

## Biotechnologické aspekty čistenia potravinárskych odpadových vôd

MILAN SUHAJ — BERNADETTA KRKOŠKOVÁ

Súhrn. V príspevku sa uvádza prehľad o aplikáciách biotechnológií pri klasických spôsoboch biologického čistenia a nové smery ich uplatňovania pri spracúvaní a likvidácii odpadov a odpadových vôd so zameraním na potravinársky priemysel. Opisuje sa využitie biotechnológií na degradáciu ťažko odbúrateľných látok, pri biosorpcii na získanie cenných látok z odpadov, na produkciu využiteľnej biomasy a bioplynu. Stručne sa charakterizujú niektoré základné typy bioreaktorov a smery ich ďalšieho vývoja.

V ostatných rokoch sa biotechnológie nepochybne stávajú novou zložkou vedecko-technickej revolúcie a očakávajú sa od nich, podobne ako od jadrovej energetiky, mikroelektroniky a robotiky, zásadné zmeny v priemyselnej a poľnohospodárskej sfére. Zväčšuje sa aj význam biotechnologických procesov z hľadiska ich využitia v oblasti ochrany životného prostredia, najmä pri likvidácii odpadov a zavádzaní bezodpadových technológií.

### Klasické postupy biologického čistenia

V oblasti čistenia odpadových vôd má použitie niektorých biotechnologických procesov už dlhodobú tradíciu, najmä vo forme uplatňovania biologických stupňov čistenia (aktivačný proces a biologické nárastové reaktory) a anaeróbného spracovania vzniknutých kalov. Pri týchto postupoch sa využíva činnosť mikroorganizmov v riadených procesoch čistenia, ktorých hlavným produktom je vyčistená voda. Tradičným cieľom spracovania odpadových

---

Ing. Milan Suhaj, Ing. Bernadetta Krkošková, CSc., Výskumný ústav potravinársky, Trenčianska 53, 825 09 Bratislava.

vôd je redukovať koncentráciu prítomných organických látok a znížiť počet potenciálnych patogénnych mikroorganizmov. Vyprodukuje sa pritom aj značné množstvo biomasy, ktorá sa v súčasnosti využíva len v obmedzenej miere, najmä produkciou bioplynu v niektorých väčších čistiarňach, pre ktoré je tento spôsob ekonomický. Vo väčšine prípadov je nárast množstva prebytočného kalu nežiadúcim dôsledkom a náklady na jeho odstraňovanie môžu predstavovať až 50 % nákladov na čistenie vôd. Okrem toho využívanie biomasy, prípadne jej likvidácia, naráža na ďalšie problémy, najmä hygienického a ekologického charakteru [1]. Množstvo vznikajúcej biomasy pri týchto procesoch sa reguluje úpravou hlavných technologických parametrov tak, aby sa dosahovali maximálne čistiace efekty.

Uvedené charakteristiky sa týkajú klasických spôsobov využívania biotechnologických princípov pri spracúvaní odpadových vôd potravinárskeho priemyslu. Tieto odpadové vody majú komplexné zloženie a čistiace zariadenia pracujú so zmesnou kultúrou, odbúravajúcou rozličné typy odpadov, čo umožňuje vypúšťať takto spracované vody do životného prostredia bez nepriaznivého účinku.

Na báze klasických aplikácií biotechnológií existujú dva obvyklé typy čistiacich zariadení:

- biologické nárastové reaktory, ktoré pracujú ako biologické alebo perkolčné filtre:

- aktivačný proces v rôznych modifikáciách.

V tabuľkách 1 a 2 uvádzame charakteristické technologické parametre týchto zariadení [2, 8].

Prvým krokom biologického čistenia je adsorpcia zložiek znečistenia na biologickom povrchu. V ďalších stupňoch sa tieto látky extracelulárnymi mikrobiálnymi enzýmami štiepia a z nich uvoľnené metabolity sa kumulujú v bunkách mikroorganizmov, ktoré ich metabolizujú, rozmnožujú, odumierajú a stávajú sa potravou vyšších organizmov, ktoré sú zložkou zmesnej kultúry. Konečným produktom čistenia sú okrem vody jednoduché organické soli a plyny.

