

Міністерство освіти і науки України
Інженерний навчально-науковий інститут
імені Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету

О.Г. Добровольська

ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ КОМУНАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ
Методичні вказівки до практичних занять
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної
програми
«Міські інженерні мережі»

Затверджено вченою радою ЗНУ
Протокол №від

Запоріжжя
2022

628.1 Добровольська О.Г., Переробка відходів комунальних підприємств : методичні вказівки до практичних занять для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Міські інженерні мережі». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 22 с.

У методичних вказівках до практичних занять подано в систематизованому вигляді програмний матеріал дисципліни «Переробка відходів комунальних підприємств», основну номенклатуру інженерного обладнання, питання влаштування, призначення, монтажу та експлуатації споруд для обробки осадів, методику розрахунку інженерно-технічних систем та очисного обладнання. Наведені приклади розв'язання типових задач з детальними поясненнями. Містить ілюстративний (рисунок, схеми) і табличний матеріали.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Міські інженерні мережі».

Рецензенти :

В. А. Банах, доктор технічних наук, проректор з науково-педагогічної роботи та технічної освіти Запорізького національного університету

Є. А. Манідіна, кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної екології та охорони праці Запорізького національного університету

Відповідальний за випуск

А. В. Банах, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри міського будівництва і архітектури

Практичне заняття №1
Тема: Загальні відомості про осади

Питання для повторювання:

1. Чому дорівнює кількість органіки у нерозчинених домішках побутових стічних вод?
2. Які осади називають „хвостами“?
3. Що таке питомий опір осадів?
4. Для чого застосовують хімічне та термічне кондиціонування осадів?
5. Яка волога є хімічно зв'язаною?
6. Класифікація осадів в залежності від фізичних ознак.
7. Які форми зв'язку вологи з матеріалом вам відомі?

Задача №1. Як зміниться об'єм відкачуваного з первинних відстійників осаду, якщо забезпечити зниження його вологості з P_1 % до P_2 %?

Інформація для розв'язання

Вологість осаду P є відношення маси рідини в ньому $M_{\text{рід}}$ до загальної маси осаду $M_{\text{заг}}$:

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{рід}} + M_{\text{вол}}$$
$$P = \frac{M_{\text{рід}}}{M_{\text{заг}}} 100\%$$

або

$$P = \frac{M_{\text{заг}} - M_{\text{сух}}}{M_{\text{заг}}}$$

де $M_{\text{сух}}$ - маса сухої речовини осаду.

При вологості осаду, більшої, ніж 80%, густину осаду можна приблизно прийняти за 1 кг/дм^3 і тоді визначити вологість через об'єми:

$$P = \frac{W_{\text{рід}}}{W_{\text{заг}}} 100\% = \frac{W_{\text{заг}} - W_{\text{сух}}}{W_{\text{заг}}} = \left(1 - \frac{W_{\text{сух}}}{W_{\text{заг}}}\right) 100\%$$

де $W_{\text{заг}}$, $W_{\text{рід}}$, $W_{\text{сух}}$ - об'єм загальний, рідини, сухої речовини відповідно, м^3 .

Тоді об'єм сухої речовини осаду можна знайти із виразу:

$$W_{\text{заг}} = \frac{W_{\text{сух}} \times 100}{100 - P}$$

Оскільки об'єм сухої речовини за умовами завдання є величиною сталою, то із

E,%	45	50	55	45	50	40	50	45	55	50	45
P ₁ , %	98	97	99	98	97	98	97	97	98	98	97
Q _м ³	50 0	70 0	900	840	950	680	990	720	85 0	94 0	980
Y, T/M ³	1,0 1	1,0 5	1,0 6	1,0 4	1,0 3	1,05	1,0 8	1,0 9	1,0 3	1,0 4	1,0 5

продовження табл. 2

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
27 0	28 0	27 2	25 0	20 0	19 0	21 0	24 0	23 0	32 1	25 5	19 5	20 5	22 0
55	50	40	45	50	55	42	50	45	40	55	50	44	50
98	97	99	98	97	98	97	97	98	98	97	98	97	98
55 0	60 0	95 0	88 0	93 0	16 80	19 90	17 20	18 50	94 0	98 0	50 0	70 0	70 0
1.0 8	1.0 7	1.0 5	1.0 1	1.0 4	1.0 9	1.0 8	1.0 3	1.0 7	1. 1	1. 1	1. 1	1. 1	1. 1

Практичне заняття № 2 Тема: Властивості осадів

Питання для повторювання:

1. Як визначити вологість осадів?
2. Різновиди вологості осадів.
3. Питомий опір фільтрації.
4. Що таке абсолютна вологість?
5. Чому буде дорівнювати абсолютна вологість 1 кг осаду, якщо його відносна вологість складає 90 %?
4. Які тіла називають гідрофобними?

Задача №1 . Маса вилученого вологого осаду складає $M_{\text{вло}}$, після проведення процесу сушки маса сухого осаду складала $M_{\text{со}}$. Визначити: значення абсолютної, відносної вологості; вологість осаду на загальну масу абсолютно сухої речовини вологого осаду, вологість на масу абсолютно сухої речовини осаду.

