

Čištění odpadních vod v kvasném a nápojovém průmyslu

Pokračování

Dr. BERTHOLD FRANZ, Berlín

4 Postupy čištění

Pro čištění odpadních vod kvasného a nápojového průmyslu není žádné patentované řešení. Dvě velké skupiny odpadních vod, tj. vody od čištění a výpalky, zásadně vyžadují odlišné zpracování. Z hodnot v *tab. 1* vyplývá toto hodnocení:

1. Vody od čištění: velké množství; organickými látkami zatížené slabě až středně; hrubé nerozpuštěné a suspendované látky.

2. Výpalky: velké množství; organickými látkami zatížené extrémně silně; žádné hrubé nerozpuštěné látky; mírně suspendovaných látek.

Ostatní podíly, jako plodová voda z brambor, voda od lisování mláta, lutrové vody atd. jsou relativně silně zatíženy, avšak jejich množství není závažné a mohou se přidávat ke zpracování buď do vod od čištění, nebo do výpalků.

4.1 Odpadní vody od čištění

Úprava odpadních vod od čištění nečiní principiálně žádné potíže. Pro podobnost s odpadními vodami z domácností lze použít klasických metod: mechanické předčištění, biologické čištění, zpracování kalu.

Jednotlivými postupy není se zde třeba zabývat. Kdykoliv je to možné, mají se slabě zatížené odpadní vody čistit spolu s městskými odpadními vodami, neboť s kapacitou zařízení klesají úměrně náklady. To se týká téměř všech průmyslových odvětví; výjimkou jsou odvětví zpracovávající melasu a sulfitové výluhy, výhledově také třtinový cukr nebo řepné sirupy. Před vypouštěním do veřejné sítě se odpadní vody mají podle potřeby neutralizovat.

U vlastních zařízení se má případ od případu rozhodnout, přichází-li pro biologický stupeň v úvahu zkrápěcí filtr, aktivační nádrž, oxidační jámy nebo kompaktní zařízení. Při množství přes 1 000 m³/den jsou obvykle ekonomičtější řešením aktivační nádrže. Pro množství pod 100 m³/den se používají stále častěji kompaktní zařízení, kde biologické štěpení a aerobní stabilizace kalu probíhají v jediné stavební jednotce. Všechny tyto postupy zaručují při normálním složení substrátu rozštěpení biologické spotřeby kyslíku až z 95 % podle doby větrání a tím velikosti reakčního prostoru.

Je-li k dispozici dostatek zemědělsky využívané plochy, mohou se slabě zatížené odpadní vody — po dostatečném mechanickém čištění — přímo použít k zavlažování. Tento způsob hlavního čištění nebo dočišťování lze doporučit hlavně zemědělským lihovarům, neboť lihovarská kampaň zapadá do ročního období, které je tomu příznivé a vhodné plochy bývají k dispozici.

Problematické je stále ještě odstraňování kalu. Vyhánění může sice množství kalu redukovat, odstranit zápach, ale odstranit kal nemůže. Krom toho se to vyplácí jen při množstvích kalu nejméně 100 m³/den, tj. nejméně 20 kg/den sušiny kalu. Otevřené vyhánění kalu nelze uznávat v potravinářských závodech a vůbec v sídlištích.

Při vlastní výrobě energie je vhodné používat kalu k vlhčení popela a tak jej deponovat současně s popelem. Vysušovací pozemky se dnes zařazují do techno-

logie již jen zřídka s ohledem na potřebu pracovních sil a místa, popř. i pro obtěžování zápachem. Kde je možné, měl by se kal používat ke zkrápění zemědělsky využívaných pozemků, kde se uplatňuje jako hnojivo a při tvorbě humusu.

