

## Regenerácia kalu pri modelovaní čistenia odpadových vôd z mraziarenského priemyslu

VLADIMÍR HLAVAČKA — VLADIMÍR BUREŠ

Súhrn. Príspevok opisuje dva spôsoby modelového čistenia mraziarenských odpadových vôd aktiváciou. Jednou z možností selekcie biocenózy aktivovaného kalu k zoogelálnym druhom je zabezpečenie koncentračného gradientu napr. aktiváciou s postupným tokom. Inou možnosťou potlačania vlákňitého napučievania kalu je zaradenie oddelenej regenerácie kalu, pričom kal opätovne získava sorpčno-akumulačnú schopnosť. Zrealizovalo sa spojenie oboch systémov — selektora a regenerátora — do jedného modelu, sledovala sa kvalita odtoku a kalu. Vypestovaný kal mal výborné aglomeračné schopnosti, kvalita odtoku sa výrazne zlepšila.

Produkcia odpadových vôd v závodoch mraziarenského priemyslu závisí od spracovateľského obdobia, smennosti, množstva a kvality suroviny (závislého od úrody), ale aj od úrovne technológie a technologickkej disciplíny. Ich množstvo a znečistenie kolíše nielen počas roka, ale aj počas jednotlivých dní

Tabuľka 1. Zloženie mraziarenských odpadových vôd [mg.l<sup>-1</sup>] [1]  
Table 1. Composition of freezing industry waste waters [mg l<sup>-1</sup>] [1]

Surovina <sup>1</sup>	Špenát <sup>2</sup>	Hrášok <sup>3</sup>	Drž. polievka <sup>4</sup>	Priemer <sup>5</sup>
ChSK pôvod. <sup>6</sup>	160—1500	480—1050	1170—13200	130—11000
BSK pôvod. <sup>7</sup>	90—400	240—760	480—3300	140—4400
rozp. l. suš. <sup>8</sup>	850—3900	1080—1600	1000—2900	180—19600
rozp. l. žih. <sup>9</sup>	145—1350	460—600	300—770	75—13800
nerozp. l. suš. <sup>10</sup>	45—10300	60—1750	170—745	160—4120
nerozp. l. žih. <sup>11</sup>	5—2200	6—1350	25—285	20—850
ortofosf. P <sup>12</sup>	0—25	0,2—0,9	0—25	0—2,5
celkový N <sup>13</sup>	14—40	50—120	15—440	4—55
pH	5—10,2	6,4—7,1	3,5—8,6	4,5—10,2

<sup>1</sup>Raw material; <sup>2</sup>Spinach; <sup>3</sup>Pea; <sup>4</sup>Tripe soup; <sup>5</sup>Average; <sup>6</sup>COD orig.; <sup>7</sup>BOD<sup>5</sup> orig.; <sup>8</sup>Dissolved substances dried; <sup>9</sup>Soluble ash content; <sup>10</sup>Insoluble substances dried; <sup>11</sup>Insoluble ash content; <sup>12</sup>Orthophos. P, <sup>13</sup>Total N.

Ing. Vladimír Hlavačka, Vladimír Bureš, Výskumný ústav LIKO, Miletičova 23, 824 62 Bratislava.

a smien. Tieto vody obsahujú výlučne látky ľahko odbúrateľné, prevažne glycidickej povahy, s podielom lipidov, proteínov a minerálnych solí. Ich zloženie závisí aj od druhu spracúvanej suroviny (tab. 1).

Práve vyšší obsah glycidov, lipidov (teda podstatných zložiek tohto typu odpadových vôd), sýry, nízke pH a nutričná nevyváženosť (nedostatok fosforu alebo dusíka) vyvoláva problémy pri ich aeróbnom čistení aktiváciou. Požadovaná účinnosť aktivácie závisí od prietoku a stupňa znečistenia recipientu, do ktorého vyčistená voda vyteká.

### Vláknenie aktivovaného kalu — regenerácia kalu

Účinok čistenia aktiváciou nad 90 % sa dosiahne najmä pri koncentrovanejších odpadových vodách aj pri vyššom objemovom zaťažení, pokiaľ sa zaťaženie kalu udržiava v rozmedzí 0,5 až 1 kg.kg<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>. To však predpokladá udržiavať vysokú koncentráciu kalu (4—6 kg.m<sup>-3</sup>), čo si vyžaduje veľký recirkulačný pomer a čo robí problémy najmä pri kale s vysokým kalovým indexom KI [2]. Jeho príčinou je zlá sedimentovateľnosť kalu vzhľadom na nízke usadzovacie rýchlosti. Ide predovšetkým o tzv. napučíavanie aktivovaného kalu [3].

Nevláknité napučíavanie kalu (zoogleálne) nie je v praxi časté a ani problematické. Horšie a nežiadúce je vláknité napučíavanie kalu, vyvolávané nadmerným rastom morfológieky veľmi rozmanitých typov vláknitých mikroorganizmov v aktivovanom kale. Faktory vyvolávajúce a ovplyvňujúce vláknenie kalu sú najmä: zloženie odpadovej vody, technologické parametre aktivácie a koncentrácie rozpusteného kyslíka a využiteľného substrátu. Z technologických parametrov aktivácie je tu najdôležitejší vek kalu a zaťaženie kalu. Pri danej koncentrácii odpadovej vody a dobe zdržania v aktivačnej nádrži sa zmeny zaťaženia kalu dosahujú zmenou podielu odstraňovaného prebytočného kalu, t. j. vekom kalu. Z hľadiska účinnosti čistenia však nie je žiadúce zvyšovať vek kalu nad hodnotu nevyhnutnú na dosiahnutie potrebného čistiaceho efektu. Ďalšie zvyšovanie veku kalu sa už nemôže prejavovať zvýšením účinnosti, lebo odtok obsahuje už iba tzv. rovnovážnu koncentráciu organických látok a nerozpustného podielu [4].

Ďalším faktorom ovplyvňujúcim vláknenie kalu je nízka koncentrácia rozpusteného kyslíka (pod 0,2 mg.l<sup>-1</sup>). Vláknité mikroorganizmy totiž pri nižšej aktuálnej koncentrácii O<sub>2</sub> majú vyššie rastové rýchlosti ako vložkovité a zoogleálne. Tu sú možnosti aerácie čistým kyslíkom, resp. aplikácia vežovej alebo šachtovej aktivácie, v ktorých sa dosahuje vyššia rozpustnosť kyslíka. U nás sa zatiaľ tieto spôsoby nepoužívajú [3].

