

## Икономически изгодна система за поддържане на параметрите във водни екосистеми и елюентна среда на диализатори с микропроцесорно управление, подходяща за учебни цели

Борис Димитров, Стоян Димитров, Калина Кандиларова

**Cost-effective control and monitoring system for aquatic ecosystems and eluent environment dialyzers with microprocessor control:** *The purpose of this project is the developing of a low cost system for control and monitoring of small artificial aquatic ecosystems. A combination of different easy to build mechanical and chemical filters and electronic control devices is used for manipulating a plenty of parameters that are critical for living of the water species. The system can be used for growth of a specific water organisms, water filtering, decontamination, disinfection, dialyzers. It also will be performed at practical course of Physics and Biophysics at Medical university of Sofia for students education.*

**Key words:** *Filter System, Water Quality, Artificial Aquatic Ecosystem, Monitoring and Control, Dialyzers.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Индивидуалните изисквания на една изкуствено създадена водна екосистема, в която липсва биоравновесие, пораждат необходимостта от динамично поддържане на множество специфични параметри на водната среда. За целта е необходимо изграждането на съоръжения, които да дават възможност да се регулират условията в дадената водна екосистема, като по този начин изкуствено се пресъздава биоравновесието в нея. Възможност за строг контрол на параметрите е необходима и в елюентната среда на диализни системи. Производството на подобни системи в България е ограничено, а предлаганите вносни решения са прекалено скъпи. Това обуславя висока равновесна цена на пазара, която може да претърпи промяна чрез предлагане на по-изгодни алтернативни системи, разработени на българска територия чрез използване на евтини и достъпни компоненти и материали.

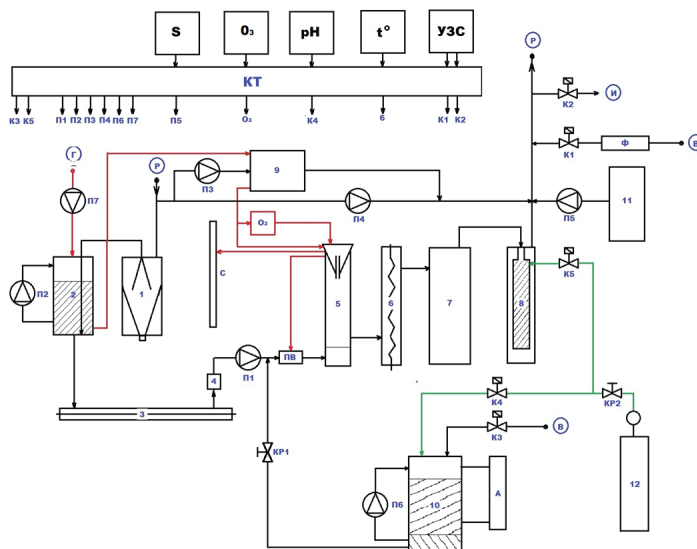
### ИЗЛОЖЕНИЕ

Изложеният по-горе проблем е решен чрез създаване на автономна система за изкуствено манипулиране на параметрите на водната среда чрез комбиниране на няколко модула, осъществяващи контрол върху отделните параметри. Водата преминава през всеки един от модулите, движена от циркуляционни помпи. Във всеки един от тях протичат процеси, които регулират по различни начини отделните параметри на водата. Всеки един от тях се следи от специално създаден за целта електронен контролен прибор, който управлява съответния модул.

Системата осъществява мониторинг и контрол на:

- нивото на водата чрез ултразвуков сензор с точност +/- 0.3мм;
- температура на биосредата с точност +/- 0.1\*С;
- рН на средата с точност +/-0.01рН;
- ORP на средата с точност +/-2mV;
- проводимост на средата в граници 0.05 – 10 S/m;
- контрол на нивото на Ca<sup>2+</sup> и Sr<sup>2+</sup>;
- контрол на нивото на разтворения CO<sub>2</sub> чрез подобрена система за разтваряне при атмосферно налягане;
- контрол на бактериалния титър чрез проточна UVC стерилизация и озонация;
- контрол на разтворената органика и извеждането от биореактора чрез повърхностни явления;
- извеждане на токсичните съединения чрез окисление, микробиологична филтрация и филтроване през активен въглен;
- извеждане на отпадните NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> чрез микробиологична филтрация със Chlorarachniophyte, родове Nitrosomonas и Nitrobacter;
- извеждане на едрите частици чрез центробежен филтър;
- широки възможности за модификации.