Modernú alternatívu uvedených zariadení predstavuje biologický fluidný reaktor, v ktorom sa kombinuje biofilter a aktivačný proces vo forme fluidizovaného lôžka. Jeho účinnosť v porovnaní s klasickými procesmi je evidentná z tabuľky 1. Fluidný reaktor je schopný pracovať s vysokou koncentráciou mikroorganizmov (asi 5-krát vyššou ako pri konvenčných zariadeniach), čo má za dôsledok úsporu investičných nákladov. V súčasnosti pracujú dva typy týchto zariadení [3]:

- Simon Hartley Captor, ktoré má lôžko z plastickej náplne a na fluidizáciu sa používa stlačený vzduch:

- Dorr-Oliver Oxitron s pieskovou náplňou a injektažou čistého  $O_2$ .

Tabuľka 1. Technologické parametre modifikácií aktivačného procesu  
Table 1. Technological parameters of activation process modifications

Modifikácia aktivácie <sup>1</sup>	Objemové zataženie <sup>10</sup> [kg . m <sup>-3</sup> . d <sup>-1</sup> ]	Zaťaženie kalu <sup>12</sup> [kg . kg <sup>-1</sup> . d <sup>-1</sup> ]	Účinok <sup>13</sup> [ %]	Poznámka <sup>14</sup>
dlhodobá <sup>2</sup> klasická <sup>3</sup> odstupňovaná aerácia <sup>4</sup>	0,3 0,5—1,0 0,5—1,0	0,5—0,1 0,2—0,6 0,2—0,6	75—90 90—95 90—95	doba zdržania 24—48 h <sup>15</sup> recirkulačný pomer 0,1—0,5 <sup>16</sup> viac prevzdušnených elementov na začiatku nádrže, recirkulačný pomer 0,1—0,5 <sup>17</sup>
zatažovaná postupne <sup>5</sup>	0,8 a viac <sup>11</sup>	0,2—0,6	90—95	odpadová voda sa privádza v niekoľkých miestach nádrže <sup>18</sup>
kontaktná stabilizácia <sup>6</sup>	1,1—1,2	0,2—0,6	85—90	doba zdržania v aktivačnej nádrži 0,5—1 h, v regeneračnej nádrži 1—2,5 h <sup>19</sup>
so skrátenou dobou zdržania <sup>7</sup> rýchloaktivácia <sup>18</sup> fluidizačný proces <sup>9</sup>	0,6—2,4 1,6 a viac 8—16	0,5—2 1—2 —	90—95 60—75 98	doba zdržania 1—2,5 h <sup>20</sup> krátka doba zdržania <sup>21</sup> doba zdržania 0,2—0,66 h <sup>22</sup>

<sup>1</sup>Activation modification, <sup>2</sup>Long-termed, <sup>3</sup>Classical, <sup>4</sup>Graded aeration, <sup>5</sup>Loaded gradually, <sup>6</sup>Contact stabilization, <sup>7</sup>With shortened time of retaining in the tank, <sup>8</sup>Fast activation, <sup>9</sup>Fluidization process, <sup>10</sup>Volume loading, <sup>11</sup>1.6 and more, <sup>12</sup>Mud loading, <sup>13</sup>Effect, <sup>14</sup>Note, <sup>15</sup>Time of retaining, <sup>16</sup>Recirculation ratio, <sup>17</sup>More aerated elements at the beginning of the tank, recirculation ratio 0.1—0.5, <sup>18</sup>Waste water is supplied to more places in the tank, <sup>19</sup>Time of retaining in activation tank 0.5—1 h, in regeneration tank 1—2.5 h, <sup>20</sup>Time of retaining 1—2.5 h, <sup>21</sup>Short time of retaining, <sup>22</sup>Time of retaining 0.2—0.66 h.

Tabuľka 2. Parametre biologických nárastových reaktorov  
Table 2. Parameters of biofilters

Typ <sup>1</sup>	Výška <sup>5</sup> [m]	Priemer <sup>6</sup> [m]	Hydraulické zataženie <sup>7</sup> [m <sup>3</sup> . m <sup>-2</sup> . d <sup>-1</sup> ]	Objemové zataženie <sup>8</sup> [kg BSK <sub>5</sub> . m <sup>-3</sup> . d <sup>-1</sup> ]
pomaly <sup>2</sup> rýchly <sup>3</sup> vežový <sup>4</sup>	1,8—2 2—4 8—20	5—50 5—50 1—2,5	2,4—4,8 19,2—28,8 90—100	0,175 0,7—0,9 3,5

<sup>1</sup>Type, <sup>2</sup>Slow, <sup>3</sup>Fast, <sup>4</sup>Rower-like, <sup>5</sup>Height, <sup>6</sup>Diameter, <sup>7</sup>Hydraulic loading, <sup>8</sup>Volume loading.

