

**БОТЪО ЗАХАРИНОВ, МИГЛЕНА ПЕЙЧИНОВА**  
*Нов български университет, София*

**Екологична преценка на съвременни технологии.  
Преработка на биоразградими отпадъци**

***Ecological Assessment of Modern Technologies.  
Processing of Biodegradable Waste***

***B. Zaharinov, M. Peichinova***  
*New Bulgarian University, Sofia, Bulgaria*

**Abstract**

In the countries of the EU and the U.S., the biological output of agricultural production increases by 20 percent annually.

Biological production is obtained by using organic fertilizers or products deriving from organic waste after their composting or anaerobic fermentation for biogas production and / or soil improver by means of oxalor technology.

In OXALOR technology, the organic substrate undergoes physical and chemical transformation with the formation of a stable humified end product. This product is valuable for the agriculture as it is an organic soil improver and resource for improvement of the soil structure.

OXALOR technology has significant ecological and agroecological advantages over other technologies analyzed. A significant advantage that makes the technology unique is the short time required for treatment of the waste, the exothermicity of the process during which the pathogenic microorganisms are destroyed and the preservation of 98-100% of the organic matter of the raw material that creates a depot of biogenic chemical elements in the product obtained through OXALOR technology.

**Key words:** OXALOR technology, organic production, domestic waste, composting, anaerobic fermentation, organic manure, soil, soil improvers, biogenic chemical elements

Биологичното производство се получава при използването на органични торове или продукти, получени от органични битови отпадъци след тяхното компостиране или анаеробна ферментация за производство на биогаз и/или почвен подобрител по технология OXALOR.

При технология OXALOR органичният субстрат претърпява физично и химично превръщане с образуването на стабилен хумифициран краен продукт. Този продукт е ценен за селското стопанство като органичен почвен подобрител и средство за подобряване структурата на почвата.

Технологията OXALOR е със значителни екологични и агроекологични предимства в сравнение с останалите анализирани технологии. Съществено предимство, което прави технологията уникална, е краткият срок за обработка на отпадъците, екзотермичността на процеса, при което се унищожават болестотворните микроорганизми и запазването на 98-100% от органиката на суровината, която създава депо от биогенни химични елементи в продукта, получени по технология OXALOR.

Съгласно препоръката на Световната банка, следва реструктуриране на селскостопанското производство в България. От заетите сега в селското стопанство 17% от работоспособното население, които произвеждат конвенционална продукция, следва да останат максимум 5%, а останалите да бъдат насочени към производство на биологична продукция. В страните от ЕС и в САЩ биологичното производство на селскостопанска продукция се увеличава с 20% годишно. Твърди се, че в Китай има 4000-годишен опит в биологичното производство на селскостопанска продукция.

Биологичното производство в селското стопанство е регламентирано в две Наредби на МЗГ, които до голяма степен са повторение на съответни директиви на ЕС: Наредба № 22/2001, допълнена през 2006 г. за биологично производство на растения, растителни продукти и храни от растителен произход и негово означаване върху тях и, Наредба № 35/2001, също допълнена през 2006 г. за биологично производство в животновъдството.

Наредба № 35 изисква при производството на биологична продукция от животновъдството да се използват фуражи, добити по изискванията на Наредба № 22, поради което тя се явява основна за селскостопанското производство.

Категорично изискване при производството на биологична продукция е да не се използват минерални торове, а подобрители на почвата, посочени в Приложение № 1. Под № 5 в това приложение се посочва възможността за използване на компостираните или ферментирани битови отпадъци. Уточнява се, че това е продукт, получен от битови отпадъци след тяхното компостиране или анаеробна ферментация за производство на биогаз. Изисква се производството им в затворена и контролирана система за отпадъци при максимално съдържание на токсични елементи (в mg/kg сухо вещество): кадмий - 0,7; мед - 70; никел - 25; олово - 45; цинк - 200; живак - 0,4; хром (тотално) - 70; шествалентен хром - 0.