Інформація до розв'язання

Відносна вологість $w_{\text{відн}}$:

$$w_{\text{відн}} = \frac{M_{\text{вл}}}{M_{\text{вл}} + M_{\text{со}}}$$

де $M_{вл}$ - маса вологи, кг

Абсолютна вологість $W_{абс}$:

$$W_{абс} = \frac{M_{вл}}{M_{со}} 100$$

Вологість осаду на загальну масу: $W_{відн} = \frac{M_{вл}}{M_{вло}}$

Вологість на масу абсолютно сухої речовини осаду:

$$W_{абс} = \frac{W_{відн}}{100 - W_{відн}} 100$$

Маса абсолютно сухої речовини вологого осаду:

$$M_{абс} = M_{вло} \frac{100 - W_{відн}}{100}$$

Таблиця 3-Вихідні дані

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M , кг	0,25	0,35	0,45	0,55	0,58	0,42	0,81	0,78	0,75	0,80	0,30
,кг	0,16	0,2	0,25	0,31	0,39	0,29	0,65	0,55	0,6	0,62	0,20

продовження табл.2

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,7	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,1
2	5		2		2	3	9	8	0	8	4	2	8
0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,3	0,6	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
2	9	5	7	8	5	9	5	0	2	5	7	2	1

Задача №2. Визначити питомий опір сирого осаду за результатами замірів, що приведені нижче, якщо площа фільтрації F , $см^2$; тиск (вакуум) P , Мпа, в'язкість фільтрату $0,01$ Н с/м²* маса твердої фази кеку $0,0643$ г/см³.

Інформація до розв'язання

Для розв'язання задачі треба використати результати експерименту (табл.4).

Таблиця 4-Результати замірів об'єму фільтрату для визначення питомого опору сирого осаду

τ, c	$V/$	$V = V' - V_0$ см ³	$\tau/V, c/cm^3$	τ, c	$V/$	$V = V' - V_0$ см ³	$\tau/V, c/cm^3$
0	60	-	-	480	114	54	
60	76	16	3,74	540	118	58	
120	86	26		600	122	62	
180	91	31		720	128	68	
240	97	37		840	132	72	
300	102	42		960	135	75	
360	106	46		1080	137	77	

Питомий опір осаду можна визначити за формулою:

$$\tau = \frac{2\rho F^2 b}{\zeta C}$$

де P - тиск, Па;

F – площа поверхні фільтрування;

ζ - в'язкість фільтру, Па с/м²;

C - маса твердої фази осаду, г/м³;

b - параметр, значення якого визначається за результатами проведеного дослідю.

Для визначення параметру b треба побудувати графік в координатах $\tau/V = f(V)$ (рис.1).

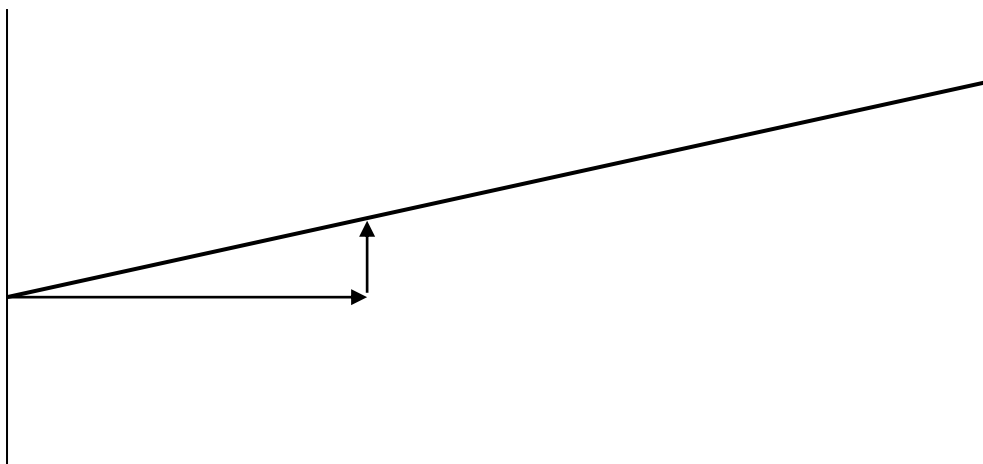


Рис. 1-Визначення параметру b

Значення параметру $b = m/n$ треба розрахувати для декількох точок, знайти середнє значення, потім визначити питомий опір.

Таблиця 5-Вихідні дані

№	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
F, см ²	50,7	49	48,2	45	43,2	40,5	36,6	38,0	32	30	64,5	65	55	56

P10 ⁻²	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	6,0	5,6	5,7	5,2	5,15	7,1	6,9	6,8	6,9
МПа														
проба														

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
52,	53,8	54,2	42,1	39,8	47,8	58,7	60,1	57,1	48,2	49,7
6,8	6,94	6,41	6,3	6,22	6,32	6,65	6,7	6,7	6,56	6,41

Практичне заняття №3

Тема : Ущільнення осадів

Питання для повторювання

1. Назвіть конструктивні особливості мулоущільнювачів вертикального, горизонтального, радіального типів
2. Як змінюється питомий опір після ущільнення осаду
3. Які процеси покращують процес ущільнення активного мулу

Задача №1

Розрахувати концентрації піску у стічній воді, що надходить на станцію очищення, та ефективність роботи пісковловлювачів, якщо на них затримується $V_{п}$ піску, вміст піску в осаді первинних відстійників m % (за масою сухої речовини), кількість цього осаду складає V_1 , % по об'єму води, що обробляється при вологості осаду P_1 , % в пісковловлювачах і відстійниках.

