

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

Факультет біотехнології і біотехніки

Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

Перспективи біологічного очищення стічних вод з використанням іммобілізованих мікроорганізмів

**Саблій Лариса Андріївна,
д.т.н., професор**

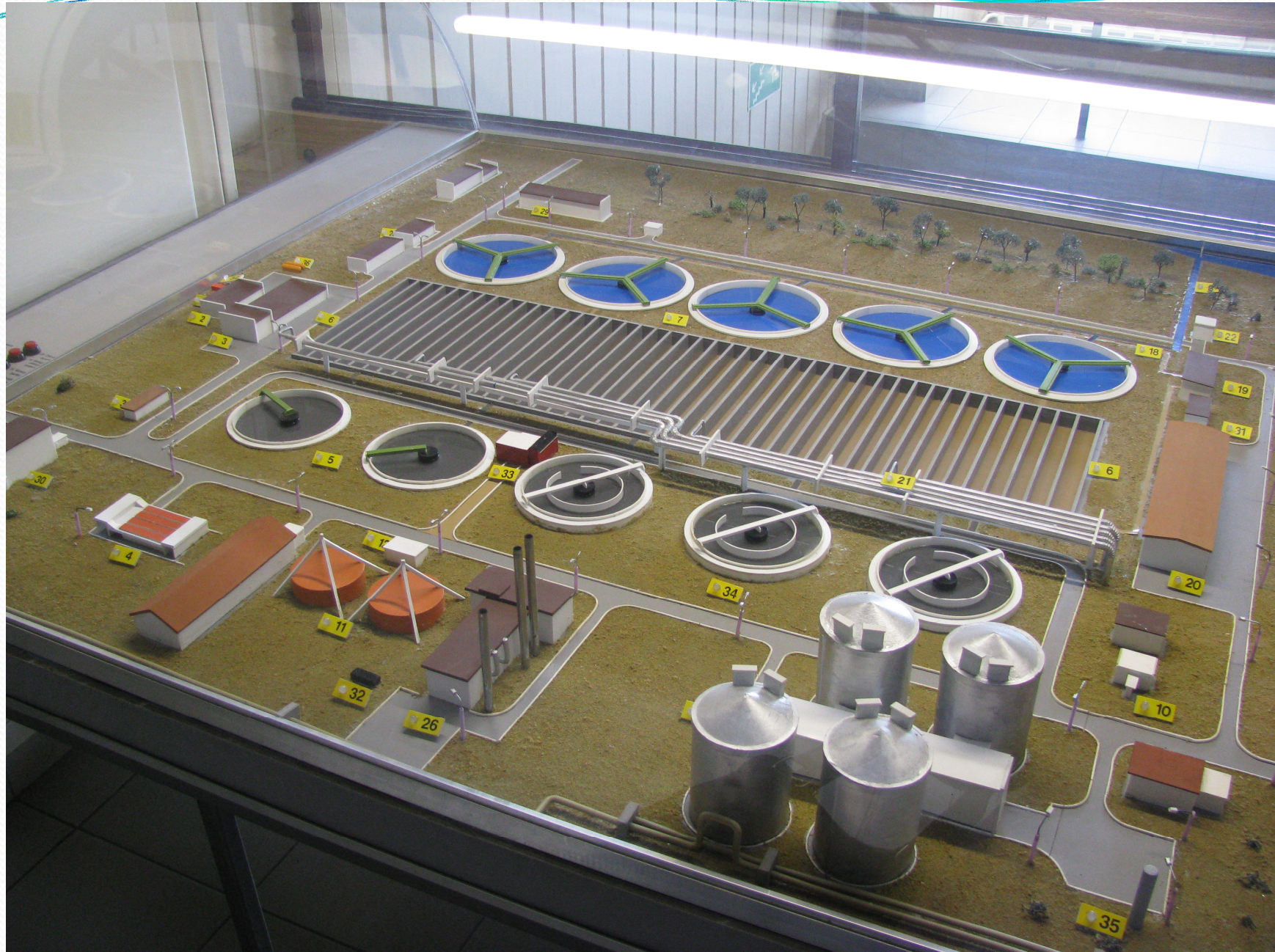
ПОКАЗНИКИ ВИСОКОКОНЦЕТРОВАНИХ СТІЧНИХ ВОД ДЕЯКИХ ПРОМПІДПРИЄМСТВ, МГ/ДМ³

1

Показник	<u>Молокозавод</u> (м. Житомир, м. Володимирець ¹ , м. Радивилів ¹ , «Біمول», м.Березне ¹)	<u>Солодовий</u> <u>завод</u> (м.Славута ²)	<u>Суконна</u> <u>фабрика</u> (м. Славута ²)	<u>Шкіряний</u> <u>завод</u> («Світ шкіри», м.Болехів ³)	ГДК при відведенні	
					на біологічне очищення	у водойму господарсько- побутового призначення
Завислі речовини	120- 1100	230- 1050	160-380	2000- 10000	500	0,25 ⁵
ХСК	800- 3500	1700- 2100	580-1000	1500- 6000	500	15,0
БСК _{повн}	-	1600-1800	280-740	-	350	3,0
БСК ₅	320-2490	-	-	700-1500	-	-
Азот амонійний	9-50	4-13	-	20-25	2	2
Хром	-	-	1,6- 3,3	5- 12	2,5	0,5
Мідь	-	-	0,4- 2,9	-	0,5	1,0
Сульфіди	-	-	-	50- 300	1,0	1,0
Барвники	-	-	40- 130	-	25	-
Жири	60- 100	-	-	200- 300	-	0
СПАР	-	0,5-1,0	30-50	75- 250	20	0,5
pH ⁴	5,1-11,8	6,7-7,1	6,8-7,3	8,5-11,5	6,5-8,5	6,5-8,5

¹ - Рівненська обл., ²- Хмельницька обл., ³- Івано-Франківська обл. ,

⁴- рН-безрозмірний показник, ⁵-допустимий приріст до фону.













Найпростіші

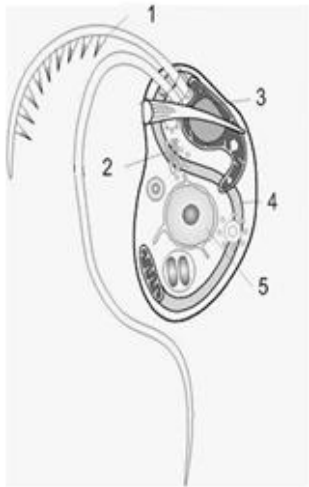


Схема будови (Bodo):

- 1-мастігонема;
- 2-апарат Гольджі;
- 3-кінетопластида;
- 4-мітохондрія;
- 5-ядро

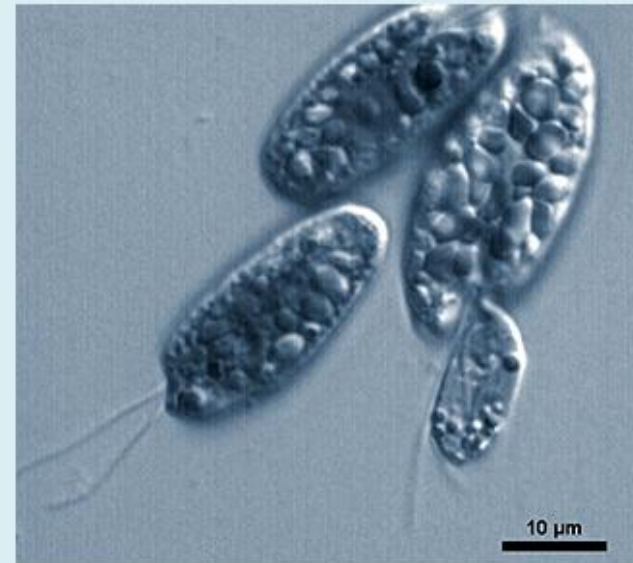
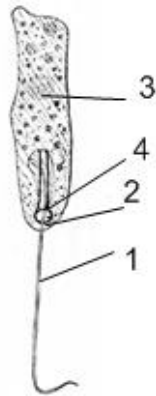


Схема будови (Peranema):

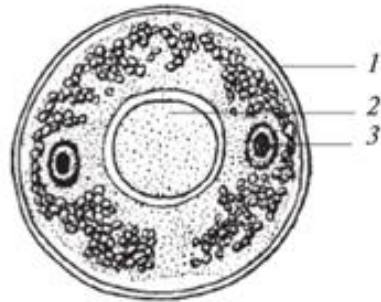
- 1-джгутик;
- 2-сокоротлива вакуоля;
- 3-ядро;
- 4-цитостом



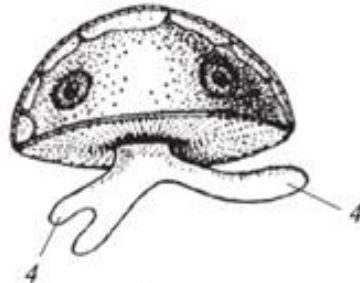
Велика кількість дрібних джгутикових свідчить про погіршення роботи аеротенків (зниження концентрації кисню або перевантаження).

ДЖГУТИКОВІ
(Bodo, Peranema)

Найпростіші



А



Б

Схема будови:

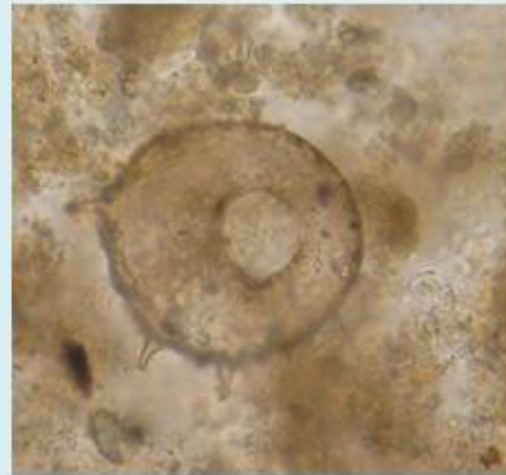
А - вид зверху; Б - вид збоку;

1- черепашка;

2 - гирло;

3- ядро;

4-псевдоподії



Раковинні корененіжки (Arcella, Centropyxis, Pamphagus)

В активному мулі зустрічаються наступні індикаторні мікроорганізми: Centropyxis - при хорошій роботі; Arcella - при задовільній роботі; Pamphagus - при поганій роботі аеротенків.