Hádám najväčší vplyv na vlákňité napučíavanie kalu má nízka aktuálna koncentrácia substrátu v odpadovej vode, pretože tá priamo ovplyvňuje rastovú rýchlosť mikroorganizmov. Závislosť rastovej rýchlosti od koncentrácie substrátu udáva napríklad Monodova rovnica

$$\mu = \mu_{\max} \left( \frac{S}{K_s + S} \right)$$

kde  $\mu$  je špecifická rýchlosť rastu [ $T^{-1}$ ],  $\mu_{\max}$  — maximálna rýchlosť rastu [ $T^{-1}$ ],  $S$  — koncentrácia substrátu [ $M_i \cdot L^{-3}$ ],  $K_s$  — polrýchlostná konštanta

t. j. koncentrácia substrátu, pri ktorej  $\mu = \frac{\mu_{\max}}{2}$  [ $M_i \cdot L^{-3}$ ].

Možno povedať, že najmä pri potravinárskych odpadových vodách zmiešavacia aktivácia podporuje vláknenie kalu, kým aktivačné systémy s koncentračným spádom substrátu (koridorové s prepážkami alebo selektorové) ho potláčajú. Inými slovami zmiešavacie systémy s vysokým disperzným číslom preferujú rast vlákňitých mikroorganizmov, kým systémy s nízkymi hodnotami disperzného čísla, t. j. s malým pozdĺžnym premiešavaním ich rast potláčajú [5].

Ak na potláčanie vláknenia nechceme z viacerých dôvodov aplikovať dávkovanie chemických činidiel (chlór, peroxid vodíka, železité soli, vápno), jednou z možností získania aktivovaného kalu s nízkym KI je použitie už spomínaného čistého  $O_2$  ako aeračného média (v koncentrácii 10—16 mg.l<sup>-1</sup>). Ďalšou možnosťou je umelé zvýšenie koncentrácie substrátu v prvej časti aktivácie zaradením tzv. selektoru (dochádza v ňom k prirodzenej selekcii nevlákňitých mikroorganizmov) a predradením regeneračnej nádrže. Klesne podiel pomaly rastúcich (teda aj vlákňitých) mikroorganizmov, čím sa zlepšia sedimentačné vlastnosti zmesnej kultúry kalu, a teda klesne aj KI [3, 6, 7]. Zafaženie kalu celého systému podľa BSK<sub>5</sub> by ale nemalo prekročiť 0,3 kg.kg<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>. Pri nižšom zafažení príde k úplnej oxidácii zásobných látok vytvorených v selektore, a tým k dokonalej regenerácii kalu [3].

V selektore sa využíva princíp, že pre jeden druh substrátu dosahujú rôzne mikroorganizmy rôznu rýchlosť využívania substrátu, a tým aj rôznu rastovú rýchlosť podľa svojich charakteristík  $\mu_{\max}$  a  $K_s$ . Pre rýchlosť odstraňovania substrátu platí diferenciálna rovnica vychádzajúca z Monodovho zákona rastu mikroorganizmov,

$$\frac{dS}{dt} = -\mu_{\max} \cdot \frac{X}{Y} \cdot \frac{S}{K_s + S},$$

kde  $t$  je čas (T),  $X$  — koncentrácia biomasy [ $M \cdot L^{-3}$ ],  $Y$  — koeficient produkcie biomasy [ $M_x \cdot M^{-1}$ ], definovaný ako  $-dX/dS$ .

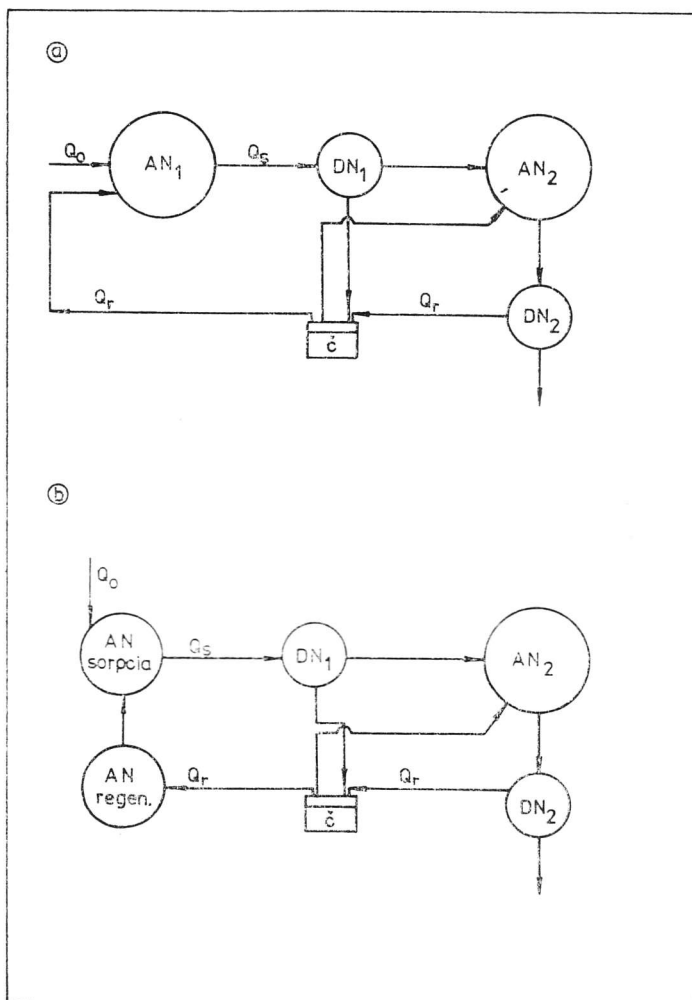
Pri vyšších koncentráciách substrátu je rastová rýchlosť najmä funkciou  $\mu_{\max}$  a menej  $K_s$  a naopak, pri nižších koncentráciách substrátu je hlavne funkciou  $K_s$  a menej  $\mu_{\max}$ . Koncentráciu substrátu v aktivácii možno ovplyvniť aj konštrukciou nádrže. V systémoch, kde biomasa rastie prevažne pri vyšších koncentráciách substrátu, dochádza k potláčaniu rastu vláknitých mikroorganizmov (najmä baktérií rodu *Sphaerotillus* a bezfarebných siníc rodu *Leucothrix*) [4].

