

ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВАТА НА ВОДОПРЕЧИСТВАТЕЛНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ НА 21 ВЕК

Яна Топалова

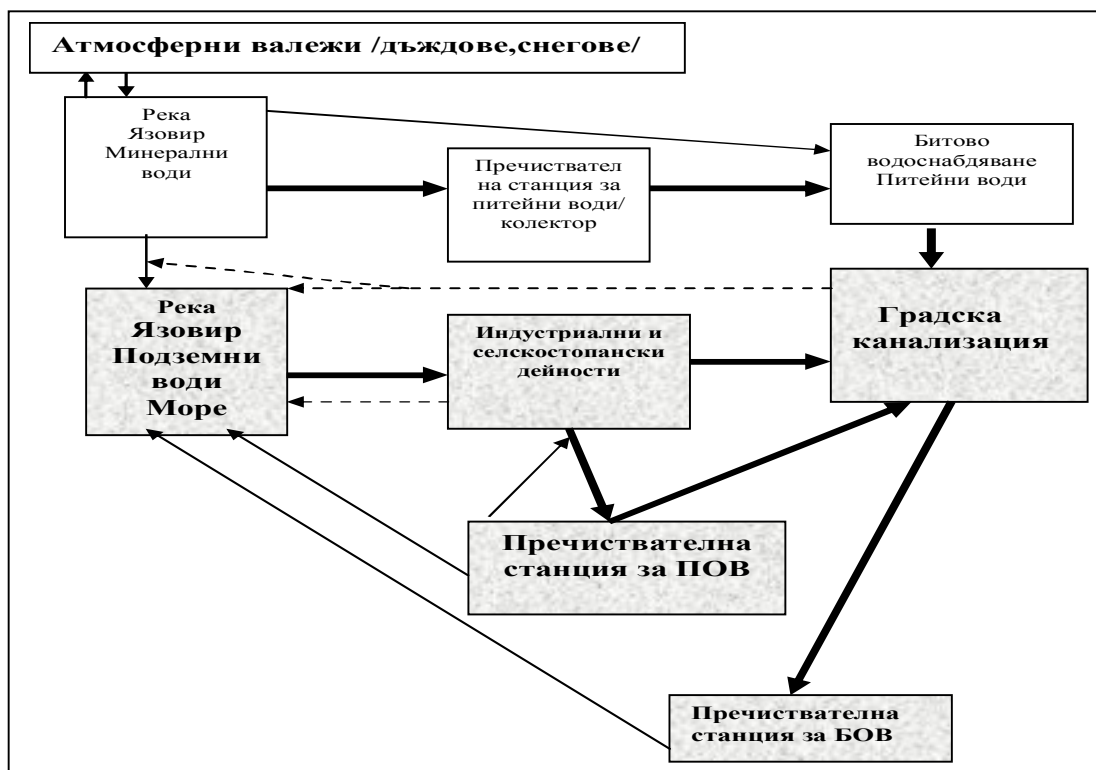
Abstract: The challenges in wastewater treatment technologies of 21 century are discussed in this paper. The technologies are considered like high technologies as well as like technologies with high ecological integrity.

The important accent is put on the control, simultaneously elimination of C, N, P, on incorporation of governed detoxication element in the trivial technologies or development of intensive detoxication modules or algorithms, total process of biocontrol in ecoton of the water receivers, replacement of aerobic technologies by more effective – anaerobic.

Other discussed challenges are: economy of energy, transfer from large extensive to small local intensive equipment, direct mutual connection between technology, customers, water price as natural and technological resource.

УВОД

Въвеждането на Водната Рамкова Директива поставя пред интеграционната политика и практика на опазването на водните ресурси важен за решаване проблем: работа за създаване и поддържане на добър воден статус [13]. Това включва опазване на повърхностните, подземните и питейните води от замърсяване, възстановяване на разходите във водния сектор, изграждане и приложение на интегрални планове за управление на водните басейни с ясно диференцирани и изпълними фази. Пряко свързано с решаването на тези задачи е създаването, въвеждането и експлоатацията на съвременни водопрециствателни технологии [7, 11, 25]. Самите технологии поставят нови предизвикателства. Те засягат критичните моменти в технологичния цикъл на водите и играят решаваща роля за опазването на водоприемниците от замърсяване [20, 23].