Найпростіші

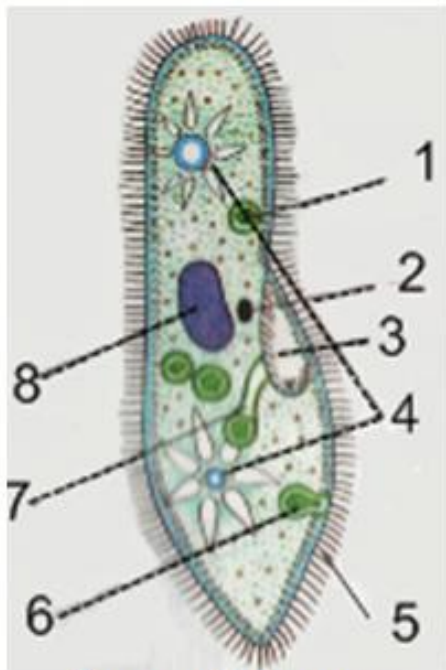


Схема будови:

- 1- травна вакуоля;
- 2 – мале ядро;
- 3 – передротова заглибина;
- 4 – скорочувальна вакуоля;
- 5 – війки;
- 6 – порошниця;
- 7 – клітинний рот;
- 8 – велике ядро

Paramecium, Colpidium, Clausoma пристосовані до існування в умовах низьких концентрацій кисню та розвиваються у випадку порушення роботи аеротенків.



Рівновійчасті (Paramecium, Colpidium, Clausoma)

Найпростіші

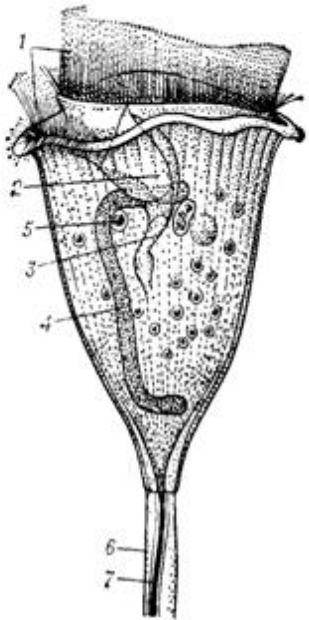


Схема будови:
1- навколоротові
війчасті ряди;
2 - мембрана;
3 — рот;
4-макронуклеус;
5-мікронуклеус;
6 — стебло;
7 — міонема
стебла



Vorticella, Carchesium, Zoothamnium свідчать про хорошу роботу аеротенків. **Vorticella** – одиночна форма, **Carchesium, Zoothamnium** – колоніальні форми.

Кругловічасті
(**Vorticella, Carchesium, Zoothamnium**)

Найпростіші

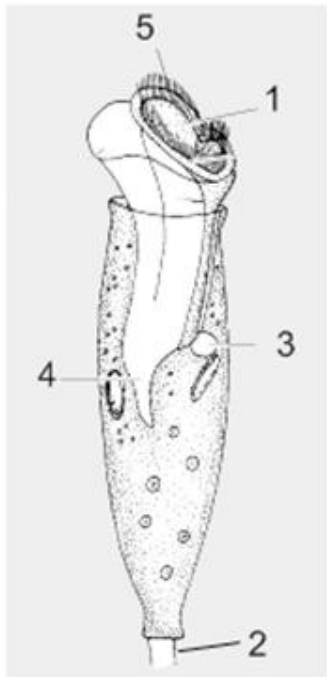
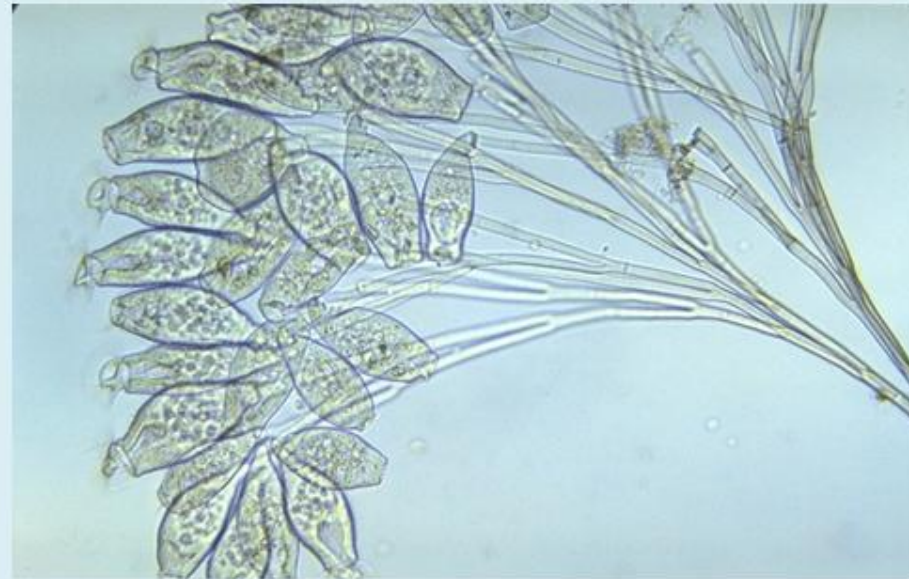


Схема будови:

- 1-перистом;
- 2-стебло;
- 3-скорочувальна вакуоля;
- 4- глотка;
- 5-адоральна зона

Їх велика кількість – ознака
хорошої роботи аеротенків. Є седи-
метаторами. Мають особливе
значення при очищенні від
патогенних мікроорганізмів.



Кругловійчасті

(Opercularia, Epistylis, Rhabdostyla)

Найпростіші

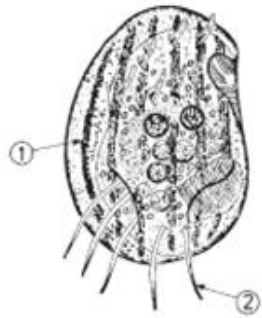
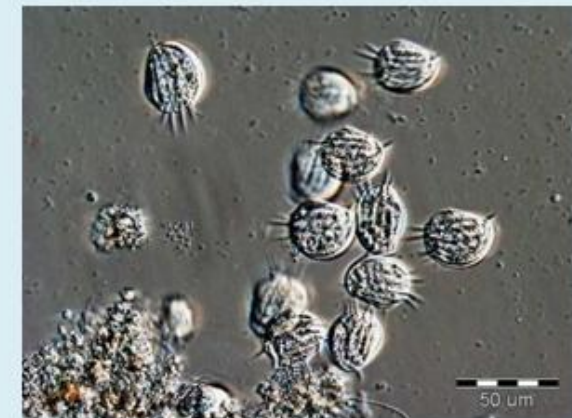
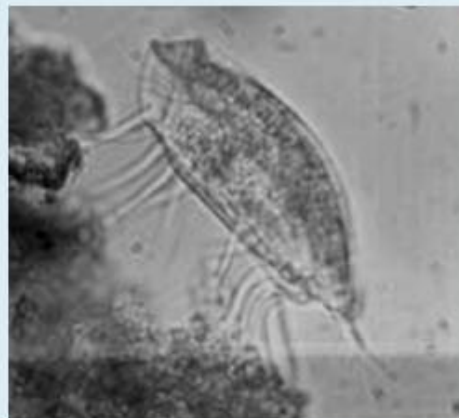
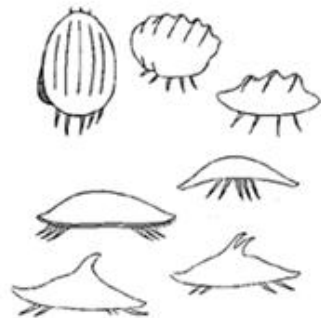


Схема будови:

1-пелікула;

2- цири



Є седиментаторами та ефективно очищують стічну воду від дрібних домішок та мікроорганізмів; їх присутність - ознака задовільної роботи аеротенків.

Черевовійчасті
(Aspidisca, Stylonychia, Euplotes)

Найпростіші

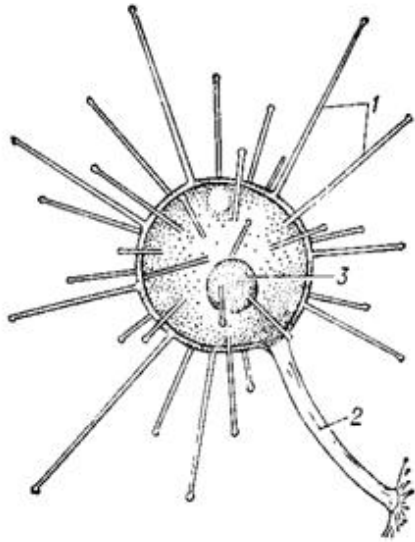
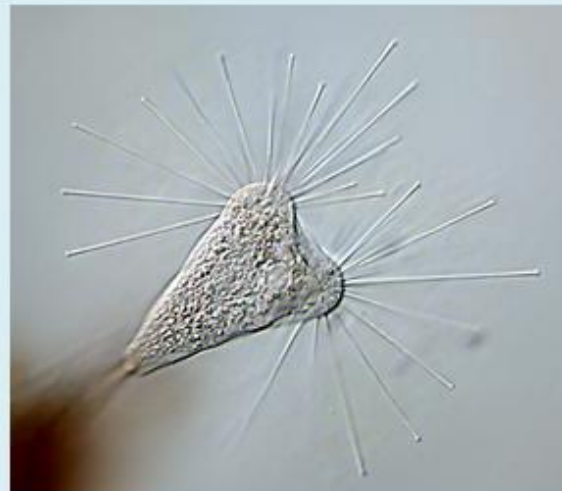
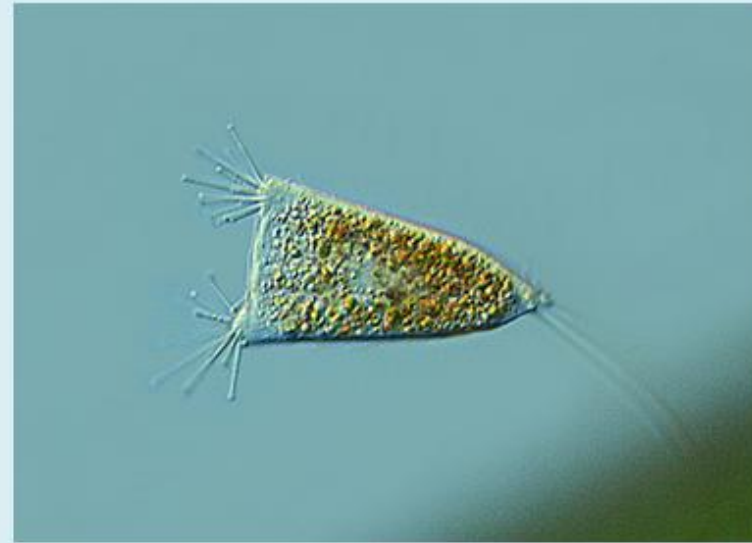