Pri selekcii mikroorganizmov sa využíva aj schopnosť niektorých druhov akumulovať substrát (najmä sacharidy) z odpadovej vody. Akumulačná kapacita je jedným z regulátorov populačnej dynamiky heterogénnej kultúry aktivovaného kalu. Kultúra vykazujúca akumulačnú kapacitu je dobre aglomerovaná, vytvára flokulujúci nevláknitý kal s nízkymi hodnotami KI. Vláknitý kal akumulačnú kapacitu proti sacharidom nevykazuje. Napr. *Sphaerotillus* vytvára zásobný produkt typu poly- $\beta$ -hydroxymaslovej kyseliny.

Akumulačná kapacita je funkciou veku kalu. Vykazuje výrazné maximum pri veku 6 až 10 dní, mimo tohto rozmedzia výrazne klesá, smerom k mladšiemu kalu strmšie. K nasýteniu akumulačnej kapacity dochádza v aktivačnej nádrži — kontaktore (niekedy nazývanom sorpčný člen). Po jej nasýtení musí byť zaradený proces, v ktorom príde k vyčerpaniu naakumulovaného endogénneho substrátu, t. j. k regenerácii akumulačnej kapacity. Strieda sa kontakt aktivovaného kalu s exogénnym substrátom a regenerácia, t. j. využívanie naakumulovanej zásoby endogénneho substrátu na krytie energetickej potreby a sčasti aj na syntézu. Táto tzv. kontaktná stabilizácia alebo aktivácia s oddelenou regeneráciou kalu predpokladá, že organické látky z odpadovej vody sa odstraňujú prevažne sorpciou na aktivovaný kal. Ide najmä o suspenďované a koloidné látky, kým rozpustné (väčšinou nízkomolekulárne) látky sa odstraňujú enzymaticky (permeázovým komplexom). Sčasti sú oxidované a sčasti syntetizované na zásobné látky a protoplazmu. V sorpčnej fáze (v kontaktore) sú organické látky sorbované na vločky a do vločiek aktivovaného kalu, a až potom sú oxidované. Pritom karbonizačná fáza (oxidácia  $C_{\text{org}}$ ) predbieha nitrifikačnú fázu (oxidáciu N). Cieľom aktivácie s oddelenou regeneráciou kalu je oddelenie sorpcie od fázy oxidácie. Vracaný kal z dosadzovacej nádrže je vedený do regeneračnej nádrže, kde je prevzdušňovaný. Dochádza k vyčerpaniu zásobných látok, čím sa obnovuje akumulačná kapacita mikroorganizmov a sorpčná schopnosť; zregenerovaný kal je „vyhľadávaný“, vedie sa do aktivačnej nádrže, kde opätovne sorbuje organické zložky substrátu z odpadovej vody [2]. Tento spôsob regenerácie kalu možno použiť pre zmiešavaciu aktiváciu i pre aktiváciu s postupným tokom, t. j. pre aktiváciu s koncentračným gradientom substrátu pozdĺž nádrže.

## Modelovanie aktivácie oddelenou s regeneráciou kalu

Roku 1984 sa v koordinácii VÚ potravinárskeho Bratislava vo VÚ LIKO riešila čiastková štátna výskumná úloha Modelový výskum čistenia odpadových vôd z mraziarenského priemyslu. V rámci úlohy bolo modelované čistenie týchto odpadových vôd aktiváciou. Modelovanie aktivácie bežalo 190 dní (od



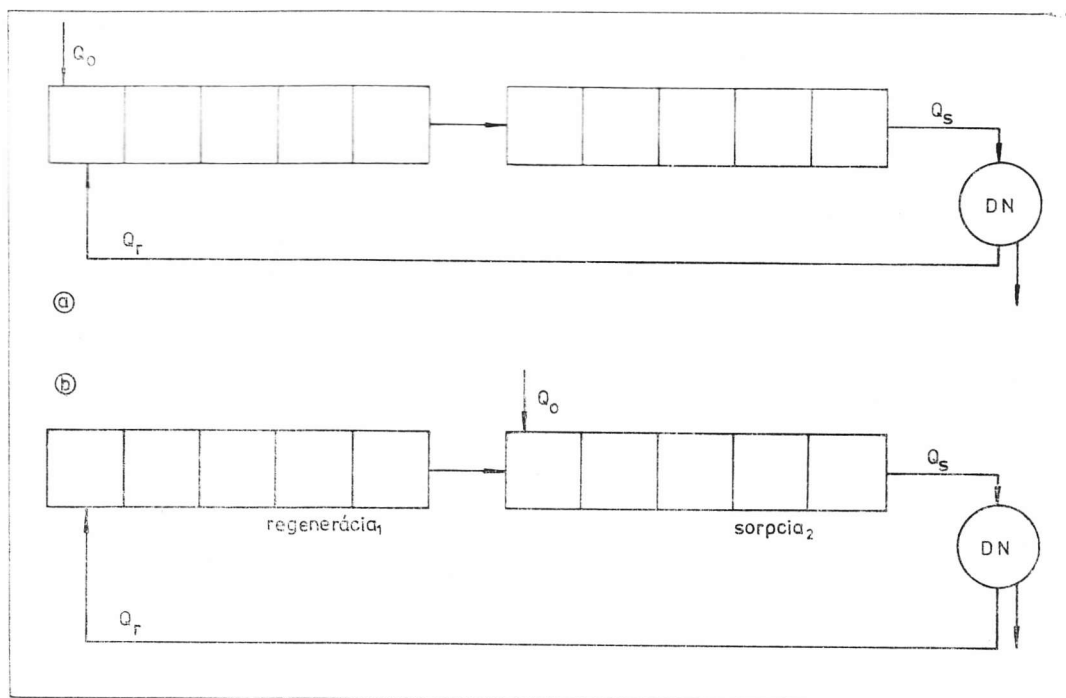
Obr. 1. a — schéma modelovanej dvojstupňovej zmiešavacej aktivácie, b — schéma modelovanej dvojstupňovej zmiešavacej aktivácie s regeneráciou kalu v I. stupni.