Фигура 1. Технологичен цикъл на водата от гледна точка на водоснабдяване и водопрецистване

Такива критични моменти са: 1/ строеж на нови и повишаване ефективността на действие на съществуващите пречиствателни станции (ПС) за битово-отпадъчни води, построяване на високо специализирани ПС за промишлени и битови - отпадъчни води, осъвременяване на технологиите в двата типа ПС. Тези изисквания пораждат ключови предизвикателства пред водопречиствателните технологии у нас.

КЛЮЧОВИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА

Предизвикателство 1

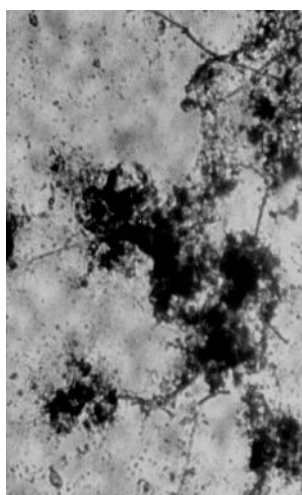
Хармонично вграждане на пречиствателните станции и технологии в околната среда

Това означава въвеждане на технологии с висока степен на екологосъобразност, вграждане на пречиствателните станции в даденостите на околната среда [17, 18, 32]. Като примери в тази насока можем да посочим проектирането и строежа на подземни, закрити, красиви пречиствателни станции, съчетани с развлекателни комплекси. Такива високи изисквания биха допринесли за повсеместно подобряване на околната среда и не на последно място, за издигане на равнището на туристическия ни бизнес.

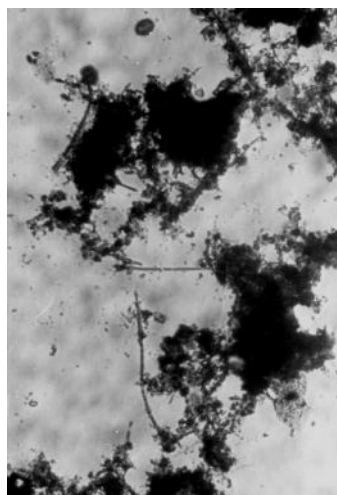
Предизвикателство 2

Пречиствателните технологии да се създават като високи технологии

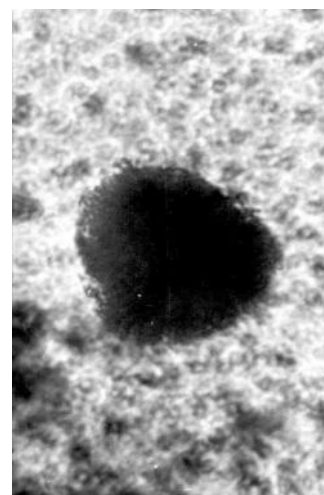
Посрещането на това предизвикателство изисква пречиствателните съоръжения и технологиите към тях да се изработват и усъвършенстват едновременно и комплексно. Все по-често раждането на такива технологии да става за сметка на най-ефективните биопроцеси и на уникалния дизайн. За всяко място и отпадни води да се създава точното съоръжение на модулен принцип и с възможности за бърза реакция съобразно импулса и състава на отпадъчните води. При всички технологии да се преследва едновременно висока ефективност и ефикасност [15, 19, 24]. За постигането на тези цели е необходимо биотехнологичният елемент на водопречистването да бъде силно експресирани т.е. да се създават и използват високо специализирани активни утайки и биофилми [16, 21, 22].



