

Христо Добрев, Станислав Станев, Райко Цветанов,
Пламен Зеленков, Галя Бърдарска

ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ПСПВ БИСТРИЦА ЗА ИЗБОР НА ПО-ЕФЕКТИВЕН РЕАГЕНТ ЗА ПРЕЧИСТВАНЕ

STUDY FOR MORE EFFECTIVE TREATMENT REAGENT AS AN ALTER- NATIVE AT BISTRICA DRINKING WATER TREATMENT PLANT

Hristo Dobrev, Stanislav Stanev, Rayko Tzvetanov,
Plamen Zelenkov, Galia Bardarska

***Summary:** Results of Jar test and pilot investigation by CFS-SOLVO for treatment of raw water at DWTP Bistrica in 2012 are presented. All parameters of treated water correspond to the requirements of Regulation No. 9 and World Health Organization (WHO). The cost of 1 m³ raw water treated by CFS is 0,0038-0,0048 BGN.*

Въведение

През 1957 г. приключват изследванията на водите на яз. Сталин (сега яз. Искър). Дадено е заключение, потвърдено и през 1958 г., че водата на язовира е годна за водоснабдяване на гр. София при условие, че се филтрира и хлорира [1]. Провежданите на 10.11.1959 г. Джар тестове за коагулация на проба вода от ВЕЦ „Пасарел” с мътност 10 mg/l и желязо 0,75 mg/l (фери) показват пълно избистряне след подаване на 20 mg/l алуминиев сулфат, 30 минутен престой и филтруване през пясъчен филтър.

Както при Джар-тестовите, така и при проведените изследвания от 22.07.1960 до 30.11.1960 г. на опитната станция, включваща различни съоръжения, не се следи за количеството на остатъчния алуминий в избистрената вода след употребата на различни дози на алуминиев сулфат [1,2].

От 1968 г. водите на яз. Искър за питейно-битовите нужди на столицата се пречистват на двустъпалната ПСПВ Панчарево (пулсатори и бързи пясъчни филтри). Френската фирма „Дегре-

мон” изпълнява изграждането и на ПСПВ Бистрица. Реализирано е едностъпално пречистване (филтриране през бързи пясъчни филтри тип „Аквазур”). През 1999 г. изградената производствена мощност на първия етап (6,75 m³/s при нормален режим и 8,8 m³/s при форсиран режим на работа) се оказва достатъчна за ПСПВ Бистрица, като се поддържа експлоатацията и на ПСПВ Панчарево.

Заложените реагенти в проекта на „Дегремон” са следните:

- хлор за предокисление – до 3 mg/l;
- алуминиев сулфат – 10 mg/l;
- активна силициева киселина – 2 mg/l;
- натриев силикофлуорид – 1 mg/l;
- вар за корекция на рН на филтрираната вода – 6 mg/l;
- хлор за обеззаразяване – 1 mg/l.

През последните години при типично ниските мътности, наличието на планктон и ниската температура на водата експлоатацията на ПСПВ Бистрица се затруднява при работа с алуминиев сулфат и възниква опасността от появата на остатъчен алуминий в пречистената вода.

За постигането на стабилно качество на пречистване на язовирни води в страни с континентален климат (топло лято и студена зима) се налага използване на химически продукти, чиито ефект се влияе слабо от сезонните колебания на температурата и качеството на водата. Целогодишно прилагания самостоятелно алуминиев сулфат на всички ПСПВ в страната не винаги осигурява пречистване в съответствие с Наредба № 9 (0,2 mg/l остатъчен алуминий в пречистената питейна вода) и не се постига препоръчителната стойност за остатъчен алуминий в питейни води от СЗО – 0,1 mg/l.

Поради тази причина френската фирма „Дегремон“ е включила в проектите си за пречистване на водите от яз. Искър използването и на флокулант. Трудностите при използването на активна силициева киселина в допълнение към алуминиевия сулфат е причина да се потърсят нови реагенти, заместващи класически използвания алуминиев сулфат [3,4, 5, 6].

В статията са показани изследвания, проведени през 2012 г. за замяна на алуминиевия сулфат с българския коагулант-флокулант-сорбент CFS-SOLVO на ПСПВ Бистрица.