Produkční zařízení ve městech mohou kal vypouštět do kanalizace čerstvý, aby vyhýval spolu s primárním kalem z městských čistíren. Dále je možné anaerobně nebo aerobně stabilizovaný kal deponovat společně s městskými odpady a kompostovat. Při relativně malém zatížení vod od čištění je kalu poměrně málo, takže jej lze zpravidla periodicky odvážet nasávacím vozem. Při biologickém čištění se stabilizací kalu v oxidačních jamách obvykle stačí jednou za rok jámy vybagrovat.

Způsoby čištění je tedy třeba pro optimální řešení uvést v soulad s hospodářskými provozními sídliště, popř. se zemědělskými provozními a zajistit je smluvně. V průmyslových oblastech mohou se někdy uskutečnit pomyslně příznivé komplexní záměry rozdílných průmyslů.

4.2 Silně znečištěné vody (výpalky)

U výpalků je obvykle zbytečné mechanické předčišťování. Nízký obsah kvasnic a popř. vyloučených produktů neruší biologické štěpení následkem předcházejícího tepelného zpracování. Tyto látky se z největší části vylučují s aktivovaným kalem.

4.2.1 Biologické štěpení výpalků

Výpalky již prodělaly jeden nebo dva biologické procesy. Zvláště při výrobě droždí se určité látky, hlavně sloučeniny obsahující dusík a fosfor, staly nedostatkovými asimilací kvasnic. Přiměřeným přídavkem živných solí podle magdeburského P-postupu, lze tento nedostatek odstranit. Tak se výpalky také při různých klasických postupech úspěšně čistily. Pro vysokou koncentraci organických látek je však při klasických úpravách nutné 10 až 30násobné zředění. Tím jsou nákladné, jak se ukáže.

4.2.1.1 Zkrápěcí zařízení

Odhaduje-li se maximální zatížení zkrápěcího filtru na 0,5 kg BSK₅/m³.den, musí např. při 200 m³ droždářských výpalků s koncentrací 15 kg BSK₅/m³ jako denní přítok být k dispozici zkrápěcí filtr objemu 6 000 m³, který bez vybavení pohlť investiční náklady kolem 1 miliónu marek. Zkrápěcí filtry jsou tedy nevhodné pro silně znečištěné vody. Při zatížení 0,5 kg/m³.den se kromě toho dosáhne pouze částečného vyčištění; proto zkrápěcí filtry přicházejí v úvahu pouze jako dočišťovací stupeň.

4.2.1.2 Zařízení s aktivovaným kalem

Pro tato zařízení platí jako maximální specifické zatížení hodnota 2,5 kg BSK₅/m³.den. Pro stejné množství výpalků by tudíž stačil prostor sice pětkrát menší než při použití zkrápěcích filtrů, nicméně se při tomto maximálním zatížení rovněž dosáhne pouze částečného vyčištění. Hodnot rozštěpení nad 90 % lze dosáhnout pouze když se zatížení stupně s aktivovaným kalem udržuje

pod 1 kg/m³.den. Tím je pro uvedený případ stále ještě pro stupeň s aktivovaným kalem potřebná nádrž objemu 3 000 m³, s investičním nárokem zhruba 750 000 marek. Sanders pracoval při úpravě drožďářských výpalků v nádržích s aktivovaným kalem s větráním po dobu 24 h, tj. objem nádrže byl 24krát větší než denní objem výpalků [12].