## Nové smery uplatňovania biotechnológií

Hlavné uplatnenie biotechnológií pri spracúvaní a likvidácii odpadov sa zameriava na znovuzískanie cenných látok vo forme druhotných surovín, no možno ich využiť aj na odbúravanie ťažšie odbúrateľných látok a na odstraňovanie niektorých nežiadúcich zložiek z plynov, resp. kvapalín.

*Biodegradácia ťažko odbúrateľných látok.* Ťažko odbúrateľné zlúčeniny (rezíduá pesticídov, optické zjasňovače, chlórované uhľovodíky a pod.) predstavujú veľký problém v samých procesoch čistenia, ako aj pri opätovnom využívaní vody. Aplikácia biotechnologických procesov na ich degradáciu sa intenzívne skúma v troch oblastiach:

- kontrolovaná degradácia špecifických odpadových vôd (napr. s obsahom paratiónu) špecializovanou kultúrou mikroorganizmov;

- inokulácia adaptovanými laboratórnymi kmeňmi pri biologických procesoch čistenia odpadových vôd na zlepšenie zníženia BSK<sub>5</sub>; na zabránenie rastu vláknitých baktérií, resp. na zlepšenie tvorby metánu pri anaeróbnom spracovaní kalov. Niektoré spoločnosti, ako Biolyte, Bactozyme a Iterbio, už vyrábajú takéto preparáty vhodné pre čistiarne odpadových vôd [4];

- vývoj špecifických reaktorov na štiepenie ťažko odbúrateľných zložiek.

*Biosorpcia.* Pri znovuzískavaní cenných zložiek z odpadov, resp. odpadových vôd sa uplatňuje ich odstraňovanie biosorpciou. Už dávnejšie sa zistilo, že biotechnológie sú účinné pri odstraňovaní niektorých kovov z odpadov. Kovy sa zachytávajú v biomase a môžu dosiahnuť až takú koncentráciu, ktorá rušivo pôsobí pri ďalšom spracúvaní kalov. Niektoré druhy mikróbov môžu kumulovať do svojich buniek značné množstvo rozličných kovov (Zn, Fe, Mn, U, Hg, Au a i.). Biomasa denitrifikačných baktérií môže zo svojho prostredia naakumulovať až toľko uránu, že jeho obsah v biomase je 14 %, resp. u špeciálne vypetrovaných kultúr baktérií až 50 %. Zistilo sa, že mechanizmus odstraňovania kovov sa zakladá aj na pôsobení obranného systému buniek mikroorganizmov proti toxickým účinkom kovov, čo sa prejavuje ich viazaním na netoxické zlúčeniny a ukladaním vo forme neškodných derivátov v bunke alebo mimo nej. V súčasnosti prebiehajú výskumy zamerané najmä na možnosti ovplyvniť a riadiť tento mechanizmus, aby sa dal ďalej využiť pri absorpčných procesoch v priemyselnom meradle.

Biosorpciu možno ďalej využiť pri dezodorizácii odpadových plynov. Tradičné postupy na likvidáciu pachov a odpadových plynov sú veľmi nákladné. Ich použitie je efektívne iba pri veľkých objemoch dobre definovaných odpadových plynov. Tieto procesy sa ťažko prispôbujú likvidácii komplexných alebo zloženie meniacich zmesí. Zápachové problémy sa vyskytujú zvyčajne pri veľmi nízkych koncentráciách zápachových zložiek (napr. merkaptány majú prahovú hodnotu vnemu už pri 1 mg.l). Tento problém možno preto výhodne riešiť, podobne ako v prípade ťažko odbúrateľných látok, aplikáciou biologických procesov. Inou výhodou pri použití biologických procesov je možnosť spoločného čistenia plyných a kvapalných odpadov bez nárokov na používanie chemikálií a energie.

Prvé patenty za biologické odstraňovanie zápachov pochádzajú z roku 1930; pozorovalo sa totiž, že na systémoch vodných pračiek plynov sa objavoval

biologický nárast. Súčasné zariadenia pozostávajú zo sekcie fyzikálnochemického prania a biologického filtra. Mechanizmus odstraňovania zápachov spočíva vo fyzikálnej adsorpcii a rozpustení znečisťujúcich zložiek plynov na biologickom povrchu. V tejto forme sú potom vhodné na spracovanie mikroorganizmami. Biologické odstraňovanie zápachov je zatiaľ v štádiu výskumu, ktorý sa zameriava najmä na odstraňovanie merkaptánov, sírovodíka,  $\text{SO}_2$  a chlórovaných uhľovodíkov.