Блокова схема на системата е дадена на фиг. 1.



**Фиг.1. Блокова схема на системата за поддържане параметрите във водни екосистеми:**

1 - центробежен филтър; 2 - нитрифициращ микробиологичен филтър; 3 - проточен UVC стерилизация; 4 - контролна точка; 5 - повърхностноактивен филтър; 6 - топлообменник; 7 - реакционен съд; 8 - филтър с активен въглен; 9 - биологична филтрация; 10 -  $\text{Ca}^{2+}$  обогатител; 11 - солев резервоар; 12 - контейнер за  $\text{CO}_2$ ; П1-П6 – помпи; К1-К5 - електромагнитни клапани; Кр1-Кр2 – кранове; Ф – входен филтър; Оз – озонатор; ПВ – помпа на Вентури; А – ниворегулатор на калцевия реактор; Р – резервоар; В – централно водоснабдяване; И – мръсен канал

### Принцип на действие

След евентуално декантиране или механична филтрация замърсената вода постъпва в центробежния филтър 1. В него се сепарират частици, дискриминирани по плътност. Филтърният остатък може да се извежда от системата, да се връща или да претърпи вторична преработка. След това постъпва в нитрифициращия микробиологичен филтър 2. Той съдържа филтърна среда от HDPE, която се намира в газова възглавница, формирана от помпата П7. Водата циркулира през филтърната среда посредством помпата П2. Така изградена конструкцията създава оптимални условия за колонизация на филтърната среда от нитрифициращи бактерии род *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. Оксидативният метаболизъм на микроорганизмите позволява окисление на  $\text{NH}_3$  в  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$ .

След това водата постъпва в проточен UVC стерилизатор 3. Неговият корпус е с алуминизирана вътрешна повърхност и UVC лампа, която разрушава попадналите от филтъра 2 бактерии, гъби, вируси, приони и др., като контролира и бактериалния титър в главния резервоар [1]. Следва контролна точка за измерване на основните параметри на водната среда в дадения етап. В контролната точка са потопени pH електрод, ORP електрод, електрод за проводимост и термосензор.

След това водата постъпва в повърхностноактивен филтър 5, където чрез помпа на Вентури (ПВ) се получават газови мехурчета с голяма обща повърхност. Газът, инжектиран от помпата П7, преминава през газовите възглавници на филтрите 2 и 9. и подлежи на озонация от озонатора Оз с цел поддържане на оптимален ORP, контролиран от ORP контролер. Посредством филтъра се отстраняват повърхностноактивни вещества (протеини, липиди и др.) [2].

Оттам водата постъпва в топлообменника 6. Той съдържа електрически нагревателен елемент, който служи за регулация на температурата в главния резервоар. Управлението на нагревателя се извършва от електронен термостат  $t^*$ . Водата престоява в реакционния съд 7, който осигурява необходимото реакционно време за действие на окислителния ефект на озона. След което водата преминава през филтъра с активен въглен 8, който съдържа вътрешна камера, в която се намира активния въглен. Използваният активен въглен цели извеждане на хлорорганични, ароматни и др. токсични съединения от работната смес. Същевременно обезврежда остатъчния озон, което позволява постигане на бактерицидни концентрации на озона в реакционния съд 7. Конструкцията дава възможност за добавяне на различни зеолити и йоннообменни смоли във филтъра. Освен това в газов джоб над активния въглен се добавя въглероден диоксид през клапана К6, чиято цел е рН корекция на реакторната смес.

