

Modelové čistenie pivovarských odpadových vôd

I. Aktivačný spôsob

BERNADETTA KRKOŠKOVÁ — MILAN SUHAJ

Súhrn. Na laboratórnom zariadení sa modeloval aktivačný spôsob čistenia odpadových vôd pivovaru Vyhne. Aplikovala sa technológia vysoko zaťažovanej a stredne zaťažovanej jednostupňovej a dvojstupňovej aktivácie. Použitá modifikácia aktivačného procesu sa v laboratórnych podmienkach ukázala ako málo účinná a sústavne sa vyskytoval problém napučievania aktivačného kalu. Predradením anaeróbného stupňa sa účinnosť čistenia zvýšila o 10 %, problém napučievania kalu sa neodstránil.

Aktivačný proces sa v praxi často využíva na čistenie odpadových vôd a má pomerne univerzálne použitie v prípade odpadových vôd s vyšším obsahom organického znečistenia. Zariadenia pracujúce na tomto princípe sú komerčne dostupné, preto sa k ich aplikácii často pristupuje bez predchádzajúceho overenia.

Pri riešení etapy štátnej úlohy zameranej na čistenie pivovarských odpadových vôd sme v rámci výberu a návrhu vhodnej technológie pre plánovanú ČOV Vyhne modelovali v laboratórnych podmienkach biologické spôsoby čistenia. V článku uvádzame výsledky modelovania aktivačného spôsobu a chceme pritom poukázať na hlavné problémy, ktoré pri tejto technológii treba očakávať a riešiť.

Materiál a metóda

Procesy aktivácie sme modelovali na jednostupňovom, resp. dvojstupňovom laboratórnom zariadení. Opis zariadenia sme uverejnili v predchádzajúcej práci [1]. Aktivačné nádrže sme charakterizovali stanovením oxygenačných

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

parametrov: oxygenu kapacitou a percentom využitia kyslíka. Tieto ukazovatele sme stanovili za štandardných podmienok v závislosti od rozličného prietoku vzduchu, ktorý sa pohyboval od 24 do 168 l.h⁻¹. Oxygenu kapacita sa pohybovala od 150 do 500 g.m⁻³.h⁻¹ a percento využitia kyslíka od 1,3 do 3,6 %.

Aby sa vyrovnalo kolísavé zloženie a pH odpadových vôd, ako aj čiastočne redukovalo vysoké zaťaženie v ďalšej etape modelovania sme predradili pred aktivačné nádrže anaeróbnou vyrovnávaciu nádrž. Túto sme modelovali v sklenej banke s objemom 4 l. Jej obsah sme naočkovali vyhnitým kalom z ČOV Bratislava-Rača. Obsah nádoby sme premiešavali magnetickým miešadlom.

Prevzdušňovanie aktivačných nádrží sme robili pomocou akvarijných prevzdušňovačov zapojených podľa potreby vo väčšom počte s celkovým výkonom 24—200 l vzduchu za hodinu.

Prietok vzduchu sme merali laboratórnym univerzálnym prietokomerom UPLS 3.

V rámci modelovania sme sledovali tieto parametre: pH, rozpustený kyslík, CHSK dvojjochromanovou metódou, BSK₅ manometricky a kalové charakteristiky. Uvedené charakteristiky sme sledovali podľa JAM [2].

Aktivačný spôsob čistenia sme modelovali ako zmiešavaciu aktiváciu, pričom aktivačnú zmes z ČOV Bratislava-Rača, resp. z modelového zariadenia VÚ LIKO, sme adaptovali na pivovarské odpadové vody závodu Vyhne semi-kontinuálnym spôsobom podľa [3].