Fig. 1. a — diagram of the modelled two-stage continuous flow stirred activated sludge process (SP), b — diagram of the modelled two-stage SP with sludge regeneration in the 1st stage.

ukončenia 35-dňovej adaptácie kalu), z toho 84 dní s oddelenou regeneráciou kalu. Boli modelované 2 technologické modifikácie — dvojstupňová zmiešavacia aktivácia (ZA) a aktivácia s postupným tokom (AsPT). Objem I. stupňa ZA bol 10—15 l a II. st. ZA 10—20 l. AsPT tvorí kaskáda 10 nádob po 1 litri (hydraulicky uzatvorený systém). Z hodnoty disperzného čísla  $D/uL = 0,115$  vidieť, že model AsPT má určitú disperziu a dochádza v ňom k čiastočnému pozdĺžnemu miešaniu. Po zavedení regenerácie kalu mal sorpčný člen I. st. ZA 50 % objemu a regenerátor tiež 50 % (po 9 l), pri AsPT po 5 nádob (5 l). Schémy oboch aktivácií sú na obrázkoch 1 a 2.

Na modelovanie sa dávkovala odpadová voda zo závodu Mraziareň Nitra. Odoberala sa proporcionálne podľa bežiackej výroby, uskladňovala sa v chladničke. Na model sa dávkoval podiel zbavený sedimentu a vyplavenej vrstvy (väčšinou tuk). Obidve aktivácie mali prítok zo spoločného zásobníka.

Modelovanie aktivácie malo za cieľ posúdiť, za akých podmienok sa dá do-



Obr. 2. a — schéma modelovanej aktivácie s postupným tokom, (10 sekcí à 1 l), b — schéma modelovanej aktivácie s postupným tokom s regeneráciou kalu v 5 sekcích (à 1 l)

Fig. 2. a — Diagram of the modelled activation with plug flow-activated sludge process (10 sections per 1 l), b — diagram of the modelled activation with the plug flow and sludge regeneration in 5 sections (per 1 l). <sup>1</sup>Regeneration; <sup>2</sup>Sorption.

siahnuť limit závodu Mraziareň Nitra pre zvyškové znečistenie povolené pre vypúšťanie do recipienta. Parametre modelovanej aktivácie udáva tabuľka 2. Rozptyl v dobách zdržania spôsobuje snaha o udržanie zaťaženia. Pre obidva modely sa zabezpečila dostatočná potreba vzduchu (objemová intenzita aerácie  $I_V$  do  $7 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ .)

Obrázok 3 sleduje hodnoty ChSK v odtoku a prítoku AsPT počas modelovania. Na uľahčenie orientácie sú na ňom vyznačené zmeny v dobe zdržania, ako aj zmeny v druhu odpadovej vody zo spracovania rôznych surovín. Vyznačená hodnota ChSK  $128 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  predstavuje limit povolený OLVH ONV Nitra pre závod Mraziareň.

Obrázok 4a sleduje hodnoty ChSK v odtoku z I. a II. stupňa ZA počas modelovania. Má vyznačené aj zmeny v dobách zdržania a limit ChSK. Prítok do ZA bol rovnaký ako do AsPT (druh vody). Obrázok 4b sleduje priebeh pH prítoku a odtoku oboch modelovaných aktivácií s vyznačeným limitom pH 9.

Priebeh prítoku a odtoku v hodnotách BSK<sub>5</sub> v AsPT uvádza obrázok 5, pre odtok z I. a II. st. ZA obrázok 6 (prítok totožný s AsPT). Samozrejme, doba zdržania a druh odpadovej vody je totožný ako pri sledovaní ChSK. Limit pre hodnotu BSK<sub>5</sub> je  $34 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Na obrázkoch je vyznačený 107. deň modelo-

Tabuľka 2. Parametre modelovanej aktivácie odpadových vôd z mraziarene  
Table 2. Parameters of modelled activation of the wastewater from a freezing plant

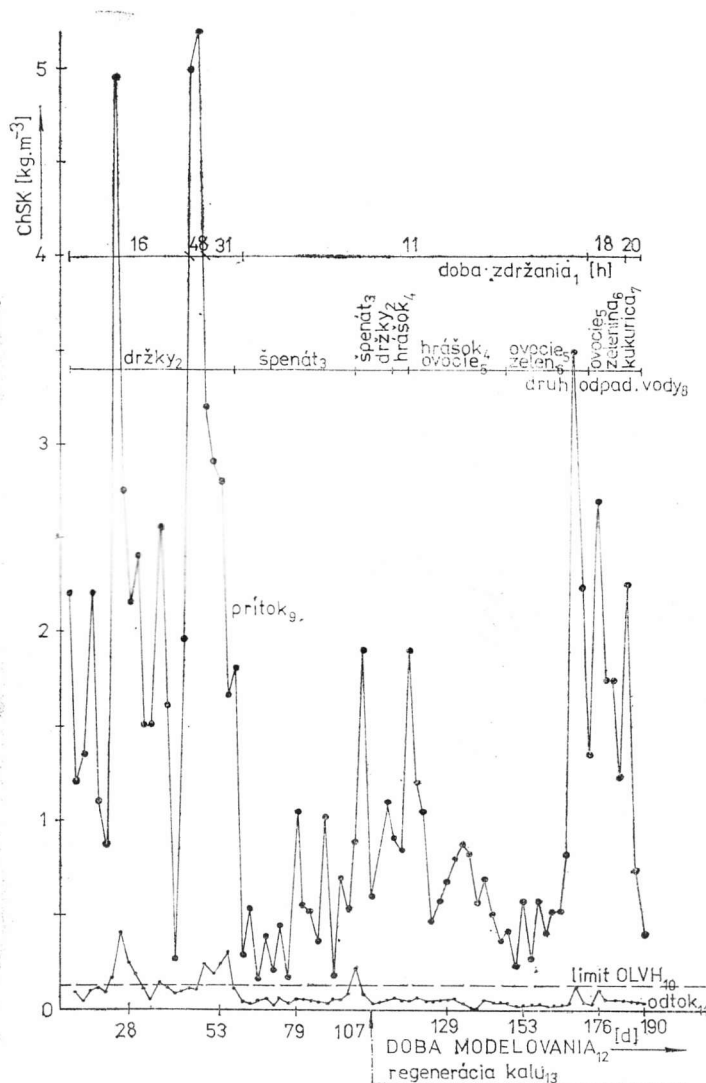
Parameter <sup>1</sup>	I. stupeň ZA <sup>2</sup>	II. stupeň ZA <sup>3</sup>	AsPT <sup>4</sup>
vek kalu $\Theta_x$ <sup>5</sup> [d]	9	30	5
doba zdržania <sup>6</sup> [h]	11,5—48	8—96	10,5—48
recirk. pomer $R$ <sup>7</sup>	1	1	1
obj. zaťaženie v ChSK <sup>8</sup> [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ ]	0,22—9,9	0,02—0,64	0,22—8,0
obj. zaťaženie v BSK <sub>5</sub> <sup>9</sup> [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ ]	0,16—6,6	0,003—0,345	0,11—4,95
zaťaž. kalu v BSK <sub>5</sub> <sup>10</sup> [ $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ]	0,14—1,73	0,002—0,88	0,01—0,88
účinnosť čistenia $E$ <sup>11</sup> (% ChSK)	66,7—99,1 Ø 86,8	26,3—99,1 Ø 39,0	62,5—99,8 Ø 90,6
účinnosť čistenia $E$ <sup>12</sup> (% BSK <sub>5</sub> )	76,9—99,5 Ø 94,7	36,1—98,6 Ø 91,9	89,3—99,9 Ø 96,2
celková účinnosť $E$ <sup>13</sup> (% ChSK)	62,5—99,9	Ø 92,7	—
celková účinnosť $E$ <sup>14</sup> (% BSK <sub>5</sub> )	89,2—99,5	Ø 96,9	—