**Biomasa.** Najintenzívnejšie skúmanou aplikáciou biotechnologických procesov je produkcia biomasy zo silne koncentrovaných odpadov, resp. odpadových vôd s vysokým obsahom organického znečistenia. Pri tejto aplikácii sa proces spracovania riadi tak, aby sa získal okrem vyčistenej vody maximálny nárast využiteľnej biomasy. Získaná bielkovinová biomasa predstavuje komerčný výrobok použiteľný zatiaľ prevažne ako prídavok do krmív. Problémom pri priemyselnej produkcii mikrobiálnej biomasy z odpadových vôd je získať nutrične homogénnu biomasu stáleho zloženia. Ďalším problémom je riziko vyplývajúce z účinkov toxických látok a možnosť mikrobiálnej kontaminácie. Ekonomicky je tento proces nevýhodný pri veľkých objemoch málo znečistených vôd v dôsledku vysokých investičných nákladov v porovnaní s nízkou cenou produktu. Tento postup je výhodný pri spracovaní menších objemov nekontaminovaných odpadov (oddelená kanalizácia technologických odpadových vôd) vznikajúcich pri výrobe potravín a nápojov.

Tabuľka 3 uvádza porovnanie typických parametrov biologického čistenia

Tabuľka 3. Porovnanie niektorých parametrov biologického čistenia a priemyselného fermentačného procesu  
Table 3. Comparison of some parameters of biologic purification and industrial fermentation process

Ukazovateľ <sup>1</sup>	Biologické čistenie <sup>8</sup>	Priemyselná fermentácia <sup>9</sup>
BSK <sub>5</sub> [mg.l <sup>-1</sup> ]	100—3000	3000—40,000
konc. sušiny kalu <sup>2</sup> [g.l <sup>-1</sup> ]	0,1—3	3—40
teplota [°C]	10—30	20—50
viskozita <sup>4</sup> [Pa.s]	0,001—0,01	0,001—1
spotreba energie <sup>5</sup> [kW.m <sup>-3</sup> ]	0,01—0,1	0,2—4
obsah nádrže <sup>6</sup> [m <sup>3</sup> ]	180—1800	1—200
zaťaženie nádrže <sup>7</sup> [kg BSK <sub>5</sub> .l <sup>-1</sup> ]	0,25	10—70

<sup>1</sup>Index, <sup>2</sup>Final dry residues of the mud, <sup>3</sup>Temperature, <sup>4</sup>Viscosity, <sup>5</sup>Energy consumption, <sup>6</sup>Contents of the tank, <sup>7</sup>Load of the tank, <sup>8</sup>Biological purification, <sup>9</sup>Industrial fermentation.

odpadových vôd a priemyselného fermentačného procesu [5]. Tieto údaje potvrdzujú technické a technologické výhody fermentačného spracovania odpadových vôd regulovanou produkciou biomasy. Pestovanie biomasy z odpadových vôd sa robí za použitia čistých kultúr mikroorganizmov alebo ich zmesí vybraných špeciálne pre odpadové vody špecifického zloženia. Príkladom produkcie biomasy z odpadovej vody môže byť proces Symba, ktorý využíva symbiotický rozmnožovanie mikroorganizmov *Endomycopsis fibuliger* a *Candida utilis* na premenu škrobu z odpadových vôd zo spracovania zemiakov na mikrobálnu bielkovinu. *Candida utilis* sa použila aj na fermentáciu odpadovej vody z výroby kvasenej kapusty na odstránenie kyseliny mliečnej ako znečisťujúcej zložky vody [6]. Na čistenie odpadových vôd z potravinárskych závodov sa použil aj mikroorganizmus *Trichoderma viridae*, aby sa získal výrobok na kŕmne účely. Skúmala sa aj kultivácia plesne *Aspergillus niger* na mláte z pivovarov, pričom sa odstránilo 90 % nečistôt a získal sa dobre izolovateľný bielkovinový prípravok. V ZSSR sa využíva metóda čistenia odpadových vôd z výroby pekárskeho droždia pomocou kultivácie baktérií rodu *Pseudomonas*. Procesom sa odstráni asi 90 % BSK<sub>5</sub> a získa sa biomasa s 55 % obsahom bielkoviny, ktorá sa využíva ako krmivo [5].