### **Компостиране на биоразградими отпадъци от растителен и животински произход**

#### **Същност на процеса компостиране.**

Компостирането е екзотермичен процес, при

който органичните субстрати се подлагат на аеробно разграждане от смесена микробна популация в условия на оптимална влажност, като по време на процеса се повишава температурата. В процеса на биодеградацията органичният субстрат претърпява физично и химично превръщане с образуването на стабилен хумифициран краен продукт. Този продукт е ценен за селското стопанство като органичен тор и като средство за подобряване структурата на почвата.

Хумифицираните продукти бързо влизат в равновесие с екосистемата, в която са внесени и не предизвикват сериозни нарушения в нея, както това се наблюдава при внасяне на непреработени органични отпадъци. Сред отпадъците, които се компостират, спадат хетерогенната градска смет (смес от органични и неорганични компоненти), хомогенните фекални маси от животински ферми, отпадъци от растениевъдството, активна кал и пр. В процеса на компостиране се удовлетворява потребността от  $O_2$ , органичните вещества преминават в по-стабилна форма, отделя се  $CO_2$  и  $H_2O$ , а температурата нараства. В естествени условия биодеградацията протича бавно, на повърхността на земята, при температурата на околната среда и предимно аеробно. Естественото разлагане на органиката може да се ускори, ако преработваният субстрат се събере на купчини, което позволява да се съхрани част от топлината, отделяна при ферментациите. Този ускорен процес е интензивното компостиране. Важни параметри на процеса са отношението C/N и мултидисперсността на субстрата, необходима за нормалната аерация. Екскрементите от селскостопанските животни, активната тиня и много растителни отпадъци, имат ниско съотношение C/N, висока влажност и лошо се поддават на аерация. Те трябва да се смесват с твърд материал (пълнител), сорбиращ влагата, който обезпечава допълнителен въглерод и нужната за аерирането структура на сместа. Най-добрият пълнител се явява сламата, но може да се добавят листа, стъргодини и др.

Когато органичните отпадъци се събират за компостиране благодарение на изолационното действие на субстрата се съхранява отделената от активността на микроорганизмите топлина, при което температурата

нараства. Процесът компостиране се разделя на 4 стадия: 1) мезофилен; 2) термофилен; 3) изстиване; 4) съзряване.

**Състав на компоста.** Съставът на компоста варира в широки граници (в процент от сухата маса): органични вещества - 25-80; въглерод - 8-50; азот - 0,4-3,5; фосфор - 0,1-1,6; калий - 0,4-1,6; калций (CaO) - 0,7-1,5. Компостът от битови отпадъци, в сравнение с компоста от селскостопански отпадъци има по-малко органични вещества и повече микроелементи, които се оползотворяват от растенията.

### **Екологична оценка на компостирането** **Предимства:**

● Компостирането е единствената технология, при която в резултат на частично минерализиране на субстрата се получава хумусоподобна субстанция, която в почвата се превръща в хумус.

● При компостирането се минерализира значителна част от органиката, в т. ч. и неприятно миришещите вещества и микроорганизмите, т. е. постига се обеззаразяване и дезодориране на субстрата.

● Технологията е евтина.

● В случаите, когато не се прилага допълнително аериране, технологията е с ниска енергоемкост.

При компостирането се повишава съдържанието на биогенните химични елементи, които са лимитиращи: калий, фосфор, азот, както и на биогенните микроелементи.

### **Недостатъци:**

Процесът на минерализиране на органиката, който се съчетава с дезодориране и дезинфекция на субстрата, е продължителен - за получаване на хумус са необходими няколко месеца. Патентованата технология на проф. д-р Мария Златева с контролиране на параметрите на компостиране, изисква 9 денонощия, но не се получава хумус, а само обеззаразяване на субстрата.

Необходими са огромни площи за разполагане на площадките за компостиране. Съгласно нормативите на повече от страните от ЕС за компостиране на 1 тон биоразградими отпадъци са необходими 3 m<sup>2</sup> площ.

Процесът е на открито, при което съществуват рискове той да не протича оптимално, както и възможност за контаминиране на поч-

вата, подпочвените и повърхностните води с патогенни микроорганизми и токсични вещества.