Джар тест

За начална ориентация за хода на коагулацията с CFS се направи Джар тест на 4.04.2012. От снимката за протеклата макрофлокуляция в еднолитровите проби е видно уголемяване на флокулите с увеличаване на дозата от 0,3 до 2,41 mg Al/l (Фиг. 1 - на 3-та корица). Експериментът показва, че при обемна коагулация нормативните стойности по избраните критерии мътност и остатъчен алуминий в пречистената вода се постигат при относително високи дози (1,21-2,41mg Al/l) в сравнение с действителните дози на CFS в действащи ПСПВ. Поради тази причина изследванията със CFS продължават за половината дебит на действащата станция. Другата половина работи при нормални условия с алуминиев сулфат.

Сравнителни изследвания между CFS и алуминиев сулфат

Подаването на CFS директно от еднокубикови бидони с дозаторна

помпа в канала на половината станция и следенето на качеството на пречистената вода само от три филтъра (Ф17, Ф25 и Ф30) на съответната редица филтри се извърши в периода 10.04.2012-25.04.2012 (Фиг. 2 - на 3-та корица). Паралелно се следи и качеството на пречистената вода на три (Ф1, Ф9 и Ф14) от другата редица филтри, работещи при условията на станцията – с подаване на алуминиев сулфат и предхлориране.

Независимо от големите колебания в дебита през делнични и празнични дни и ниските стойности на мътността на суровата вода, мътността на пречистената вода е под 0,4 FNU, а остатъчният алуминий под препоръчителната стойност 0,1 mg/l. След спиране подаването на CFS съдържанието на остатъчния алуминий остава ниско следващите дни.

Резултата от прилагането на избраните критерии за устойчивост на работата на ПСПВ Бистрица се вижда от сравнителните графики за пречиствателния ефект по мътност и остатъчен алуминий при използването на алуминиев сулфат и CFS (Фиг. 3 - на 3-та корица). Постигнатият пречиствателен ефект по мътност е по-стабилен със CFS, докато при алуминиевия сулфат колебанията не само по ефекта на пречистване, но и по съдържание на остатъчен алуминий са значителни и със стойности над препоръчителната 0,1 mg Al/l.

Изследвания със CFS на цялата станция

Изследванията със CFS продължават на цялата станция като на 6.05.2012 подаването на реагента се извършва в енергогасителя на ПСПВ Бистрица (Фиг. 4). Силната аерация доведе до коагулация и флотация на планктона с образуване на пяна още в смесителната камера. За отстраняване на този негативен ефект се премина към подаване на реагента към дъното на смесителната камера с помощта на тънък маркуч (Ф8) (Фиг. 4).

При подаване на средна доза на CFS 0,4 mg Al/l при променящи се воден дебит на суровата вода, мътност и съдържание на планктон се постига



Фиг. 4. ПСПВ Бистрица, експеримент със CFS, 6-13.05.2012.

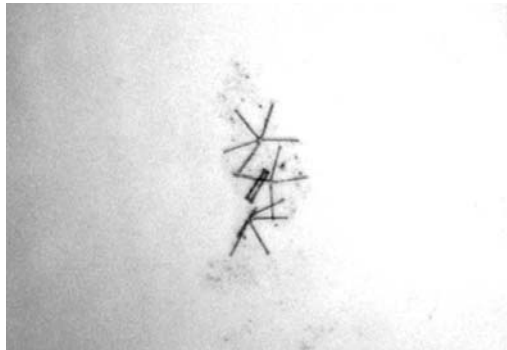
стабилна работа на станцията, като мътността на пречистената вода е $\approx 0,5$ FNU, остатъчният алуминий $<0,1$ mg/l, фитопланктон 0 бр.кл./ml при 1070 бр. кл./ml на вход, намаляване броя на частиците 7 пъти, а абсорбцията на ултравиолетова светлина намалява от 0,29 на 0,17 AU (**Фиг. 5 - на 3-та корица**).