V súvislosti s riešením problémov, ktoré sa vynárajú pri spracúvaní a likvidácii kalov z procesov biologického čistenia odpadových vôd, skúma sa ako jedna z možností, previesť túto heterogénnu bakteriálnu biomasu na homogénnu biomasu prvokov, bohatú na bielkoviny s vysokou výživovou hodnotou. Prvky majú koeficient využitia bielkovín omnoho vyšší ako baktérie alebo kvasinky. Táto aplikácia sa použila pri čistení odpadových vôd mliekárskoho priemyslu a použila sa pritom kultúra prvokov *Tetrahymena pyriformis* [1].

Iná možnosť, ako získať biomasu, je pestovanie vodného hyacintu alebo iných vodných rastlín, najmä ako súčasť terciárneho čistenia odpadových vôd. Veľmi efektívny je tento spôsob najmä v subtropických podmienkach, ale aplikovať by sa dal aj v našich klimatických podmienkach na tepelne znečistených odpadových vodách. Získanú biomasu možno využiť ako prídavok do krmív alebo ako súčasť hnojív.

**Bioplyn.** Tradičným spôsobom biotechnologického spracovania kalov je anaeróbne vyhnívanie, ktoré sa využíva už takmer 100 rokov. Redukuje sa pritom objem kalu, eliminujú sa patogénne mikroorganizmy a nežiadúce pachy, ale najmä sa produkuje *bioplyn*. Produkcia bioplynu ako alternatíva získavania energie nadobúda v ostatnom čase čoraz väčší význam. Rozširuje sa výskum týchto procesov zameraný najmä na intenzifikáciu a riadenie metanogenézy. Väčšina problémov pri tejto technológii súvisí s pomalým rastom obligátnych anaeróbných metanogénnych baktérií a produkciou bioplynu. Okrem toho je tento proces citlivý aj na celú škálu interferujúcich vplyvov, najmä na nerovnomernosť v zafažení a zložení substrátu.

Podobne ako pri aeróbnom spracovaní aj anaeróbne vyhnívanie využíva komplex mikroorganizmov, v ktorom prevažujú najmä tri skupiny baktérií:

- hydrolytické fermentatívne baktérie, ktoré premieňajú substrát na organické kyseliny, alkoholy, estery a cukry za vývoja  $\text{CO}_2$  a vodíka:

- baktérie produkujúce vodík a octové baktérie, ktoré premieňajú produkty fermentácie predchádzajúcej skupiny na vodík, ocot a  $\text{CO}_2$ ;

- metanogény, ktoré premieňajú octany a vodík na metán a  $\text{CO}_2$ .

Kľúčové postavenie pri riadení anaeróbných procesov má práve posledná skupina metanogénnych baktérií, pretože je najpomalším článkom v procese anaeróbného spracovania odpadových vôd. Tieto baktérie sa zúčastňujú 70 % na tvorbe metánu a čas ich zdvojnásobenia je 2—3 dni, kým pri predchádzajúcich skupinách baktérií je to niekoľko minút až hodín. Sú citlivé na veľké zmeny zaťaženia procesu. Pri vysokom zaťažení sa prejaví stúpajúca koncentrácia vodíka v plynnej fáze a zvýšená tvorba vyšších organických kyselín na úkor tvorby metánu. Štúdium týchto problémov, ako aj konštrukcia špeciálnych reaktorov je predmetom intenzívneho skúmania a overovania.

Na preklenutie dlhého času rozmnožovania metanogénnych baktérií sa navrhli špeciálne reaktory, ktoré zadržiavajú väčšinu biomasy vnútri reaktora, resp. ju recirkulujú. Vtedy je látková doba zdržania nezávislá od hydraulikkej doby zdržania a možno dosiahnuť vysokú koncentráciu kalu. Existujú štyri varianty základného typu anaeróbných reaktorov:

- typ USAB (Upflow Sludge Anaerobic Blanked), kde sa biomasa udržiava vo forme vločkového kalu v reaktore na podobnom princípe ako štrbinová nádrž, kde sa v hornej časti odvádza a zachytáva bioplyn;

- anaeróbne fluidné lôžko; kal sa udržiava v reaktore na vnútornom nosiči (piesok, umelá hmota) vo vznose a po oddelení v sedimentačnej nádrži sa recirkuluje. Firma Dorr-Oliver (USA) vybudovala na tomto princípe 3 priemyselné reaktory;

