

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять

з дисципліни «**Ресурсозбереження та біотехнології в АПК**»

Спеціальність - Прикладна екологія та збалансоване
Природокористування (агроекологія)

“Затверджено”
на засіданні методичної комісії
гідрометеорологічного інституту
протокол № 8 від 13.06.2016р.

Одеса – 2016

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Ресурсозбереження та біотехнології в АПК» для спеціалістів спеціальностей: прикладна екологія (агроекологія). // Укладач: к.геогр.н. Барсукова О.А. Одеса, ОДЕКУ, 2016. - 69 с.

ЗМІСТ	Стр.
ВСТУП.....	5
1. ТЕМА 1. ОЦІНКА ВІДХОДІВ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	8
1.1 Теоретична частина.....	8
1.2 Практична частина	16
2. ТЕМА 2. ОЦІНКА СТІЧНИХ ВОД І ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	16
2.1 Теоретична частина	16
2.2 Практична частина	21
3. ТЕМА 3. ОЦІНКА СТІЧНИХ ВОД І ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД ПІДПРИЄМСТВ В М'ЯСНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	21
3.1 Теоретична частина	21
3.2 Практична частина	26
4. ТЕМА 4. ОЦІНКА СТІЧНИХ ВОД І ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД МОЛОЧНО-КОНСЕРВНИХ КОМБІНАТІВ	27
4.1 Теоретична частина	27
4.2 Практична частина	30
5. ТЕМА 5. РОЗРАХУНОК ВИХОДУ ГНОЮ І СТІЧНИХ ВОД ВІД ФЕРМЕНОГО БІОГЕОЦЕНОЗУ	31
5.1 Теоретична частина	31
5.2 Практична частина	36
ТЕМА 6. ОЦІНКА СТІЧНИХ ВОД І ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ТЕРИТОРІЇ ПІДПРИЄМСТВА	38
6.1 Теоретична частина	38
6.2 Практична частина	39
ТЕМА 7. ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ДЛЯ ЗРОШУВАННЯ, ДОБРИВ І ВЕРМІКУЛЬТУРИ	39
7.1 Теоретична частина	39
7.2 Практична частина	52
ТЕМА 8. РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ПРИ ЗБЕРІГАННІ КАРТОПЛІ І ОВОЧІВ	56
8.1 Теоретична частина	56
8.2 Практична частина	60
ТЕМА 9. ОЦІНКА БЕЗВІДХОДНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ	61
9.1 Теоретична частина	61
9.2 Практична частина	62
ТЕМА 10. РОЗРАХУНОК МІСТКОСТІ ПОЛІГОНУ ДЛЯ	

ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ	64
10.1 Теоретична частина	64
10.2 Практична частина	67
ЛІТЕРАТУРА	68

ВСТУП

В інтенсивно розвинутому агропромисловому комплексі ресурсозбереження являється важливим джерелом задоволення аграрного сектору в машинній техніці, матеріалах, електроенергії, а в переробних галузях – в сільськогосподарському сировини.

Каталог відходів - це перелік видів відходів, що включають походження відходу, агрегатний стан, хімічний склад і рівень екологічної небезпеки.

Розрізняють такі види відходів: промислові відходи (ПВ); тверді побутові відходи (ТБО); стічні води (СВ) медичні відходи (МВ); сільськогосподарські відходи (С/ГВ); непридатні як добриво (НД). Залежно від токсичності хімічних речовин відходи справляють різну міру дії на довкілля і можуть бути: надзвичайно небезпечні - I клас токсичності; високо небезпечні - II; помірно небезпечні - III; малонебезпечні - IV; практично безпечні - V.