Схема будови:

- 1-сисні щупальці;
- 2-стебло;
- 3-макронуклеус



Їх присутність в актинному мулі регулює чисельність найпростіших. Велика кількість сисних інфузорій свідчить про перевантаження мулу.

Сисні інфузорії
(Podophrya, Tokophrya, Acineta)

Багатоклітинні

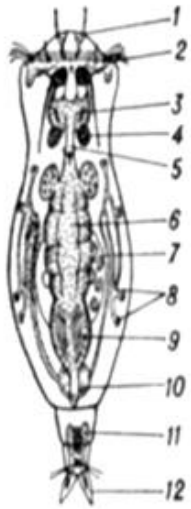


Схема будови:

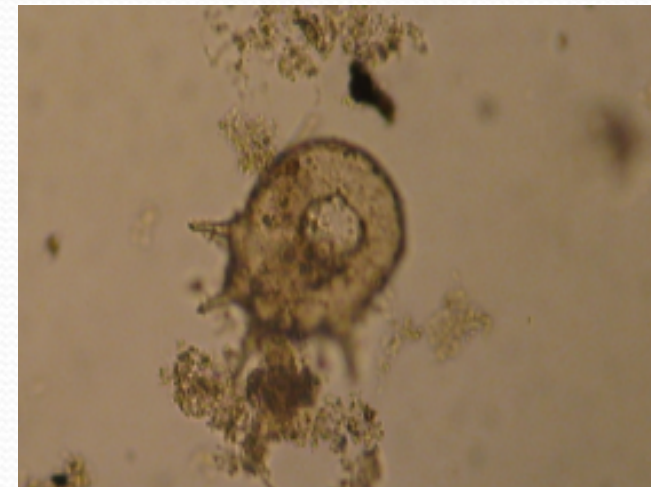
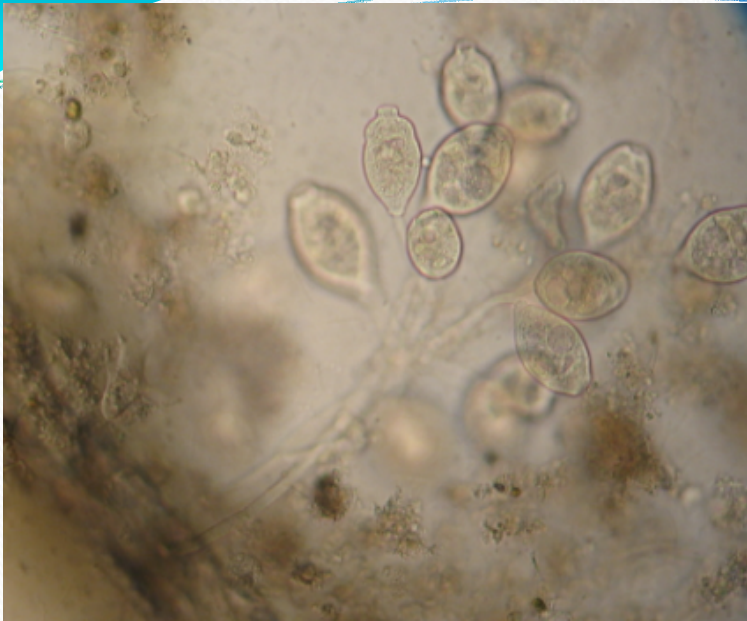
- 1—головні чутливі щупальця;
- 2 — коловертний апарат;
- 3 — глотка;
- 4 — слинні залози;
- 5 — стравохід;
- 6 — шлунок;
- 7 — яечник;
- 8 — протонефридій;
- 9 — задня кишка;
- 10 — сечовий міхур;
- 11 — цементні залози;
- 12 — пальці ноги

Присутність великої їх кількості свідчить про хорошу роботу аеротенку. Детритофаги, хижакки. Займають місце на вершині піраміди біоценозу активного мулу.



Коловертки
(Bdelloidea)

Гідробиологічний аналіз активного мулу



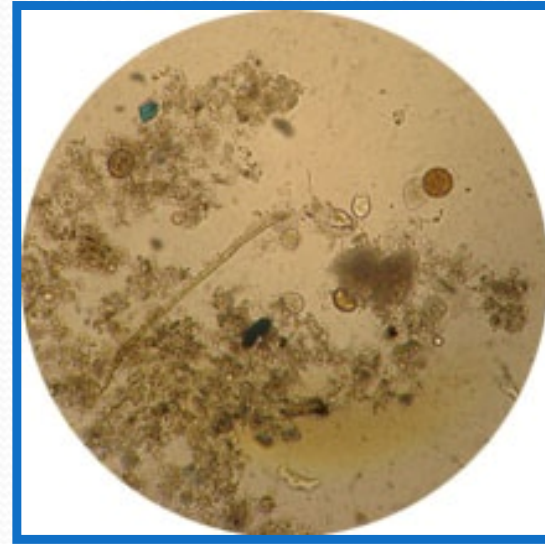
НЕДОЛІКИ ТРАДИЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ СТІЧНИХ ВОД

- **застарілі технології** при новому складі стічних вод;
- велика **тривалість аерації** і **низька швидкість** окиснення органічних забруднюючих речовин;
- неякісне очищення **від сполук азоту і фосфору** призводить до цвітіння і заростання водойм;
- **спухання активного мулу** в результаті масового розвитку нитчастих бактерій;
- труднощі, пов'язані з необхідністю підтримування високих доз активного мулу;
- великі **об'єми осадів** та витрати на їх утилізацію;
- можливість **“отруєння”** **активного мулу** і загибелі мікроорганізмів при надходженні токсичних речовин (йонів важких металів, барвників тощо);
- значні **витрати електроенергії** на подачу повітря, рециркуляцію активного мулу;
- нестійкість при періодичній і сезонній роботі;
- великі площі території очисних споруд

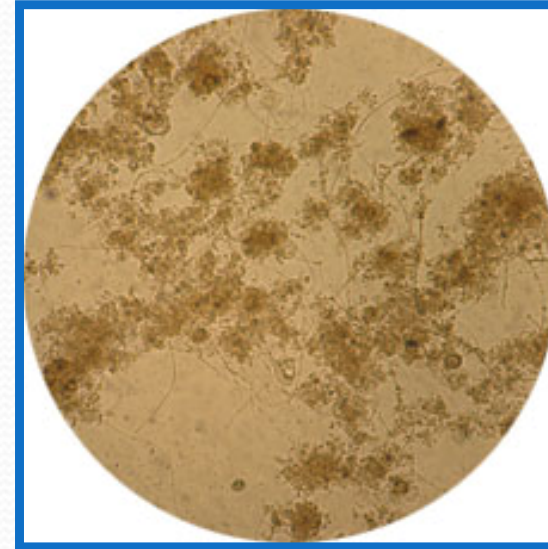
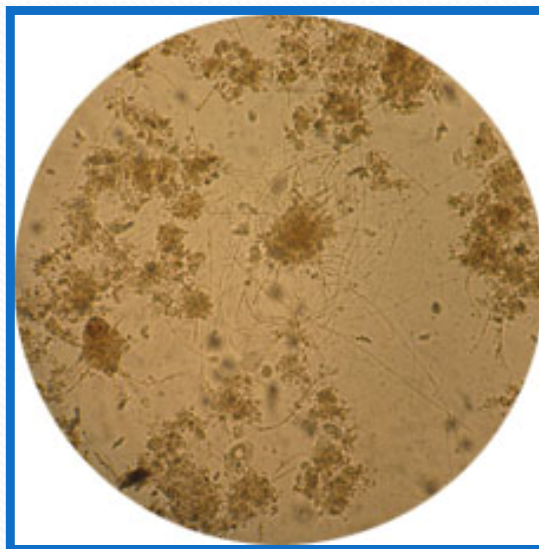
3

АКТИВНИЙ МУЛ АЕРОТЕНКІВ

- Зооглейні скупчення бактерій, найпростіші, коловертка (x200; x100) – представники активного мулу, що задовільно працює