Інформація до розв'язання:

- А. Маса сухої речовини піску, що затримується пісковловлювачами $M_{сх.п}$, підраховується в залежності від об'єму піску V_n та γ_n - об'ємної ваги піску, т/м³. Маса осаду відстійників $M_{сх.п}$ визначається в залежності від $V_{ос}$, - об'єму осаду відстійників, м³ та $\gamma_{ос}$, - густини осаду, яка приймається приблизно $\gamma = 1010$ кг/м³.
- В. Маса сухої речовини осаду $M_{сх.п}$, кг визначається в залежності від P_1 .
- Г. Маса піску в осаді підраховується в залежності від $M_{сх.п}$, кг масової частки піску в осаді m_1 %.
- Д. Загальна маса піску у воді, що надходить до очисних споруд $M_{заг}$, кг складається з піску, що затримується пісковловлювачами $M_{сх.п}$, та піску, що осідає у відстійниках $M_{сх.1}$.
- Е. Ефективність роботи пісковловлювачів залежить від $M_{заг}$ та $M_{сх.п}$
- Ж. Концентрація піску у воді, що надходить до очисних споруд, залежить від $M_{заг}$, кг та Q , м³ - кількості стічної води, що надходить до споруд.

Таблиця 6-Вихідні дані

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V_{п,л}$	15	10	20	13	17	15	21	12	17	14	11	16
$m_1, \%$	6	5	8	6	7	4	10	11	9	7	8	10
$V_1, \%$	0,25	0,3	0,5	0,3	0,25	0,1	0,3	0,2	0,25	0,5	0,1	0,35
$P_1, \%$	95	93	94	95	95	93	94	93	95	94	95	95
$Q, м^3$	1000	2000	1000	3000	1500	2500	500	1000	2000	2500	500	2000

Продовження таблиці 6

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
270	280	272	265	25	245	225	215	185	175	165	195	185
55	50	45	40	50	45	50	55	45	50	55	45	50
93	94	95	96	93.8	94.8	95	96	94	95	93	94	96
2000	1750	1650	1145	1000	2010	1150	1650	1350	750	590	890	1050
1011	1013	1015	1012	1011	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1014	1012

Задача № 2

Пісок, затриманий в пісковловлювачі, характеризується нормативами (згідно із БНіП) - вологістю ($P_n, \%$) та об'ємною вагою (γ , $кг/м^3$) і транспортується на піскові майданчики за допомогою гідроелеватора у вигляді пульпи вологістю $P_{пн}, \%$. Чому повинна дорівнювати добова витрата робочої води для гідроелеватора ($V_{рв}, м^3/доб$), якщо $P_{пн} = 95\%$, добовий об'єм затриманого в пісковловлювачі піску $V_n, м^3/доб$, а суха (тверда) частина піску при транспортуванні гідроелеватором на піскові майданчики не витрачається.

Таблиця 7-Вихідні дані

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$P_{пн}$	9	93,5	9	93	94	95	96	90	91	92	93	94
$V_n, м^3$	5	6	7	5	4	3	7	3	8	5	3	4

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
95	96	92	93	94	95	96	94,	95,	93,	94,	95	96
2	8	4	6	5	3	7	4,5	5,2	6,1	5,5	6,3	4,8

Практичне заняття №4

Тема Стабілізаційна обробка осадів

Питання для повторювання

1. Які методи стабілізації осадів вам відомі?

2. Чим розрізняються мезофільний та термофільний режими стабілізації?
3. Чим супроводжується процес стабілізації?
4. Які процеси відбуваються у двошарових відстійниках?
5. На станціях якої продуктивності можливо застосовувати освітлювачі-перегнивачі?
6. При якій температурі здійснюється мезофільний режим аеробної стабілізації?
7. Як довго триває стабілізація суміші осаду та ущільненого мулу?

Задача №1

Виконати розрахунок метантенків для станції повного біологічного очищення продуктивністю Q , м³/доб, якщо концентрація завислих речовин $C_{зав}$, мг/л, $BСК_{повн} = X$ мг/л, ефект освітлення у первинних відстійниках $E\%$. Передбачається механічне зневоднення осаду з термічною сушкою.

Інформація до розв'язання.

Кількість сухої речовини осаду $Q_{сух}$ та активного мулу $M_{сух}$, які утворюються на станції, т за 1 добу:

$$Q_{сух} = \frac{C \times E \times k}{1000 \times 1000} \times Q$$

$$M_{сух} = \frac{0.8 \times C(1-E) + aL_a - b}{1000000} Q,$$

де C - кількість завислих речовин у воді що надходить до первинних відстійників, мг/л;

L_a - $BСК$ стічної води, яка надходять до аеротенку, мг/л;

E - ефективність роботи первинних відстійників, %;

Q - середня витрата стічної води, м³/доб;

k - коефіцієнт збільшення об'єму осаду $k = 1,1-1,2$;

b - винос активного мулу із вторинних відстійників, мг/л, $b=15$ мг/л;

a - коефіцієнт приросту активного мулу $a= 0.3... 0,5$.