4.2.1.3 Sdružené biologické zařízení

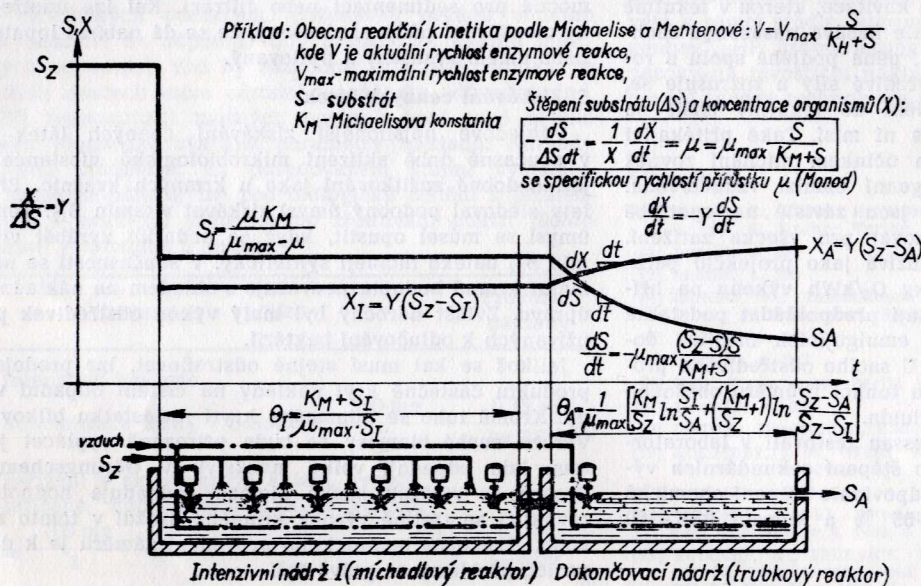
Pro rozštěpení vysokých koncentrací bez nároků na vzduch a energetické nároky, zpracovávají se v různých závodech výpalky v 1. stupni anaerobně. Toto tzv. hnilobné kvašení, poskytuje zužitkovatelné plyny metan a málo vodíku. Odtud také název metanové kvašení.

Rozsáhlou práci o tom předložili Rudolfs a Trubnick [13]. Za 24 h se má dosáhnout v nádrži s míchadlem hodnot rozštěpení 60 až 70 %. Zatížení vyhnívacího prostoru odpovídalo 2 kg BSK₅/m³.den. Výtěžek plynů dosahoval průměrně 0,45 m³/kg organické hmoty, z čehož bylo 60 % metanu. Dočištění se provádělo ve zkrápěcím filtru. Celkové rozštěpení v BSK₅ se pohybovalo mezi 80 až 98 %. V našem příkladu by byl tedy potřebný vyhnívací prostor 1500 m³.

vyplývá, že doba pobytu, uvedená Trubnickem je překročena 4krát až 20krát a tím by tento postup vyžadoval pro uvedený příklad enormní investiční náklady. Při čtyřdenní době pobytu (sloupec 3) byly výpalky předem zřejmě zředěny (řádek 4), takže tento provoz měl k dispozici nejméně desetinásobný objem vyhnívacího prostoru, než odpovídalo dennímu objemu výpalků.

„Dánský kvasný průmysl AS“ pracuje s třístupňovým zařízením: hnilobné kvašení, nádrž s aktivovaným kalem, zkrápěcí filtr [15]. Při zpracování 20 t melasy a přítoku odpadní vody 350 m³/den odpovídá plošná výměra pro biologické čištění 7 000 až 9 000 m². Rozštěpení BSK₅ má dosahovat 96 %.

Vyhodnocení výsledků Buswella, Boruffa, Rudolfe a Trubnicka, jakož i provozní údaje Dánského kvasného průmyslu AS, které provedl Ruhrverband, vedlo k projekční hodnotě, která předpokládá zatížení 1,6 kg BSK₅ pro m³ vyhnívacího prostoru a den. Byla doporučena dvoustupňová vyhnívací zařízení, čímž lze podle údaje vystupňovat štěpení z 55 % na 80 %. Tato data má Ruhrverband ověřit vlastními zkouškami [15]. Pro uvedený příklad by musel být k dispozici vyhnívací prostor objemu



Obr. 1. Technologické blokové schéma a reakční kinetika dvoustupňové intenzivní biologie podle postupu PKM

Tabulka 5. Údaje z pěti drožďáren v USA — Buswell [14]

