

ВЕРМИТЕХНОЛОГИЯ – ЕДИН СЪВРЕМЕНЕН ПОДХОД ЗА ОТСТРАНЯВАНЕ И ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА УТАЙКИ ОТ ОТПАДЪЧНИ ВОДИ НА НАСЕЛЕНИ МЕСТА

проф. д.т.н. инж. Румен Арсов
Университет по архитектура, строителство и геодезия

VERMITECHNOLOGY – A CONTEMPORARY APPROACH FOR REMOVAL AND UTILIZATION OF SLUDGE FROM MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS

Prof. Dr. Sc. R. Arsov, Eng.
University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy

Summary

One of the greatest pollution issues facing the world is that of biosolids and sludge management. The numerous public health, pollution and odour issues surrounding its management have made it one of the most difficult wastes to handle. A new technology has been developed and applied last decade, named vermitechology, for processing large volumes of biosolids and other organic wastes. The systems, utilising vermitechology, convert the organic material into a high value organic fertiliser end product. The end product has proven to have significant biological properties. The main features and the relevant equipment of the vermitechology implementation at the wastewater treatment plants for the sludge processing and disposal are discussed in this paper, along with the agricultural, nutritional and ecological benefits of this technology. The first preliminary results of a pilot plant installed at the Sofia WWTP for the sludge processing through vermitechology is presented as well.

Въведение

За радикално решение на проблема с натрупването на утайките, в Съединените щати, страните от Европейския съюз и у нас в последните години бяха предприети законодателни мерки за стимулиране на тяхното използване като тор в селското и горското стопанство, както и за рекултивирание на земи, за сметка на депонирането им на градските сметища [11]. Този подход поставя повишени изисквания по отношение на качествата на използваните утайки (наричани в този случай biosolids или “биотор”), което от своя страна води до повишени изисквания относно технологиите за тяхното третиране. Тази ситуация стимулира развитието на нови технологии за третиране на утайките, съответстващи на повишените изисквания към техните качества, в съчетание с намаляване на технологичните разходи.

През 2003 г. Народното Събрание на Р. България прие Закон за управление на отпадъците [3], който регламентира общите изисквания за опазване на човешкото здраве и околната среда във връзка с образуването, съхраняването, събирането, транспортирането, оползотворяването и обезвреждането на отпадъци, в които се включват и утайките от пречиствателните станции.

По отношение на утайките от пречиствателните станции за отпадъчни води (ПСОВ) на населени места, оползотворяването им като тор в селското стопанство се очертава като главна перспектива при тяхното устойчиво управление в САЩ и страните от ЕС.

Във връзка с това, специално внимание заслужава бурно развиващата се напоследък в САЩ и други страни биотехнология, наречена “вермитехнология” за трансформиране на органични растителни и животински отпадъци и на утайки от пречистване на отпадъчни води от населени места в т.н. “биохумус”, “копролит” или “вермикомпост” чрез третирането им със специално селектирани дъждовни червеи в подходящи биореактори с разнообразни конструкции. Това става възможно благодарение на селектирането на високо продуктивния т.н. “червен калифорнийски червей” (ЧКЧ), както и поради непрекъснато повишаващите се законови и нормативни изисквания относно екологосъобразното

третиране и отстраняване/оползотворяване на растителните и животински органични отпадъци и утайките от ПСОВ в тези страни.

Чрез жизнената дейност на ЧКЧ в съответните биореактори за сравнително кратко време при интензивни условия (подобно на философията, реализирана при биобасейните и биофилтрите) от утайките се произвежда висококачествен хумус, обогатен с азот-трансформиращи бактерии, който е високо оценяван търговски продукт, незаменим при растениевъдството, горското стопанство и рекултивацията на терени. Успоредно с това се произвежда и биомаса с високо протеиново съдържание (т.н. **“вермикултура”** или **“лумбрикултура”**), която също е ценен търговски продукт, използван в животновъдството като добавка в храната на домашните птици, свине, едър рогат добитък и в рибовъдството. За разлика от утайките, използвани като биотор (biosolids) в селското стопанство по съвременните технологии, които върху селскостопанските площи претърпяват бавна и продължителна трансформация преди да се усвоят от растенията, биоумусът произведен по новата технология се усвоява незабавно и напълно от растителните култури, повишавайки рязко тяхната продуктивност без акумулирането на нитрати.