Отстраняването на фитопланктона при подаване на CFS се обяснява с агрегирането му в образувани флукули и последващото му задържане в пясъчния пълнеж на бързите филтри. Микроскопски снимки за този ефект съществуват от проведен Джар тест със CFS на суровата вода на ПСПВ Бистрица на 30.03.2005 г. (**Фиг. 6 и Фиг. 7**).

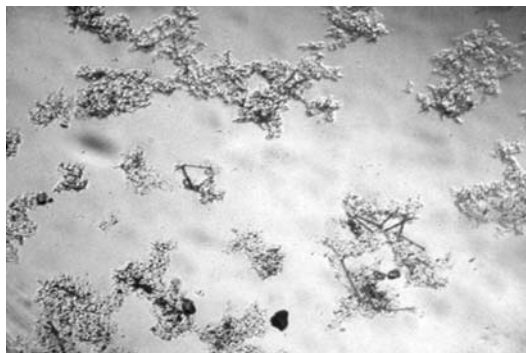
Технико-икономическа оценка

При работа на половината станция със CFS

За определяне на изразходваното количество реагент за пречистване на 1 m^3 вода се използват данните за общото количество пречистена вода и

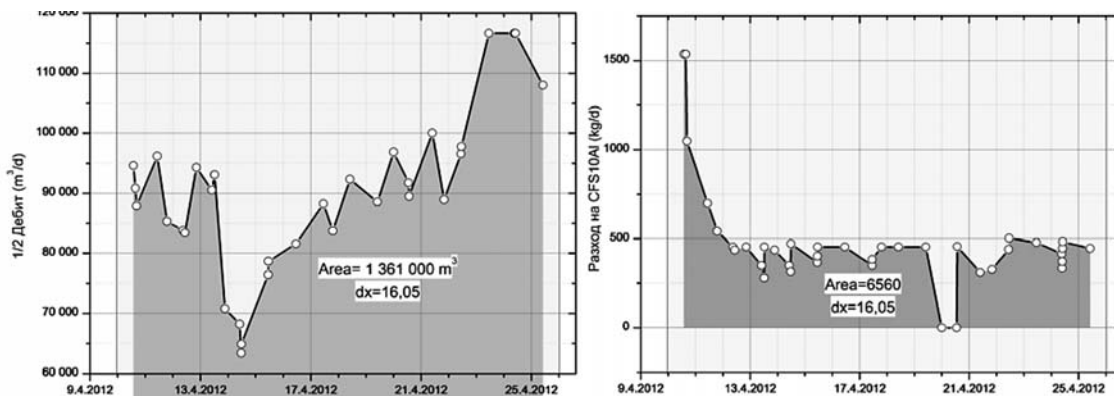


Фиг. 6. Микроскопска снимка на фитопланктона в суровата вода на ПСПВ Бистрица, 30.03.2005.



Фиг. 7. Микроскопска снимка на агрегиран фитопланктон във флукулите, образувани след коагулация със CFS - Джар-тест на суровата вода на ПСПВ Бистрица, 30.03.2005 г.

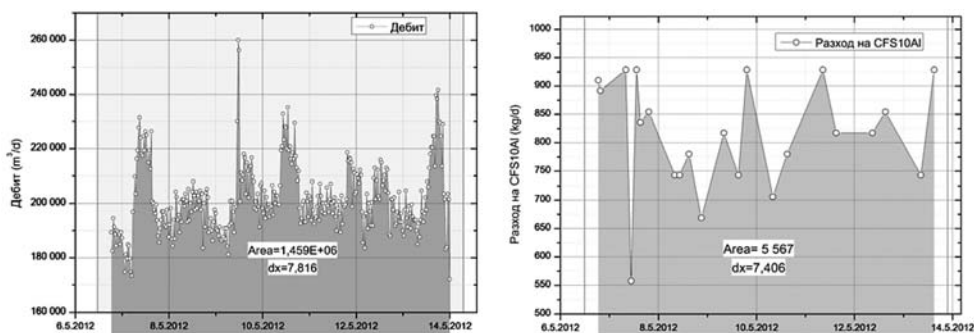
подаден реагент, показани на Фиг. 8. В продължение на 16,05 дни са пречистени $1\,361\,000 \text{ m}^3$ вода с 6560 kg CFS10A1, което е $0,0048 \text{ kg/m}^3$. При цена 1 BGN/kg CFS се получава 0,48 ст./ m^3 пречистена вода т.е. половин стотинка на кубически метър пречистена вода на ПСПВ Бистрица.