a/



б/



с/

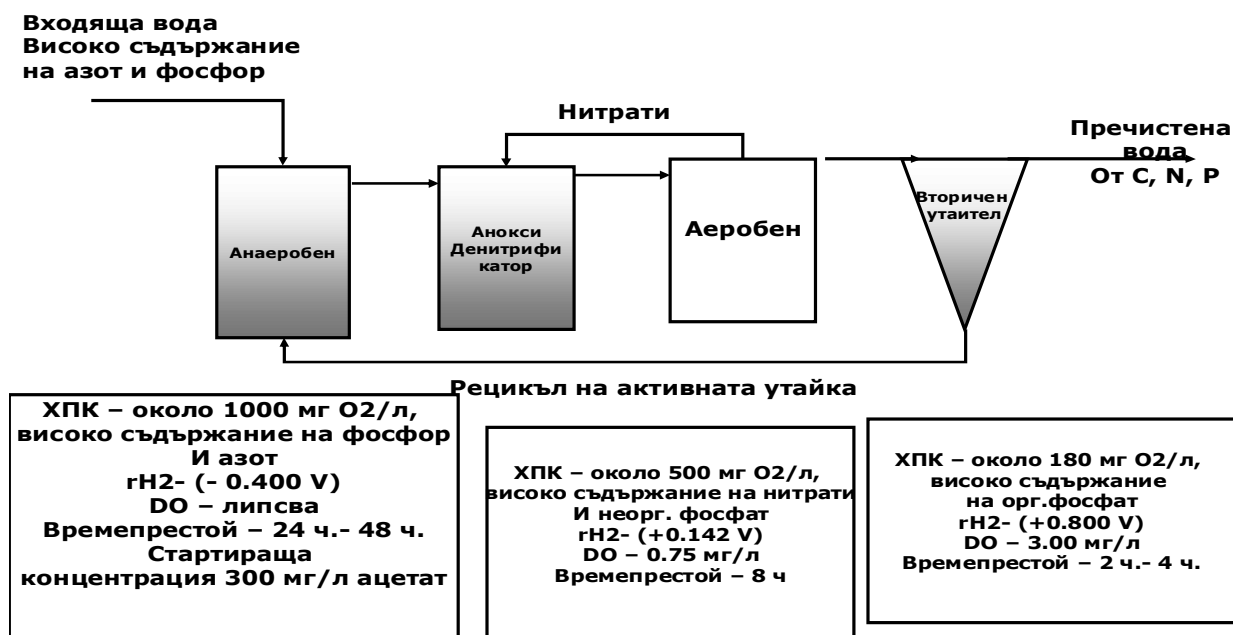
Фигура 2. Трестепенен преход на активната утайка от флокуларна аеробна към пелетизирана анаеробна структура: а/ аеробна флокуларна активна утайка; б/ флокуларна активна утайка със зареждащи се пелети; 3/ Пелета в анаеробната активна утайка

На фигура 2 са представени морфологичните макроструктури в активната утайка при преход от аеробен екстензивен към двустепенен анаеробен/аеробен интензивен процес. При двустепенната технология и при участието на пелетизирана активна утайка в анаеробната технологична част многократно се повишава ефективността на елиминиране на концентрирания органичен замърсител при многократно снижение на разходите за аерация.

Предизвикателство 3

Контролирано елиминиране на C, N и P

Един от недостатъците на използваните понастоящем технологии за водопречистване в нашата страна е, че водите се пречистват контролирано по въглерод, а останалите биогенни елементи – азот, фосфор и сяра само се следят на изход. В съвременните версии на водопречиствателните технологии C, N и P се елиминират едновременно и контролирано, така водите се пречистват и по трите биогенни елемента. Тази технология е известна с наименованието нитрификация, денитрификация, увеличено елиминиране на фосфор [9, 22]. Тя се осъществява при схемата показана на фигура 3.



11

Фигура 3 Схема и параметри на процесите на едновременно елиминиране на въглерод, азот и фосфор от отпадъчните води

Важна роля при тези процеси играят бактериите от родовете *Acinetobacter* и *Pseudomonas* [11]. Консорциумът от тези бактерии притежава способност да денитрифицира нитратите, а при смяна на анаеробните и аеробни условия да елиминира фосфати като ги натрупва като резервни вещества под формата на метакроматин /органични полифосфати/ в клетките си. По

този начин водите комплексно се освобождават и от трите биогенни елемента ефективно и координирано [29]. Тези процеси са от изключителна важност за опазване на водоприемниците от еутрофикация. За съжаление обаче, нашите пречиствателни технологии все още рядко или почти не включват такива координирани процеси. Очевидно това ще бъде едно от ключовите предизвикателства при строежа на новите съоръжения.