Тази технология е екологосъобразна и с ниски капиталови и експлоатационни разходи, които се откупват в много кратки срокове. **Тя е липсващото досега звено във веригата на трансформация на органичните отпадъци и утайките при тяхното третиране в ПСОВ и включването им в естествения кръговрат на веществата в природата “по един икономичен и екологично приемлив начин” [12], подобно на включването на третираните в ПСОВ отпадъчни води в естествения (природния) хидроложки цикъл.**

Биоумусът е одобрен като търговски продукт от Министерството на здравеопазването на Р. България чрез Наредба № 01156-2000. Той е включен като органичен тор и в Наредба № 22/4.07.2001 г. на Министерството на земеделието и горите на Р. България, в която се препоръчва като лицензиран агрономичен продукт под името "Lumbricompost – екскременти на червения калифорнийски червей".

Поради изключителните перспективи при използването на тази технология (наречена **“верми-технология”** заради латинското название на дъждовния червей – *vermis*, или на английски - *worm*) при третиране и отстраняване/оползотворяване на утайки от ПСОВ, считаме за полезно и целесъобразно да представим тук някои основни сведения за нейните принципи, технологични особености и параметри, както и първите резултати от експерименталното ѝ приложение в Софийската пречиствателна станция за отпадъчни води.

Основни сведения за същността и приложението на вермитехнологията

Култивираните червеи се отнасят към рода *Lumbricus* (*Il Lumbriko* – дъждовен червей на латински език), поради което те се наричат и **“лумбрикултура”**. По мнението на някои специалисти, червеният калифорнийски червей, предлаган като търговски продукт на европейския пазар, е подвид на торовия червей *Eisenia Foetida Andrei*. В последно време в стопанствата, прилагащи вермитехнологията се използва главно ЧКЧ, което е търговското название на този вид лумбрикултура.

Първите стопанства за култивиране на дъждовни червеи, компостиращи органични отпадъци са били създадени през 40-те години в САЩ. В Европа култивирането на дъждовни червеи върху органични отпадъци е най-развито в Италия и Русия. Тази технология се практикува и в редица други европейски страни като Испания, Унгария, Полша, Великобритания и др.

Жизнена среда и дейност на червеите в производствени условия

Червеният калифорнийски червей е доста голям – дълъг е 6 – 8 *cm*, с тъмночервен цвят и маса около 1 *g* (фиг.1). Той се развива бързо, достигайки полова зрелост за 3 месеца и е доста плодовит – ежегодно възпроизвежда около 1 500 бр. потомство. Възрастният червей поема за едно денонощие храна в количество, равно на неговото тегло. Около 60 % от поетата храна се отделя като екскремент (наричан още **“капролит”** или **“биоумус”**) [9,13].



Фигура 1. Общ вид на червен калифорнийски червей (в ляво) и на биохумус (в дясно)

Основните предимства на култивираните червени калифорнийски червеи по отношение на останалите дъждовни червеи са следните:

- 3,5 – 4 пъти по-голяма плодовитост, определяща бързото им размножаване – популацията се удвоява на всеки 3 месеца;
- Култивираните червеи не напускат ограниченото пространство (почвата или изкуственото легло на дълбочина до 25 cm), което обитават през целия си живот, докато обикновеният дъждовен червей може да достигне дълбочина до 6 m. Дори пренаселеността на пространството не е в състояние да го накарат да избяга ако там има достатъчно храна и оптимална влага – около 82 %.
- Голяма гъстота на населяване на пространството (леглото) – до 40 000 бр/м² при 50 бр/м² за обикновените дъждовни червеи.