Technologické parametre procesu sme udržiavali v týchto rozsahoch:

1. stupeň: čas zdržania	7—9 h
objemové zaťaženie	1,5—3 kg CHSK.m ⁻³ d ⁻¹
zaťaženie kalu	0,2—0,9 kg.kg ⁻¹ d ⁻¹
vek kalu	2—5 dní
teplota	laboratórna
rozpustený O ₂	2—4 mg.l ⁻¹
kalový index	50—500 ml.g ⁻¹
prietok vzduchu	asi 100 l.h ⁻¹
sediment	540 ml.l ⁻¹
2. stupeň: čas zdržania	5—8 h
objemové zaťaženie	0,6—1,9 kg.m ⁻³ d ⁻¹
zaťaženie kalu	asi 0,7 kg.kg ⁻¹ d ⁻¹
vek kalu	3—15 dní
kalový index	20—120 ml.g ⁻¹
teplota	laboratórna
sediment	150 ml.l ⁻¹

Rozsah technologických parametrov sme zvolili tak, aby sa pri reálnych podmienkach čistiarne pre daný typ odpadových vôd dosiahli maximálne čistiace efekty. Hodnotu pH sme vzhľadom na častý výskyt vysokej alkality dodávaných odpadových vôd podľa potreby upravovali tak, aby hodnota pH vody, vstupujúcej do aktivačného procesu, bola v rozmedzí 6–8, keď je zabezpečená optimálna účinnosť procesu.

Výsledky a diskusia

Výsledky jednostupňovej a dvojestupňovej modifikácie aktivačného procesu sme zostavili do tabuliek (tab. 1 a 2). Sledovali sme vplyv vysokého zaťaženia na efekty čistenia. V obidvoch aktivačných stupňoch sme volili taký čas zdržania, ktorý by mal zaručiť viac ako 90 % efekt čistenia. Vzhľadom na túto požiadavku a sústavne vysokú hodnotu znečistenia odpadovej vody sme modelovanie realizovali ako vysoko zaťaženú aktiváciu v oboch stupňoch.

Z tabuliek 1 a 2 je zjavná značná kolísavosť znečistenia odpadovej vody vstupujúcej do procesu čistenia. Priemerná hodnota CHSK surovej vody, vstupujúcej do 1. stupňa aktivácie bola 785 mg.l^{-1} a pri dvojestupňovom usporiadaní

Tabuľka 1. Výsledky modelovania jednostupňovej aktivácie
Table 1. The results of modelling the one-stage activation

Č. ¹	pH		CHSK ² [mg l ⁻¹]		E [%]
	vstup ³	výstup ⁴	vstup ³	výstup ⁴	
1	7,6	7,3	830	250	70
2	7,8	7,9	860	740	14
3	6,7	7,5	1064	532	50
4	7,1	7,6	1052	536	49
5	7,5	7,7	1056	144	86
6	7,1	8,6	744	500	46
7	7,7	8,4	152	656	77
8	6,4	8,6	704	296	58
9	6,8	8,5	416	287	31
10	5,2	8,5	466	340	27
11	6,6	8,2	617	151	75
12	6,8	8,4	869	138	84
13	6,7	8,1	869	201	77
\bar{x}	6,9	8,1	785	320	57

¹No.; ²Chemical oxygen demand; ³Input; ⁴Output.

Tabuľka 2. Výsledky modelovania dvojstupňovej aktivácie.
Table 2. The results of modeling the two-stage activation

Č. ¹	pH		CHSK ² [mg.l ⁻¹]		E [%]
	vstup ³	výstup ⁴	vstup ³	výstup ⁴	
1	7,6	7,6	830	54	93
2	7,8	8,3	860	287	67
3	6,9	8,1	1277	298	77
4	6,7	7,9	1064	330	63
5	6,5	7,7	819	421	49
6	6,5	7,6	1672	326	81
7	7,1	7,6	1052	379	64
8	7,6	8,2	957	267	72
9	7,5	8,1	1056	56	95
10	6,8	7,8	763	613	20
11	7,8	7,8	1078	816	24
12	9,9	7,8	980	444	55
13	7,8	7,6	999	333	67
14	7,6	7,6	966	305	68
15	9,8	7,9	1050	280	73
16	8,3	7,7	335	335	76
17	7,3	7,5	1788	450	75
18	5,3	7,3	2568	610	76
\bar{x}	7,5	7,8	1177	367	66,7

For 1—4 see Table 1.