<sup>1</sup>Parameter; <sup>2</sup>Ist stage of continuous flow-stirred activated sludge process (SP); <sup>3</sup>IIInd stage of SP;

<sup>4</sup>Plug flow-activated sludge process (PF); <sup>5</sup>Sludge age  $\Theta_x$ ; <sup>6</sup>Retention time; <sup>7</sup>Recirculation relation  $R$ ; <sup>8</sup>Volume load in COD; <sup>9</sup>Volume load in BOD<sub>5</sub>; <sup>10</sup>Sludge load in BOD<sub>5</sub>; <sup>11</sup>Purification efficiency of  $E$  (% COD); <sup>12</sup>Purification efficiency of  $E$  (% BOD<sub>5</sub>); <sup>13</sup>Total efficiency of  $E$  (% COD);

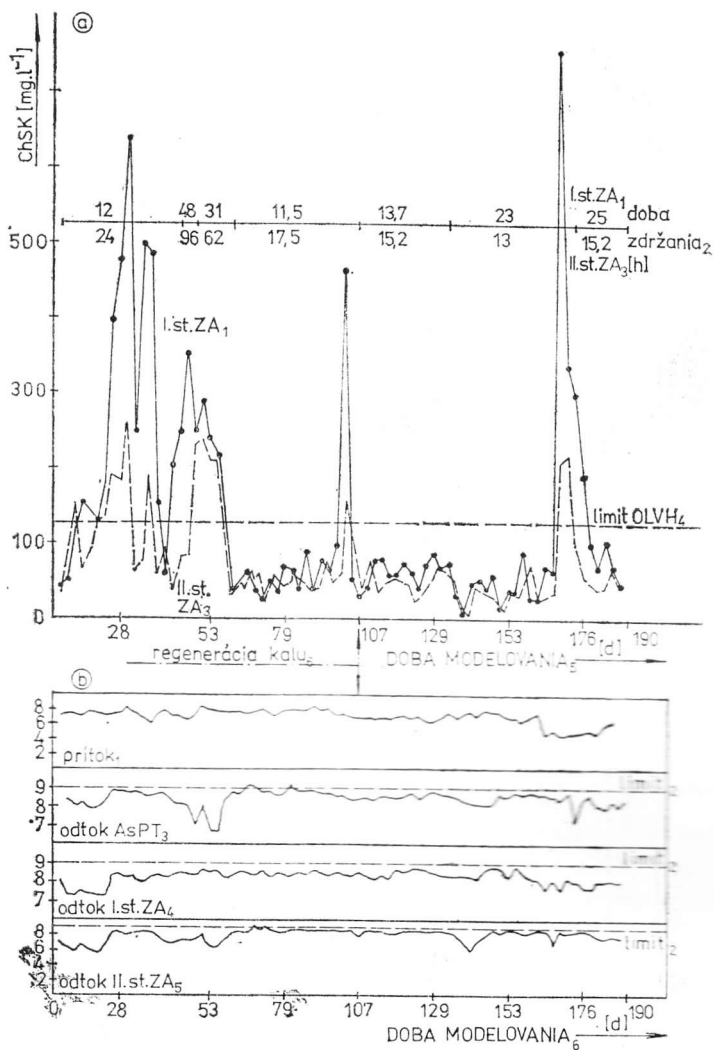
<sup>14</sup>Total efficiency of  $E$  (% BOD<sub>5</sub>).

vania aktivácie, keď boli oba systémy upravené na oddelenú regeneráciu kalu v AsPT, resp. po I. stupni ZA.