Следващият етап от филтрацията е биофилтърът 9. Той съдържа вертикално разположена микропореста мрежа, намираща се в газова възглавница. По мрежата се стича водата, изпомпвана от помпа П3. Повърхността на мрежата е диодно осветена с регулируема осветеност в граници 0 - 100 000 lx, с цветна температура 7500 K. Върху нея се създават оптимални условия за развитие на организми от родовете Chlorarachniophytes, Euglenids и др. фотосинтезиращи водорасли, които отстраняват  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  и някои органични съединения от работната среда. Байпасната помпа П4 цели увеличаване дебита на филтърната система. Чрез кранът КР1 във водата се излива богат на калций и стронций концентрат, получен в калциевия обогатител 10. Чрез клапаните К1 и К2 се поддържа водното ниво и нивото на карбонизация. По този начин се поддържа необходимата твърдост, минерализация и буферен капацитет. Солевия резервоар 11. съдържа солева смес, осигуряваща физиологични йонни концентрации във водната среда. Концентрацията на соли в главния резервоар се контролира чрез кондуктометър S и дозажна помпа П5. Въглероден диоксидната газова система 12. е съставена от контейнер, снабден с редуцир вентил, иглен вентил и електромагнитни вентили К3 и К4. Така получената система осигурява необходимото налягане и дебит за карбонизация в калциевия обогатител 10. и въвеждане във филтъра 8.



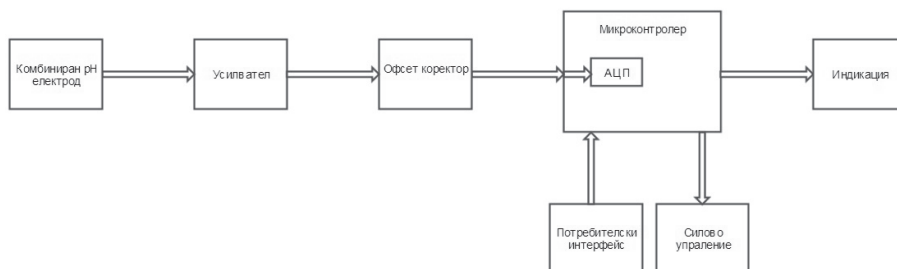
Фиг.2. Снимка на контролно табло.

Контролно-измервателните прибори са изградени на базата на 8 битов микроконтролер PIC16F1826 [3] на фирмата Microchip и преобразуватели на параметри в напрежение, което чрез вградения АЦП се преобразува в цифрова стойност и се изобразява на 7-сегментен дисплей. Изключение прави само контролерът на ниво, където се използва готов цифрово управляем сензор за разстояние. За запознаване с основните блокове на микроконтролерите от серия PIC16 е използван литературен източник [4]. Контролерът е програмиран със специално създаден за целта софтуер, написан за езика C [5] чрез компилатора MikroC for PIC на фирма Mikroelektronika.

За схемата на термостата е използван специализиран температурен сензор LM35 [6], чието напрежение се изменя линейно от 0 до 1 волт в температурен диапазон от 0 до 100 градуса. Изходното напрежение от сензора се подава директно на входа на АЦП.

При схемата на ORP контролера напрежението на изхода на сензора се усилва чрез операционен усилвател и след това се подава на входа на АЦП.

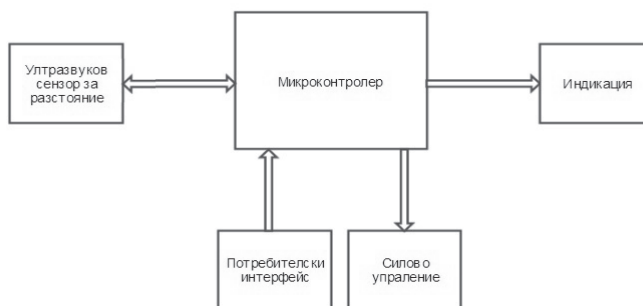
При рН метъра (фиг.3), поради спецификата на сензора, се налага схема за преминаване от двуполярно към еднополярно напрежение, изградена на базата на операционен усилвател. След конверсията преобразуваното напрежение се подава на входа на АЦП.