1177 mg.l⁻¹. V dôsledku vysokého zafaženia sa dosahoval na 1. stupni priemer-
ný čistiaci efekt 57 % a po 2. stupni celkový priemerný efekt 67 %. Uvedené
čistiace efekty nie sú dostačujúce a hodnoty zvyškového znečistenia (okolo
340 mg CHSK [1]) sú neprijateľné pre vypúšťanie takto vyčistených vôd do
recipientu.

Okrem nedostatočného vyčistenia sa pri prevádzkovaní modelu aktivácie
vyskytoval vlákňitý kal (najmä v 1. stupni) charakterizovaný veľmi vysokými
hodnotami kalového indexu (KI), t. j. veľkým objemom kalu pri nízkej hodnote
jeho koncentrácie. Hodnota KI normálneho, zdravého kalu sa má pohybovať
okolo hodnoty 100, kým naše zistenia túto hodnotu niekoľkokrát prekročovali.
Tento jav sme na základe poznatkov z literatúry pripisovali kolísavému zlože-
niu a pH odpadovej vody vstupujúcej do aktivačného procesu.

pH v procese aktivácie po prvom i druhom aktivačnom stupni sa posúvalo
do alkalickkej oblasti, výraznejšie po jednostupňovej aktivácii.

Pre daný typ odpadovej vody a jej znečistenie možno pri celkovom hodnotení
aktivačného čistenia na základe výsledkov modelovania konštatovať, že pri
vysokom zafažení je jednostupňová a dvojstupňová aktivácia nepostačujúca.

V ďalšej etape modelovania sme sa na základe predchádzajúcich zistení za-

merali na kombinovanie anaeróbného procesu čistenia s aktivačným spôsobom. Výsledky tohto usporiadania sú v tabuľke 3. Priemerné CHSK vstupujúcej vody bolo 1060 mg.l⁻¹. Po anaeróbnom stupni bolo CHSK 833 mg.l⁻¹. Efekt čistenia po 1. aktivačnom stupni bol 70,8 %, čo je v porovnaní s aktiváciou bez tejto predúpravy o 13 % viac. Podobne aj celkový efekt čistenia sa zvýšil na 81 %.

Aj keď sa predradenie anaeróbnjej nádrže prejavilo čiastočným zvýšením čistiaceho efektu a znížením zvyškového znečistenia na 177 mg.l⁻¹, nie je tento účinok na celkové čistenie a efekt dostačujúci. Ani problém napúčania kalu

Tabuľka 3. Výsledky anaeróbného spracovania v kombinácii s dvojestupňovou aktiváciou
Table 3. The results of anaerobic processing in combination with the two-stage activation

Č.1	pH		CHSK ² [mg.l ⁻¹]		E [%]
	vstup ³	výstup ⁴	vstup ³	výstup ⁴	
1	7,3	7,9	1405	415	71
2	8,9	8,2	1402	344	75
3	7,0	7,9	1504	215	86
4	9,9	8,2	1504	10,5	99
5	8,6	8,2	995	52	95
6	10,2	8,5	513	31	94
7	6,9	8,2	367	200	46
8	7,0	7,9	790	151	81
\bar{x}	8,2	8,1	1060	177	81

For 1—4 see Table 1.

sa týmto zásahom neodstránil, naopak, v tomto usporiadaní bol rozvoj vláknitých baktérií taký výrazný a s tým súvisiace napúčanie kalu také rozsiahle, že nebolo možné stanoviť hodnoty kalového indexu. Aj prevádzkovanie aktivačnej nádrže za takýchto podmienok bolo veľmi obťažné.