Кількість беззольної речовини осаду $Q_{без}$ та активного мулу $M_{без}$, т за 1 добу:

$$Q_{без} = \frac{Q_{сух} (100 - B'_z) (100 - Z_{ос})}{100 \times 100},$$

$$M_{без} = \frac{M_{сух} (100 - B'_z) (100 - Z_{мул})}{100 \times 100}$$

де B, B' - гігроскопічна вологість сирого осаду та активного мулу, %;

$Z_{ос} Z_{мля} \sim$ зольність сухої речовини осаду та мулу, %

$Z_{ос}=30\%, Z_{мул}=25\%$.

Витрата сирого осаду та надмірного активного мулу, м³/доб:

$$V_{ос} = \frac{100 \times Q_{сух}}{(100 - W_{ос}) P_{ос}},$$

$$V_{мул} = \frac{100 \times M_{сух}}{(100 - W_{мул}) P_{мул}}$$

де $W_{ос}, W_{мул}$ - вологість сирого осаду та надмірного активного мулу, %;

$W_{ос}=97\%, W_{мул}=97\%$;

$P_{ос}, P_{мул}$ - густина осаду та активного мулу, $P_{ос} = P_{мул} = 1$ • Загальна витрата осадів:

для сухої речовини:

$$M_{сух} = Q_{сух} + M_{сух},$$

для беззольної речовини

$$Q_{без} = Q_{без} + M_{без}$$

для об'єму суміші фактичної вологості

$$M_{заг} = V_{ос} + V_{мул}$$

Середні значення вологості та зольності суміші осадів, %:

$$Z_{см} = 100 \times \left(\frac{B_{см} = 100 \times \left(1 - \frac{M_{сух}}{M_{заг}} \right)}{M_{без}} \right)$$

$$\left(\frac{Q_{сух} (100 - B_2) / 100 + I_{сух} (100 - B'_2) / 100}{100} \right)$$

Загальний об'єм метантенку, м³

$$V = M_{заг} \times 100 / D,$$

де D - добова доля завантаження осаду в метантенк, %.

Режим бродіння треба вибирати, враховуючи методи подальшої обробки осаду. Якщо в проекті передбачені мулові майданчики, треба прийняти термофільний режим. Якщо передбачається механічне зневоднення, термічна сушка, бродіння можливо проводити в мезофільних умовах.

Вихід газу на 1 кг беззольної речовини (густина газу прийнята рівній 1):

$$y' = (a - nD) / 100,$$

де a - межа бродіння осаду, %;

n - коефіцієнт, який залежить від вологості осаду і температурного режиму [1,табл. 6.1].

Для суміші осаду та активного мулу межа бродіння;

$$a_{\text{сум}} = (a_0 Q_{\text{без}} + a_{\text{мул}} M_{\text{без}}) / M_{\text{без}}$$

де a_0 , $a_{\text{мул}}$ - межа бродіння відповідно для осаду і для мулу $a_0 = 53\%$
 a_0 , $a_{\text{мул}} = 44\%$.

Загальний вихід газу, м³/доб:

$$G = y' \times M_{\text{без}}$$

Таблиця №8-Вихідні дані

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q, м ³ /доб	35000	40000	36000	30000	39000	42000	44000	45000	47000	49000	50000	48000
Сзаг, мг/л	180	185	170	175	190	195	200	210	215	205	190	185
X, мг/л	190	200	175	180	190	210	185	195	190	180	185	170
E, %	45	50	55	40	45	50	55	40	45	50	55	45

продовження таблиці №8

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
38000	37500	43500	42500	40500	39500	44500	47500	36500	37000	41500	49500	47500
210	22	175	215	205	190	180	185	170	165	215	180	190
180	190	165	185	240	220	200	180	200	210	170	185	190
45	50	55	40	45	50	55	40	45	50	55	45	50

Задача № 2

За умовами задачі 1 розрахувати варіант аеробної стабілізації неущільненого активного мулу та суміші сирого осаду з неущільненим активним мулом.

Інформація до розв'язання

Ущільнений активний мул або суміш його з осадом первинних відстійників нераціонально піддавати аеробній стабілізації, тому що різко підвищується питомий опір осаду. Направляти до аеробних стабілізаторів треба неущільнений активний мул. Тривалість стабілізації:

$$T = [(8...10) + 0,02(20 - T_a)(\tau + 5)] / 1,08^{20 - T_c}$$

Де T_a , T_c – розрахункова температура в аеротенку та стабілізаторі, $^{\circ}\text{C}$;
 $T_a = 18^{\circ}\text{C}$, $T_c = 15^{\circ}\text{C}$.

τ – вік мулу, доб

$$\tau = \frac{t_a \times a_a \times 1000}{B_{зав} \times 24}$$

де t_a – тривалість перебування води в аеротенку, год;

a_a – доза мулу в аеротенку, г/л;

$B_{зав}$ – кількість завислих речовин у воді, що надходить до аеротенку, мг/л.