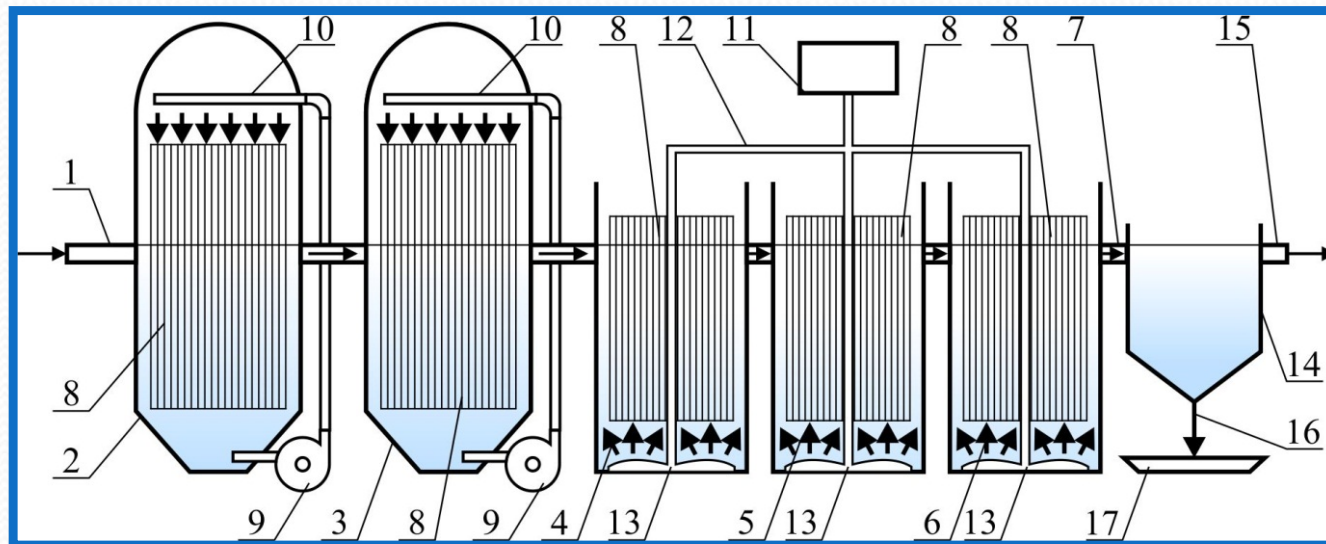


- Зооглейні скупчення бактерій і нитчасті бактерії (x100) – представники активного мулу, що незадовільно працює, – спостерігається “спухання”



9

ТЕХНОЛОГІЯ АНАЕРОБНО-АЕРОБНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД



1– стічні води після механічного очищення; 2,3 – анаеробні біореактори відповідно I і II ступенів; 4,5 – аноксидні біореактори відповідно I і II ступенів; 6 – аеробний біореактор; 7 – відведення стічних вод з аеробного біореактора; 8 – волокнистий носій; 9 – циркуляційний насос; 10 – перфорований трубопровід рециркуляційної води; 11 – повітродувна станція; 12 – повітропроводи; 13 – аератори; 14 – вторинний відстійник; 15 – трубопровід відведення очищеної води; 16 – відведення осаду; 17 – мулові майданчики

Нова технологія

реалізується у високопродуктивних компактних біореакторах.

Застосовуються:

- **волокнисті полімерні носії** для іммобілізації мікроорганізмів. Питома площа активної поверхні досягає 4000 м²/м³. Дозволяє досягти концентрації біомаси в анаеробному біореакторі понад 20 г/дм³;
- **анаеробні, аноксидні та аеробні умови** при просторовому та часовому розділенні процесів на ступені. Дозволяє здійснити селекцію мікроорганізмів певних видів на даній стадії деструкції високомолекулярних органічних речовин, перетворення фосфатів, сполук азоту, йонів металів, сульфід-іонів та ін. з метою їх вилучення;
- **анаеробний процес** на першому ступені. Дозволяє видалити 75-82% органічних забруднюючих речовин, зменшити витрати повітря на 50%, приріст біомаси в 5-10 разів;
- **проточна схема** руху води через біореактори. Дозволяє економити експлуатаційні витрати порівняно з схемами з рециркуляцією УСТ, МУСТ, Bardenpho, Phoredox

Переваги нової технології

- збільшення ступеня очищення стічних вод та доведення їх якості до діючих санітарних норм;
- зменшення об'ємів осадів на 25-35%;
- зменшення енергетичних витрат до 40% за рахунок анаеробного процесу;
- одержання енергоносіїв;
- зменшення капітальних та експлуатаційних витрат на 30-45 %

Сучасний стан

Технологічні параметри процесу біологічного очищення стічних вод визначено і технологію впроваджено на підприємствах:

- - водопровідно-каналізаційних в містах: Сімферополь, Рівне, Здолбунів Рівненської обл.;
- - промислових: шкірзавод «Світ шкіри» м. Болехів Івано-Франківської обл., молокозавод «Радивилівмолоко» Рівненської обл., Славутський солодовий завод;
- - агропромислового комплексу «Зоря» Рівненської обл.
- та ін.

Технологію захищено **11 патентами України на винаходи і корисні моделі.**

Сучасний стан

нТехнологію анаеробно-аеробного очищення стічних вод використано при розробці проектів:

- - Будівництво та реконструкція каналізаційних очисних споруд міста Дубно та молокозаводу Рівненської обл.
 - - Реконструкція каналізаційних очисних споруд Полицької виправної колонії Управління пенітенціарної служби України в Рівненській обл.
 - - Реконструкція каналізаційних очисних споруд м. Косів Івано-Франківської обл.
- оПроводяться дослідження і розробляються технології для антарктичної станції “Академік Вернадський”.

Область використання

Адаптація технології біологічного очищення стічних вод різноманітного походження до конкретних умов відведення стічних вод як на нових, так і при реконструкції діючих очисних споруд

Технологія пропонується

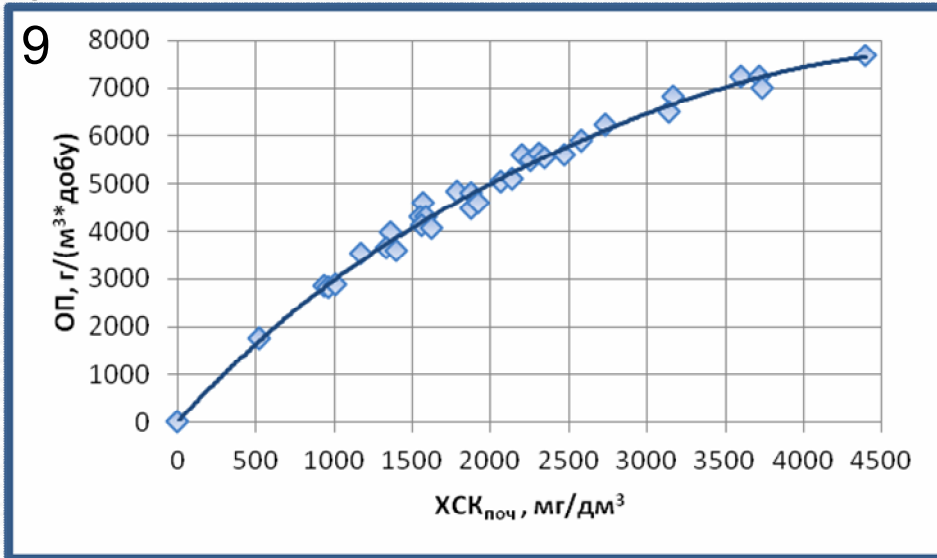
- для промислових та сільськогосподарських підприємств
- для підприємств водопровідно-каналізаційного господарства
- для риборозвідних господарств
- в індивідуальній забудові

Технологія може бути використана для відновлення якості води природних водойм

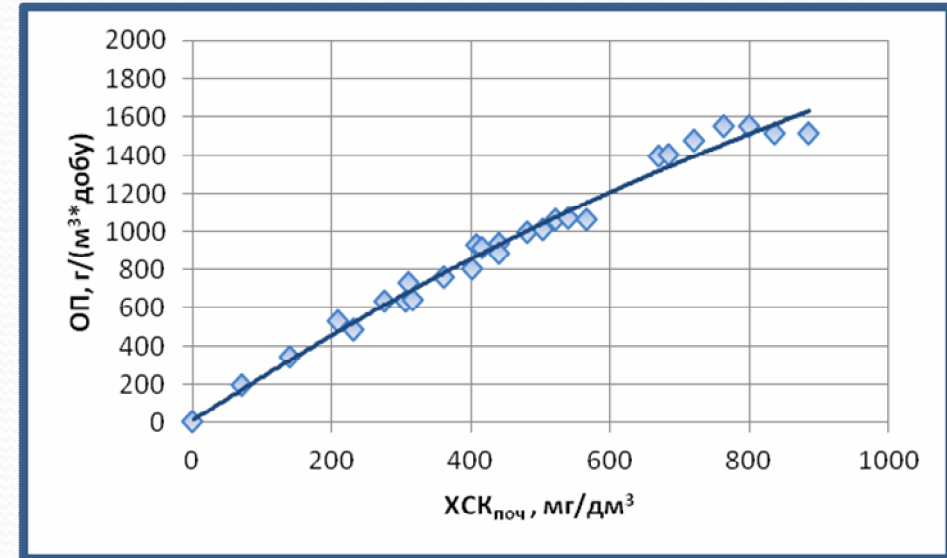
**ОЧИСНІ СПОРУДИ ЛІКАРНІ ВІДНОВНОГО ЛІКУВАННЯ МВС УКРАЇНИ м.
КИЄВА ПІСЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ
ЗА НОВОЮ БІОТЕХНОЛОГІЄЮ Q=70 м³/добу**