Problém vláknitého kalu sa často vyskytuje pri čistení pivovarských odpadových vôd a pripisuje sa vplyvu viacerých faktorov [4], z ktorých pokladáme za najaktuálnejšie nárazové vplyvy vysokého pH a veľkého organického znečistenia. Na potlačenie výskytu vláknitého kalu sme odskúšali niekoľko opatrení: zvýšenie prietoku vzduchu, zvýšenie recirkulácie kalu, oddelenie regenerácie kalu, dávkovanie aminokyselín do odpadovej vody, pridávanie koagulantu (Fe²⁺) a i. Ani jedno z týchto opatrení nebolo v takom rozsahu a trvalo účinné, aby umožňovalo bezproblémové prevádzkovanie aktivácie [5]. Na tomto mieste treba poznamenať, že sme pracovali s modelom aktivácie pri ideálnom zmiešavaní, čo je modifikácia podporujúca vznik vláknitého kalu. Pri použití iných modifikácií aktivácie, napr. postupné zafažovanie, nemusí byť tento problém

natolko výrazný. Ako jediné účinné opatrenie sa osvedčilo zníženie látkového zaťaženia predradením biofiltra a zvýšením času zdržania v aktivačnej nádrži pri súčasnej úprave pomeru živín. Modelovanie kombinácie nízko zaťažovanej aktivácie a biologického nárastového reaktora bolo predmetom výskumu v ďalšej etape a o jeho výsledkoch budeme referovať v ďalších prácach.

Záver

Na základe výsledkov laboratórneho modelovania čistenia odpadových vôd pivovaru Vyhne aplikáciou technológie vysoko zaťažovanej a dvojstupňovej aktivácie možno konštatovať, že tento spôsob biologického čistenia nie je pre dané odpadové vody vhodný. Nedosiahli sa požadované čistiace efekty a hodnoty zvyškového znečistenia odpadovej vody z hľadiska povoleného vypúšťania vôd do recipientu. Sústavne sa vyskytoval spontánny rozvoj vláknitých baktérií, ktoré spôsobovali napučiavanie aktivačného kalu a sťažovali prevádzku modelového zariadenia.

Predradením anaeróbného stupňa sa zvýšili čistiace efekty v priemere o 10 %, neodstránil sa však problém vláknitého kalu a hodnota zvyškového znečistenia bola ešte pomerne vysoká.

Literatúra

1. SUHAJ, M. — KRKOŠKOVÁ, B., *Prům. Potravin.*, 34, 1983, č. 4, s. 213.
2. HOFFMAN, P. a kol.: *Jednotní analytické metody rozborů vod*. Praha, SNTL 1965.
3. PITTER, P. a kol.: *Návody ke evičením z technologie vody*. Praha, SNTL — Bratislava, Alfa 1983.
4. SASAHARA, T.: *Treatment technology of brewery effluent*. In: *European Brewery Convention. Proceedings of the 16th Congress, Amsterdam, 1977*.
5. KRKOŠKOVÁ, B. — SUHAJ, M. — EGED, Š., *Čistenie odpadových vôd pivovarov. Výskumná správa*. Bratislava, Výskumný ústav potravinársky 1984.

Модельная очистка пивоваренных сточных вод

Резюме

На лабораторной установке проводилось моделирование активационного способа очистки сточных вод пивоваренного завода Выхне. Применялась технология высоко- и средненагружаемой одно- и двухступенчатой биологической очистки активным илом.

Применяемая модификация активационного процесса оказалась в лабораторных условиях слабо действенной и систематически возникала проблема набухания активного ила. Включением анаэробной степени перед биологическую очистку активным илом повысилась эффективность очистки на 10%, но проблема набухания ила не была устранена.

Model treatment of brewery waste waters

Summary

The activation mode of waste water treatment on laboratory equipment has been modelled in Vyhne brewery. The technology of high-loaded and medium-loaded one- and two-stage activations was applied. The applied modification of activation process proved to be quite inefficient under laboratory conditions and the problem of activation sludge swelling was permanently present. By anaerobic pretreatment the treatment efficiency increased by 10%, though the problem of sludge swelling has not been solved.