Фиг. 8. Количество на пречистената вода и разход на CFS10A1 в периода 10.04.2012-25.04.2012

При работа на цялата станция със CFS

За определяне на изразходваното количество реагент за пречистване на 1 m³ вода се използват данните за общото количество пречистена вода и подаден реагент, показани на **Фиг. 9**.



Фиг. 9. Количество на пречистената вода и разхода на CFS10Al в периода 6.05.2012-13.05.2012.

Сравнителен анализ

В резултат на проведения експеримент на ПСПВ Бистрица през 2012 г. и на основание изследванията за пречи-

стване водите на яз. Искър за минали години [3,4,5,6] е направен сравнителен анализ между алуминиевия сулфат и реагентите от типа CFS (Таблица 1).

Таблица 1. Сравнителен анализ за алуминиевия сулфат и CFS, използвани при пречистване на повърхностни природни води за питейно-битови цели

| Показател | Алуминиев сулфат | CFS |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pH | Запазване или понижение* | Запазване или повишение |
| Цвят | Не винаги се отстранява** | Отстранява се |
| Вкус и мирис | Не винаги се отстранява** | Отстранява се |
| Мътност | Не винаги се отстранява** | Отстранява се |
| Остатъчен алуминий (Al ³⁺) | Основен проблем | Al ³⁺ < 0,1 мг/л*** |
| Фитопланктон | Не гарантира отстраняването му на филтрите, поради непълна коагулация при ниски мътност и температура. | Отстранява се на филтрите и няма отлагане във водопроводната мрежа. |
| Стабилност на пречистване | Показателите на пречистване варира в широки граници нестабилна работа на системата (индикатор: остатъчен Al ³⁺). | При оптималната доза (в широки граници) гарантира стабилност на добри физико-химични и органолептични показатели . |
| Вторична коагулация | Допълнително замърсяване на водопроводната мрежа. | Няма |
| Здравен риск | При наличие на остатъчен алуминий Алцхаймер, нервни разстройва, безсъние и др. При хлориране на органични съединения поява на трихалометани. | Няма |
| Допълнителни реагенти | Флокулант, предхлориране и постхлориране | Постхлориране |
| Икономичен ефект | Намаляване на годишното използвано количество поради неподаване на по-високи дози на реагента, водещи до появата на остатъчен Al ³⁺ над препоръчителната и/или допустимата концентрация. | Отпада необходимостта от предхлориране и се намалява количеството хлор при постхлорирането, не се използва ел. енергия за разбъркване на реагента, облекчава се експлоатацията. |

Бележки: *При понижение на рН риска от корозия се увеличава; **При повишаване на дозата се завишава концентрацията на остатъчен алуминий в пречистената вода; *** Препоръчителна стойност от СЗО

С прилагането на CFS се гарантира устойчиво поддържане на остатъчния алуминий под допустимите норми в пречистените питейни води за разлика от алуминиевия сулфат (Фиг. 10 - на 3-та корица).

Обобщен SWOT – анализ

SWOT анализът изхожда от идеята за разделянето на метода на пречистване с химическите продукти от типа коагулант-флокулант-сорбент от средата, в които те функционират. Приложеният метод на пречистване посредством макрофлокулация или микрофлокулация се разглежда откъм неговите “силни страни” и “слаби страни”. Средата, в която се прилага, се диференцира на “възможности” и “заплахи”.

Силни страни. Силните страни са ресурс, умение или друго преимущество,

което притежава метода на пречистване с коагулант-флокулант-сорбент. Силната страна е отличителна компетенция, която дава сравнително предимство.

Слаби страни. Слабите страни представляват ограниченията или недостигът на ресурси, умения и способности, които сериозно възпрепятстват прилагането на метода на пречистване с коагулант-флокулант-сорбент.