	1.	2.	3.	4.	5.
Množství odpadní vody, m ³ /den	835	1 000	600	7,5	1,9
Vyhnívací prostor, m ³	8 250	10 000	2 340	150	27
Obsah organické hmoty v odpadní vodě, %	1,05	3,0	0,7	3,5	3
BSK ₅ surová odpadní voda, mg/l	10 000	17 000	5 000	—	16 000
odtok, mg/l	2 000	2 420	1 500	—	1 600
rozštěpení, %	80	69,8	70	—	90
Zatížení zařízení, kg organ. hmoty/m ³ den	1,73	1,83	1,68	1,6	2,3
Vývin plynů: m ³ /kg organické hmoty na m ³ vyhnívacího prost.	0,313 0,525	0,581 1,06	0,266 0,43	0,575 1,0	0,688 1,5

Tento postup se technicky využívá v různých zemích. Provozní údaje pěti drožďáren v USA podle Buswella [14] jsou reprodukovány v tab. 5. Z 1. a 2. řádku tabulky

$$\frac{200 \text{ m}^3/\text{den} \cdot 15 \text{ kg/m}^3}{1,6 \text{ kg/m}^3/\text{den}} = 1 900 \text{ m}^3,$$

který odpovídá době pobytu přibližně 10 dní.

4.2.1.4 Intenzivní postup

K čištění odpadních vod vysoce zatížených organickými látkami byl vypracován tzv. „intenzivní postup“, který vědomě využívá principů kontinuální fermentace a její reakční kinetiky. Zde budiž krátce popsán pouze postup vyvinutý v PKM „Anlagenbau“.

Postup sleduje v principu kinetické využití vysokého koncentračního potenciálu při co možná nejmenším zředování silně znečištěných vod a dosažení vysokého stupně rozštěpení na jednotku s organismy. Intenzivním přívodem kyslíku do reakčního prostoru lze touto cestou dosáhnout zatížení nádrže, které je pro štěpení hlavního zatížení až 10krát vyšší, než při klasickém postupu s aktivovaným kalem. Tím se nepřímo úměrně zmenšuje prostor potřebný pro hrubé štěpení.

Analogicky jako při hnilobném kvašení se postupem nejprve odstraňují velká množství zatěžující substance a zatížení se řádově přiblíží zatížení běžných odpadních vod. Podle místních podmínek se pak odpadní voda může

předávat městským čistírnám nebo dočišťovat obvyklým klasickým postupem s ostatními odpadními vodami z provozu.

Technologické blokové schéma a reakční kinetiku znázorňuje obr. 1. První stupeň (I) pracuje podle principu míchadlového reaktoru, známého z výroby droždí. Jako kinetický potenciál zde působí koncentrace S_1 , kterou lze vypočítat podle rovnice Michaelise a Mentenové, pokud jsou známy parametry Y , μ a K_M . Druhý stupeň — dokončovací nádrž (A) má tvar podélné jímky a pracuje podle principu trubkového reaktoru. Zde se stále ještě dále kineticky využívá relativně vysokého koncentračního potenciálu a štěpení pokračuje v závislosti na čase podél plynulé linky nestupňovitě až na hodnotu S_A u odvodu.

Na krytí potřeby kyslíku, jakož i k běžnému vyrovnávání koncentrace v jímce I a k rozrušování pěny bylo použito tzv. sacího odstředivého provzdušňování vlastní konstrukce. Toto provzdušňování je schematicky znázorněno na obr. 2. Sací odstředivý provzdušňovač se skládá z jednoho radiálního oběžného kola, upevněného na zavěšeném a přímo naháněném hřídeli a ponořeného 30 až 80 cm do tekutiny. Podle potřeby se volí 750, 1000 a 1500 otáček/min. Následkem kavitace, kterou v tekutině vyvolává oběžné kolo, se trvale nasává nasazenou šachticí vzduch a stoupající pěna, pěna podléhá spolu s rotujícím válcem působení odstředivé síly a rozrušuje se, kdežto vzduch se při proudění do tekutiny tříští na jemné bublinky a vířivě se s ní mísí. Také přitékající odpadní voda se intenzivním účinkem míchání rovněž vířivě mísí a vytváří homogenní emulzi vzduch/voda. Hodnoty vnášeného kyslíku jsou závislé na spotřebě energie a mohou se dimenzovat pro všechna zatížení. V současné době se ještě používá jako projekční parametr pro využití kyslíku 2 kg O_2 /kWh výkonu na hřídeli; nové pokusy však dovolují předpokládat podstatné vystupňování, které v době emulgujících médiích dosáhne snad až 6 kg O_2 /kWh. U sacího odstředivého provzdušňování je využití kyslíku funkcí průměru oběžného kola, počtu otáček a povahy fluida.