Агропромислові відходи або вторинні матеріальні ресурси (ВМР) за специфікою використання підрозділяються на шість груп:

- відходи харчового застосування (крихта, лом і брак кондитерських виробів, какао-вела, рафінадна патока, борошняні і хлібні відходи);

- кормові відходи (сирий і сушений буряковий жом, меляса, зернокартопляна і мелясна барда, картопляна і зернова мезга, сухі кукурудзяні і глютенні корми, соняшникове лушпиння і бавовняне лушпиння, макуха і шрот, виноградні вичавки, пивна дробина);

- пилоподібні відходи (дефекат - фільтраційний осад бурякоцукрового виробництва, бардяний шлам, гранульоване органомінеральне добриво, пил: борошняний, тютюновий, цукровий, крохмальний, жомовий, какаовели, вапняку, чайний);

- відходи промислового призначення (меляса для бродильних виробництв, кукурудзяний екстракт для виробництва антибіотиків, паростки кукурудзи, насіння томатів, кісточкових культур для витягання масел, чайний пил і крихта, стрижні кукурудзяних качанів, соняшникове лушпиння і бавовняне лушпиння для виробництва фурфуролу);

- відходи, вживані в будівництві житла, підприємств і доріг (котельний шлак і зола, дробленка від вапняку на цукрових заводах, соняшникове лушпиння і бавовняне лушпиння для виробництва будівельних і ізоляційних плит, дефекат на цукрових заводах для будівництва доріг);

- відходи, використовувані як паливо.

ВМР класифікують по: джерелах утворення (рослинні, мінеральні, хімічні); агрегатному стану (тверді, рідкі, газоподібні); технології отримання (первинна переробка сировини, вторинна переробка сировини, промислова переробка відходів); можливості повторного використання без

доопрацювання; об'ємах (багатотоннажні - понад 100 тис. т/рік, малотоннажні - до 100 тис. т/рік); мірі використання (повністю використовувані, частково використовувані, невживані); напрямках подальшого використання (харчові продукти, продукція технологічного призначення, корми); галузевій приналежності (цукрова, зернопереробна промисловість та ін.).

Методичні вказівки передбачають виконання практичних робіт та закріплення знань за темами:

- оцінка відходів зернопереробної промисловості;
- оцінка стічних вод і забруднюючих речовин від підприємств харчової промисловості;
- оцінка стічних вод і забруднюючих речовин від підприємств в м'ясній промисловості
- оцінка стічних вод і забруднюючих речовин від молочно-консервних комбінатів;
- розрахунок виходу гною і стічних вод від ферменого біогеоценозу;
- оцінка стічних вод і забруднюючих речовин з території підприємства;
- оцінка використання відходів для зрошування, добрив і вермікультури;
- роль екологічних чинників при зберіганні картоплі і овочів;
- оцінка безвідходності виробництва продукції;
- розрахунок місткості полігону для твердих побутових.

Мета методичних вказівок – навчити студентів розраховувати вихід відходів і забрудненість повітря при виробництві гречаної крупи без гідротермічної обробки, об'єм стічних вод і масу забруднюючих речовин з території підприємства за рік, річну норму поливів удобрювачів гнойовими стоками при поверхневому зрошуванні ярової пшениці на чорноземі вилуженому.

Виконання практичних завдань сприяє закріпленню теоретичних знань та надає студентам можливість набути практичні навички у виконанні розрахунків.

Після вивчення цих тем студенти повинні **знати**:

- визначати місткість полігону для твердих побутових відходів;
- встановлювати міру безвідходної технологічного процесу переробки зерна пшениці;
- визначати величину вентиляційної поверхні і умови зберігання картоплі в засіках;
- визначати норми внесення опадів стічних вод в глинистий кислий ґрунт і виробити порівняння навантаження важких металів на агроландшафт.