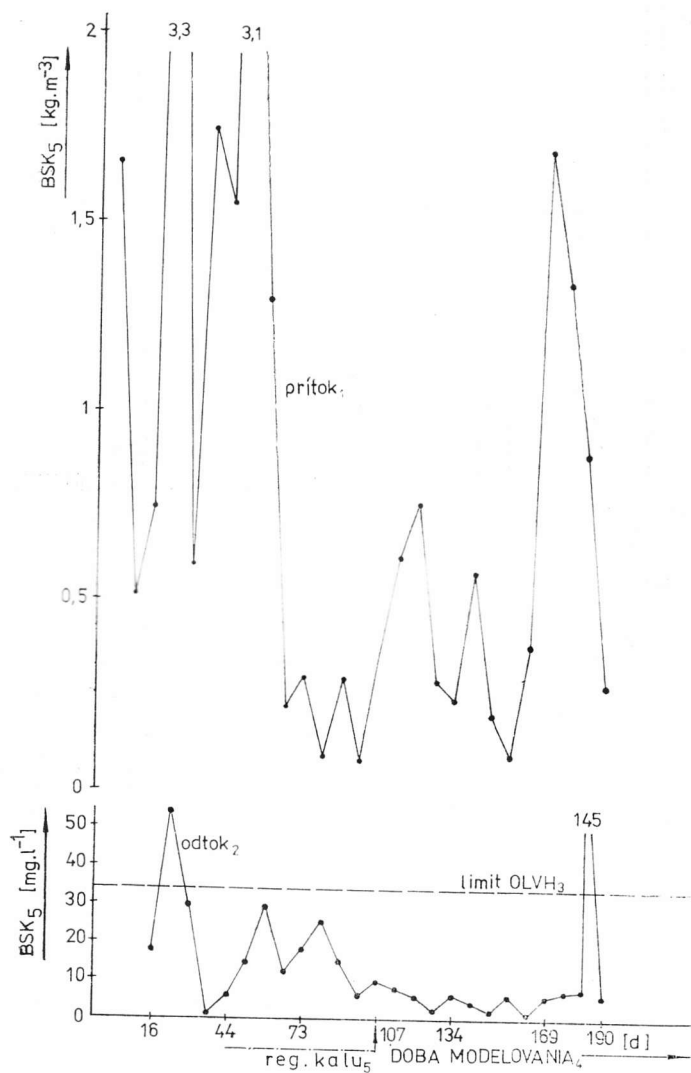
Obr. 3. Priebeh ChSK prítoku a odtoku z AsPT počas modelovania čistenia odpadových vôd z Mraziarne Nitra (prítok — homogenizované vzorky, odtok — filtrované vzorky).  
 Fig. 3. The course of the COD of inlet and outlet from the activation with plug flow during modelling the waste waters purification from the Freezing Plant Nitra (inlet — homogenized samples, outlet — filtered samples).  
<sup>1</sup>Retention time; <sup>2</sup>Trip; <sup>3</sup>Spinach; <sup>4</sup>Pea; <sup>5</sup>Fruit; <sup>6</sup>Vegetable; <sup>7</sup>Maize; <sup>8</sup>Sort of waste waters; <sup>9</sup>Inlet; <sup>10</sup>Official limit; <sup>11</sup>Outlet; <sup>12</sup>Modelling time; <sup>13</sup>With sludge regulation.





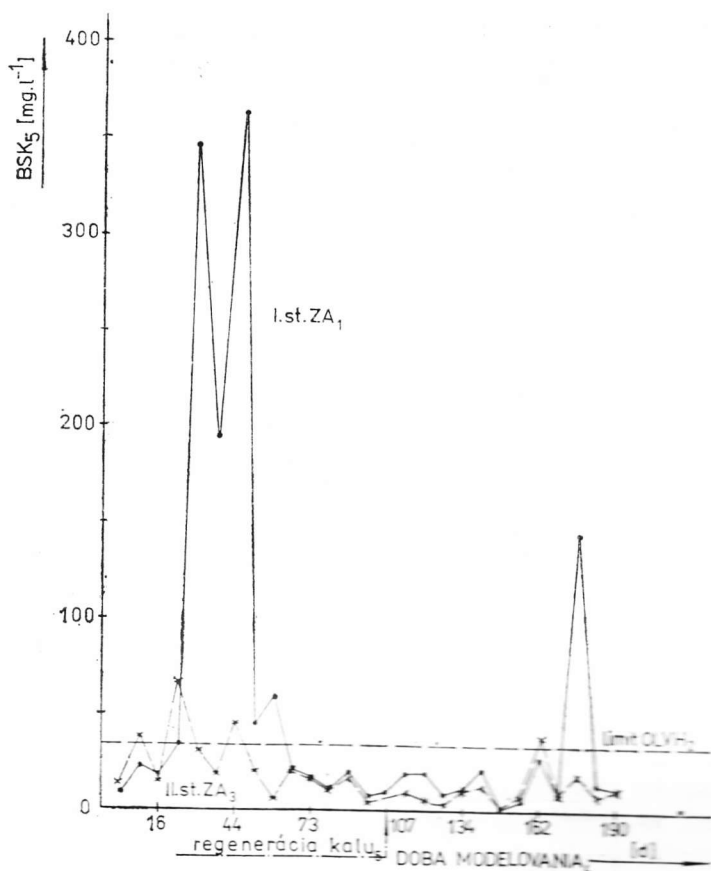
Obr. 4. a — hodnoty ChSK v odtoku I. a II. stupňa zmiešavacej aktivácie modelu čistenia odpadových vôd z Nitry (filtrované vzorky) (prítok ako AsPT), b — priebeh pH prítoku a odtokov z modelov aktivácie.

Fig. 4. a — The values of COD in outlet of the Ist and the IIInd stage of the stirred process (SP) in the model of waste waters purification from Nitra (filtered samples) (inlet — as the plug flow-activated sludge process (PF)). <sup>1</sup>Ist stage of SP; <sup>2</sup>Retention time; <sup>3</sup>IIInd stage of SP; <sup>4</sup>Official limit; <sup>5</sup>Modelling time. b — The course of pH in inlet and outlets from the activation models. <sup>1</sup>Inlet; <sup>2</sup>Official limit; <sup>3</sup>PF outlet; <sup>4</sup>Outlet of the Ist stage of SP; <sup>5</sup>Outlet of the IIInd stage of SP; <sup>6</sup>Modelling time.



Obr. 5. Priebeh  $BSK_5$  prítoku a odtoku AsPT (prítok — homogenizované vzorky, odtok — filtrované vzorky).

Fig. 5. The course of  $BOD_5$  in inlet and outlet from the plug flow (inlet — homogenized samples, outlet — filtered samples). <sup>1</sup>Inlet; <sup>2</sup>Plug flow-activated sludge process outlet; <sup>3</sup>Official limit; <sup>4</sup>Modelling time; <sup>5</sup> $BOD_5$ .