Фиг.3. Блокова схема на рН контролера

При кондуктомера за предотвратяване на грешки в измерването, породени от поляризация на електрода, синусоидален генератор подава променлив ток, който след преминаването си през разтвора бива изправен, усилен и подаден на входа на АЦП.

За контролера на ниво (фиг.4) се използва ултразвуков сензор за разстояние HC-SR04 [7], който се управлява директно от цифровите входно-изходни портове на микроконтролера.



Фиг.4. Блокова схема на контролера на ниво

Всички контролноизмервателни прибори притежават потребителски интерфейс, състоящ се от 1 или 2 бутона, чрез които се въвеждат параметри и се сменя режима на работа на прибора.

Изградената система има максимален дебит от 6000 литра/час, което позволява максимален обем на главния резервоар от 500 литра. За по големи резервоари е необходимо помпената и филтърната система да бъдат подменени.

Всички компоненти на съоръжението са подбрани чрез предварително проучване на пазара и отсяване на икономически най-изгодните компоненти и материали. Технологиите, използвани в проекта, са еквивалентни на утвърдените в

бранша такива, но са значително по-евтини. По-голямата част от модулите са собствено производство, въпреки съществуващите им алтернативи на пазара. Това се наложи като решение поради високата цена на техните еквиваленти, която не отговаря на по-добро качество на фона на разработените от нас модули. Точността, необходимата за изграждането на подобни пречиствателни системи, не е нарушена въпреки ограничаването на бюджета на проекта. По този начин е постигнато значително намаляване на цената без да се отнема от приложимостта на системата.

Крайната цена на системата (без да е включен факторът труд) се равнява приблизително на 350 долара. Цената отбелязваме в тази валута, тъй като по-голямата част от материалите са внесени от утвърдени международни пазари, известни с доброто си качество въпреки ниските цени. Системата е изградена от множество модули и адекватните й еквиваленти с подобна сложност се изработват само по поръчка. Подобни на изработения от нас контролен модул (основна част от нашата система) фирмата Neptune Systems [8] изгражда на цени над 500 долара.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Изградената инсталация позволява контрол на множество параметри на екосистема в изкуствено създадени водни басейни. Системата намира приложение в рибовъдството за създаване на условия, характерни за различните географски райони, с цел отглеждане на специфични животински видове. Инсталацията дава възможност за поддържане на постоянни условия в елюентната среда на уреди за диализа, които ще бъдат използвани в учебния практикум по медицинска физика и биофизика на Медицински университет, София. Съоръжението също така е особено подходящо за пречистване на вода с различни по характер биологични и небологични замърсявания. В бъдеще се планира към системата да се добави възможност за отдалечен мониторинг и контрол през персонални компютри и мобилни устройства чрез TCP/IP протокола.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Г. Митов, Ю. Дочева, Микробиология, Арсо, 2000.
- [2] М. Маринов, Медицинска физика, Съюз на физиците в България, 2007
- [3] PIC16F1826 Datasheet, <http://microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41363A.pdf>
- [4] Кенаров, Н., PIC-микронтролери, Част 1, Млад конструктор, 2003.
- [5] PIC Microcontrollers - Programming in C, Mikroelektronika, 2009.
- [6] LM35 Datasheet, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [7] HC-SR04 User's manual, <http://www.electroschematics.com/8902/hc-sr04-datasheet/>
- [8] Neptune Systems, <http://www.neptunesystems.com/products/apex-controllers/apex-controller-system/#>

### **За контакти:**

Борис Димитров, студент по медицина, МУ-София, тел.: 0885583104, e-mail: b\_z\_dimitrov@abv.bg

инж. Стоян Димитров, студент във Факултет по математика и информатика, СУ "Св. Климент Охридски", тел.: 0878296919, e-mail: st.dimitrov90@gmail.com

Калина Кандиларова, студент стопанско управление, СУ "Св. Климент Охридски", тел.: 0883384141, e-mail: kkandilarova@gmail.com

**Докладът е рецензиран.**