Після виконання завдань студенти повинні **вміти**:

- розрахувати кількість черв'яків для переробки тваринницьких

відходів за стійловий період і визначити вихід біогумусу;

- розрахувати очікувану концентрацію нітратів в контрольному створі річки при скиданні біля берега стічних вод, забруднених нітратами;

- визначати вихід гною в стійловий період і об'єм стічних вод, що поступають в довкілля з території молочнотоварної ферми;

- розрахувати об'єм стічних вод і масу забруднюючих речовин, що утворюються в процесі переробки молока;

- розрахувати маси забруднюючих речовин для цехів забою та оброблення туш, кишкового, субпродуктового, оброблення шкур, жирового, м'ясопродуктового, технічних фабрикатів;

- розраховувати вторинні матеріальні ресурси (відходи); кількість стічних вод і забруднюючих речовин, що поступають в довкілля, а також БПКп і ХПК за сезон цукроваріння.

Методика виконання практичних завдань:

- ознайомитись з теоретичними питаннями;

- розглянуть приклади у практичній частині;

- виконати розрахунки згідно з даними, які надає викладач.

ТЕМА 1. ОЦІНКА ВІДХОДІВ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1 Теоретична частина

В процесі вироблення борошна і крупи із зерна утворюються вторинні продукти і відходи, що є потенційними джерелами забруднення довкілля. Хлібопекарське борошно виробляють із зерна пшениці, жита та рису. Крупу в асортименті отримують з восьми круп'яних культур: рису, гречки, проса, ячменю, вівса, гороху, кукурудзи, пшениці.

Залежно від складу основного зерна, розрізняють побічні продукти і відходи 1-ої (зерна 10-50%), 2-ої (зерна 2-10%) і 3-ої (зерна менше 2%) категорій. Відходи зерноочистки з низьким вмістом зерна, що не представляють кормової цінності (мінеральна, металомангітна, груба домішка), можуть стати джерелами механічного забруднення довкілля [2].

У зерні, яке надійшло на переробку, міститься від 1 до 4 % сміттєвої і 2 – 6 % зернової домішки, яку доводять до певних нормативів у зерноочисному відділенні. Номенклатура вторинних сировинних ресурсів (відходів) зернопереробної промисловості включає 8 найменувань: кормовий зернопродукт, зернові відходи, дрібне зерно, висівки, кормові подрібнення, лушпиння, борошенце і зародок (табл. 1-8)).

Кормовий зернопродукт містить від 2 до 85 % зерна, у тому числі 2-20 % основного зерна (пшениці, жита). У круп'яному виробництві цьому продукту відповідають відходи 1-ої і 2-ої категорії, які повністю використовуються на корм.

Зернові відходи - це відходи очищення зерна, великі домішки і підсівання, що містять не більше 2 % зерна, лушпиння жорстке (гречане, просяне, рисове), солом'яні частки і пил, використовують на корм.

Таблиця 1 - Вихід продукції при переробці проса, %

Продукти	Шліфування в		Продукти	Шліфування в	
	вальцових верстатах	машинах А1-3ШН- 3		вальцових верстатах	машинах А1-3ШН- 3
Крупа: вищий сорт	5	5	Лушпиння, відходи 3-ої категорії, механіч. втрати	15	15
1 сорт	58	56			
2 сорт	2	2			
Разом крупи	65	63	Відходи 1-ої і 2-ої категорії	7	7
Дробленка кормова	4	5	Усихання	0,5	0,5
Мучка кормова	8,5	9,5			

Таблиця 2-- Вихід продукції при переробці гречки, %

Продукти	Вихід при виробництві крупи	
	з ГТО	без ГТО
Крупа-ядриця: 1 сорт	59	52
2 сорт	3	4
Крупа-проділ	5	10
Разом крупи	67	66
Борошенця кормові	3	6
Лушпиння, відходи 3-ої категорії, механічні втрати	21,5	20
Відходи 1-ої і 2-ої категорій	7	7
Усихання	1,5	1

Примітка: ГТО - гідротермічна обробка.