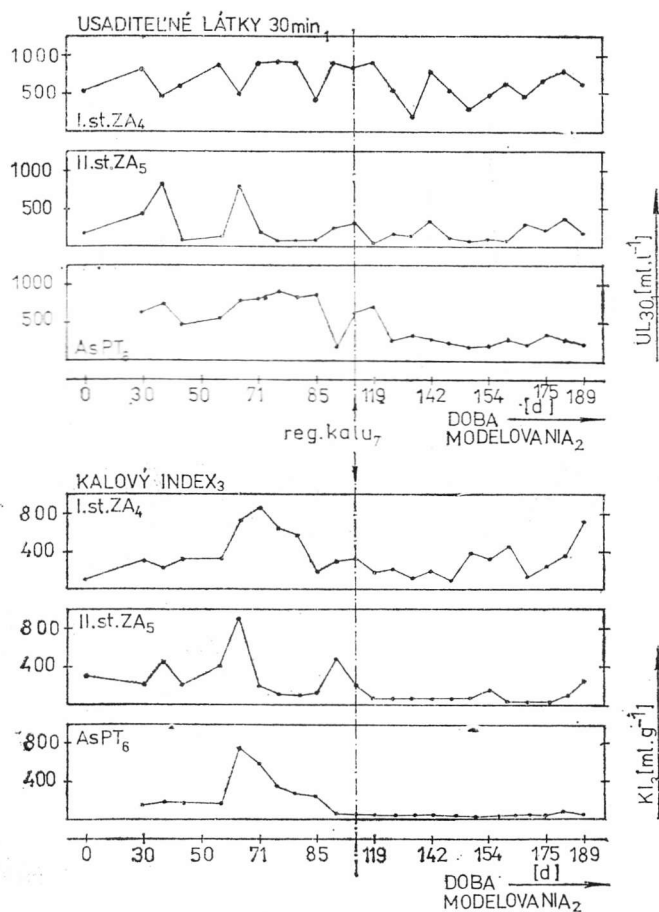
Obr. 6. Hodnoty  $BSK_5$  na odtoku z I. a II. stupňa zmiešavacej aktivácie (filtrované vzorky), prítok — ako do AsPT.

Fig. 6. The values of  $BOD_5$  in outlet of the Ist and the IIInd stage of SP (filtered samples), inlet — as into PF. <sup>1</sup>Ist stage of SP; <sup>2</sup>IIInd stage of SP; <sup>3</sup>Official limit; <sup>4</sup>With sludge regeneration; <sup>5</sup>Modelling time; <sup>6</sup> $BOD_5$ .

## Výsledky a diskusia

Modelované biologické čistenie odpadovej vody z mraziarenskej výroby bolo charakterizované neustále sa meniacim prítokom (skutočná voda zo závodu). Preto nebolo možné dosiahnuť ustálený stav modelov. Neustálený stav modelov a zmena technologických parametrov (najmä zaťaženia kalu) má za dôsledok zmenu aktivity kalu, predovšetkým jeho fyziologickú prestavbu. Tá spolu so zmenou chemického zloženia substrátu (vyvoláva genetickú prestavbu

v kale) má za dôsledok zvýšenie spotreby energie na prestavbu biocenózy a zníženie celkovej efektívnosti procesu. Adaptácia kalu je vždy špecifická podľa druhu substrátu a kalu [8]. Z toho vyplýva, že výkyvy v látkovom zaťažení by mali byť čo najmenšie. V praxi to možno dosiahnuť iba vyrovnaním kvality vody a rovnomerným zaťažovaním aktivácie. Uvedeným ťažkosťami sa pri čistení odpadových vôd z potravinárskych výrobní, a teda aj z mraziarenských, nemožno celkom vyhnúť.



Obr. 7. Kontrola aktivačných zmesí a aktivovaného kalu z I. a II. stupňa zmiešavacej aktivácie a aktivácie s postupným tokom (RK — s regeneráciou kalu).

Fig. 7. The control of activation mixtures and activated sludge from the I<sup>st</sup> and the II<sup>nd</sup> stage of SP and PF. <sup>1</sup>Sedimented materials after 30 min (UL<sub>30</sub>); <sup>2</sup>Modelling time; <sup>3</sup>Sludge index; <sup>4</sup>The I<sup>st</sup> stage of SP; <sup>5</sup>The second stage of SP; <sup>6</sup>Activation with plug flow-activated sludge process.

Kedže odpadové vody mraziarenského priemyslu s veľkým podielom glycidov a lipidov majú výrazný sklon k vlákneniu kalu, bolo treba urobiť „o-zdravné“ opatrenia — zaradiť oddelenú regeneráciu kalu. Oba modely zvládli vyšší obsah tukov vo vode, ako sa odporúča. Vplyv tuku na tvorbu vlákien v kale je závislý od absolútneho množstva tuku vo vode, doby privádzania tukovej vody, doby zdržania, i od pomeru tukovej a netukovej vody (teda relatívneho množstva tuku), ako aj od množstva sacharidov vo vode.

Napriek neustálenosti modelov sa oddelená regenerácia kalu po I. stupni ZA, resp. v AsPT jednoznačne osvedčila. Bolo ňou potlačené vláknenie kalu, znížil sa KI a zamedzilo sa strhávaniu vlákien kalu do odtoku. Ako vidieť z obrázkov 3—6, mala regenerácia kalu jednoznačne kladný vplyv na kvalitu odtoku. Porovnajme však najprv zmiešavaciu aktiváciu a aktiváciu s postupným tokom. Spočítali sme pravdepodobnosť dosiahnutia limitu pre ChSK a BSK<sub>5</sub> v oboch modeloch. Pre I. st. ZA je to 69,3 % pre ChSK, resp. 74,1 % pre BSK<sub>5</sub>, pre II. st. ZA 82,7 % pre ChSK, resp. 92,6 % pre BSK<sub>5</sub> a pre AsPT 86,5 % pre ChSK a 93,3 % pre BSK<sub>5</sub>. Z viacerých dôvodov vychádza z porovnania lepšie AsPT. Dosahovala spoľahlivejšie výsledky na odtoku, lepšiu účinnosť, vyššiu kvalitu kalu atď. A čo je hlavné, je oveľa variabilnejšia ako ZA (možnosť prepájania počtu nádrží pri kolísaní kvality prítoku). Ak sledujeme pravdepodobnosť dosiahnutia limitu v oboch modeloch po zaradení oddelenej regenerácie kalu, vidíme jednoznačne kladný vplyv tohto opatrenia na kvalitu odtoku. Neuvádzame už údaje pre I. st. ZA, lebo zaradenie jednostupňovej zmiešavacej aktivácie nepripadá do úvahy, pretože nie je schopná zabezpečiť dostatočný stupeň vyčistenia vody a kvalitu odtoku. Pre II. st. ZA je to 94,1 % pre ChSK a 91,7 % pre BSK<sub>5</sub> pravdepodobnosti dosiahnutia limitu. Pre AsPT je to 100 % pri hodnote ChSK a 93,3 % pri BSK<sub>5</sub>.