Най-забележителната особеност на червените калифорнийски червеи е тяхната способност за бързо размножаване. Докато обикновеният дъждовен червей в своето яйце има само едно червейче, в яйцето на червения калифорнийски червей (наречено “**кокон**”) има до 20 червейчета. Освен това ЧКЧ отделят яйца (кокони) всяка седмица, докато обикновените дъждовни червеи правят това веднаж на 6 седмици.

Червеите дишат през цялата си кожа. При липса на разтворен кислород или на въздух те умират. Силно токсични за червеите са и някои газове - метан, амоняк, въглероден двуокис и др., отделящи се при процесите на гниене на въглерод-съдържащи органични вещества. Последните са отлична храна за червеите само когато са вече ферментирали и не отделят споменатите токсични газове.

Утайките от отпадъчните води са подходящ субстрат за вермикултурата. Образуваният копролит (биохумус) обаче има еднородна микрозърнеста структура, чието трансформиране в по-едри гранули обикновено изисква добавянето на целулозен субстрат.

Полезни продукти от жизнената дейност на ЧКЧ

Биохумус. Червеите се хранят с животински, растителни, производствени и други органични отпадъци. Екскрементите от тяхната жизнена дейност (наречени биохумус, вермикомпост или копролит) са изключително богати на хумус, който е най-добрият подобрител на почви, съдържащ всички необходими за растенията вещества. Биохумусът е финогранулирана, насипна органична маса с тъмнокафяв цвят, съдържаща макроелементи, микроелементи и почвообразуващи микроорганизми. Активната му реакция рН е в диапазона 6,5 – 7,5.

Биохумусът е не само органичен тор, но също така и подобрител на свойствата на обработваемите почви, носител на биоактивни вещества и богат източник на хумус. Той съдържа всичко от което се нуждаят растенията – хранителни вещества, хормони, полезни микроорганизми.

Биомаса. При преработката на 1 тон субстрат наред с копролита (биохумуса) се продуцира и около 0,1 тон жива биомаса. По данни на някои автори [2], тази биомаса съдържа 60 – 80 % протеини, около 9 % липиди и 7 – 16 % екстрахируеми азотисти соли. В тялото на червея се съдържат почти всички аминокиселини, включително лизин и метионин, които са изключително ценни, както и ензими, витамини и полезни микроелементи особено ценни като добавки в храната на риби, птици и животни.

Приложение на продуктите от жизнената дейност на ЧКЧ в земеделието

Приложение на биохумуса в растниевъдството. Полезният за растенията ефект от биохумуса има следните три аспекта:

- Хранителен аспект от внасянето в почвата на основните биогенни елементи азот, фосфор и калий, както и на много микроелементи;
- Мелиоративен аспект, реализиран при внасянето на полезни за почвената система микроорганизми в огромни количества;
- Биорегулаторен аспект, реализиран чрез внасяните в почвата хумусни вещества.

Биохумусът притежава в оптимални пропорции всичките 16 елемента от които се нуждаят растенията. Концентрацията в него на азот, фосфор, калий, калций, магнезий и всички останали биогенни елементи са многократно по-високи отколкото съответните им концентрации в най-плодородните почви.

Биохумусът е най-добрият подобрител на почвите, защото е богат на полезна микрофлора, множество биостимулатори, витамини, аминокиселини и антибиотици. Концентрацията на тези съставки в биохумуса надхвърля стократно тази в оборския тор, а в синтетичните торове повечето от тях въобще липсват. Биохумусът не съдържа тежки метали и опасни микроорганизми над допустимите концентрации. За разлика от химичните торове и оборския тор, биохумусът не “изгаря” даже най-деликатните в това отношение растения, независимо от неговата концентрация.