● При компостиране на открито реално съществува възможност за анаеробното гниене на отпадъците от градски и селскостопански характер, отделят се много органични киселини, които инхибират растежа на зърнените култури. Установено е, че 15 mmol оцетна киселина, 4 mmol пропионова киселина и 1 mol маслена киселина потискат прорастването на кореновия и листния кълн на ечемика. Особено сериозно е действието на оцетната киселина, която в концентрации над 0,07% забележимо потиска прорастването на пшеничните и ечемични зърна, а при 0,15% се инхибира прорастването на половината от тях. Когато се добави 0,02% оцетна киселина към прорастнали за 7 денонощия ечемични и пшенични зърна, дължината на корена им спрямо контролата намалява 60%.

● При компостирането се губи 50 до 60% от енергията, съдържаща се в органиката. При подходящи технологични решения тази енергия може да се оползотвори като гориво (биогаз) или като се внесе по подходящ начин в почвата.

**Заклучение.** Компостирането е единствено приложимо за малки обеми биоразградими отпадъци от растениевъдството и животновъдството. То се препоръчва като фамилно компостиране за оползотворяване на кухненските отпадъци или такива от градините.

### **МЕТАНОВА ФЕРМЕНТАЦИЯ** **НА ОРГАНИЧНИ ОТПАДЪЦИ**

Биогазът е горивен газ, който се получава при анаеробна ферментация на органични отпадъци. В природата биогаз се получава по естествен начин (т. нар. блатен газ). Съставът на биогаза зависи от редица фактори и най-често е в границите: метан (CH<sub>4</sub>) - 45-75%; въглероден диоксид (CO<sub>2</sub>) - 25-50%; азот (N<sub>2</sub>) - 0-7%; кислород (O<sub>2</sub>) - 0-2%; водород (H<sub>2</sub>) - 0-1%; сероводород (H<sub>2</sub>S) - 0-1%.

При тези параметри енергийната стойност на биогаза е 4,5 до 7,5 kWh/m<sup>3</sup>. За сравнение енергийната стойност на дизеловото гориво е приблизително 12 kWh/kg, на дървата - 4,5 kWh/kg, на брикетите - 5,5 kWh/kg, на природния газ - 8,3 kWh/m<sup>3</sup>.

Първите биогазови инсталации са напра-

вени през 1859 г. в Индия. В момента по приблизителни данни, в Германия има 1000 инсталации, в Австрия - 200, в Швейцария - 100, в Корея - 30 000, в Индия - 500 000 и в Китай - 7 милиона.

Биогазът е продукт, получен при ферментационни процеси в органичната маса под действието на метанпродуциращи бактерии. Тези микроорганизми са строго анаеробни. Диапазонът на биологичната им активност е в границите от 0 до 70 °С. Скоростта на ферментационните процеси, а оттам и количеството на получения газ, зависи силно от температурния режим.

Основният елемент в една биогазова инсталация е ферментаторът. Използват се различни видове ферментатори - хоризонтални, вертикални, стоманобетонени, метални и др. При всички видове ферментатори трябва да се спазват определени условия - анаеробна среда, гарантиран температурен режим, възможност за отвеждане на получения биогаз и на ферментиралата маса, поддържане на хомогенност на масата при престоя ѝ във ферментатора.

**Оползотворяване на биошлама.** При производството на биогаз се получава газово гориво и частично минерализирани органични отпадъци, които са известни като биошлам. Биошламът е продукт, който не съдържа патогенни микроорганизми, яйца на паразити, токсични газове и неприятно миришещи вещества и поради минерализацията около 50% позволява ефективно да се повиши плодородието на почвата. Като се изключи намаляването на количеството на въглерод, кислород и водород (химични елементи, които не са лимитиращи за растенията), в биошлама се съхраняват всички необходими за растенията макро- и микроелементи.

#### **Недостатъци:**

Процесът на метановата ферментация е продължителен. В конкретната технология процесите са моделирани за 10 денонощия, което означава, че всеки ден се подменя 10% от субстрата.

При производството на биогаз до 70% от органиката се минерализира, като се получава газово гориво, а останалата част е основно под формата на усвоими от растенията минерални соли.

Биогазовите инсталации са относително

скъпи. Тяхната стойност е около 30% от стойността на животновъдната ферма.