Таблиця 3 - Вихід продукції при переробці ячменю, %

Продукти	Вихід крупи	
	перловою	ячною
1	2	3
Крупа перлова :		
№1-2	28	
№3-4	10	—
№5	2	—
Разом крупи	40	—
Крупа ячна :		
№1	—	15
№2	—	42
№3	—	5
Разом крупи		62
Кормова мучка	40	19,3
Лушпиння	10	10
Дрібний ячмінь	5	5
Відходи 1-ої і 2-ої категорії	2,3	2,3
Відходи 3-ої категорії і механіч. втрати	0,7	0,7
Усихання	2	0,7

Таблиця 4 - Вихід продукції при переробці пшениці, %

Продукти	Вихід	Продукти	Вихід
Крупа "Полтавська":		Мучка кормова	30
№ 1 и 2	8	Відходи 1-ої і 2-ої категорії	5,3
№3 і 4	43	Відходи 3-ої категорії і механічні втрати	0,7
Крупа "Артек"	12		
Разом крупи	63	Усихання	1

Таблиця 5 - Вихід продукції при переробці гороху, %

Продукти	Вихід	Продукти	Вихід
Горох цілий лущений полірований	35	Відходи 3-ої категорії і механічні втрати	0,5
Горох колений лущений	38	Відходи 1-ої і 2-ої категорії	1
Разом крупи	73	Дрібний горох	5
Січєння і мучка	10,5	Усихання	4
Лушпиння	6		

Таблиця 7 - Вихід продукції при переробці рису, %

Продукти	Вихід при виробництві шліфованого рису	Вихід при виробництві полірованого рису
Крупа: вищого сорту	5	10
першого сорту	45	43
другого сорту	5	1,5
подрібнена	10	10,5
Разом крупи	65	65
Мучка кормова	13,2	13,2
Лушпиння некормове, відходи 3-ої категорії, механічні втрати	19,1	19,1
Відходи 1-ої і 2-ої категорії	2	2
Усихання	0,7	0,7

Таблиця 6 - Вихід продукції при переробці кукурудзи, %

Продукти	Виробництво			
	неподрібненої і плющеної крупы	неподрібненої крупы, що плющиться і пластівців	неподрібнен ої крупы і пластівців	пластівців з крупы
Крупа неподрібнена: вищого сорту	10	10	10	
першого сорту	19,5	19	20,5	—
Крупа плющена: вищого сорту	5,5			
першого сорту	10	10	—	—
Пластівці	—	5	14,5	95,5
Разом	45	44	45	95,5
Дробленка кормова	4,5	4	4,5	2,5
Мучка	11,5	11,5	11,5	1,5
Лушпиння, відходи 3-ої категорії, механіч. втрати	27,7	26,7	27,7	0,1
Відходи 1-ої і 2-ої категорії	7,8	8,3	7,8	—
Усихання	3,5	5,5	3,5	0,4

Таблиця 8 - Вихід продукції при переробці вівса, %

Продукти	Неподрібнена крупa	Неподрібнена крупa з пластівцями	Толокно
Крупа	45	39,5	—
Пластівці	—	5,5	—
Толокно	—	—	52
Разом	45	45	52
Мучка і дробленка кормова	16	16	9,5
Лушпиння	27	27	26
Відходи 1-ої і 2-ої категорії	2,8	2,8	1,3
Відходи 3-ої категорії і механічні втрати	0,7	0,7	0,7
Дрібний овес	5	5	5
Усихання	3,5	3,5	5,5

Дрібне зерно - зерно основної культури в кількості до 5 %, що не відповідає вимогам технології за величиною, використовують на корм.

Висівки - відходи помелу пшениці і жита, які складаються з частинок оболонки і алейронового шару з домішкою частинок зародка і ендосперму. Використовують їх на корм і як харчовий продукт - "дієтичні висівки".

Кормові подрібнення - відходи переробки гороху, проса, вівса на ядра крупи, які складаються з ненавмисно подрібнених часток, більше 1,5 мм, використовуються на кормові цілі.