Ve VEB Gärungschemie, Dessau testovali v laboratorním měřítku postup PKM pro štěpení sekundárních výpalků. V intenzivním stupni odpovídalo štěpení chemické spotřebě kyslíku (CSV) 50–65 % a štěpení BSK₅ 60

až 75 % plně předpokládám, v konvenčním stupni s aktivovaným kalem, zařazeným za ním, nastalo ještě nepatrné snížení zatížení. Za příčinu nedostatečného výkonu stupně s aktivovaným kalem je třeba považovat nepoměr rozměrů a zpětné vedení kalu ve srovnání s technickým zařízením. Přesto se aktivovaný kal s ukazatelem 60 až 100 projevuje jako dobře sedimentující. Dále se ukázalo, že k zamezení převahy určitých druhů bakterií v intenzivním stupni a tím příliš zdůrazněné selektivity při štěpení složek znečištění, je účelné vést zpět až do I. stupně malé množství aktivovaného kalu. Doby pobytu je možné snížit až na 4 hodiny. U provozního zařízení v Dessau lze podle výsledků předpokládat štěpení 17,5 kg BSK₅/m³.den při době pobytu 5,5 hodiny v I. stupni. Tím bude desetkrát předstiženo prostorové zatížení klasického postupu s aktivovaným kalem.

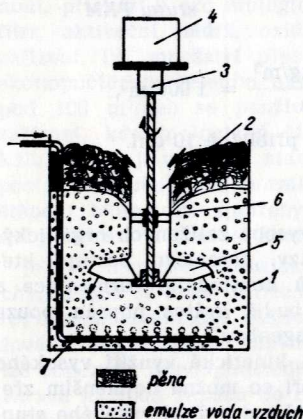
4.2.1.5 Komplexní technologie

Komplexní technologie, koncipovaná v PKM je schematicky znázorněna na obr. 3. K odstraňování kalu a v daném případě k získávání vodíku, předpokládá využití anorganických odpadních produktů vlastních, nebo od partnerů. Tyto látky se budou přidávat jako pomocné pro sedimentaci nebo filtraci. Kal lze upotřebit ke zlepšování půdy předsušený, že se dá nabírat lopatou, nebo uměle vysušený a pytlovaný.

5. Získávání cenných látek

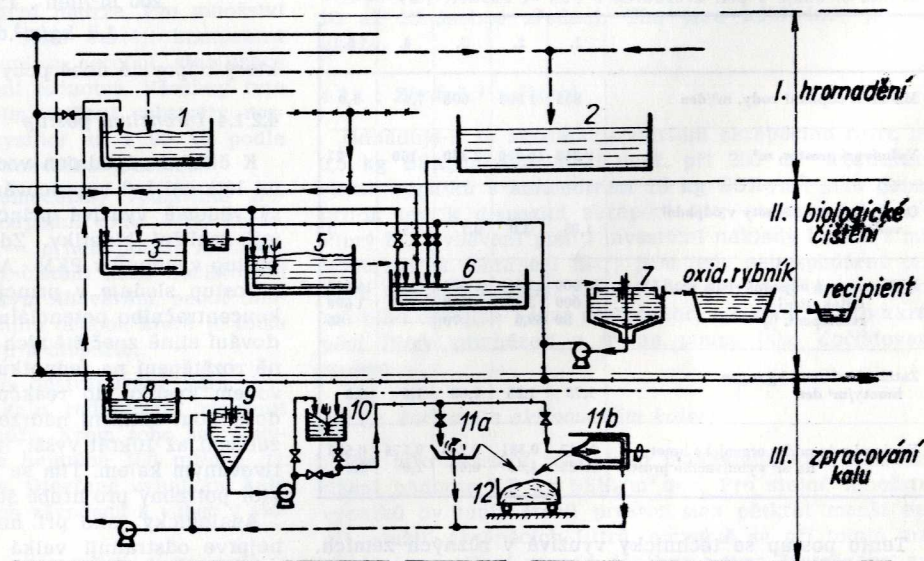
Výhledově nejslibnější získávání cenných látek je v současné době sklizení mikrobiologické substance a její obdobné využití jako u krmených kvasnic. Před lety sledoval podobný úmysl získávat vitamín B₁₂. Tento úmysl se musel opustit, když se podařilo vyrábět vitamín B₁₂ daleko laciněji synteticky. V současnosti se normální krmená hodnota neuvažuje s ohledem na nákladnou úpravu. Zvláště náročný byl malý výkon odstředivek používaných k odlučování bakterií.