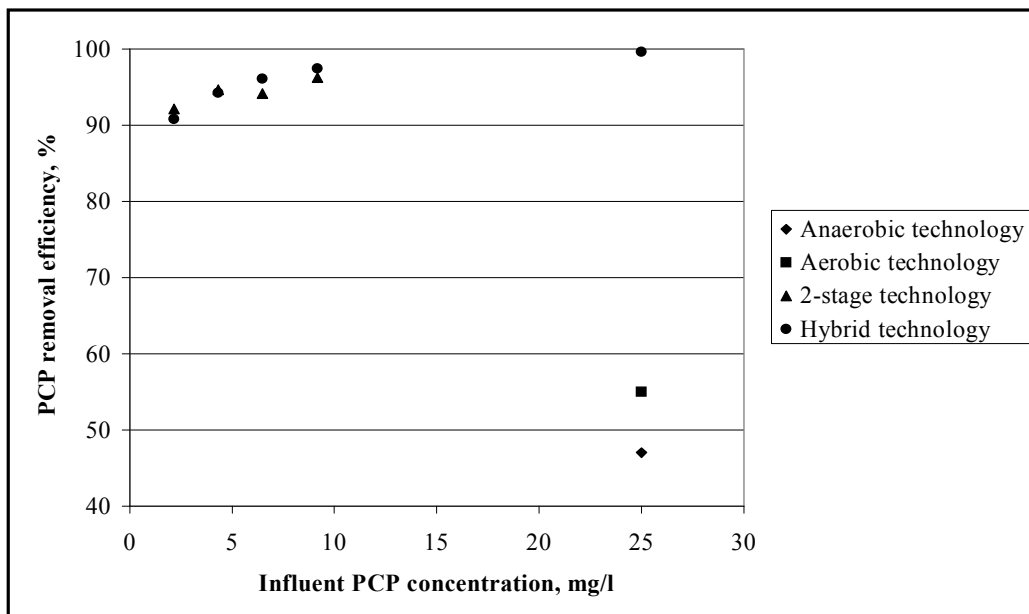
Предизвикателство 4

Вграждане на управляем детоксикационен елемент в тривиалните пречиствателни технологии

Един от нерешените въпроси в родната ни водопречиствателна практика е целевото елиминиране на токсичните (приоритетните) замърсители в отпадъчните води. Игнорирането на тези проблеми години наред е довело до акумулиране на тежки метали, нефтопродукти, моноциклични, хетероциклични и полициклични ароматни ксенобиотици в седиментите, хипореала, литорала и биотата на водоприемниците. Като примери могат да се посочи замърсяването на седиментите в средната част на р. Искър (района на Прокопаник и Елисейна), седиментите в опашката на язовир Пчелина, седиментите на адаптивните езера на Лукойл – ЕАД, Нефтохим Бургас и др. Това формира горещите точки за остра необходимост от скъпоструващи биоремедиационни технологии – критични за възстановяване на околната среда. Важна предпоставка за комплексно решаване на тези проблеми е преустановяване навлизането на токсични замърсители в тривиалните водопречиствателни технологии и/или тяхното регулирано и контролирано елиминиране в хода на тези технологии.

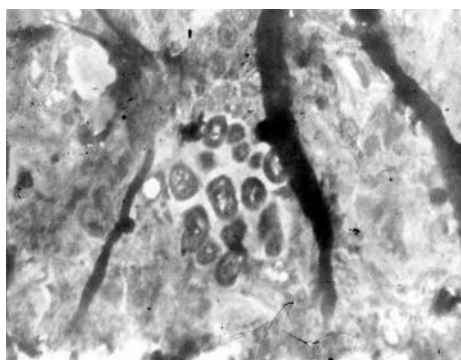
Обикновено пътищата за преодоляване на рисковото нарушаване на действието на тривиалните пречиствателни станции са два: 1/ при технологиите с ко-третиране (съвместно третиране) на битови и промишлени води се цели вграждане и управление на специализиран и контролиран детоксикационен процес в иначе конвенционалната технология; 2/ приложение на високо ефективни специализирани модули в пречиствателните съоръжения за експресно обезвреждане на рискови замърсители, инцидентно или нормално вливащи се в пречиствателните станции. Тези модули могат да са постоянно действащи или включващи се при необходимост. Обикновено се работи с високо специализирани биологични системи, създадени при специални алгоритми за адаптация към специфичен токсичен замърсител, или група замърсители. Функционирането на такива системи е подчинено на по-различни правила, а не на тези от рутинната пречиствателна практика. В условия на лабораторни и пилотни инсталации и мини пречиствателни съоръжения се създават специализирани алгоритми за детоксикация на рисковите замърсители в отпадъчните води. Тези алгоритми представляват важен интелектуален продукт, предшественици на технологии от най-висок ранг с най-висока пазарна цена и социална-екологична значимост. За тяхното създаване са необходими знания и умения в няколко интердисциплинарни области: теориите на пречистване на води, детоксикацията, създаване и вграждане на специализирани биологични системи, биотехнологични съоръжения и биореактори, специализиран биологичен контрол.

Пример за такава технология е хибридната технология за детоксикация на РСР, създадена съвместно от лабораторията по Биологично водопречистване на БФ, португалски и белгийски изследователи в рамките на Европейски проект Inco-Copernicus [26, 27, 28].