Лушпиння - продукт лушення плівчастих культур, яке складається з квіткових плівок (рис, просо, овес, ячмінь) і плодових оболонки (гречка) з високим вмістом клітковини і мінеральних речовин. Воно використовується як комбікорм, кормові дріжджі, штучний ґрунт, та як сировина для ряду медикаментів.

Борошенця кормові утворюється в процесі шліфування і складається з тонко подрібнених частинок усіх анатомічних частин зернівки, що проходять через отвір діаметром 1,5 мм. Технічні галузі виробляють 23 види борошенця. Основний напрям використання борошенця - це кормові суміші і комбікорми. Крім того, вона застосовується в парфумерній та фармацевтичній промисловості.

Зародок - відходи борошномельного виробництва (пшеничний зародок) і виробництва кукурудзяної крупи (кукурудзяний зародок), що утворюються сепарацією подрібненого зерна за щільністю і складаються з цілого і подрібненого зародка зерна з домішкою частинок оболонки і ендосперми. Цей продукт використовується для виготовлення "зародкових пластівців" та для екстракції вітамінів і масла харчового призначення.

Відходи мукомельно-круп'яної промисловості складають 1/3 початкової маси зерна.

Підприємства по зберіганню і переробці продукції рослинництва забруднюють атмосферне повітря, в основному, пилом, який відноситься до IV класу токсичності (табл. 9), а також інгредієнтами в результаті згорання палива (газу, мазуту, вугілля).

Вміст мікроелементів в зерні сільськогосподарських культур наведено в таблиці 10.

Джерела основних речовин, які забруднюють атмосферу, дуже різноманітні. Використання органічного палива є однією з головних причин забруднення повітря (табл. 11).

З таблиці 11 видно, що найбільш чистим в екологічному відношенні є природний газ. Але існують і інші джерела забруднення атмосфери - викиди від промислових підприємств і транспортних засобів, нафтобаз і складів паливних мастил (ГЗМ), переробних підприємств і тваринницьких ферм, запилення відвалів кришених порід в результаті відкритої розробки корисних копалин. При гнитті органічних речовин виділяються гази, багаті

сірководнем і іншими сполуками сірки.

Таблиця 9 – Гранично допустима концентрація (ГДК) забруднюючих речовин, мг/м³

Речовина	Клас токсичності	ГДК _{мр} (максимально разова)	ГДК _{сд} (середньодобова)
Пил:			
борошняний	IV	0,5	0,15
цукровий	»	»	»
крохмальний	»	»	»
жомовий	»	»	0,05
вапняку	»	»	0,15
какаовети	»	»	»

Примітка: ГДК пилу для повітря робочої зони 2-4 мг/м³.

Таблиця 10 – Вміст деяких мікроелементів в зерні різних культур, мг/кг

Культура	Мікроелементи					
	кобальт	мідь	марганець	цинк	молібден	залізо
Пшениця	0,05-0,07	3-5	40-60	20-40	0,5-1,5	100-300
Ячмінь	0,05-0,07	3-5	20-30	20-40	0,5-1,5	100-200
Овес	0,03-0,08	2-5	40-80	20-40	0,5-2	50-150
Просо	0,05-0,08	4-5	10-20	20-30	0,3-0,7	100-150
Гречка	0,07-0,09	2-3	20-40	30-40	0,7-1	50-150
Горох	0,13	7,5	17,5	31,8	0,84	94
Кукурудза	0,05	2,9	10,9	17,3	0,28	37

Основні забруднювальні речовини атмосфери можна розділити на дві групи:

1) гази (вуглекислий газ, оксид вуглецю, вуглеводні, органічні сполуки, сірчистий газ і похідні сірки, похідні азоту, радіоактивні речовини);

2) тверді частки (важкі метали, мінеральні сполуки, органічні речовини природні і синтетичні).