Питома втрата кисню:

$$q_M = (0,96 + 0,016 \times \tau) / (1 + 0,108) \times \tau$$

Об'єм стабілізатора :

$$V = V_{мул} \times t_{мул}$$

Концентрація беззольної речовини в мулі, $\text{кг}/\text{м}^3$:

$$S_0 = M_{без} / V_{мул}$$

Значення інших коефіцієнтів подібні приведеним у (1).

Тривалість аеробної стабілізації суміші сирого осаду та не ущільненого активного мулу :

$$t_c = t_m + 2B$$

де t_c , t_m – період стабілізації відповідно суміші та активного мулу, доб.

Питома кількість кисню для стабілізації суміші:

$$q_c = q_m (1 + 0,4B\sqrt{\tau})$$

Тривалість аерації для неущільненого активного мулу 3...5 діб; для суміші осаду первинних відстійників і неущільненого активного мулу 6...7 діб, для суміші осаду та ущільненого активного мулу 10...12 діб ($t = 20^{\circ}\text{C}$).
 Інтенсивність аерації - $6 \text{ м}^3 / \text{м}^2\text{год}$.

Практичне заняття №5

Тема: Зневоднення осадів

Питання для повторювання

1. Які споруди застосовують для зневоднення осадів?

2. Принцип дії центрифуг
3. Як класифікують центрифуги?
4. В чому полягають переваги та недоліки безреагентного центрифугування?
5. Чому дорівнює вологість кеку після зневоднення на центрифугах?

Задача

Розрахувати центрифуги для зневоднення сирого осаду первинних відстійників та надмірного активного мулу із вторинних. Продуктивність станції Q , м³/доб, концентрація завислих речовин C_1 , мг/л; ефект освітлення у первинних відстійниках E , %; приріст активного мулу на 1 м³ складає 110 мг/л.

Інформація до розв'язання

А. Якщо фугат після центрифугування подається на первинні відстійники, збільшення концентрації завислих речовин в стічній рідині визначається за формулою:

$$C_{п.ф} = C_1 + \frac{C_1 \times m(1-k)}{1-m(1-k)}$$

де C_1 - концентрація завислих речовин в стічній рідині, г/л;

k - коефіцієнт виносу завислих речовин з відстійників:

$$k = 1 - E_{ос}/100,$$

де $E_{ос}$ - ефект освітлення, %;

m - коефіцієнт виносу завислих речовин з центрифуги:

$$m = 1 - E/100,$$

де E – ефективність центрифугування за сухою речовиною, $E=55\%$.

Б. Об'єм сирого осаду вологістю 95%, що затримується в первинних відстійниках, м³/доб:

$$V = \frac{C_{п.ф.} \times Q \times E \times 100}{10^6 \times 100(100-95)}$$

Практичне заняття №6

Тема: Зневоднення та знешкодження осадів

Питання для повторювання

1. Який процес називається коагуляцією осадів?
2. Як питомий опір осадів впливає на процес фільтрування?
3. Для чого застосовують ресивери?
4. Чому дорівнює вологість кеку при застосуванні вакуум-фільтрів?
5. Чому дорівнює вологість висушеного осаду?

Задача №1. Розрахувати вакуум - фільтри та барабанну сушарку для зневоднення і сушки зброженої суміші осаду та активного мулу. Витрата сирого осаду вологістю $W_1, \%$ з первинних відстійників $Q_1, \text{ м}^3/\text{доб}$, витрата надмірного активного мулу вологістю $W_2, \%$ - $Q_2, \text{ м}^3/\text{доб}$. Питомий опір осаду первинних відстійників $220 \times 10^{-10} \text{ см/г}$, лужність 25 мг-екв/л , питомий опір ущільненого активного мулу $2200 \times 10^{-10} \text{ см/г}$, лужність 12 мг-екв/л .

Інформація до розв'язання

Середня вологість суміші осаду та активного мулу визначається за формулою :

$$W_{см} = 100 - \frac{Q_o \times C_o + Q_u \times C_u}{Q_o + Q_u},$$

де Q_o, Q_m – об'єми сирого осаду та активного мулу, $\text{м}^3/\text{доб}$;

C_o, C_m – кількість сухої речовини відповідно в осаді та мулі, %.

Питомий опір $R_{см}$ та лужність $L_{см}$ осаду та активного мулу:

$$R_{см} = \frac{Q_o \times R_o + Q_m \times R_m}{(Q_o + Q_m) \times C_{см}},$$

$$L_{см} = \frac{Q_o \times L_o + Q_m \times L_m}{Q_o + Q_m}$$

де r_o, r_m – питомі опори осаду та мулу, см/г ;

$C_{см}$ – кількість сухої речовини в суміші, %;

L_o, L_m відповідно лужність сирого осаду та активного мулу.

Дози коагулянтів при підготовці осадів до зневоднення на вакуум - фільтрах:

$$D_k = k \left(\sqrt{R} + \sqrt{W \times 0,001 \times L/C} \right)$$

де k - коефіцієнт, якій залежить від хімічного складу коагулянту та виду осаду;

$R = r \times 10^{-10}$ – питомий опір осаду, см/г ;

W – вологість осаду, %;

C – кількість сухої речовини осаду, %;

L – лужність осаду до коагуляції, мг/л .