Aj keď nemožno tieto údaje z modelov zovšeobecňovať, predsa je tu predpoklad, že v reálnej čistiarni odpadových vôd bude AsPT pracovať spoľahlivejšie ako ZA.

Jednoznačne kladný vplyv oddelenej regenerácie kalu sa prejavil pri sledovaní aktivačných zmesí a kalu v oboch modeloch. Obrázok 7 udáva hodnoty množstva usaditeľných látok v aktivačnej zmesi po polhodinovej sedimentácii a hodnoty kalového indexu (KI). Obdobie oddelenej regenerácie kalu je tu označené ako RK. Ako vidieť, toto opatrenie malo za následok podstatné zlepšenie sedimentačných vlastností aktivovaného kalu potlačením rastu vlákniťých mikroorganizmov v aktivácii. Pozoruhodný je pokles hodnôt KI v II. stupni ZA, ale najmä v AsPT. Lepšie sedimentačné vlastnosti kalu sú vítané najmä preto, lebo sa získa menší objem kalu s vyššou sušinou a možnosťou lepšieho odvodnenia prebytočného kalu. Po druhé je to menšia pravdepodobnosť strhávania kalu z dosadzovacej nádrže do odtoku (zhoršuje sa tým kvalita odtoku zvyšovaním hodnôt BSK<sub>5</sub>, ChSK a nerozpustných látok).

## Záver

Oddelená regenerácia aktivovaného kalu pri čistení odpadových vôd s vyšším obsahom zložiek podporujúcich vláknenie kalu je jednou z možností, ako dosiahnuť lepšiu kvalitu kalu z hľadiska jeho aglomeračných schopností. Možno ju realizovať samostatne v zmiešavacej aktivácii, ale výhodnejšie v kombinácii so selektorom. Dosiahnutie koncentračného gradientu v aktivácii je možné vybudovaním niekoľkých menších aktivačných nádrží zapojených za sebou (alebo nádrží s priehradkami), ktoré takto vytvoria systém s postupným tokom, viac či menej sa približujúci ideálnemu piestovému toku.

Čistenie odpadových vôd z mraziarní aktiváciou predpokladá dodržanie niektorých predpokladov. Výkyvy v znečistení vody možno obmedziť separáciou najkoncentrovanejších vôd (napr. vývarov z držíek a mäsa) a likvidáciou tuhého záchytu. Druhým opatrením by mala byť realizácia vyrovnávacej nádrže. Napokon sú to parametre aktivácie samej, či už zaradenie spomínaného selektora a regenerátora, zabezpečenie dostatočnej aerácie, dodržanie vyššieho veku kalu (8—10 dní) a pod. V modelovom čistení tohto typu vôd sa tieto predpoklady podarilo zrealizovať. Tieto poznatky treba však previesť do praxe. Technická realizácia týchto opatrení a ekonomická stránka vecí sú často rozhodujúce.

## Literatúra

1. HLAVAČKA, V. — MOLČAN, L.: Odpadové vody mraziarenského priemyslu. In: *Súčasná a perspektíva čistenia odpadových vôd potravinárskeho priemyslu*. Poprad, Potravinoprojekt Košice 1984, s. 53.
2. TUČEK, F. — CHUDOBA, J. — KONÍČEK, Z.: *Základní procesy a výpočty v technologii vody*. Praha. SNTL 1977, 496 s.
3. CHUDOBA, J. — GRAU, P.: Bytění aktivovaného kalu a praktické možnosti jeho potlačení. In: *Moderní metody čištění odpadních vod*. Příbram, Středočes. VaK 1984, s. 247.
4. DOHÁNYOS, M.: *Bioinženýrství*. 2. vyd. Praha, VŠChT 1981, 134 s.
5. CHUDOBA, J. — JEŽEK, Z. — BÍBA, J.: *Vodní hosp.*, 23, 1973, č. 3B, s. 61.
6. SVOBODA, M.: Čištění mlékárenských odpadních vod dnes a zítra. In: *Súčasná a perspektíva čistenia odpadových vôd potravinárskeho priemyslu*. Poprad, Potravinoprojekt Košice 1984, s. 45.
7. CHUDOBA, J.: *Vodní hosp.*, 31, 1981, č. 5B, s. 119.
8. KOS, M.: *Vodohosp. tech.-ekon. inf.*, 1983, č. 11, s. 412.

## **Восстановление шлама при моделировании очистки сточных вод холодильной промышленности**

### **Резюме**

В статье описаны два способа модельной очистки сточных вод холодильной промышленности с помощью активирования. Одной из возможностей выбора биоценоза активированного шлама к зооглеальным видам является обеспечение градиента концентрации, напр. активацией с постепенным потоком. Другой возможностью подавления волокнистого набухания шлама является включение отдельной регенерации шлама, причем шлам снова приобретает способность сорбции и накопления. Осуществлено соединение обеих систем селектора и регенератора в одну модель, для наблюдения за качеством выпуска и шлама. Выращиваемый шлам обладал отличную агломерационную способность, заметно повысилось качество выпуска.

## **Sludge regeneration in modelling the waste waters treatment from freezing industry**

### **Summary**

The paper presents two ways of model treatment of freezing industry waste waters by activation. One of the ways to select the activated sludge biocenosis for zoogleal species is possible by providing the concentration gradient, e.g. by activation with gradual flow. Another way to suppress the fibrous sludge swelling is the application of the separated sludge regeneration while the sludge regains its sorptive and accumulating ability. Both systems — i.e. the selector and the regenerator — were connected into one model, while the quality of run-off and sludge have been observed. The cultivated sludge was characterized by having excellent agglomeration abilities, the run-off quality was markedly improved.