Jelikož se kal musí stejně odstraňovat, lze prodejem produktu částečně krytí náklady na čištění odpadní vody. Kromě toho se napomáhá krytí nedostatku bílkovin. Výroba suché biomasy se bude přirozeně vyplácet jen tam, kde odpadají velká množství. V Gärungschemie, Dessau se výtěžek suché biomasy odhaduje hodnotou rovnající se třetině výroby krmeného droždí v tomto závodu. Koncepce technického provedení záměru je k dispozici, problémy se právě řeší.



Obr. 2. Sací odstředivý provzdušňovač podle Franze (funkční schéma)

1 — reakční nádrž, 2 — nálevka (odpěňovací odstředivka), 3 — visuté ložisko, 4 — motor, 5 — radiální oběžné kolo, 6 — axiální oběžné kolo, 7 — větrání u dna
Sací odstředivý provzdušňovač je v poměru k nádrži silně zvětšen



Obr. 3. Schéma komplexní technologie podle postupu PKM

6 Závěrečná úvaha s hrubým odhadem nákladů

Z uvedeného vyplývá, že pro úpravu odpadních vod kvasného a nápojového průmyslu neexistuje žádné obecně vyhovující řešení. To nevylučuje možnost vypracovat typové technologie pro určitá průmyslová odvětví a provozu přibližně stejné velikosti. Pro slabě zatížené odpadní vody, kterých vzniká málo, jsou již k dispozici typizovaná, celistvá zařízení. Na jejich dalším vývoji se pracuje. VEB PKM „Anlagenbau“ se v současné době zabývá vývojem typové řady celistvých zařízení, speciálně pro biologickou úpravu malého množství silně zatížených odpadních vod.

V souvislosti s relativně vysokým podílem nesnadno štěpitelných sloučenin v melase — mezi nimi 5 % betainu — jsou při zpracování melasy v odtocích relativně vysoké hodnoty BSK₅. V konvenčních zařízeních je rozštěpení BSK₅ přes 85 % těžko dosažitelné. Kdyby poplatky dozoru nad vodami zvyšovaly nároky na vyčištění, musely by se za konvenčním zařízením zřizovat oxidační rybníky. Teprve za 5 dní pobytu se reakční doba vyrovná s běžnou metodou určování biochemické spotřeby kyslíku a nesnadno štěpitelná substance se zasáhne také za technických podmínek. Požadavky orgánů vodního hospodářství na odpadní vody přesahující kvalitu městských odpadních vod by rozhodně byly pro podniky ve větších městech sotva národohospodářsky odůvodnitelné.