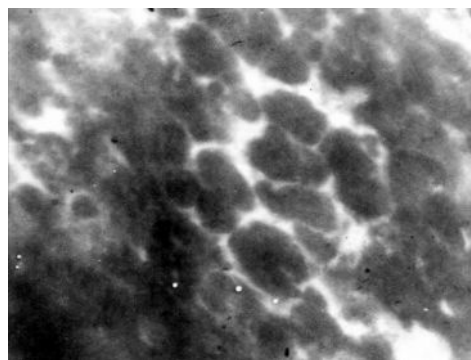


Фигура 4. Сравнение на четири технологии за елиминирание на РСР като токсичен замърсител по ефективността на РСР-биоразграждането.

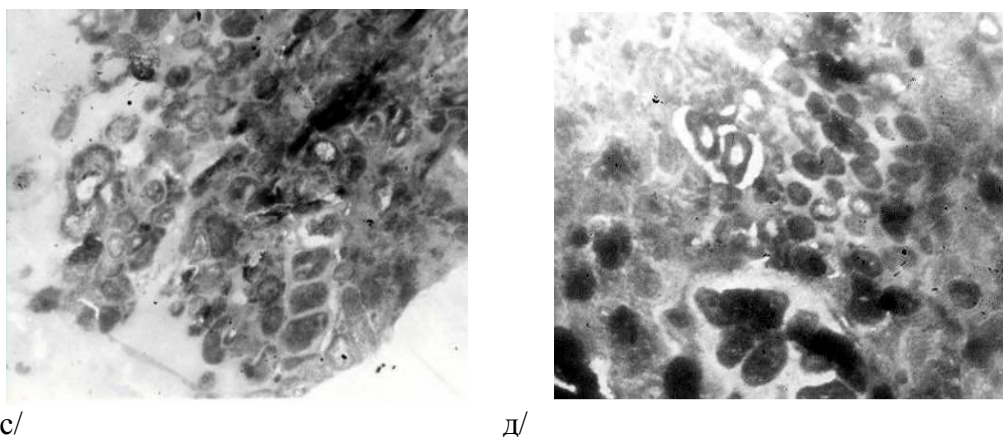
Предимствата на тази технология ясно се виждат при сравнение с три други технологии: 1) аеробно елиминирание на РСР, 2) анаеробно елиминирание, 3) двустепенно елиминирание – анаеробно/аеробно и 4) хибридна технология. От фигурата става ясно, че хибридната технология осигурява най-висока ефективност при входяща концентрация 25 мг/л РСР. Погледнат от позиция на биологичната система, адаптационният процес тази технология е шедьовър във функционално отношение. Не се създават отделни съоръжения за разделно и ефективно осъществяване на отделните ключови подпроцеси за елиминирането на РСР. Вследствие на целевия адаптационен алгоритъм в нормално прост по устройство биореактор се създават аеробни, анаеробни и анокси зони, в които преобладават едни или други процеси. Така в активната утайка се установяват уникални структури – депа за интензивна РСР-детоксикация. На фигура 5 са показани някои от структурните варианти на интензивно разграждащата РСР активна утайка в хибридната технология.



а/



б/



Фигура 5. Трансмисионно-електронна структура на различни компоненти на хибридна активна утайка: а/ филamenti с адсорбирани клетки от род *Pseudomonas* около тях; б/ и с/ - анаеробни участъци в активната утайка с ясно изразена синтрофия между отделните клетки; д/ аеробна структура в хибридна активна утайка.

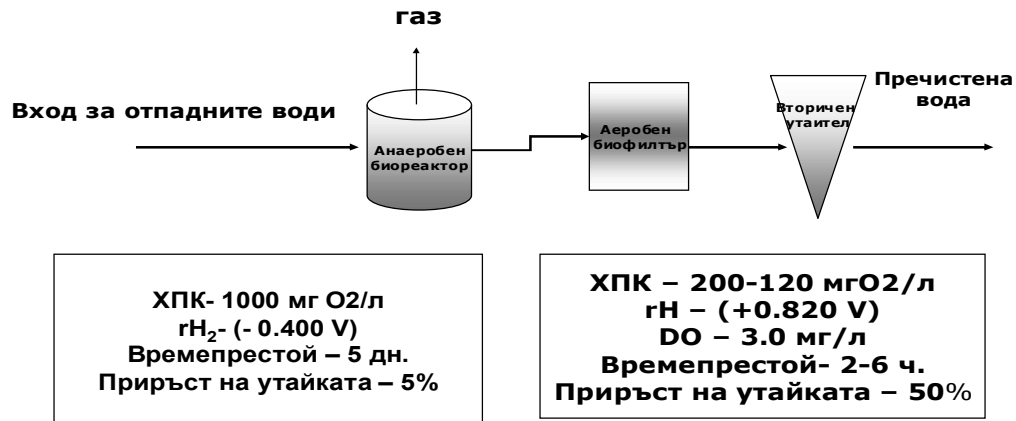
В така показаните на фигура 5 компоненти на активната утайка са локализирани и разпределени отделните етапи от биодеградацията на РСР. В клетките около филamente се извършва преди всичко аеробното и хидролитично дехалогениране и разцепването на бензолното ядро на ниско халогенираните и нехалогенирани ароматни производни. Същите процеси преобладават по скорост и в аеробните структури на хибридна активна утайка. В анаеробните структури се осъществява анаеробното дехалогениране с висока скорост с участието на високо активен синтрофен консорциум.