Продуктивність вакуум - фільтру за сухою речовиною осаду:

$$П = 0,24 \frac{100 - W_k}{W_u - W_k} \times \sqrt{\frac{\rho m p (100 - W_u)}{\eta T R}}$$

де W_M, W_K – вологість вихідного осаду та кеку, %;

ρ – густина вихідного осаду, т/м³;

m – доля часу дії вакууму від загального циклу роботи фільтру, %;

p – робочій вакуум, Па;

η – в'язкість фільтрату, Па·с;

T – період оберту барабану, хв.

Кількість води, що випарюється в сушильному апараті за один цикл:

$$W_u = Q \left(1 - \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \right),$$

де Q - витрата суміші осаду та мулу, л/доб;

W_1, W_2 - початкова і кінцева вологість осаду, %.

Необхідна кількість циклів для випарювання добового об'єму води:

$$n_u = W / W_u$$

Тривалість циклу сушки для одного сушильного апарату:

$$\tau = W_u / P,$$

де P - продуктивність апарату за випареною вологою, кг/год.

Кількість циклів на один апарат за добу:

$$n_1 = 24 / \tau$$

Кількість сушарок: $n = n_u / n_1,$

Витрата пару :

$$D = 1.4W / 24,$$

де 1,4 – коефіцієнт якій враховує кількість пару, необхідного для нагріву осаду до температури кипіння.

Таблиця №9-Вихідні дані

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$W_1, \%$	93	94	94.5	93.5	93	94	95	96	98	96.7	98.5	97
$Q_1, \text{м}^3/\text{доб}$	250	300	180	200	300	280	270	320	250	240	270	220
$W_2, \%$	96.7	97	96.8	98	98.5	99	98.9	98	98.5	99	99	99
$Q_2, \text{м}^3/\text{доб}$	320	350	380	390	460	340	290	490	460	460	380	420

продовження таблиці №9

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
95.2	95	95.8	94.6	94.5	94.7	94.8	95.1	95.8	93.8	94.2	95	97
190	220	180	230	190	240	210	225	195	210	228	230	245
98	97.5	97.6	97.5	98	97.8	98.4	98	98	98	97.6	99	99
300	290	340	290	310	290	320	295	295	275	244	280	300

Задача № 2

Визначити питому витрату промивної води q , якщо питомий опір осаду, що подається на вакуум-фільтрацію, складає r , см/г. Визначити зниження лужності питомого опору.

Інформація до розв'язання

Лужність промивної води приймається в межах 4.7-5.5 мг-екв/л; лужність збриженого осаду 60-70 мг-екв/л.

Таблиця №10-Вихідні дані

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$r \cdot 10^{-14}$, см/г	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,2	3,4	2,0	2,7	2,6	2,2	2,3

продовження таблиці №10

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2.4	2.8	2.3	3.5	3.1	3.6	2.98	2.17	2.22	2.5	2.58	2.84	2.9

Практичне заняття №7 Тема: Утилізація осадів

Питання для повторювання

1. Що означає термін «утилізація»?
2. Вміст яких домішок являється неприпустимим для утилізуємих осадів?
3. Які загальні технічні умови ставлять до осадів, які використовують як добрива?
4. Як визначити загальну кількість осадів?

Задача №1. Розрахувати, яка кількість реагентів необхідна для обробки осадів методом вакуум-фільтрації. Використовується Fe_2O_3 та $Ca(OH)_2$, активність цих речовин відповідно A_1 та A_2 , необхідна доза D_1 і D_2 .

Інформація до розв'язання

А. Перерахувати дозу з Fe_2O_3 на $FeCl_3$, та CaO на $Ca(OH)_2$. в молекулі Fe_2O_3 на долю атомів заліза залишається 70% молекулярної маси Fe_2O_3 , тобто доля заліза становить $D_1 \cdot 0,7 = D_{зал}$. У $FeCl_3$ на 56 г заліза відведено 162,5 г солі, або на 1 ч заліза за масою 2,9 г солі. Потреба в солі $FeCl_3$ складає $[D_{зал} \cdot 2,9]$, а для

забезпечення необхідної кількості необхідного активного реагента витрата солі становить $[D_{\text{зал}} \cdot 2,9] / 0,95$.

Б. Визначити необхідну дозу $\text{Ca}(\text{OH})_2$. У складі цієї речовини на долю CaO відводиться за масою 73,7% або на 1ч. CaO необхідно 1,36 ч. $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Для забезпечення достатньої дози реагента за активним продуктом необхідна доза $\text{Ca}(\text{OH})_2$ становить $[D_2 \cdot 1,36] / 0,4$.

Таблиця №11-Вихідні дані

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$A_1, \%$	90	91	93	95	90,5	91,5	92	92,5	93	93,5	94	94,5
$A_2, \%$	40	42	44	42	40,5	41,5	42	42,5	43	43,5	44	44,5
$D_1, \%$	3,4	3,5	3,2	3,3	3,1	3	2,9	3,6	3	3,7	3,1	2,8
$D_2, \%$	11	12	10	10,5	11,5	12,5	10	1	11	11,5	12,5	10

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
96	95	91	90	91,5	92	92,5	93	93,5	94	94,5	95	95
42	41	43,5	4	43	42	44	40	42	41	44	45	45
3,5	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,0	3,1	3,2	3,1	3,2	3
10	12	12,5	13	11,5	10,5	11,5	10	11	12	10,5	11,5	12

Задача №2*

Осад вологістю W подається на мулові майданчики з поверхневим відводом води. Після відстоювання видалена мулова вода в об'ємі $X \%$ від початкового об'єму осадів з концентрацією завислих речовин в ній C г/л. Визначити вологість осаду після видалення мулової води.