Използването на биохумус във всяко отношение е по-изгодно от използването на оборски тор. Известно е, че внасянето на оборски тор върху селскостопански площи изисква големи материални разходи, зависи от сезона и времето, увеличава замърсяването с прахови частици, дава значителни загуби на азот и други хранителни субстанции при несвоевременното му заораване в почвата. От друга страна, подобните загуби при внасянето на биохумус са 3 – 4 пъти по-малки, за сметка на по-ниските необходими наторителни норми и по-големите възможности за оптимизиране на съответните оперативни действия. Разходите за производството на биохумус се покриват от редуцирането на загубите при внасянето му като тор върху селскостопанските площи вместо оборски тор, както и от повишените добиви от растителните култури.

В резултат на съвместното действие на червеите и асоциираните в тях бактерии и ензими, произвежданият от тях биохумус има следните качествени показатели в сравнение с изходната почва: 7 пъти повече наличен фосфор; 6 пъти повече наличен азот; 3 пъти повече наличен магнезий; 2 пъти повече наличен въглерод; 1,5 пъти повече наличен калций.

Приложение на вермикултурата в животновъдството, птицевъдството и рибовъдството.

Червеите са подходяща храна за животни, птици и риби както в суров вид, така и варени. Изследванията [7] показват, че най-добре е биомасата да се използва в суров вид (жива) за храна на птици и риби, във вид на пулп (паста) при храна за свине и във вид на протеиново брашно в храната на крави. Количеството биомаса, добавяно в храната на животните, птиците и рибите зависи от конкретната им потребност от белтъчини. Произведеното чрез тези добавки месо има високи потребителски качества [1].

Повхан и др. [6] отбелязват, че от биомасата на червеите може да се отделят такива водоразтворими витамини, като пантотеинова киселина – 18,5 mg/kg, никотин – 137 mg/kg, никотинова киселина – 156 mg/kg, рибофлавин – 157 mg/kg, пиридоксин – 6,9 mg/kg, биотин – 1,1 mg/kg, фолиева киселина – 1,6 mg/kg, витамин В₁₂ – 3,7 mg/kg и др. Следователно, биомасата на червеите (вермикултурата) е не само важна протеинова добавка към животинската храна, но и субстрат, съдържащ крайно необходимите за растежа витамини.

Екологичен ефект от прилагането на вермитехнологията

Към агроecosистемите също се предявява универсалното изискване за устойчиво развитие. Това, наред с другото, означава поддържане на екологичното равновесие чрез обезпечаване в максимална степен на затварянето на естествения цикъл на трансформация

на веществата, минимизиране на вложената антропогенна енергия и повишаване на биоразнообразието чрез формиране на полезни симбиотични връзки.

Присъствието на червеите в почвения слой и в субстрата за вермикултурата създават благоприятни условия за жизнената дейност на микроорганизми, потискащи развитието на патогенни бактерии. По данни от изследвания, проведени в Стокхолмския аграрен университет, един месец след заселването на утайки от отпадъчни води с червен калифорнийски червей, броят на бактериите *Salmonella* бил снижен с 99 % [10]. Мёрзлая и др. [4] отбелязват, че при вермикомпостирането на утайки от отпадъчни води, броят на хелминтите (глистите), бактериите на тифа, дезинтерията, салмонелата и стафилококите се снижават значително.

R. Hartenstein установява [8], че присъствието на тежки метали в утайките не се отразява неблагоприятно върху развитието на ЧКЧ. Тежките метали обаче се натрупват в телата на червеите, което ги прави неподходящи за оползотворяване като протеинова добавка в храната на риби, птици и животни.

Прилагането на биохумус за мелиориране на почвите не крие никаква опасност от отмиване на съдържащите се в него биогенни вещества. Замяната на обилното наторяване с химични торове с внасяне на биохумус ще спомогне за редуцирането на биогенните елементи, попадащи в откритите водни течения и басейни при отмиването им от селскостопанските площи. С това се решава и важния и трудно управляем проблем известен като “**неточково**” или “**дифузионно замърсяване**” на естествените водни течения и басейни, предизвикващо тяхната **еутрофикация**.