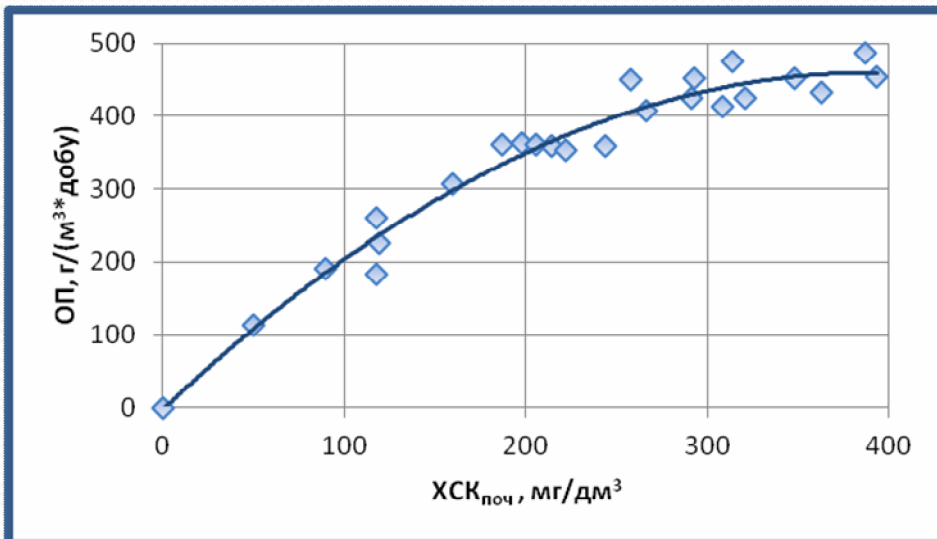
ЗАЛЕЖНІСТЬ ОКИСНОЇ ПОТУЖНОСТІ БІОРЕАКТОРІВ (ОП) ВІД ХСК ВИХІДНОЇ СТИЧНОЇ ВОДИ ($X_{СК_{поч}}$)



анаеробного I ступеня



аноксидного I ступеня



аеробного біореактора

Дослідження проведено на стічних водах молокозаводу після механічного очищення. ХСК вихідної стічної води – 2350-4400 мг/дм³; ХСК очищеної води на виході з останньої – аеробної секції – 20-80 мг/дм³, що задовольняє санітарним нормам.

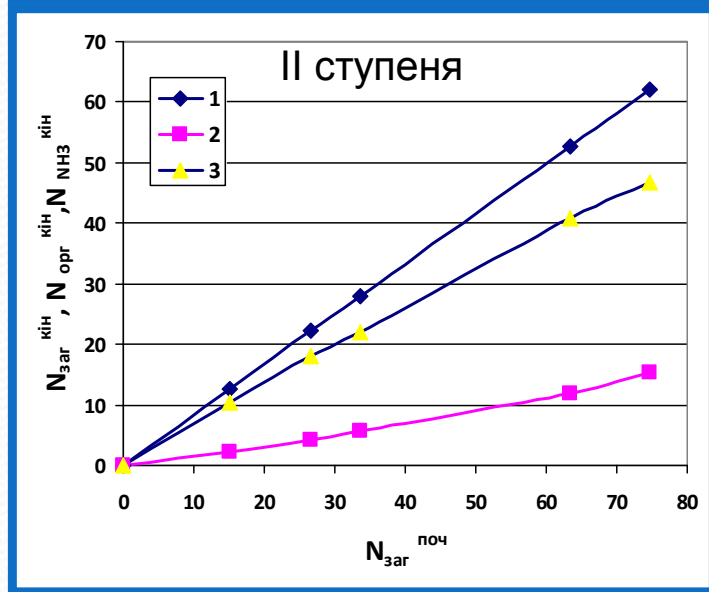
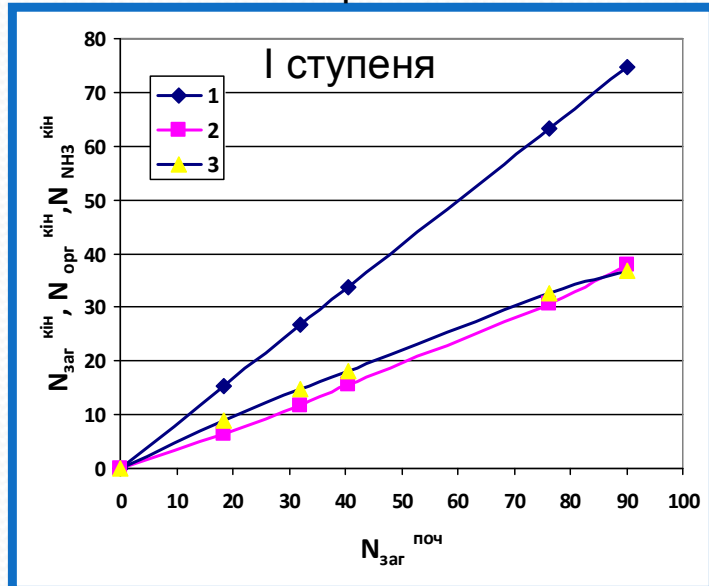
ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ БІОРЕАКТОРІВ при очищенні стічних вод молокозаводу

12

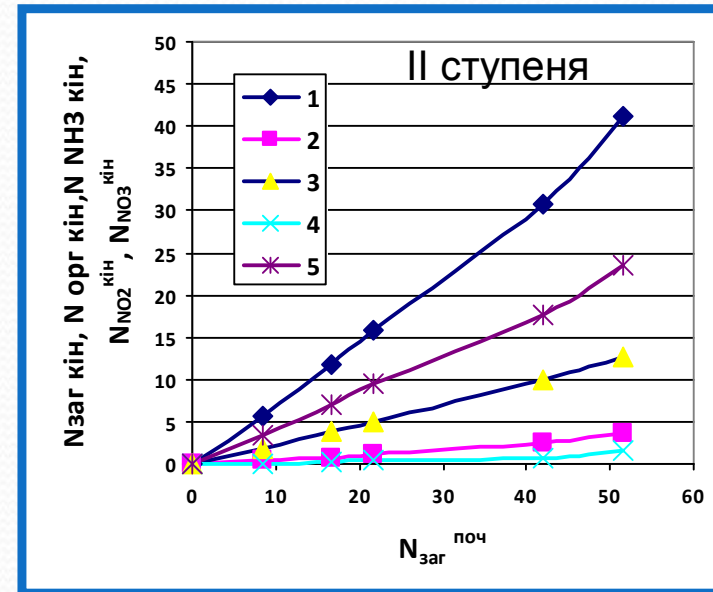
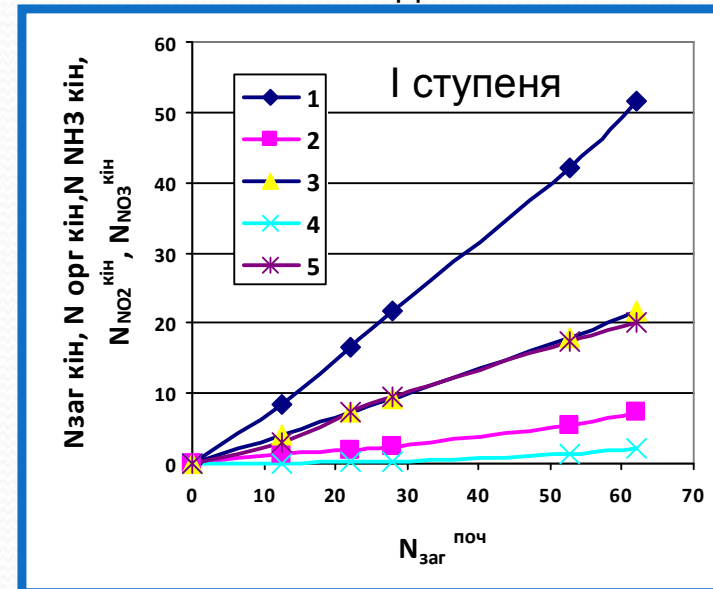
Показники	Анаеробний I ступеня	Анаеробний II ступеня	Аноксидний I ступеня	Аноксидний II ступеня	Аеробний біореактор
ХСК, мг/дм³: на вході	2350-4400	900-2390	360-900	160-330	50-160
на виході	900-2390	360-720	160-330	50-160	20-80
Навантаження за ХСК, мг/(г·год)	54-100	26-41	30-45	14-30	5-17
Окисна потужність: г ХСК/(м³ ·добу)	5600-7700	3000-4200	900-1600	420-650	300-450
Питома швидкість окиснення, мг ХСК/(г · год)	33-46	20-25	15-23	10-15	5-10
Окисна потужність: г N_{орг}/(м³ ·добу)	175-200	75-85	25-30	10-15	5-10
Концентрація біомаси, г/дм³	15-20	10-15	4-6	3-4	2-3
Зольність біомаси, %	30	30	30	40	50

ЗМІНА КОНЦЕНТРАЦІЙ СПОЛУК АЗОТУ ПРИ ОЧИЩЕННІ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ СТІЧНИХ ВОД В БІОРЕАКТОРАХ

в анаеробних



в аноксидних



1 – залежність концентрацій сполук азоту на виході $N_{\text{заг}}^{\text{кін}}$ від концентрацій на вході $N_{\text{заг}}^{\text{поч}}$;

2 – теж, органічного азоту на виході $N_{\text{орг}}^{\text{кін}}$ від $N_{\text{орг}}^{\text{поч}}$;

