за съхранение на разтвор на железен сулфат за 10 регенерации	$V_{\text{FeSO}_4}$	$\text{m}^3$	0,034	0,067
19	Обем на утаителното съоръжение за ТОВ	$V_{\text{ут}}$	$\text{m}^3$	0,56	1,10

От направените изчисления е видно, че пречистването на цялото водно количество (Вариант II) води до увеличаване на необходимия обем смола, а от там и на размерите на йонообменните колони при една и съща линейна скорост на потока в сравнение с тези при Вариант I (байпасиране на част от потока). При Вариант II продължителността на филтроцикъла се увеличава от 360 на 500h, а необходимият брой регенерации на година намалява от 24 на 18, но с генериране на по-голямо количество технологични отпадъчни води. Окончателна оценка за преимуществото на едни от вариантите ще даде тяхното технико – икономическо сравнение.

### 3.3 Остойносттаване на предложената схема

Технико-икономическата част е разработена в два основни варианта I и II съгласно получените резултати от оразмеряването на йонообменната инсталация в частта ѝ за третиране на суровата вода.

Вариант I	Вариант II
Байпасиране на част от водното количество, регенерация на смолата с 10% NaCl, химична редукция на ТОВ с FeSO <sub>4</sub>	Пречистване на цялото водно количество, регенерация на смолата с 10% NaCl, химична редукция на ТОВ с FeSO <sub>4</sub>

Стойностите на съответния вид работи и оборудване са получени от литературни данни, от конкретни оферти за съответните съоръжения и аналогични обекти. Приета е предпоставката за включване в процеса на пречистване на природните води на наличното оборудване на ПС, персонал и лаборатории на ВиК Плевен. Получените стойности са поместени в Табл. 3.

При определяне на необходимите капитални вложения са включени стойностите на всички подобекти по следните елементи – разходи за строителни работи, за монтажни работи, за



доставка на машини и съоръжения, непредвидени разходи в размер на 4% и печалба от 10%. Предвидени са допълнителни разходи за техническа документация, за организация и контрол, за въвеждане в експлоатация, за такси и приемателни комисии и за пуск и наладка на станцията.

Определянето на амортизационните отчисления е направено съгласно Закона за корпоративното подоходно облагане.

Амортизационният срок на съоръженията за пречистване на водите е 25 години, общата амортизационна норма е 4%.

При определяне на експлоатационните разходи са взети предвид разходите за реагенти, транспорт на утайки и изтощена йонообменна смола, електроенергия. Заложена е подмяна на йонообменната смола веднъж на 5 години.

Разходите за електроенергия са определени при средна цена на ел.енергията 0.16329лв./kWh. Средната цена е определена на база действащи през 2014г. цени на ел. енергията на ЧЕЗ Разпределение България АД.

Табл. 3 Стойност на финансовите показатели на ПСПВ

№	Основни данни и показатели	Мярка	Стойност Вариант I	Стойност Вариант II
1	Годишна мощност на ПСПВ	м <sup>3</sup> /год	2 628	2 628
2	Еднократни разходи	лв.	46 280	50 266
2.1.	Строителни работи	лв.	12 250	12 250
2.2.	Монтажни работи	лв.	2 518	3 765
2.3.	Машини и съоръжения	лв.	16 769	19 333
2.4.	Допълнителни разходи	лв.	14 743	14 918
3	Год. експлоатационни разходи	лв./год	1 027	1 033
3.1.	Реагенти, материали и транспорт	лв./год	1 006	1 008
3.2.	Електроенергия	лв./год	21	25
4	Амортизационни отчисления	лв./год	1 851	2 011
5	Капиталоемкост на 1м <sup>3</sup> преч.вода	лв./м <sup>3</sup>	17,61	19,13
6	Електроенергия използвана	kWh/год	131	153
7	Енергоемкост на 1м <sup>3</sup> преч.вода	kWh/м <sup>3</sup>	0,05	0,06
8	Годишни разходи на 1м <sup>3</sup> преч.вода	лв./м <sup>3</sup>	1,10	1,16
9	Приведена стойност	лв.	7 507	8 070
10	Икономически живот на обекта	год.	25	25

На база основните икономически показатели на предложените варианти е изготвено сравнение на еднократните разходи (необходимите капиталовложения), годишните експлоатационни разходи и капиталоемкостта на 1м<sup>3</sup> пречистена вода и годишните разходи на 1м<sup>3</sup> пречистена вода.