Při rozmanitosti možných postupů není také možné podat všeobecně výstižné parametry nákladů. Náklady závisejí především na požadovaném stupni vyčištění. K hrubému odhadu lze pro biologické čištění s přihlédnutím k nutnému předchozímu zředování použít těchto řádově vyhovujících hodnot:

Technologie vyčištění	Provozní náklady
1. Intenzivní biologie koncentrace BSK ₅ v odtoku $\geq \frac{500 \text{ mg}}{1}$	0,15 M kg BSK ₅
2. Zařízení s aktivovaným kalem, vysoce zatížené, koncentrace BSK ₅ v odtoku $\approx \frac{100 \text{ mg}}{1}$	0,5 M kg BSK ₅
3. Zařízení s aktivovaným kalem, slabě zatížené, koncentrace BSK ₅ v odtoku $\approx \frac{20 \text{ mg}}{1}$	1,5 M kg BSK ₅

Nárok na investiční náklady je složitou funkcí stupně vyčištění, jakož i množství a koncentrace odpadní vody. Stoupá exponenciálně se stupněm vyčištění, je zhruba úměrný množství odpadní vody a klesá obdobně s nároky na investiční náklady s koncentrací BSK₅. Za směrnou hodnotu pro specifické nároky na investiční náklady na čištění silně znečištěných vod na jakost městských odpadních vod lze odhadem považovat 0,5 M/ (kg BSK₅.a). Při dalším štěpení stoupají investiční náklady exponenciálně a mohou při zbytkovém zatížení dosahovat až 5 M/ (kg BSK₅.a), požaduje-li se snížit hodnotu odtoku až na 20 mg BSK₅/l. Na štěpení čistících vod je možno vynakládat průměrně 1,5 M/ (kg BSK₅.a). Úplné náklady na zařízení k čištění odpadní vody v kvasném a nápojovém průmyslu se pohybují v rozsahu od 50 tis. M pro celistvé (tzv. balené) zařízení, do 5 mil. M pro velká zařízení. Středně velká droždárna s výrobou lihu a 15 tis. t/a zpracované melasy potřebuje k čištění odpadních vod na jakost městských odpadních vod nárokovat investiční náklady zhruba 1,5 mil. M.

Všecky údaje o nákladech je třeba hodnotit jako hrubé odhady. Členěná analýza nákladů na čištění odpadních vod kvasného a nápojového průmyslu by se musela provést v rámci studie, kterou zpracovává VEB PKM „Anlagenbau“, HB Projektierung Berlin. Dále by mohlo snížit nároky na investiční náklady a urychlit realizaci vypracování typové technologie pro určitá průmyslová odvětví.

Přeložil dr. Ing. A. Lhotský

Literatura

- [1] MEINK, F., STOOFF, H., KOHLSCHÜTTER, H.: Industrieabwässer, 3. vyd. G. Fischer Verlag, Stuttgart 1980, s. 291
- [2] tamtéž, s. 294
- [3] tamtéž, s. 295
- [4] IMHOFF, K.: Taschenbuch der Stadtentwässerung, 4. vyd. Verlag f. Brauwesen, Berlin 1982, s. 78
- [5] l. c. [1], s. 301
- [6] l. c. [1], s. 302
- [7] Illig: Dissertation, Berlin 1941
- [8] l. c. [1], s. 299
- [9] LIEDEKE: Dissertation, Königsberg 1933
- [10] HOLDERBY, J. M., WILEY, A. J.: Sewage and Industrial Wastes 22, 1950, s. 61—70
- [11] l. c. [1], s. 542
- [12] SANDERS, P.: Kl. Mitteilung Landesamt f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene 9, 1933, s. 53—71
- [13] RUDOLFS, W., TRUBNICK, E. H.: Sewage and Industrial Wastes 20, 1948, s. 1084—1090; 21, 1949, s. 100 ff, 294 ff, 491 ff, 700 ff, 1008 ff a 1100 ff
- [14] l. c. [1], s. 306
- [15] SIERP, F.: Die Gewerblichen und industriellen Abwässer. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1953, s. 152 ff
- [16] DIETRICH, K. R.: Ablaufverwertung und Abwasserreinigung in der biochemischen Industrie. Dr. A. Hüthig-Verlag, Heidelberg 1930