Възможности. Възможностите представляват най-благоприятните елементи на външната среда. Това са благоприятни външни фактори, от които метода на пречистване с коагулант-флокулант-сорбент се възползва или би могъл да се възползва.

Заплахи. Заплахите са най-неблагоприятните сегменти на външната среда. Те поставят най-големи бариери пред настоящото или бъдещото (желаното) състояние.

SWOT анализ

| | Положително влияние | Отрицателно влияние |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Достижения и силни страни | Проблеми и слаби страни |
| Вътрешна среда | <p>Националното законодателство в областта на питейните води е изцяло хармонизирано с Директивите на ЕС и е в процес на прилагане. Този факт предполага увеличено внимание относно здравния риск от прилагането на реагенти при пречистване на питейните води.</p> <p>Изградена е инфраструктурата за контрол по прилагане на европейските норми за качеството на питейните. Съгласно Закона за водите и Закона за здравето, Министерството на здравеопазването и неговите регионални структури – 28 регионални здравни инспекции (РЗИ) предприемат административно-наказателни (предписания, актове, наказателни постановления, заповеди за спиране, имуществени санкции, отстраняване от работа и т.н.) и други мерки при установяване на несъответствия в качеството на питейната вода. Отговорни за изпълнението на изискванията на законодателството за питейните води, включително и провеждане на мониторинг на качеството на питейната вода в пълния му обем, са водоснабдителните организации, в качеството им на структури, осъществяващи дейността по водоснабдяване за питейно-битови цели.</p> <p>Създадени са нови химически продукти (коагулант-флокулант-сорбент CFS), които отговарят на БДС EN 883:2005 <i>Химични продукти, използвани при пречистване на води за питейни нужди. Полиалуминиев хлорид хидроксид и полиалуминиев хлорид хидроксид сулфат</i>, които са показали висок пречиствателен ефект при пречистване на води с ниска и висока мътност, съдържание на органика, метали, фитопланктон, подобрява органолептичните качества и работи безотказно при ниски температури без да се увеличава количеството на остатъчния алуминий и намаляване на рН след пречистване.</p> | <p>Продължава да не се изпълнява задължението, регламентирано в Закона за водите и Наредба ? 12 за качествените изисквания към повърхностни води, предназначени за питейно-битово водоснабдяване за всички повърхностни водоизточници, да се изградят съответни съоръжения за прилагане на необходимите подходящи методи за обработка на повърхностните води, съобразно категоризацията им. Регламентираният срок в Наредба ? 12, в който това задължение трябваше да бъде изпълнено бе до началото на 2007 г.</p> <p>Липсва мониторинг на водата в пълен обем, съгласно Европейското и национално законодателство, което към момента не е постигнато от всички ВиК оператори в страната, отчасти и поради недостатъчните капацитетни възможности на лабораториите на ВиК дружествата.</p> <p>За технико-икономическото оптимизиране на процеса на пречистване с коагулант-флокулант-сорбент се изисква филтърен пълнеж с подходяща зърнометрия, на чиито повърхности се задържат успешно образувалите се</p> |

| | | |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Методът на пречистване с коагулант-флокулант-сорбента CFSпри добре протичащи макрофлокулация или микрофлокулация не изисква влагането на допълнителни реагенти и окислителни при пречистването на питейни води от повърхностни водоизточници, намалявайки и количеството на необходимия хлор при постхлориране. Разходът за реагент е под половин стотинка за пречистване на 1 кубически метър вода от яз. Искър.</p> | <p>микрофлокули заедно със замърсителите във водата.</p> |
| Външна среда | Възможности | Опасности |
| | <p>Използване на финансовите инструменти на ЕС за решаване на проблемите, свързани с ефективното поддържане на добро качество на питейните води и модернизация на ВиК инфраструктурата.</p> <p>Съвпадение на националните приоритети в областта на водите с приоритетите на международните общности, за които устойчивото качество на питейните води е приоритет.</p> <p>Ограничаване на заплахите за човешкото здраве чрез изпълнение на новия регламент на ЕС REACH за регистрация, оценка, разрешаване и ограничаване на химичните вещества и препарати.</p> <p>Привличане на местни и чуждестранни инвестиции, както и публично-частни партньорства, за достигане на европейските стандарти и изисквания за качество на питейните води.</p> <p>Готовност сред голяма част от населението да приеме увеличение на цената на питейната вода при осигуряване на добро качество.</p> <p>Намаляване на обществения интерес към използването на минерална вода за питейни нужди.</p> <p>По-ясно осъзнаване от вземащите решения и ВиК операторите за ролята на иновациите.</p> | <p>Кризи на глобално, европейско и национално ниво.</p> <p>Изчерпване на водните ресурси при бъдещи климатични промени.</p> <p>Недостатъчен интерес от страна на вземащи решения и ВиК оператори за приваждане в съответствие пречистването на питейни води с европейските стандарти и изисквания за опазване на здравето на населението, свързано към водоснабдителната мрежа.</p> |