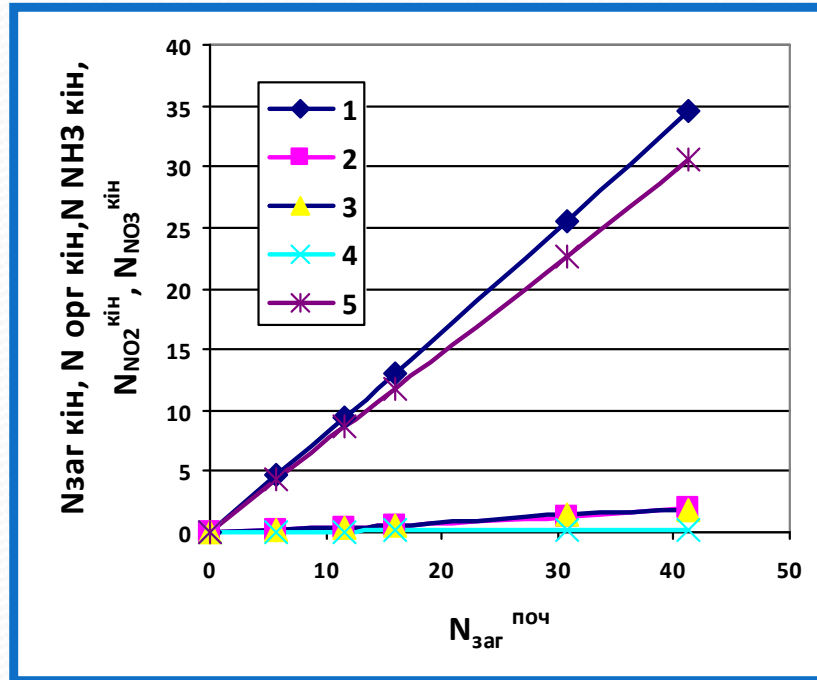
3 – теж, амонійного азоту на виході $N_{\text{NH}_3}^{\text{кін}}$ від $N_{\text{NH}_3}^{\text{поч}}$;

4 - теж, нітритів на виході $N_{\text{NO}_2}^{\text{кін}}$ від $N_{\text{NO}_2}^{\text{поч}}$;

5 - теж, нітратів на виході $N_{\text{NO}_3}^{\text{кін}}$ від $N_{\text{NO}_3}^{\text{поч}}$;

ЗМІНА КОНЦЕНТРАЦІЙ СПОЛУК АЗОТУ ПРИ ОЧИЩЕННІ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ СТИЧНИХ ВОД В БІОРЕАКТОРАХ

аеробних



- 1 – залежність концентрацій сполук азоту на виході $N_{\text{заг}}^{\text{кін}}$ від концентрацій на вході $N_{\text{заг}}^{\text{поч}}$;
- 2 – теж, органічного азоту на виході $N_{\text{орг}}^{\text{кін}}$ від $N_{\text{орг}}^{\text{поч}}$;
- 3 – теж, амонійного азоту на виході $N_{\text{NH}_3}^{\text{кін}}$ від $N_{\text{NH}_3}^{\text{поч}}$;
- 4 – теж, нітритів на виході $N_{\text{NO}_2}^{\text{кін}}$ від $N_{\text{NO}_2}^{\text{поч}}$;
- 5 – теж, нітратів на виході $N_{\text{NO}_3}^{\text{кін}}$ від $N_{\text{NO}_3}^{\text{поч}}$;

- ✓ Концентрації сполук азоту в неочищених стічних водах $N_{\text{заг}} - 18,4-90 \text{ мг/дм}^3$;
- ✓ навантаження за сполуками азоту на біомасу в анаеробних біореакторах – 0,4-2 мг на 1 г беззольної речовини за год, в аноксидних – до 4,7 мг/(г·год), в аеробних – до 4,37 мг/(г·год);
- ✓ окисна потужність за органічним азотом, $\text{г } N_{\text{орг}} / (\text{м}^3 \cdot \text{добу})$, анаеробного біореактора I – до 200, анаеробного II – 90, аноксидного I – 30,6, аноксидного II – 14 і аеробного – 6;
- ✓ швидкість окиснення $N_{\text{орг}}$, мг/(г·год), анаеробного біореактора I досягає 1,19, анаеробного II – 0,51; аноксидного I – 0,61, аноксидного II – 0,33 і аеробного – 0,16;
- ✓ концентрації сполук азоту в очищеній воді на виході з аеробного біореактора, мг/дм³: азоту амонійного – до 0,5-1,8; азоту нітритів – до 0,03-0,25; азоту нітратів – до 9-31, що відповідають санітарним нормам.

15

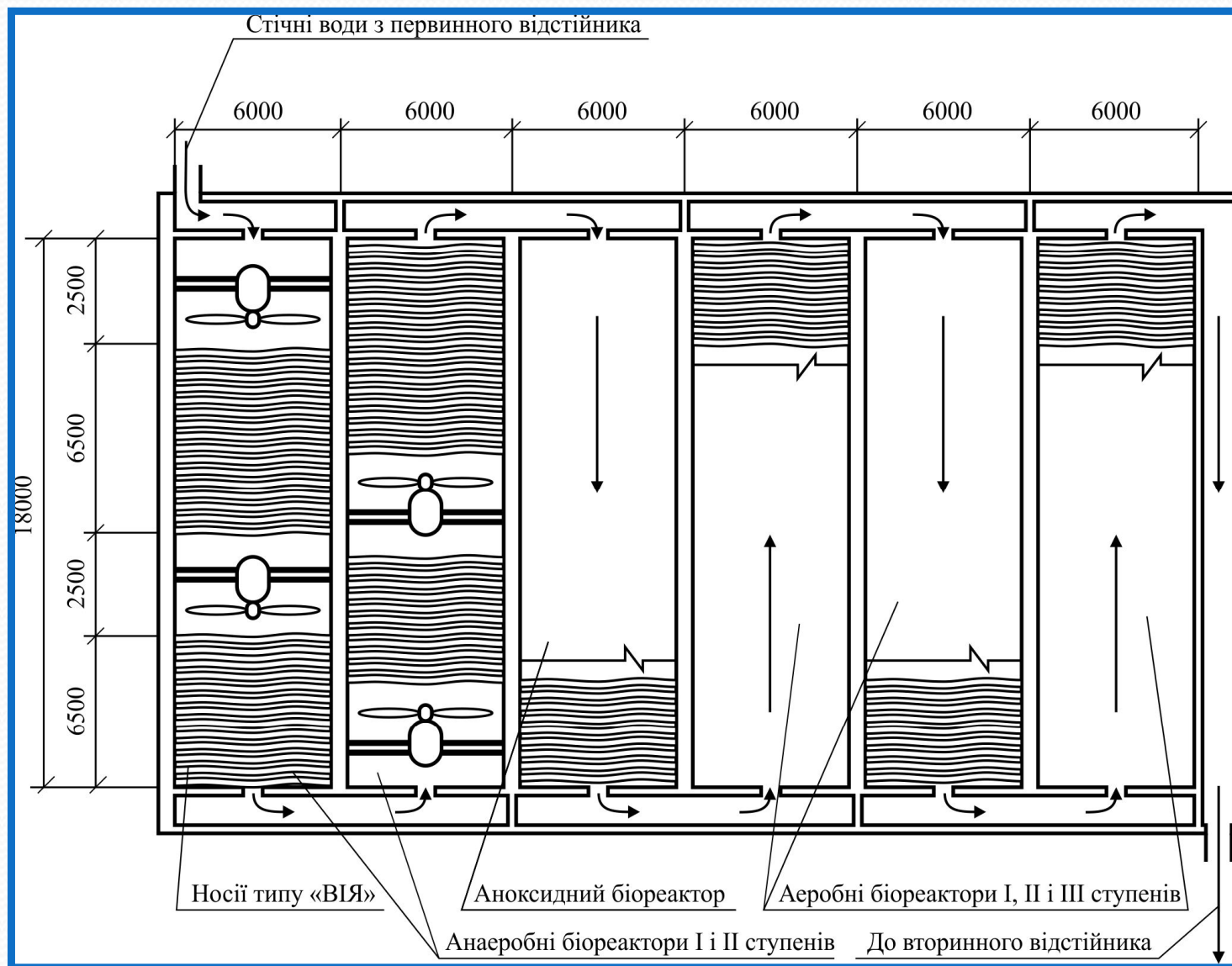
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ВИРОБНИЧА УСТАНОВКА ДЛЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД СОЛОДОВОГО ЗАВОДУ (М. СЛАВУТА ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ)



КОНСТРУКТИВНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ВИРОБНИЧОЇ УСТАНОВКИ Q=120-150 дм³/добу

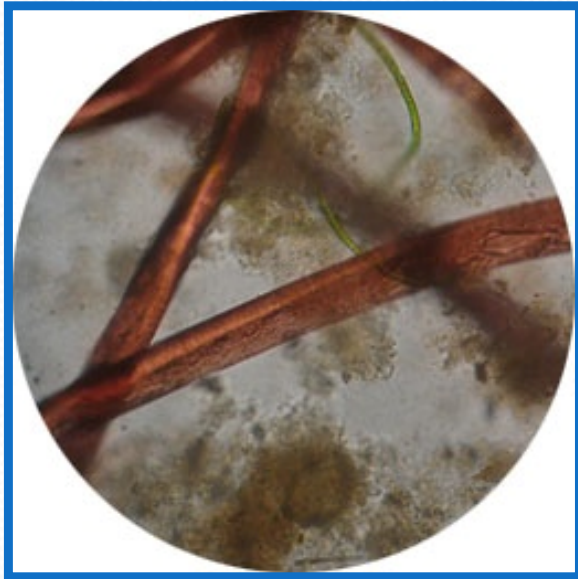
Найменування	Анаеробний біореактор I ступеня	Анаеробний біореактор II ступеня	Аноксидний біореактор I ступеня	Аноксидний біореактор II ступеня	Аеробний біореактор
Висота носіїв, м	0,47	0,47	0,36	0,36	0,36
Маса носіїв, г	400	400	280	280	280
ХСК, мг/дм ³ : на вході	1651	743	297	134	54
на виході	743	297	134	54	19
Ефект очищення за ХСК, %	55,0	60	54,9	59,7	64,8
Концентрація завислих речовин, мг/дм ³ : на вході	938	-	50	-	42
на виході	-	50	-	42	14
Ефект очищення за завислими речовинами, %	-	94,7	-	16	66,7
Концентрація амонійного азоту, мг/дм ³ : на вході	14,16	-	24,72	-	5,52
на виході	-	24,72	-	5,52	0
Ефект очищення за амонійним азотом, %	-	-	-	77,7	100
Окисна потужність, г ХСК/(м ³ ·добу)	6200	3400	800	400	100
Витрата повітря, м ³ /м ³	-	-	5,12	3,05	4,42