За експлоатацията на големите биогазови инсталации са необходими висококвалифицирани кадри, тъй като съществува опасност от възпламеняване на биогаза при недостатъчна компетентност на работещите в инсталацията.

За изграждане на биогазовите инсталации от типа ВТА-process са необходими значителни площи: за инсталация, която преработва 150 000 t битови отпадъци е необходима площадка от 2,209 хектара.

**Заклучение.** Досегашният опит показва, че в страни като България е целесъобразно изграждане на сравнително малки биогазови инсталации, които ще осигурят енергийна автономия на фермите и ще предоставят необходимото количество биошлам за биологично производство на продукция от растениевъдството и подобряване структурата на почвите в районите с ерозия на почвата. Пример в това отношение е Австрия, но следва да се отбележи, че в Дания, Швеция, Канада са изградени и работят големи биогазови инсталации, с което се решават екологични и енергийни проблеми. За изграждането на тези инсталации са необходими значителни субсидии, които всяка държава предоставя.

Екологичната преценка е, че описаната технология е приложима за относително малки количества тор или отпадъци от растениевъдството. Основание за тази преценка е фактът, че изградените през последното десетилетие на ХХ век заводи в Германия са с капацитет от 2,500 до 20 000 t органични отпадъци годишно, в Дания - за 20 000 t, в Австрия - за 15 000 t, в Полша - за 22 000 t. Единствено в град Нюмаркет, Канада от юли 2000 г. работи завод, който е с годишен капацитет 150 000 t сепарирани битови отпадъци.

#### **ТЕХНОЛОГИЯ OXALOR**

Тази технология се основава на екзотермичната реакция на превръщането на калциевия окис (негасената вар) в калциева основа (гасена вар), при което се постига дезинфекциране, частично свързване на нискомолекулните съединения и частично дехидратиране. По различни литературни източници температурата се повишава до 110 - 120 °С и тази температура се поддържа в продължение

на 2-2,5 часа - време, напълно достатъчно за унищожаване на патогенните микроорганизми, паразитите и техните яйца.

**Описание на технологията.** В съответствие с природозащитното законодателство на страните от ЕС, във Франция е разработена технология за контролирана химична стабилизация на необработени битови отпадъци, утайки от пречиствателни станции за обработка на битови отпадъчни води, тор от животновъдните ферми и отпадъчни продукти от хранително-вкусовата промишленост.

От 2000 г. технологията е патентована в цял свят, независимо че френският патент е от 28 май 1997 г., а техническите данни на технологията са обект на Патент 2403608/485465 от 12 юни 2000 г.

Изграден е завод на PSU Industrie с годишен производствен капацитет 140 000 t битови отпадъци при двусменен режим и 70 000 t - при едносменен режим на работа.

Времето на проектиране и изграждане на предприятието и обучаване на персонала е максимум 12 месеца.

Принципно пълният производствен процес се състои от:

- приемане на битовите отпадъци;
- разделяне;
- подготовка;
- преработка;
- опаковане, складиране и транспортиране на готовия продукт.

**Контролиране на технологичните процеси:** всички процеси са обект на непрекъснат контрол, което осигурява високо качество на получавания продукт при липса на опасности за замърсяване на околната среда.

**Непрекъснатост на процеса:** технологията се предлага в два варианта - за едносменен и двусменен режим на работа, като се постига висок капацитет - 80 000 тона преработка на битови отпадъци годишно.

**Стабилност на получавания продукт:** полученият продукт е с високо съдържание на сухо вещество, не съдържа болестотворни или гнилостни микроорганизми, поради което е възможно неговото съхранение в складове за продължителен период от време.

**Редуциране обема на сметта:** При сепарирането се получават инертни продукти, които са годни за рециклиране, като 60% от

продукта, който по същество е източник на биогенни химични елементи и енергия (съдържаща се в химичните връзки на органичните съединения), е подходящ за повишаване плодородието на почвата. При неговото внасяне в агроценозите се възстановява кръговратът на материята в екосистемите. Проучванията показват, че 3 тона от продуктите, получени по технология OXALOR съответстват на 1 t субстрат, предназначен за варуване на почви с повишена киселинност, или на 1,5 t органични торове с влажност 50%.

Продуктите, получени по технология OXALOR са висококачествени и служат за повишаване плодородието на почвата.