Конструктивни и експлоатационни аспекти на вермитехнологията

За успешното третиране и оползотворяване на утайките от градските пречиствателни станции за отпадъчни води чрез прилагане на вермитехнология, се предявяват специфични изисквания, позволяващи едновременното решаване на следните задачи:

- Получаване на биомаса с високо протеиново съдържание в промишлени количества на основата на прираста на ЧКЧ;
- Получаването на вермикултура, адаптирана към дадения субстрат и възпроизвеждаща се с достатъчно висока скорост;
- Извличане на тежки метали чрез акумулирането им в червеите;
- Поддържане на максимална (оптимална) гъстота на червеите в леглата чрез своевременното им разделяне (удвояване);
- Складиране, сортиране, обработване и оползотворяване на биомасата на червеите (вермикултурата или лумбрикултурата) и на биохумуса.

Конструктивните и експлоатационните особености на едно модерно промишлено предприятие, прилагащо вермитехнология е целесъобразно да бъдат разгледани тук на примера на една от най-успешните фирми на международния пазар в това отношение - австралийската фирма Vermitech Pty Ltd.

Патентованата система на фирма Vermitech Pty Ltd - “Vermitech System” е проточна, реализирана в специално конструиран реактор-легло, включващ следните елементи:

- Тяло на открит реактор-легло с височина 0,25 – 0,45 *m* и дължина до 40 *m*, в който се поместени червеите с тяхната жизнена среда. Реакторът-легло има две основни зони с почти еднаква височина – горна (съдържаща субстрата и основната маса червеи) и долна (съдържаща произведения биохумус)
- Съоръжения за размесване, подаване и равномерно разпределяне на хранителната субстанция върху повърхността на открития реактор-легло (фиг. 2)
- Устройства за отделяне на вермикомпоста (биохумуса) от долния слой на реактора-легло и отстраняването му с транспортна лента;
- Съоръжения за изсушаване и пресяване на вермикомпоста (биохумуса);
- Система от уреди, апарати и методики за проверка и контрол на качеството на вермикомпоста (биохумуса).

а)

б)



Фигура 2. Общ вид на устройства за полагане на субстрата (утайката) върху реактора-легло
 а) – при повдигнат реактор-легло в закрито помещение;
 б) – при повдигнат реактор-легло на открито

а)

б)



Фигура 3. Общ вид на повдигнати над пода реактори-легла

а) В закрито помещение

б) На открито (под лека покривна конструкция)

Системата Vermitech се основава на сух процес с относително влажна зона, обхващаща само най-горния слой от около 0,1 m. Останалата част от леглото е сравнително суха и е отделена от прилежащия терен с водоплътно асфалтово или бетоново покритие. Реакторите-легла могат да бъдат разположени в закрити помещения (фиг. 3а), които осигуряват високи добиви на биохумус и лумбрикултура през зимата. Най-често това не е необходимо и реакторите-легла се разполагат на открито, без това да влияе съществено върху технологичните параметри. Леглата, разположени на открито са защитени от дъждовните води чрез леко двускатово покритие, поддържано от лека стоманена конструкция (фиг. 3б).

Системата Vermitech е уникално съчетание на модерния инженеринг, науката и практиката на съвременното управление с естествените (природните) процеси, при което е налице високоефективно и гъвкаво решение. Това е и причина за признаването на тази система от ООН като една “екологично надеждна технология”.

Общи сведения за експерименталното приложение на вермитехнологията в ПСОВ - София

През лятото на 2005 г. работна група към “БАПТЕП” (в това число и екип на „БГ Еко Проджект оод – <http://bgesorproject.eu>) изгради лабораторна инсталация на територията на Софийската пречиствателна станция за отпадъчни води за експериментално третиране на утайките чрез прилагане на вермитехнология. Бяха изградени 8 биореактори-легла с класическа наземна конструкция и обща площ 40 m² (фиг. 4).