СХЕМА АЕРОТЕНКІВ ОЧИСНИХ СПОРУД СЛАВУТСЬКОГО СОЛОДОВОГО ЗАВОДУ ПІСЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗА НОВОЮ БІОТЕХНОЛОГІЄЮ $Q=2700$ м³/добу

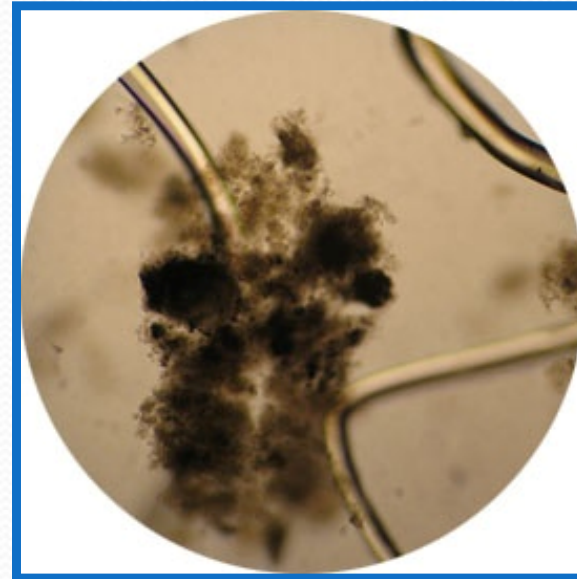


УСТАНОВКА ВІЙ В АЕРОТЕНКАХ ОЧИСНОЇ СТАНЦІЇ СЛАВУТСЬКОГО СОЛОДОВОГО ЗАВОДУ

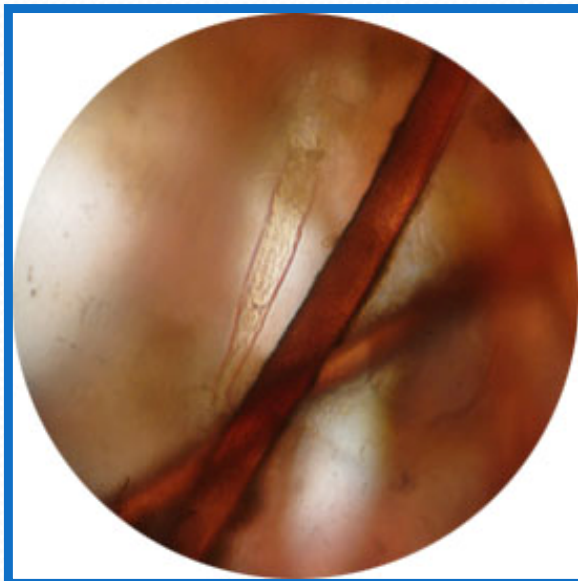




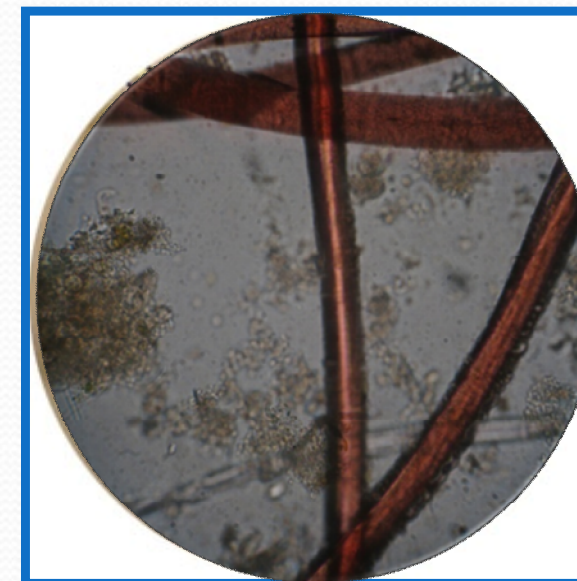
x400



x200



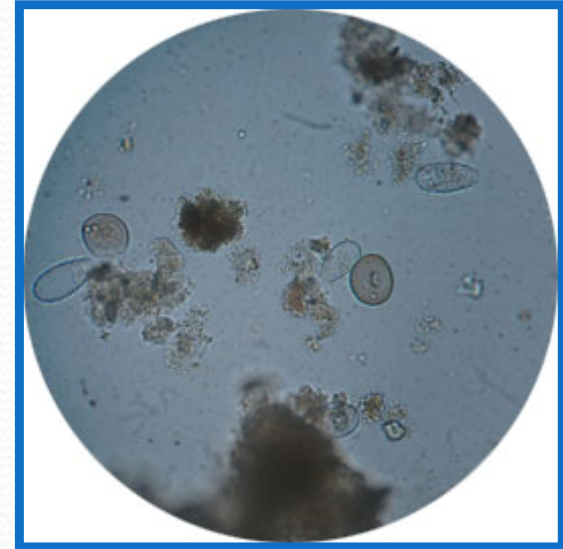
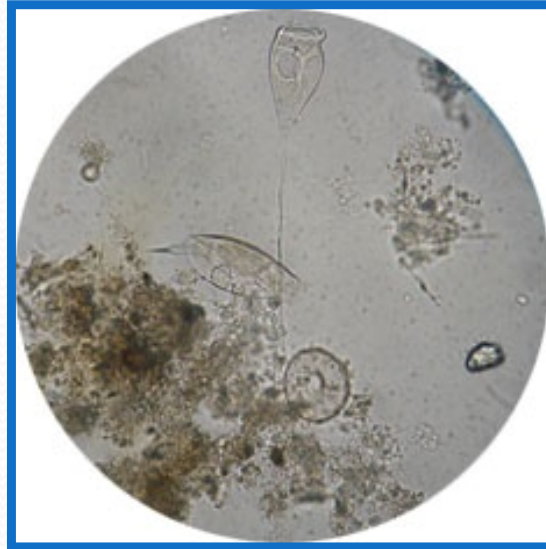
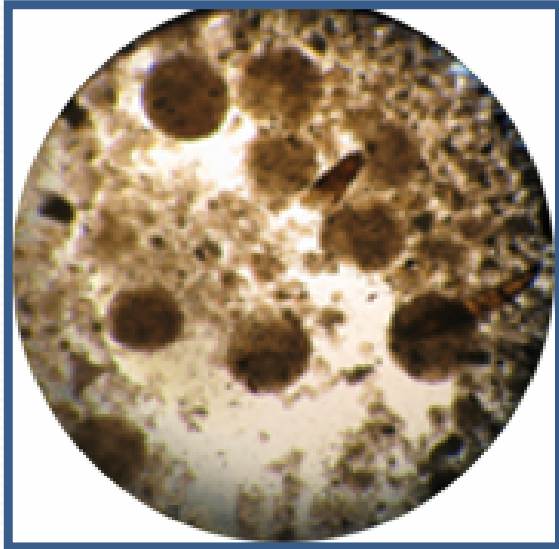
x400



x400

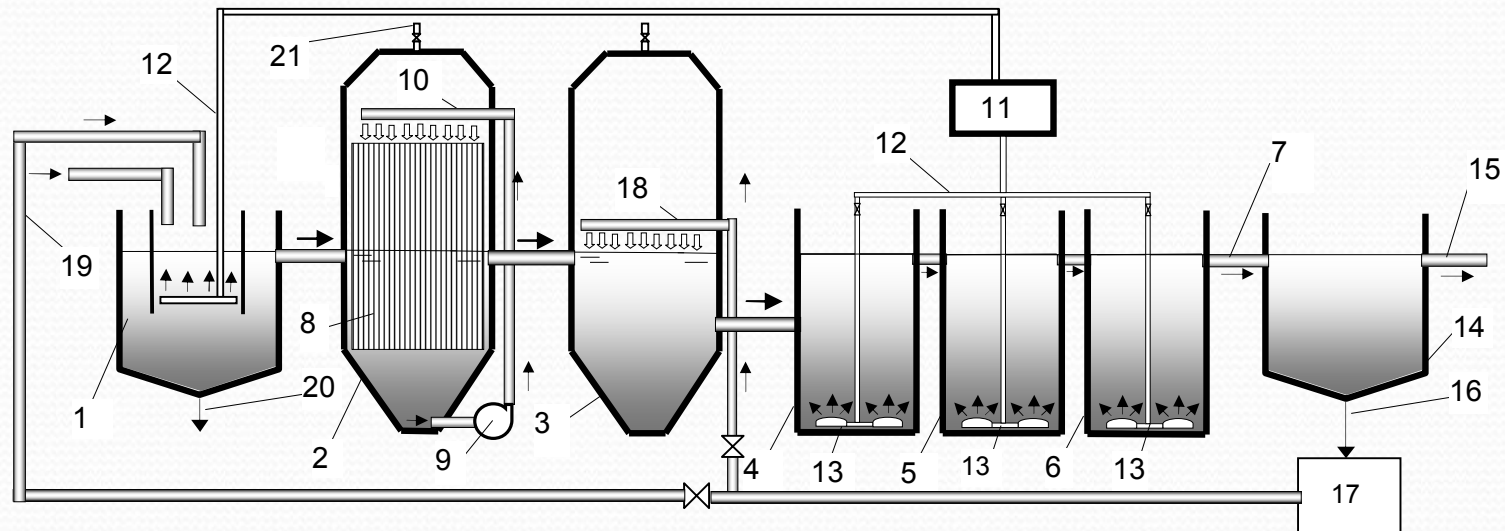
ВІЛЬНОПЛАВАЮЧИЙ МУЛ АНОКСИДНИХ І АЕРОБНИХ БІОРЕАКТОРІВ (x200)