Поради високотемпературната преработка на органиката и нейното стабилизиране и частично дехидратиране, продуктът се характеризира с:

- липса на неприятна миризма и на токсични газове;
- възможност за съхранение продължително време поради високото съдържание на сухо вещество;
- липса на болестотворни микроорганизми и яйца на паразити;
- високо съдържание на органика, която при внасяне в почвата създава депо от биогенни елементи, които осигуряват високо плодородие на почвата в продължение на минимум 4 години;
- възможност за подобряване структурата на почвата, поради наличието на стабилизирана органика, която е ресурс за повишаване съдържанието на хумус в почвата;
- химичен състав, който го прави не само алтернатива на минералните торове, но поради оптималното съотношение на основните биогенни макро- и микроелементи далеч превъзхожда традиционните минерални торове;

Процесите се реализират в херметизирано помещение, въздухът от което се пречиства посредством преминаване през камера с аерозолно разпръскване на вода.

Водата от камерата се използва като рециклирана за хомогенизиране на субстрата.

**Екологична преценка на технологията**  
**Предимства:**

1. Процесът на преработка на битовите отпадъци е 2,5 часа, което е най-краткият срок в сравнение с всички известни и описани технологии.

2. Технологията се реализира в контролирана среда, при което се изключва замърсяването на въздуха, почвата и водите. Излизащият от производствените помещения въздух се пречиства, което позволява производственото предприятие да е в близост до населени места.

3. Това е единствената технология, при която на висока температура се подлагат всички компоненти на битовите отпадъци (като се изключат най-едрите фрагменти, които се отстраняват на конвейера). По този начин се изключва възможността при по-нататъшното оползотворяване на пластмасите, метала и др., да се пренесат източници на заразни и паразитни болести.

4. Енергията, която е необходима за завод с капацитет 140 000 тона битови отпадъци годишно е 200 kWh, която е 3 пъти по-ниска в сравнение с технологията за интензивно компостиране (по метода на проф. Златева), която е реализирана в Либия.

5. Времето за проектиране и изграждане на завода за реализиране на технологията OXALOR е кратко - максимум 12 месеца, което включва и обучение на персонала.

6. При технологията OXALOR се реализира икономия на територии, които са в близост до населените места. При представяне на технологията в САЩ е посочено, че за завод с капацитет 80 000 t годишно е необходима площадка от 5 декара.

7. Технологията позволява прилагане на модулен принцип, като всяка технологична линия е с капацитет 17 t/h. Това е от особено значение с оглед внедряването ѝ в населени места с различно население, респективно различни количества битови отпадъци.

8. Получава се продукт, наричан "oxalor", който при смесване с почва с рН = 7,0, на 180-ия ден, рН се понижава до 6,5, т. е. поддържа се стабилно рН в почвата.

Важно предимство на получения продукт е високото съдържание на сухо вещество, което е от значение при съхранение, транспортиране и с оглед технологията за внасяне в почвата. По данни на френски изследователи oxalor включва 98-100% от органиката на битовите отпадъци, което е възможност не само за внасяне в почвата на необходимото количество биогенни елементи, но и на енергията, съдържаща се в органичните вещества. Опи-

тите във Франция показват, че голямото количество органика създава предпоставки за синтез на хумус в агроценозите.

За ефекта на високата температура може да се направи преценка от изследвания, проведени във Франция, които категорично доказват, че високотемпературното третиране в продължение на 2-2,5 часа убива болестотворните микроорганизми, които са основен здравен и екологичен проблем при преработка на битови отпадъци.

**Агроекологична преценка на технологията OXALOR. Преценка на възможностите за производство на биологична продукция в растениевъдството.**

**Предимства:**

1. Получава се продукт, който е с алкална реакция. Според френски изследователи oxalor е незаменим за рекултивация на обработваеми земи с ниско рН. По данни на МОСВ в България почвите с вредна киселинност, които се нуждаят от варуване, са около 4,6 млн. da. Върху тези площи успешно може да се приложи продуктът.