Веднага трябва да се отбележи, че осъществяването на такъв хибриден процес изисква тотален биологичен контрол по микробиологични, ензимологични параметри и контрол на микро- и макроструктурата на активната утайка [30, 31].

Предизвикателство 5

Заместване на аеробните модули с анаеробни

Важна тенденция при дизайна и създаването на нови пречиствателни съоръжения е заместването на аеробните модули с анаеробни и по-пълното използване на редокс-потенциала за съкращаване на разходите за аерация и пречистване на водите. Тук е мястото да посочим предимствата на анаеробните пречиствателни съоръжения в сравнение с аеробните. При тях не се изразходва енергия за аерация тъй като процесите се осъществяват при много нисък редокс-потенциал. В тази връзка биологичните обекти са принудени да разграждат огромно количество органична материя за да си набавят символично количество енергия под формата на АТФ. Приръстът на биомаса е силно снижен, до 5%, което елиминира въпроса за допълнителни технологии за обработка на активните утайки. При дълбоко анаеробните технологии се продуцира метан и биогаз, допълнителен енергетичен източник, който може да се използва. Обикновено анаеробните съоръжения се комбинират с малки аеробни модули (биофилтри) за допречистване на водите. Такива съоръжения са много подходящи за маслодобивна, месопреработвателна промишлености, пивопроизводство и оползотворяване на селскостопански отпадъци, както и отпадъци от ресторантьорския бизнес.

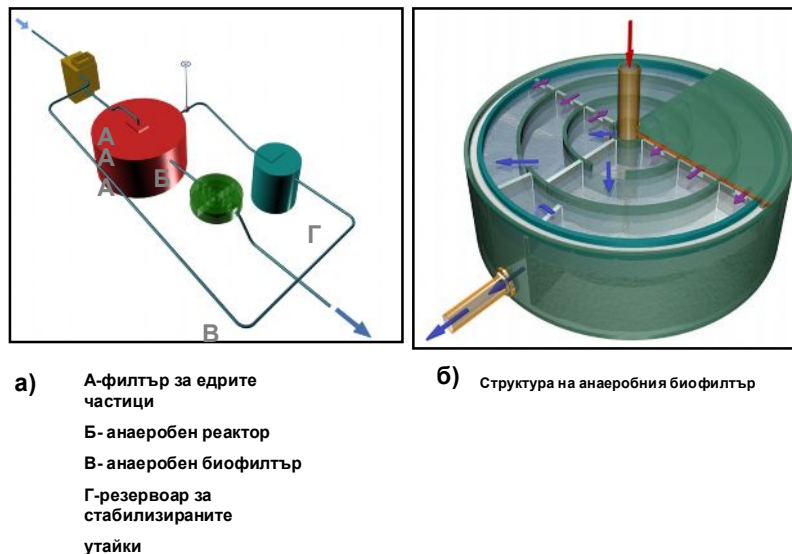


Фигура 6. Анаеробен биореактор / аеробен филтър – пример за двустепенно ефективно съоръжение

Предизвикателство 6

Преход от големи екстензивни към малки интензивни пречиствателни станции

Важна тенденция в новостроящите се съоръжения и в пречиствателния бизнес е миниатюризацията на съоръженията и тяхното локализиране на съответните места за събиране на отпадъчните води. Важни предимства на тези съоръжения са: високата ефективност, лесно се пускат и се спират. В тази връзка те са подходящи за приложение в туризма, селскостопанския и еко-туризма. При пусковия си период могат да се подпомагат от лиофилизирани, специализирани, биологични системи и микробиологични препарати [3, 6, 10, 12]. Друго важно предимство е, че цената на водата се плаща от този, който я замърсява. Те са подходящи за локални замърсители, невключващи се в централна канализация, а поради малките си размери имат облекчен контрол и управление. Като пример за такова съоръжение може да се даде пречиствателното съоръжение Joti. То е подходящо за отделни стопанства, хотели, научни лаборатории, малки населени места и др. Такова пречиствателно съоръжение ще бъде построено и ще функционира на научно-изследователската станция на СУ «Св. Климент Охридски» в Антарктика.