а)



б)



Фигура 4. Общ вид на леглата и на утайката с ЧКЧ на пилотната инсталация на Софийската ПСОВ за експериментално приложение на вермитехнологията при третиране на утайките

- а) Общ вид на леглата преди полагането на утайките и биомасата
- б) Общ вид на утайката с червени калифорнийски червеи в нея

Експерименталните биореактори-легла, всяко с площ 5 m^2 , бяха захранвани с утайки и оборски тор в различно съотношение, както следва:

- Легло № 1 – с 20% оборски тор и 80% изгнили утайки;
- Легла № 2 и № 3 – с 50% оборски тор и 50% изгнили утайки;
- Легла № 4 и № 5 – със 100% изгнили утайки;
- Легла № 6 и № 7 – със 100% неизгнили (пресни) утайки;
- Легло № 8 – със 100% компост от оборска (конска) тор.

Първоначално в биореакторите-легла бе положена жива биомаса от червен калифорнийски червей с гъстота на популацията от възрастни индивиди около $18\ 000\ \text{бр./m}^2$. През първите три месеца от експеримента захранването на леглата бе извършвано два пъти месечно с относително количество (норма) на утайките $50\ \text{kg/m}^2$.

За 45 дни след началото на експеримента бе получен следният прираст на живата биомаса:

- Легло № 1 – 20 800 възрастни единици и около трикратно повече малки единици в $1\ \text{m}^2$;
- Легла № 2 и № 3 – 23 200 възрастни единици и около двукратно повече малки, както и наличие на кокони (яйца на червения калифорнийски червей) в $1\ \text{m}^2$;
- Легла № 4 и № 5 – 19 000 възрастни единици и около петкратно повече малки единици в $1\ \text{m}^2$;
- Легла № 6 и № 7 – 22 300 възрастни единици и около петкратно повече малки единици в $1\ \text{m}^2$;
- Легло № 8 – 18 800 възрастни единици и наличие на кокони в $1\ \text{m}^2$.

От горните резултати, получени за краткия период на експеримента, към настоящия момент може да се направи заключение, че липсата на кокони в леглата с утайки доказва излюпването и нормалния живот на малките червеи. Това е значим факт, който доказва тяхната адаптация от една среда на живот към друга. Новата хранителна и жизнена среда се отразява благоприятно върху тяхната популация. От получените резултати се вижда, че най-голяма популация на вермикултурата се реализира при вариантите със 100% утайки (изгнили и неизгнили), както и при процентно съотношение на оборска тор и утайки равно на 50 : 50. Важно е да се отбележи, че популацията на вермикултурата е по-голяма в леглата със 100% утайки в сравнение с тази в леглата с преобладаваща оборска тор.

Данните за обработените до момента утайки дават представа за това, че при настоящата концентрация на биомасата (вермикултурата), последната може да усвои около $600\text{-}800\ \text{kg/m}^2$ утайки годишно. При ежедневно количество на утайките, отделяни в Софийската ПСОВ - 40 тона или около 14 000 тона годишно, за тяхната обработка ще бъдат необходими биореактори-легла с обща площ около $24\ 000\ \text{m}^2$, при концентрация на биомасата като тази, заложена при експеримента.

Заклучение

Във връзка с повишените изисквания относно качеството на утайките при тяхното отстраняване от пречиствателните станции и оползотворяването им в селското и горското стопанства, в последните години привлича вниманието на специалистите бурно развиващата се биотехнология, наречена **“вермитехнология”**. Тя се състои в трансформиране на органични растителни и животински отпадъци и на утайки от пречистване на отпадъчни води от населени места в т.н. “биохумус”, “копролит” или “вермикомпост” чрез третирането им със специално селектирани дъждовни червеи с търговското название “червен калифорнийски черверей” (ЧКЧ) в подходящи биореактори с разнообразни конструкции.