Таблиця №12-Вихідні дані

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$W_1, \%$	96,5	96,3	97	97,2	97,3	97,7	98	98,2	96,5	96,6	96,8	92,5
$X, \%$	50	45	55	40	60	65	45	55	50	45	60	65
$C, \text{г/л}$	1,5	1,0	1,2	1,5	1,1	1,4	2	1,2	1,5	1,3	1,5	2,0

Продовження таблиці №12

13	14	15	16	17	18	9	20	21	22	23	24	25
95,8	95,5	94,5	93,8	92,2	96,8	94,8	95,3	92,2	93,2	93,5	96,7	96
55	45	50	40	60	70	65	70	45	40	55	50	54
1,0	1,5	1,0	1,2	1,7	1,6	1,5	1,0	2,0	1,5	1,0	1,5	1,4

Практичне заняття №8 Тема: Утилізація осадів

Питання для повторювання

1. Які осади називають «скопом»?
2. Як попередня обробка осадів впливає на їх подальшу утилізацію?
3. Осади якого складу раціонально використовувати як будівельний

матеріал?

4. Як знешкоджуються осади, що містять отруйні речовини?
5. В яких випадках доцільним є спалення осадів?

Задача

Визначити, як змінюється кількість осаду, що утворюється при коагулюванні та відстоюванні води та ефективність роботи відстійників, якщо каламутність води, що очищується, змінилась з M_1 до M_2 , мг/дм³, кольоровість – з K_1 град до K_2 град, лужність – з L_1 . мг-екв/дм³ до L_2 мг-екв/дм³, а концентрація завислих речовин у відстояній воді в обох випадках дорівнює $C_{кін}$ мг/дм³.

Інформація до розв'язання

Кількість осаду, що утворюється у відстійниках, залежить від якості вихідної води, ефективності роботи відстійників, умов скиду осаду. Приймаючи, що умови скиду осаду були ідентичні, можна вважати, що кількість осаду визначатиметься якістю вихідної води та дозами реагентів, які додаються у воду під час очищення. Підрахунки проводимо за рекомендаціями [9].

А. Дози коагулянту (по безводній речовині) D_k мг/дм³ визначаються за [9] п 6.16 в залежності від K , M , де

K – кольоровість води, що оброблюється, град;

M – каламутність води, що оброблюється, мг/дм³.

Б. Дози підлугувача (вапна) $D_{щ}$ мг/дм³ підраховуються за [9] п 6.10 в залежності від D_k , мг/дм³, L , E_k , K_l , де

L – лужність води, мг-екв/дм³;

E_k – еквівалентна маса коагулянту, мг/мг-екв;

K_l – коефіцієнт, що приймається рівним 28 для вапна.

В. Кількість нерозчинених домішків, що надходить у воду з лугом в г/м³, розраховується за [9] ф.12 в залежності від D_l , мг/дм³, та коефіцієнту K_i , що приймається 0,7.

Г. Вихідні концентрації завислих речовин у воді, що надходить на відстоювання у першому та другому випадках $C_{вих}$, мг/дм³, D_k , г/м³, $K_{град}$, K_k – коефіцієнту, що приймається в залежності від виду коагулянта [9] п 6.64.

Д. Кількість осаду, що утворюється у відстійниках, пропорційна різниці концентрацій завислих речовин у воді, що надходить на споруди, та відстояній.

Таким чином, можливо з'ясувати як зміниться об'єм осаду при зміні якості води, що очищується.

Е. Ефективність роботи відстійників в першому та другому випадках визначається в залежності від $C_{вих}$ мг/дм³ та $C_{кін}$ мг/дм³.

Вихідні дані

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
M_1 , мг/дм ³	50	200	100	400	350	60	210	120	90	150	75	80	250	190
K_1 , град	64	58	38	71	60	48	50	29	75	63	30	53	45	58
L_1 , мг-екв/дм ³	3	5	1.5	2,9	7	6.1	3,8	5.7	6.9	1,1	4,2	4,9	3,5	2,5
M_2 , мг/дм ³	220	300	190	35	130	70	100	55	75	250	130	215	160	180
K_2 , град	81	61	65	52	33	21	82	20	69	53	60	71	35	50
L_2 , мг-екв/дм ³	1.5	4.1	2,1	2,0	2,5	5,2	5.9	1,1	0,7	0,6	1.6	6,7	2,8	3,0
$C_{кін}$ мг/дм ³	10	5	12	17	15	13	11	7	16	6	4	10	12	8