20



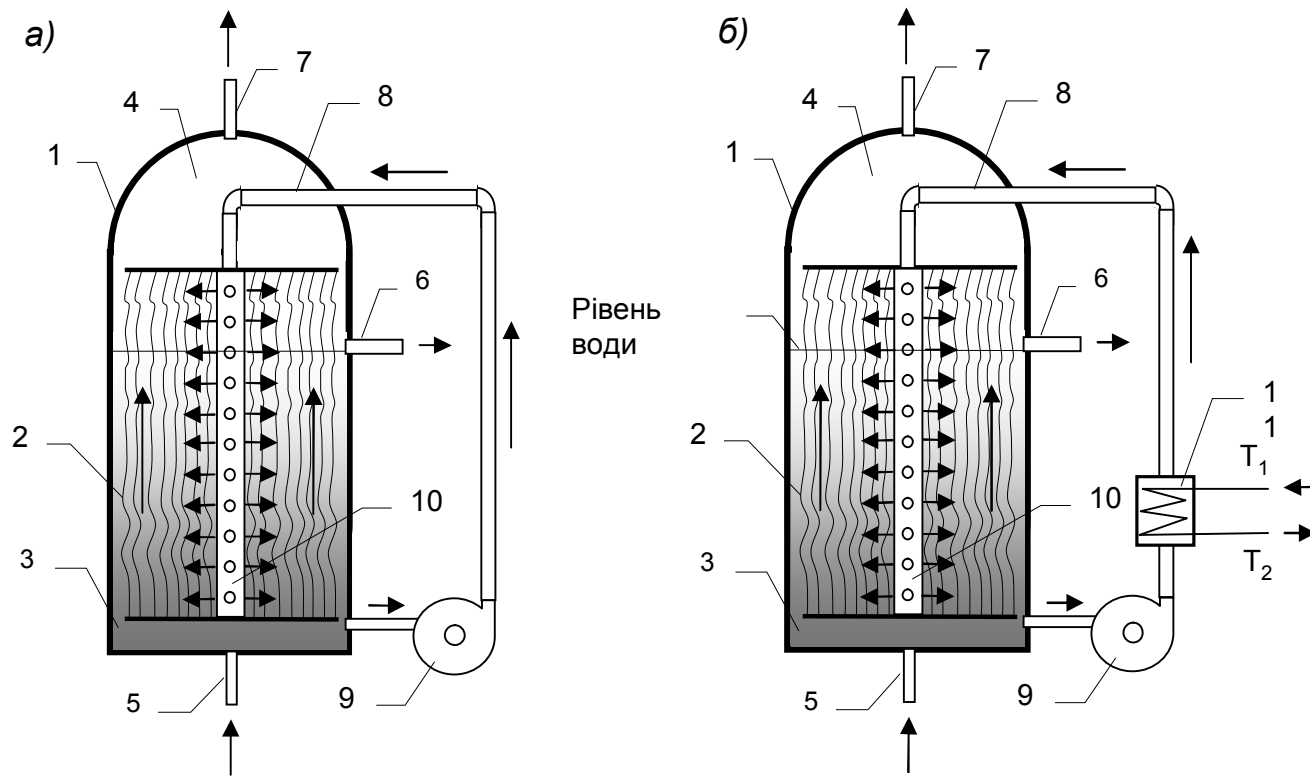
21

ТЕХНОЛОГІЯ АНАЕРОБНО-АЕРОБНОГО ОЧИЩЕННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ СТІЧНИХ ВОД ІЗ ВИДАЛЕННЯМ ФОСФАТІВ



1 – первинний відстійник з камерою біокоагуляції; 2 – анаеробний біореактор з іммобілізованими мікроорганізмами; 3 – анаеробний біореактор з ФАМ; 4, 5, 6 – аеробні біореактори з ФАМ; 7 – відведення стічних вод і ФАМ з аеробної стадії; 8 – каркас з волокнами ВІЯ; 9 – циркуляційний насос; 10 – дірчастий трубопровід рециркуляційної води; 11 – повітродувна станція; 12 – повітропроводи; 13 – аератори; 14 – вторинний відстійник; 15 – трубопровід відведення очищеної води; 16 – відведення активного мулу; 17 – насосна станція; 18 – трубопровід зворотного активного мулу; 19 – трубопровід надлишкового активного мулу; 20 – осад; 21 – газові трубки.

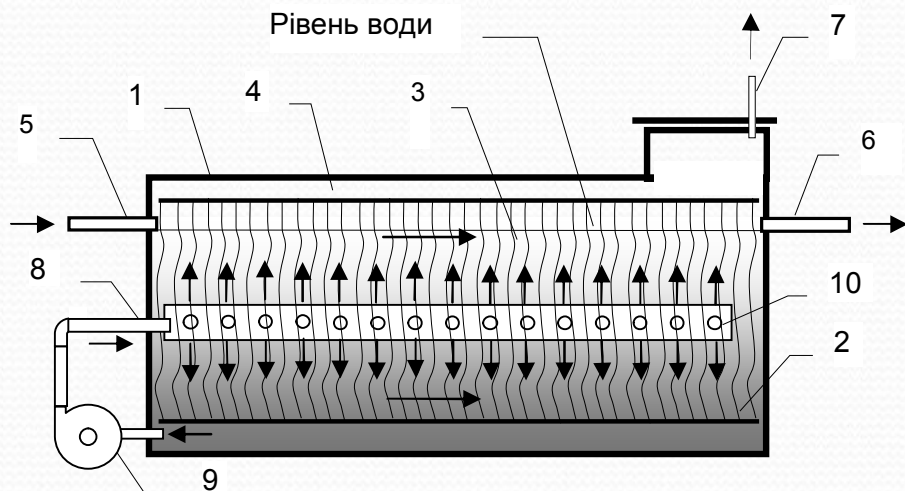
КОНСТРУКЦІЇ АНАЕРОБНИХ БІОРЕАКТОРІВ З НОСІЯМИ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ



а) – без підігріву рециркуляційної води; б) – з підігрівом
рециркуляційної води

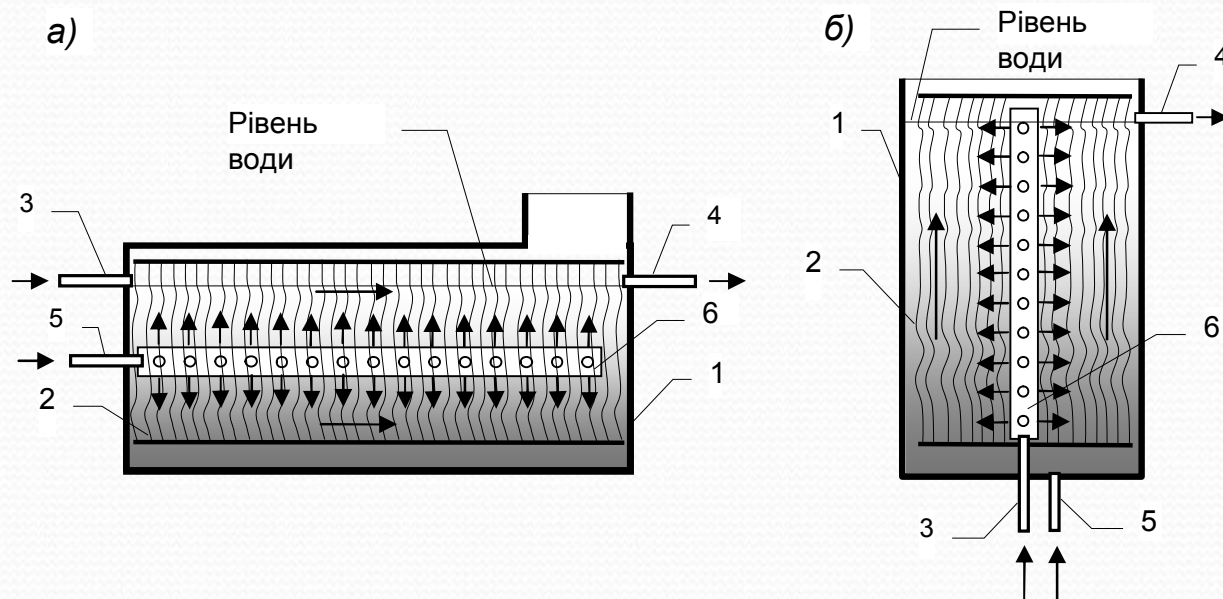
1 – корпус; 2 – носії «ВІЯ»; 3 – зона рідини; 4 – газова зона;
5 – підведення стічної води; 6 – відведення очищеної води;
7 – відведення газу; 8 – рециркуляційний трубопровід; 9 – насос;
10 – перфорований трубопровід; 11 - теплообмінник

КОНСТРУКЦІЯ АНАЕРОБНОГО БІОРЕАКТОРА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПУ З НОСІЯМИ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ



1 – корпус; 2 – носії «ВІЯ»; 3 – зона рідини; 4 – газова зона; 5 – підведення стічної води; 6 – відведення очищеної води; 7 – відведення газу; 8 – рециркуляційний трубопровід; 9 – насос; 10 – перфорований трубопровід

КОНСТРУКЦІЇ АЕРОБНИХ БІОРЕАКТОРІВ З НОСІЯМИ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ



а) – горизонтального типу; б) – вертикального типу:

1 – корпус; 2 – носії «ВІЯ»; 3 – підведення стічної води; 4 – відведення очищеної води; 5 – підведення повітря; 6 – перфорований трубопровід

ФІНАНСОВІ ПОКАЗНИКИ

При досягненні показників очищеної води за ХСК – 70 мг/дм³, концентрацією амонійного азоту - 2 мг/дм³, фосфатів - 3,5 мг/дм³ вартість очищення 1 м³ стічних вод становить:

- за технологією, що пропонується – 4 грн.;
- за традиційною технологією – 9 грн.

АВТОРИ:

Кузьмінський Євген Васильович - д.х.н., професор, завідувач кафедри екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «КПІ»

Саблій Лариса Андріївна - д.т.н., професор кафедри екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «КПІ»

Жукова Вероніка Сергіївна – к.т.н., асистент кафедри екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «КПІ»

Козар Марина Юріївна – асистент кафедри екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «КПІ»