Фигура 7. Модулно пречиствателно съоръжение JOTI (а) и вътрешно устройство на анаеробния биофилтър (б)

Предизвикателство 7

Напълно завършени технологии – биоремедиация в адаптивни езера и изсушителни полета

Особено важно предизвикателство е довършването на технологиите за пречистване на водите. Това засяга най-вече адаптивните езера, изсушителните полета и депата за пясък с адсорбирани неразтворими и разтворени замърсители. В много случаи пречиствателните технологии остават незавършени и замърсителите се маскират в седиментите на адаптивните езера и водоприемниците или се акумулират и остават в активните утайки. Това налага стриктен контрол и комбиниране на водопречиствателните процеси в съоръженията с биоремедиационни технологии във водоприемници [4, 5].

Предизвикателство 8

Печалба на енергия и ниска цена на водата

Цената на водата, социалната и екологична значимост на водопречиствателните технологии са основните фактори за тяхното развитие и усъвършенстване. Обикновено по-ефективните технологии водят до снижение на разходите за пречистване на водите [24]. Вече се спряхме, макар и да не изчерпахме, основните ключови източници за това – преход към малки, модулни пречиствателни станции, използване на специализирани детоксикационни единици, вграждане и биологичен “ливъридж” на анаеробните модули, използване на високо специализирани биологични системи, разработване на банка от алгоритми, елиминиращи рисковите замърсители и процеси, построяване на пречиствателни станции за промишлено отпадъчни води и прехвърляне на цената за преработката на тези води от гражданите към промишлените предприятия, пречистване на водите контролирано от всички замърсители,

въглерод, азот, фосфор и токсиканти, довършване на технологиите, а не “размитане” на замърсяването към адаптивни езера, утайки, седименти, подпочвени води и т. н. И още и още... Тази тема може да бъде продължена толкова колкото новости в технологиите могат да бъдат създадени. И това са все нови предизвикателства пред технологиите и техните създатели с научен и приложен ранг.

Благодарности:

Авторът изказва благодарност на партньорите и сътрудниците си, работили съвместно по наши национални и международни проекти. Благодарност отправя към Фонд “Научни изследвания при МОНТ (*Биоремедиационни технологии за детоксикация на води и седименти, замърсени от багрилната промишленост*), Inco-Copernicus IC15-CT-98-0137, фирма Проте-БГ за оказваната финансовата подкрепа.

Литература:

1. Громов и др. (1989) *Екология бактерий*, Ленинград, Изд. Лен.Унив., 1989, с. 348.
2. Димков Р.(1994) *Физиология и биохимия на микроорганизмите*, 1994, София, с. 252.
3. Димков Р., Я. Топалова (2005) *Регулация на биодеградиционните процеси*, София, ISBN
4. Ляквичюс Э. (1986) *Элементы общей теории адаптации*, Вильнюс, Москва, 1986, с. 397.
5. Топалова Я., Р. Димков (2003) *Биодеградиация на ксенобиотици*, София, ISBN 954-8826-63-1
6. *Унифицированные методы исследования качества вод, часть IV*, 1985, Микробиологические методы, Москва, 1985, с. 345.
7. Цачев Цачо (2001) *Пречистване на битови отпадъчни води*, Издателство Техника. 2001 ISBN 954-03-0604-3, p.513
8. APHA (1989) *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, Washington DC, 1989, 1093 p.
9. Cloete T.E., N.Y.O. Muyima (1997) *Microbial Community Analysis: The Key to the Design of Biological wastewater Treatment Systems* (1997) ed. IAWQ, ISBN 1900222027, p.98
10. Douglas G. - *Monitoring and Verification of Bioremediation*, Hinchee et al. (eds.), 1995, p. 286.
11. Dukan D. Mark (2004) *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*) Ed. James and James. IWA Publishing, ISBN 1844070204, p. 256
12. Environmental Management Tools, in *Industry and Environment*, vol. 18, no. 2-3, 1995, p. 125.
13. Frank R. Spellman (2003) *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operation*. Ed. Lewis Publishers. ISBN 1566706270 p.661