Викиди підрозділяються на *неорганізовані* і *організовані*. *Неорганізовані викиди* - це викиди газів, пари, пилу, який утворюється в результаті нещільності в апаратах, установках, трубопроводах, комунікаціях, через віконні і дверні отвори, особливо при відкритих процесах завантаження, вивантаження продукції, при погано організованому транспортуванні і складуванні матеріалів, які

розпорошуються та виділяють газів, хімікатів, відходів виробництва і споживання. Особливо небезпечні для повітряного середовища аварійні (залпові) викиди газоподібних речовин, що утворюються при порушеннях технологічних процесів. *Організовані* викиди - це викиди, які відводять від місць їх утворення системою повітряних ходів, газоходів (димарі, шахти, загально обмінні вентиляційні системи, місцеві витяжні системи від технологічного устаткування).

Таблиця 11 - Питомі викиди забруднюючих речовин при спалюванні природного палива

Паливо	Питомі викиди речовин, кг/т			
	тверді частинки	SO ₂	CO	оксиди азоту
Вугілля:				
воркутинські	67,2	14,4	45,5	2,17
донецькі	67,6	50,4	49	2,21
якутські	43	3,6	45,1	2,01
карагандинські	75,2	14,4	43,9	1,97
ковальські	53,6	7,2	51,3	2,23
Мазут:				
високосірчастий	6	54,9	37,7	2,46
низькосірчастий	5,8	30,5	37,7	2,57
Газ, кг/ 1000 м ³	—	—	12,9	2,15

Якість повітря визначається за допомогою певних нормативів. Нормативи на якість повітря мають чотири рівні, які рекомендовані Всесвітньою організацією охорони (ВОЗ) здоров'я:

1 - відсутність прямого або непрямого впливу на людину, тварин, рослинність;

2- можливість подразнення органів чуття, шкідливої дії на рослинність, зменшення прозорості повітря;

3- порушення життєво важливих фізіологічних функцій і виникнення хронічних захворювань;

4- виникнення гострих захворювань і загибель людей і тварин.

В Україні для контролю за станом атмосфери використовується перший рівень нормативів.

Для визначення якості повітря застосовують прямі, непрямі і індикаторні критерії оцінки забруднення атмосфери. Прямі включають геогідрохімічні, геодинамічні, медико-санітарні і ресурсні критерії. Непрямі критерії дозволяють оцінити стан атмосфери через взаємодію її з ґрунтом, рослинністю та водою. Індикаторні критерії дають загальну

картину стану компонентів довкілля.

Основним прямим критерієм забруднення атмосфери є гранично-допустима концентрація (ГДК) - це максимальна концентрація ($\text{мг}/\text{м}^3$) домішок в атмосфері, віднесена до певного часу усереднювання, яка при періодичній дії або упродовж усього життя людини не робила б на нього або довкілля шкідливої дії. Розрізняють ГДК: для атмосферного повітря - ГДК середньодобова (ГДК_{сд}), ГДК максимально разова (ГДК_{мр}), ГДК середньорічна (ГДК_{ср}); для робочої зони - ГДК робочої зони (ГДК_{рз}).

ГДК_{сс} встановлена для попередження загальнотоксичного, канцерогенного та мутагенного впливу на організм людини протягом усього його життя. Усі розрахунки забруднення середовища ведуться за ГДК_{сд}. Якщо цей показник відсутній, то за ГДК_{мр}.

ГДК_{мр} - основна характеристика шкідливої речовини з точки зору небезпеки. Вона встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, реакція мозку, світлочутливість) при короткочасній (20 хв) дії атмосферних домішок.

$\text{ГДК}_{\text{ср}} = k_{\text{в}} \cdot \text{ГДК}_{\text{сд}}$, тут $k_{\text{в}}$ - коефіцієнт, залежний від небезпеки речовин; змінюється від 0,1 (акролеїн: газ від неповного згорання палива - найшкідливіша речовина тютюнового диму) до 1 (аміак, азоту оксид, азоту діоксид, озон, сірки діоксид, фенол та ін.).