2. Продуктът съхранява 98% от органичните вещества на органичните отпадъци. Съдържанието на сухо вещество в готовия продукт е 25-30%. Изследвания във Франция показват, че дефицитът на органични вещества в почвата, който е една от причините за ерозия на почвите, може да се компенсира с продукта oxalor. Внасянето на 10 t/ha oxalor позволява да се повиши количеството на органиката с 400 kg/ha, от които 30 до 50% бързо се минерализират, а останалото количество е резерв за образуване на хумус. По данни на МОСВ в България над 80% от обработваемите земи са засегнати от водна ерозия, а силно ерозираните земи възлизат на 8,5 млн. da. Следва да се отбележи, че технологиите, при които се получава органика в продукта, предназначен за повишаване плодородието на почвата, са *компостирането*, при което загубите на органика са значителни (до 80%) и зависят от времето на престой (процес, който включва технологична фаза ферментация, която е 21 дни и узряване, което продължава от няколко месеца до 2 години), и *метанова ферментация*, при която до 70% от субстрата се минерализира, което означава, че със 70% намалява количеството на органичното вещество.

Внасянето на oxalor, поради голямото количество органични вещества, е целесъобразно и в почви, замърсени с тежки метали, а такива по данни на МОСВ са около 1% от селскостопанските площи, които са с наднормено замърсяване с арсен, цинк, мед, олово, кадмий и други.

Високото съдържание на органика в oxalor прави приложението му целесъобразно за нарушени терени в резултат на миннодобивната и преработващата промишленост.

Изследванията във Франция и в България показват оптимално количество на основните биогенни елементи калий, азот и фосфор. При преценка на химичния статус може да се подчертае възможността продуктът oxalor да се използва като ресурс на основни биогенни химични елементи за продължителен период от време (до 4 години). Съотношението въглерод/азот също е показател за високата стойност на oxalor като подобрител на почвата и ресурс за повишаване на плодородието ѝ.

Във Франция и България са изследвани токсичните химични елементи, съдържащи се в oxalor. Изследваните 2 проби в България,

показват ниско съдържание на кадмий, живак и арсен и по-високо - на олово, мед и цинк. Съгласно Приложение № 1 на Наредба № 22/2001 г. на МЗГ за производство на биологична продукция от растениевъдството и Заповед № РД-401/23.04.2004 г., количеството на оловото е близо до горната граница на допустимите стойности, а количеството на медта и цинка ги превишават. Анализът на тези данни и на информацията от френски изследвания, дават основание да се направи преценка, че oxalor по критерия "съдържание на токсични елементи" е подходящ за производство на биологична продукция от растениевъдството.

Микробиологичните изследвания, проведени в България и във Франция показват, че продуктите, получени по технология OXALOR не съдържат болестотворни микроорганизми. Във Франция са проведени изследвания за мутагенност (предизвикване на вродени аномалии при деца) с тестовите *Daphnies* и Дъждовни червеи (*Aporrectodea caliginosa*). Тези два теста изключват мутагенен ефект, с което се изключва и канцерогенно действие на продукта oxalor.

## Заклучение

Технологията OXALOR е със значителни екологични и агроекологични предимства в сравнение с останалите анализирани технологии. Съществено предимство, което прави тази технология уникална, е краткият срок за обработка на отпадъците, екзотермичността на процеса, при което се унищожават болестотворните микроорганизми и, запазването на 98-100% от органиката на суровината, която създава депо от биогенни химични елементи в продукта, получени по технология OXALOR.

## Литература

Конференция биологично земеделие 2009 г. Проучване на възможностите за развитието на биологично земеделие и идентифициране на подходите за представяне на широката общественост.

**Наредба 22/04. 07. 2001 г.** за биологично производство на растения, растителни продукти и храни от растителен произход и неговото означаване върху тях.

**Наредба 35/2001 г.** за биологично производство в животновъдството.

**Директива 2091/92 на ЕС.**

Национален план за развитие на биологичното земеделие в България в периода 2006-2013 г. София, 2006 г.

**МНЗ. 2007.** Условия за поддържане на земята в добро земеделско и екологично състояние. Заповед РД 09-293, София, 04. 05. 2007 г.

**H. Willer and M. Yussefi. (Eds.) 2004.** The Word of Organik Agriculture Statistics and Emerging Trends.