ЛІТЕРАТУРА

1. Айрапетян Т. С. Технологія очистки промислових стічних вод : конспект лекцій. Харків : ХНАМГ, 2008. 81 с. URL : https://eprints.kname.edu.ua/6208/1/%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%BB.2008%2C%D0%BF%D0%BE%D0%B7.112%D0%9B_%D0%A2%D0%9E%D0%9F%D0%A1-%D1%83%D0%BA%D1%80.pdf/
2. Айрапетян Т. С. Спецкурс з очистки стічних вод : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ, 2014. 90 с. URL : https://eprints.kname.edu.ua/35734/1/2013%2019%D0%9B%20%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8C-%D0%BF%D0%B5%D1%87.pdf.
3. Бодік І., Ріддерстолп П. СТІЙКА САНІТАРІЯ В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ТА СХІДНІЙ ЄВРОПІ – відповідаючи потребам малих та середніх населених пунктів. Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 2007. 92 с. URL : https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/regional/sustainable-sanitation-ua.pdf.
4. Балыгин В. В. Насосы : каталог-справочник. Новосибирск : НГАСУ, 1999. 97 с. URL: https://www.studmed.ru/balygin-vv-kryzhanovskiy-an-katalog-spravochnik-nasosov_2d89d2cfb55.html.
5. Владимирский Э. С. Насосы : каталог-справочник. Кировоград : Сахгидромаш, 2006. 64 с.
6. Деркач І.Л. Міські інженерні мережі : навчальний посібник. Харків : ХНАМГ, 2006. 97с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/9109/1/Навчпос-1.pdf>.
7. Волошин М.Д., Щербак О.Л., Черненко Я.М., Корнієнко І.М. Удосконалення технології біологічної очистки стічних вод : посібник.

Дніпродзержинськ : Дніпродзержинський державний технічний університет, 2009. 230 с.

URL : <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/7/2-7-b3.pdf>

8. Girol, MM, Belokon, NE. Kosolapov VI Innovative technologies in the water management complex. Rivne: National University of Water Management and Environmental Sciences, 2012. 192 p. URL :

<http://ep3.nuwm.edu.ua/1903/1/723001%20zah.pdf>.

9. Гуцал І.О. Технологія очистки водно-дисперсних систем. Модуль 2.

Технологія очищення стічних вод : конспект лекцій Харків : ХНАМГ, 2009. 93 с.

https://eprints.kname.edu.ua/12999/1/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9_%D0%BF%D0%BE_%D0%A2%D0%9E%D0%A1%D0%92__%D1%83%D0%BA%D1%80_1_%D0%BF%D0%B5%D1%87_%D0%B2%D0%B0%D1%80_2009.pdf.

10. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод : навчальний посібник. Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 616 с. URL :

<http://ep3.nuwm.edu.ua/15447/1/%D0%9E%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%B2%D0%BE%D0%B4.pdf>.

11. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація : підручник. Київ : Кондор, 2009. 288 с. URL : http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Kravch_2009_288.pdf.

12. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, компресори) : підручник. Львів : Вища школа, 2005. 338 с. URL : <https://www.twirpx.com/file/908946/>

13. Олійник М.А. Технології очистки та утилізації промислових стоків та викидів : конспект лекцій. Кам'янське : ДДТУ, 2016. 81 стор.

URL : <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/7/5-7-kl4.pdf>.

14. Onsite Wastewater Treatment treatment : systems Manual. Office of Water. Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency. 2002. 367 p.

URL : https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/2004_07_07_septics_septic_2002_osdm_all.pdf

15. Срібнюк С.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини. Основи теорії та застосування : навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2014. 328 с.

URL : <https://cul.com.ua/preview/Gidravlika.pdf>.

16. Сіденко.Т.А. Водопостачання та водовідведення : анотований бібліографічний покажчик. Чернігів : Наукова бібліотека ЧНТУ, 2017. 24 с. URL

[http://library2.stu.cn.ua/Files/downloadcenter/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%82%D0%B0%20%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20\(2\).pdf](http://library2.stu.cn.ua/Files/downloadcenter/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%82%D0%B0%20%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20(2).pdf)

17. Mara Duncan. Domestic waste water treatment in developing countries. London : Sterling, VA, 2003. 192 p. URL : https://www.researchgate.net/publication/287291244_Domestic_Wastewater_Treatment_in_Developing_Countries/
18. Петрук В.Г. Природоохоронні технології : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2014. 254 с.
URL : <http://vasilkivskiy.vk.vntu.edu.ua/file/046f9e799944569d40999cc83ed343c7.pdf>.

Інформаційні джерела:

1. Електронний курс «Технологія очистки стічних вод». Система електронного забезпечення ЗНУ. URL : <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=8377>
2. Водний кодекс України. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Tech>.
3. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 172 с. URL: www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013.
4. ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та контролювання якості. [Чинний від 2015-02-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство економічного розвитку України, 2014. 26 с. URL: [www.http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf](http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf).
5. ДБН В.2.5 – 75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди: Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 219 с. <https://armis.com.ua/docs/dbn/102.1.-DBN-V.2.5-75-2013-Kanalizatsiya-Zovnishni-merezhi.pdf>.
6. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація). URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>.
7. ДБН В.2.5-20:2018 Газопостачання. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 128 с. (Інформація та документація). URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/04/DBN-V2520-18_Gas.pdf.
8. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». [Чинний від 2010-05-12]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 35 с. (Інформація та документація). URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin_2_2_4_171_10/25-1-0-1180.