ГДК_{рз} - концентрація, яка при щоденному впливі, окрім вихідних днів, роботі протягом 8 годин на добу, але не більше 41 години на тиждень, протягом усього робочого стажу, не може спричинити захворювання або відхилена в стані здоров'я, які виявляються сучасними методами дослідження. При цьому розрізняють максимально разові і середньозмінні ГДК. Перші встановлюються для усіх хімічних речовин, які використовуються в сільському господарстві та у промисловості. Другі розробляються для хімічних речовин, що мають виражені кумулятивні властивості, тобто здатні накопичуватися в організмі. Згідно з санітарними нормами, ГДК шкідливих речовин в робочій зоні є максимально-разовими, тобто не залежать від часу дії на людину. Виняток становить лише оксид вуглецю, для якого при скороченні терміну роботи людини з 1 години до 15 хв, ГДК може відповідно підвищуватись з 50 до 200 $\text{мг}/\text{м}^3$.

ГДК залежить від класу небезпеки речовини, яка визначається з летальної дози (ЛД_{50}) при попаданні в шлунок, на шкіру, при вдиханні. Виділяють чотири класи небезпеки речовин: 1 - надзвичайно небезпечні, 2 - високо небезпечні, 3 - помірно небезпечні, 4 - мало небезпечні

При одночасній присутності в повітрі декількох речовин, які справляють спільні дії, рівень забруднення вважається допустимим, якщо сума відношень концентрацій до ГДК не перевищує одиницю:

$$(C_1 / \text{ГДК}_{1\text{мр}} + C_2 / \text{ГДК}_{2\text{мр}} + C_3 / \text{ГДК}_{3\text{мр}}) < 1. \quad (1)$$

1.2 Практична частина

Завдання 1.

Приклад. Вимагається визначити вихід відходів і забрудненість повітря при виробництві гречаної крупи без гідротермічної обробки.

Початкові дані. Борошномельний комбінат. Паливо - газ. При спалюванні газу в повітря поступає вуглецю оксид ($12,9 \text{ кг}/1000 \text{ м}^3$) і азоту діоксид ($2,15 \text{ кг}/1000 \text{ м}^3$). Об'єм переробки гречки $23\,500 \text{ т/рік}$. Концентрація максимально разова борошняному пилю в повітрі - $0,4 \text{ мг}/\text{м}^3$; вуглецю оксид - $1,5 \text{ мг}/\text{м}^3$ (ПДК_{мр} = $5 \text{ мг}/\text{м}^3$), азоту діоксид - $0,019 \text{ мг}/\text{м}^3$ (ПДК_{мр} = $0,085 \text{ мг}/\text{м}^3$).

Рішення. Відповідно до цих табл. 2, де вказаний вид відходів у відсотках, встановлюємо, що при переробці $23\,500 \text{ т/рік}$ гречки, вихід мучки кормової - 1410 т/рік ; лушпиння і відходів 3-ої категорії з механічними втратами - 4700 т/рік ; відходів 1-ої і 2-ої категорії – 1645 т/рік ; усихання - 235 т/рік . Разом відходів - 7990 т/рік , тобто 34% від переробленої сировини.

По формулі (1) з використанням даних таблиці 9 визначаємо міру забрудненості повітря на підприємстві: $(0,019/0,085) = 1,32$. Оскільки сума приватних від ділення перевищує одиницю, те забруднення повітря є.

Для розрахунку практичної роботи викладач дає вхідні данні на заняттях.