14. Gee G. et. al. (1995) *In Situ Remediation Scientific Basis for Current and Future Technologies*, 1995, p. 300.
15. Grady Leslie C.P., Glen T. Daigger, Henzy C. Lim. (1998) *Biological Wastewater Treatment*. ISBN 0824789199, p. 1096
16. Gray N. (1990) *Activated Sludge, Theory and Practice*, Oxford Univ. Press, 1990, p. 272.
17. Hincbee R. et al. (1995) *Applied Biotechnology for Site Remediation*, Lewis Publishers, 1995, p. 481.
18. Jordening Hans-Joachim, Josef Winter (2005) *Environmental Biotechnology: Concepts and Applications*, Wiley-VCH. ISBN 3527305858, p. 488
19. Keer C. (1995) *Courses of Lectures on TQM, Waste Emission Prevention, Risk Management, Quality Management in Environmental Care*, JEP - TEMPUS, 1995/1996, p. 1089.
20. Kluge et al. (1995) *Environmental Management*, Inst. For Science Co-operation, Tubingen, vol. 3, 1995, p. 196.
21. McKinney Ross (2004) *Environmental Pollution Control Microbiology*, ed. McKinney Ross. ISBN 082475493X, p. 477
22. Michael W., Earnett, Michael K., Stenstrom, John F., (1998) *Dynamic and Control of wastewater Systems*, ed. Andrews Technology. ISBN 156676729, p. 352
23. Mogens Hense, Poul Harremoes, Jes La Cour Jansen, Erik Arvin (2001) *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*. Ed. Springer Berlin Heidelberg, New York, p.420
24. Nemerow Nelson L., Franklin J. Agardy (1998) *Strategies of Industrial and Hazardous Waste Management*, ed. Wiley. ISBN 0471292168, p. 748
25. Parsons S. (2004) *Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment* . IWA Publishing. ISBN 1843390175, p. 356
26. Ribarova I., J. Topalova, I. Ivanov, D. Kozuharov, K. Kukurin, and R. Dimkov, (2001) *Pentachlorophenol Biodegradation in Anaerobic Continuous Flow Processes*. Biotech. & Biotech. Eq. 15 (1), 86 – 89.
27. Ribarova, I., J. Topalova, I. Ivanov, D. Kozuharov, R. Dimkov, and C. Cheng, (2002) *Anaerobic Sequencing Batch Reactor as an Initiating Stage in Complete PCP Biodegradation*. Water Sci. Technol. 46 (1, 2), 565 – 569.
28. Ribarova I., Y. Topalova, R. Dimkov, I. Ivanov, D. Kozuharov, M. Nunes, and C. Cheng, (2003) *Four Activated Sludge Technologies for Pentachlorophenol Removal*. Biotech.&Biotech.Eq. 17 (1), 96 – 104.
29. Strom P.F. (2004) *Characterizing Mechanisms of Simultaneous Biological Nutrient Removal during Wastewater Treatment*. Ed. IWA, ISBN 1843397056, p. 104

30. Topalova Y., I. Ribarova, R. Dimkov, D. Kozuharov, and I. Ivanov, (2003) *Sustainability of Municipal WWTPs towards Industrial Discharges. A Possible Rehabilitation Technology*. Biotech.&Biotech.Eq. 17 (1), 87 – 96.
31. Topalova Y., R. Dimkov, D. Kozuharov, I. Ribarova, I. Ivanov, M. Nunes, and C. Cheng, (2003) *Design for an Effective Control of the PCP-Detoxication in HBR*. Biotech.&Biotech.Eq. 17 (1), 42 – 52.
32. *Water Management* (1994) vol. 1, in Section Environmental Management in Developing Countries, Technische Univ. Dresden, UNEP/UNESCO/BMU, 1994, Printed by Georg Hauser, p. 276.

Доц.д-р Яна Топалова

Assoc. Prof. Dr. Yana Topalova

СУ “Св.Климент Охридски”
Биологически факултет
Катедра “Обща и приложна хидробиология”
1164 София, бул.”Драган Цанков” 8
Тел: +359 2 8668 718
Факс: +359 2 65 66 41
E-mail: topalova@biofac.uni-sofia.bg

Sofia University, Faculty of Biology
Department of General and Applied
Hydrobiology
8 Dragan Tzankov blvd., 1164 Sofia
Tel : +359 2 8668 718
Fax: +359 2 65 66 41
E-mail: topalova@biofac.uni-sofia.bg