Заклучение

Получените резултати за пречистване на водите на яз. Искър на ПСПВ Бистрица с коагулант-флокулант-сорбент CFS-SOLVO през 2012 г. отговарят на изискванията на Наредба ? 9 и СЗО за качеството на питейната вода при ниски експлоатационни разходи – под половин стотинка на кубически метър пречистена вода (0,38 – 0,48 ст./m³). Експлоатацията е лесна и безопасна и не изисква висококвалифициран персонал за поддръжка.

Литература

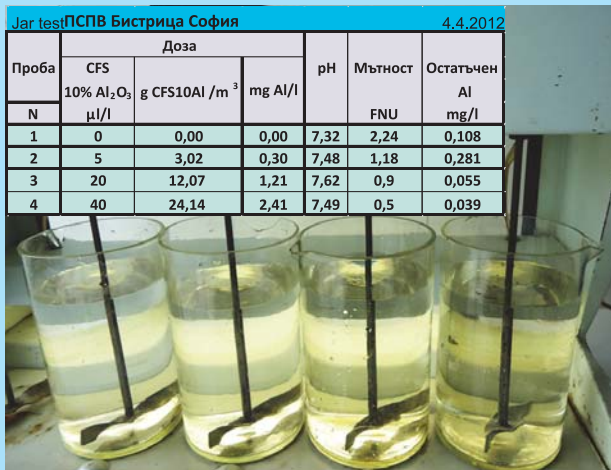
1. Проектантска организация „Соф-проект” при СГНС. 1960. Водопречиствателна станция „София”. София
2. Проектантска организация „Соф-проект”. 1962. Водопречиствателна станция гр. София. Изследване водоизточника. Том XXII. СГНС

3. Матов Б., Ив. Златева, Хр. Добрев, Д. Трендафилов. 1980. Основен алуминиев хлорид (ОАХ 15) – нов български коагулант за питейни води. Водно дело, 2, 17-21

4. Добрев Х., П. Добрева, Г. Бърдарска. 1994. Производство на високоэффективни реагенти – приоритетно направление на водопречистването. Водно дело, 1, 28-32

5. Добрев Х., Г. Бърдарска. 2000. Питейна вода без остатъчен алуминий. Водно дело, 1/2, 24-28