Чрез жизнената дейност на ЧКЧ в съответните биореактори за сравнително кратко време при интензивни условия от утайките се произвежда висококачествен хумус, обогатен с азот-трансформиращи бактерии, който е високо оценяван търговски продукт, незаменим при

растениевъдството, горското стопанство и рекултивацията на терени. Успоредно с това се произвежда и биомаса с високо протеиново съдържание (т.н. "вермикултура" или "лумбрикултура"), която също е ценен търговски продукт, използван в животновъдството. Крайният продукт на жизнената дейност на дъждовните червеи – биохумуса е неотделима брънка от естествения кръговрат на веществата.

Вермитехнологията е директен аналог на технологиите за биологично пречистване на отпадъчни води, но вместо със специално култивирани бактерии, работи със специално култивирани червеи и асоциираните в телата им бактерии. При това става възможно заличаването на съществуващия разрыв между антропогенните технологии и функционирането на естествените екосистеми. Затова крайният продукт на жизнената дейност на дъждовните червеи – биохумуса е неотделима брънка от естествения кръговрат на веществата.

Първите резултати от експериментите, заложи в Софийската ПСОВ показват високата адаптивност и продуктивност на червения калифорнийски червей, захранван с утайки от станцията, както и реалната възможност за приложение на вермитехнологията за решаване на неотложните проблеми, свързани с отстраняването и оползотворяването на утайките от пречиствателните станции за отпадъчни води от населени места у нас.

Биохумусът е одобрен като търговски продукт от Министерството на здравеопазването на Р. България чрез Наредба № 01156-2000. Той е включен като органичен тор и в Наредба № 22/4.07.2001 г. на Министерството на земеделието и горите на Р. България, в която се препоръчва като лицензиран агрономичен продукт под името "Lumbricompost – екскременти на червения калифорнийски червей".

Литература

1. Атлавините О.П., 1990, Влияние дождевых червей на агроценозы, Вильнюс – Мокслас
2. Городний Н.М., Тивончук С.А., Бэрри Э.С., Быкин А.В., 1996, Биоконверсия в управлении агроэкосистемами, УкрИНТЕИ, Киев
3. Закон за управление на отпадъците, 2003, МОСВ, ДВ бр. 86/30.09.2003, София
4. Мёрзлая Г.Е., Степанов А., Дмитриева В., 1996, Приготовление компостов и вермикомпостов из осадков сточных вод, Тезисы докладов IV международного конгресса по биоконверсии органических отходов, Ивано-Франковск, 1996.
5. Морозова Р.В. и др., 1999, Использование вермикультуры для получения кормовых, ветеринарных и медицинских препаратов, Тезисы докладов V международного конгресса по биоконверсии органических отходов и производству удобрений, Ивано-Франковск
6. Повхан М.Ф., Мельник И.А., Андриенко В.А. и др., 1994, Вермикультура: производство и использование, УкрИНТЭИ, Киев
7. Рыженко Н.Р., 1999, Использование продуктов вермипроизводства в животноводстве, Тезисы докладов V международного конгресса по биоконверсии органических отходов и производству удобрений, Ивано-Франковск
8. Hartenstein R. Earthworm biotechnology and global biogeochemistry, *Advances in Ecological Research*, 1980
9. Lofs - Holmin A., 1986, Processing of municipal sludges through earthworms, *Swedish Journal of Agricultural Research*, vol.6, №2, p.67-71
10. Lofs - Holmin A. Vermiculture, 1985, Uppsala, p. 25
11. Lue-Hing, C. D., R. Zenz, R. Kuchenrither, P. Tata, J. Malina and B. Sawyer – eds., 1998, Municipal Sewage Sludge Management, Water Quality Management Library v.4, Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster PA, USA.
12. Lue-Hing C., P. Matthews, J. Namer, Nagaharu Okuno and L. Spinosa, 1996, Sludge Management in Highly Urbanised Areas, In: A Global Atlas of Wastewater Sludge and Biosolids Use and Disposal, Scientific and Technical Report No. 4, IAWQ, London, pp. 7 – 12.
13. Reinecke A.J., Kriel J.R., 1981, Influences of temperature on the reproduction of the earthworm *Eisenia foetida* (Oligochaeta), *South African Jour. Zool*, vol. 16, № 2