- anaeróbny filter; kal sa pretláča cez náplň anaeróbného biofiltra zospodu alebo zhora; nad náplňou sa odvádza vyčistená voda a bioplyn. Tieto biofiltre sa používajú na spracovanie odpadových vôd zo spracovania zeleniny a čiastočne z cukrovarov. V priemyselnom meradle ich vyrábajú v Európe firmy Biotechnics (Švédsko), Esmil (Holandsko) a Agip (Taliansko) a v USA American Celanese vyrába vyplavovacie anaeróbne biofiltre a Bacardi RUM skrápané;

- anaeróbny kontaktný proces; je to neprevzdušňovaný variant zmiešavacej aktivity s oddelenou separáciou a recirkuláciou kalu. Vo Veľkej Británii pracujú na tomto princípe dve priemyselné zariadenia.

Anaeróbne spracovanie odpadových vôd sa osvedčilo uvedenými spôsobmi ako predčistiaci stupeň na rýchle odstránenie veľkej časti látkového zaťaženia a na získanie energie.

## Зáver

Uviedli sme prehľad súčasných možných smerov využitia biotechnológií pri spracúvaní a likvidácii odpadov a odpadových vôd. Kľúčovým problémom pre väčšinu týchto aplikácií je vhodný reaktor s možnosťou riadiť fermentačný proces a prácu so špecifickou mikrobiálnou kultúrou pre daný substrát. Na tieto problémy sa zameriava aj celosvetový výskum biotechnológií.

Súčasný bioreaktor prvej generácie nahradia bioreaktory druhej generácie, tzv. chemické roboty [7]. Ich vývoj v zahraničí ide dvoma smermi:

— syntetizujúci bioreaktor, kde sa pomocou enzýmov syntetizujú zo surovín požadované látky. Konečným stupňom vo vývoji tohto reaktora bude zvládnutie kontrolovateľného chemického reakčného systému syntézy špecifických polypeptidov;

— diagnostický bioreaktor, ktorý využíva reakciu medzi enzýmami a špecifickými látkami, čo umožňuje využiť ho v lekárskej diagnostike.

Tieto bioreaktory budú riadiť počítače a ich nevyhnutnou súčasťou bude účinnosť s genetickým inžinierstvom, ktorého hlavnou úlohou bude zdokonaľovať technológie spojené s manipuláciou génov.

## Literatúra

1. AYBERBE, A.: *Ind. Aliment. Agric.*, 95, 1978, č. 3, s. 151.
2. TUČEK, F. — CHUDOBA, J. — KONÍČEK, Z.: *Základní procesy a výpočty v technologii vody*. Praha, SNTL 1977.
3. WHEATLEY, A. D. — WINSTANLEY, C. I. — CASSELL, L.: *Effluent and Water Treatment J.*, 26 1983, č. 8, s. 307.
4. COOK, J.: *Water and Waste Treatment J.*, 26, 1983, č. 1, s. 24.
5. TOMCZYŃSKA, J.: *Przem. Ferm. Owoc. Warsz.*, 23, 1979, č. 1, s. 20.
6. OLIVA, R. U. — HANG, Y. D.: *Appl. Microbiol.*, 38, 1979, č. 5, s. 1027.
7. ROGERS, M. D.: *Chem. Ind.*, 7, 1982, č. 15, s. 533.
8. *Laboratórna kontrola odpadových vôd*. Bratislava, ČSVTS 1981.

## Биотехнологические аспекты очистки сточных вод пищевой промышленности

### Резюме

В статье приводится обзор применения биотехнологий в классических способах биологической очистки и новых направлений их использования в переработке и ликвидации отходов и сточных вод с ориентацией на пищевую промышленность. Описывается использование биотехнологий для деградации труднорасщепляемых веществ, в биосорбции для получения ценных веществ из отходов, для производства биомассы и биогаза, которые могут быть использованы далее. Дается краткая характеристика некоторых основных типов биореакторов и направления их дальнейшего развития.



# Biotechnological aspects of purifying waste waters from food industry plants

## Summary

This contribution presents a survey about the application of biotechnologies in classical biological purification methods as well as new trends of their application in processing and liquidating wastes and waste waters from food industry plants. It also describes application possibilities of biotechnologies used in degradation of substances that are hard to remove, in biosorption to obtain valuable substances from the waste, in producing utilizable biomass and biogas. Concise characteristics are given of some fundamental types of bioreactors together with trends of their further development.