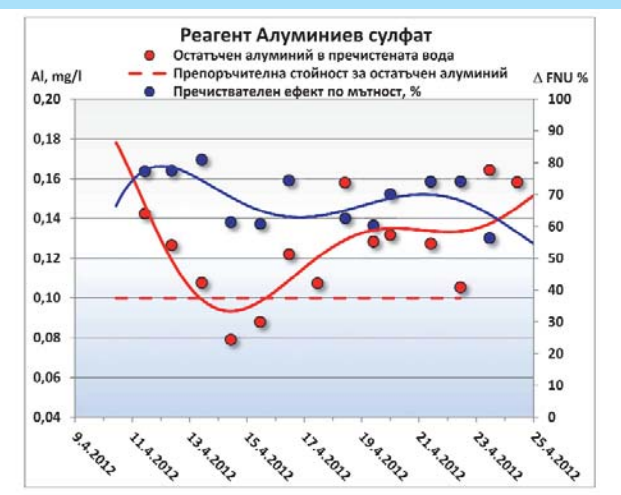
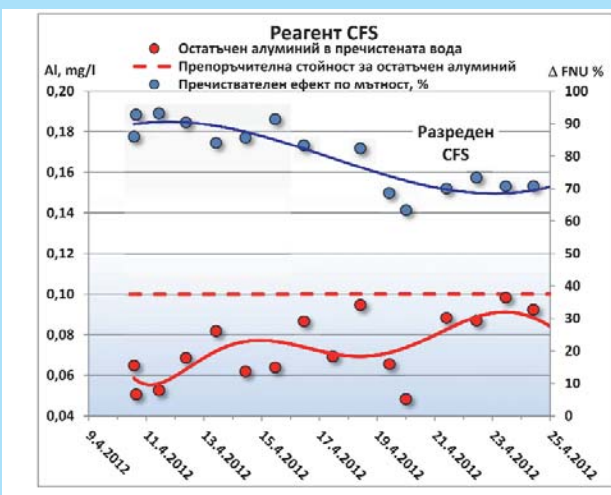
6. Bardarska, G., H. Dobrev. 2004. Chapter 9. The Impact of Drought on Surface Water Quality. pp. 101-113. In Knight, G.C., Ivan Raev, Marieta Staneva (editors), 2004. Drought in Bulgaria: A Contemporary Analog for Climate Change. Aldershot, UK: Ashgate Publishing Limited, ISBN 0-7546-4215-1, 330 pp.



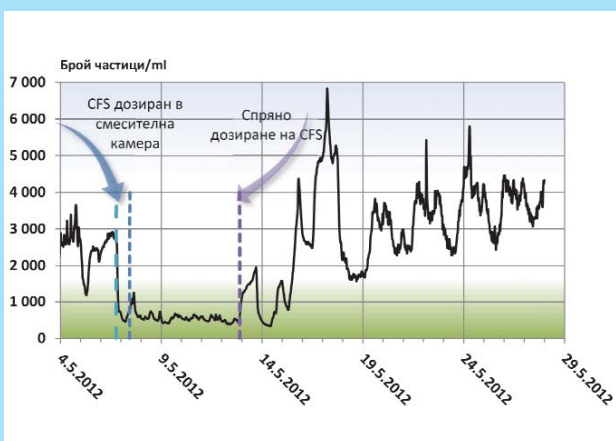
Фиг. 1. Снимка на пробите с вода от яз. Искър (сурова вода) при Джар теста за определяне на дозата на CFS (отляво надясно): 0,3-2,41 mg Al/l, 4.04.2012 г.



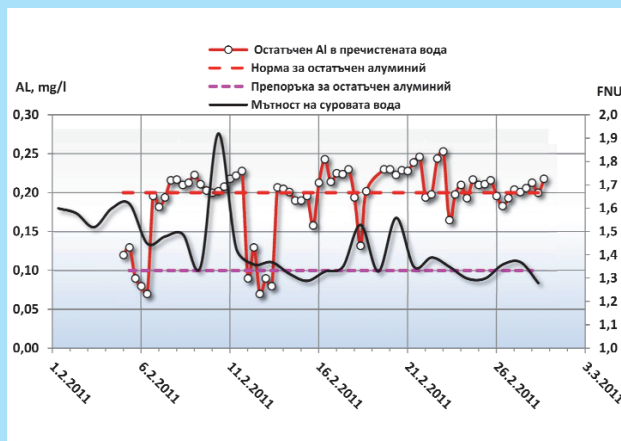
Фиг. 2. Снимка на опитната постановка за подаване на CFS към половината дебит на ПСПВ Бистрица



Фиг. 3. Сравнителен анализ по пречиствателен ефект спрямо мътност (%) и съдържание на остатъчен алуминий в пречистената вода при обработката на суровата вода на ПСПВ Бистрица със CFS и алуминиев сулфат



Фиг. 5. Устойчиво намаляване на броя на частиците в пречистената вода на ПСПВ Бистрица при използване на CFS



Фиг. 10. Остатъчен алуминий в пречистените води на яз. Искър с алуминиев сулфат при ниска мътност