Капиталните разходи за изграждане на модулна ПСПВ се формират основно от цената за доставка и монтаж на технологичното оборудване за пречистване на суровата вода. Необходимите капиталовложения са оценени на около 46 000лв по варианти I и на около 50 000 лв по варианти II. Разликата в еднократните разходи е около 4 000лв.

Ежегодните разходи свързани с експлоатацията на йонообменната инсталация са в

рамките на 1000лв. За варианти I и II 98% от годишните разходи са за натриев хлорид.

Определящ фактор при избора на технологична схема за пречистване на природни води са годишните разходи за пречистване на  $1\text{m}^3$  вода. Стойността, определена като сбор от годишното разпределение на инвестиционните разходи и годишните експлоатационни разходи на  $1\text{m}^3$  пречистена вода е  $1,10\text{лв}/\text{m}^3$  за Вариант I и  $1,16\text{лв}/\text{m}^3$  при Варианти II. Разходът за пречистване на  $1\text{m}^3$  вода се формира почти пропорционално от амортизационните отчисления и експлоатационните разходи.

Годишните разходи за пречистване на  $1\text{m}^3$  са допълнително перо към разходите, на база на които се формира себестойността на подземните води, а тя от своя страна рефлектира върху крайната цена, която заплащат потребителите. Стойността на ВиК услугата най-често се заплаща пропорционално от всички консуматори в даден регион. Следователно, независимо, че пречистване на подземните води от шествалентен хром се налага за около 25 от общо над 200 населени места в регион Плевен, то ще бъде формирана единна цена на водата. ВиК ЕООД Плевен подава около 19 млн. $\text{m}^3$ /год към потребителите в региона. При изграждане на модулни ПСПВ за третиране на Cr(VI) за 25 населени места с дебит 2 l/s съгласно всеки от разгледаните варианти себестойността на  $1\text{m}^3$  подадена вода ще се увеличи с  $0,0038\text{лв}/\text{m}^3$  за Вариант I и с  $0,0040\text{ лв}/\text{m}^3$  за Вариант II.

#### **4 Заключение**

От представените данни категорично се налага заключението, че най-добра в технико – икономическо отношение технологична схема за пречистването на природни води, съдържащи шествалентен хром в ниски концентрации са вариантни решения, включващи процеса йонообмен, регенерация на наситената йонообменна смола на място и последващо третиране на генерираните технологични отпадъчни води.

За конкретния разгледан случай – пречистване на водите от с. Божурица, Област Плевен се препоръчва изграждане на модулна ПСПВ съгласно Вариант I. Цената на водата за питейно – битови нужди, подавана към консуматорите в разглежданото населено място, а и във всичките 25 населени места с наднормено съдържание на шествалентен хром в подземните води, от ВиК Плевен в сила от 01.01.2013г. е  $1,45\text{лв}/\text{m}^3$  без ДДС. Цената, която заплащат потребителите е  $1,74\text{ лв}/\text{m}^3$ . След изграждане на инсталации за пречистване на водите предназначени за ПБН в засегнатите населени места съгласно препоръчания Вариант I, крайната цената на водата не се очаква да се повиши с повече от  $0,01\text{лв}/\text{m}^3$ . Критерий за допустимост на цената на водата е показателят социална поносимост. Социалната поносимост на ВиК услугите е налице, когато тяхната стойност, определена на база минимално месечно потребление на вода за питейно-битови нужди от  $2,8\text{m}^3$  на едно лице, не надхвърля 4 % от средния месечен доход на домакинство в съответния регион. По данни на НСИ средният месечен доход на лице в област Плевен през 2012г. е бил 407лв. Новообразувана цена на ВиК услугата от  $1,75\text{ лв}/\text{m}^3$  е под 30% от праговата цена на социална поносимост от  $5,80\text{лв}/\text{m}^3$  [4].

#### **Благодарности**

*Авторите изказват искрената си благодарност и признателност на екъпа на Водоснабдяване и канализация ЕООД, гр. Плевен за информационното и техническо обезпечаване на проведените полеви изследвания, оказаното съдействие и заинтересованост в решаването на проблема с наднорменото съдържание на шествалентен хром във водите, предназначени за питейно – битови нужди в региона.*

#### *Използвана литература*

[1] C. Raji, T.S. Anirudhan, Water Res. 32, 1998

[2] WHO Guidelines for drinking-water quality, 2nd Edition, Volume. 2. World Health Organization, Geneva, 1996

[3] Наредба №9 от 16.03.2001 г. за качествата на водата, предназначена за питейно – битови нужди, МЗ, МРРБ и МОСВ

[4] <http://www.dker.bg/>