Тема 2. ОЦІНКА СТІЧНИХ ВОД І ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

2.1 Теоретична частина

Відповідно до норм 1980 року питома витрата води ($\text{м}^3/\text{т}$) складає при виробництві: цукру-піску - 2,49; хлібобулочних виробів - 4,33 (при потужності заводу 30 т/д); макаронних виробів - 10,98 (при потужності заводу 105 т/д); пресованих дріжджів - 195,5; концентрату квасного сусла - 54,85; крохмалю з картоплі - 15,7. Для отримання 1000 декалітрів (дал) виноматеріалів марочних вин необхідно: $58,05 \text{ м}^3$ чистої води; горілки – 84 м^3 ; спирту із зерна - 1756 м^3 , у тому числі артезіанської води - 479 м^3 ; солоду - $19,8 \text{ м}^3$; пива - $109,2 \text{ м}^3$; хлібного квасу - $20,3 \text{ м}^3$; безалкогольних напоїв (газованих) - $61,96 \text{ м}^3$. Близько 30% загального споживання води в харчовій промисловості припадає на частку спиртових [3].

Згідно з вимогами «Основ водного законодавства України», система забезпечення підприємств харчової промисловості водою має бути зворотною, тобто повинна забезпечувати водою як усе підприємство, так і функціонувати як замкнуті цикли для інших ділянок і цехів. Прямоточна

система забезпечення водою допускається тільки при неможливості застосування оборотного водопостачання. Така система водопостачання діє на підприємствах хлібопекарської і макаронної промисловості.

В процесі вироблення продукції утворюються стічні води, які умовно ділять на господарсько - побутові та виробничі. Ступінь забруднення стоків визначається за вмістом сухого залишку і завислих речовин, біологічним споживанням кисню (БСК) і хімічним споживанням кисню (ХСК), запахом, прозорістю і *pH*. Характеристика стічних вод харчової промисловості наведена в табл. 12.

Таблиця 12 – Середньорічна кількість стічних вод (м³) на одиницю продукції

Підприємство	Одиниця продукції	Система водопостачання	Кількість стічних вод, що випускаються у водоймища, на одиницю продукції, м ³			
			що підлягають очищенню		всього	
			виробничі	побутові		
1	2	3	4	5	6	
Хлібозавод продуктивністю (т/д) :	1 т хлібобулочних виробів	прямоточна				
			136	0,83	0,3	1,13
			30	1,89	0,98	2,87
Хлібозавод з кондитер. цехом продуктивністю (т/д)	те ж	те ж				
			65	1,7	0,79	2,49
			40	1,93	1,21	3,14
Макаронна фабрика продуктивністю (т/д)	1 т макаронів	те ж				
			70	1,73	0,38	2,11
			105	4,66	0,67	5,33
Дріжджовий завод	1 т пресованих дріжджів	оборотна, прямоточна з послідовним використанням води	45	0,5	170,5	
Консервний завод, який виробляє цільно-консервовані: томати	1000 банок	прямоточна з поверненням конденсату	2,79	0,58	3,37	
	огірки	те ж	те ж	3,97	0,8	4,77
Завод по виробництву цукру-піску	1 т буряка	оборотна	1,62	0,08	1,7	
Цукрово-рафінадний завод	1 т цукру рафінаду	те ж	1,05	0,15	1,2	
Завод первинного	1 т	прямоточна і	0,17	0,03	0,2	

Продовження табл. 12

1	2	3	4	5	6
виноробства	винограду	оборотна			
Завод вторинного виноробства: ординарні вина	1000 дал вина	те ж	10,58	1,5	12,08
марочні вина	те ж	прямоточна	28,15	—	28,15
Завод шампанських вин (резервуарний спосіб)	1000 пляшок	прямоточна і оборотна	6,42	0,3	6,72
Мелясно-спиртовий завод з цехом хлібопекарських дріжджів	1000 дал спирту вищого очищення	прямоточна з подальшим використанням води	146	5	830
Спиртовий завод, що працює на: зерні	100 дал спирту	те ж	137	3	1304
картоплі	те ж	те ж	861,9	3	2040,9
картоплі	те ж	оборотна	200,9	—	203,9
Солодовинний завод	1 т солоду	прямоточна і оборотна	16,05	1,55	17,6
Пивоварний завод	1000 дал пива	те ж	45,2	27,9	76,4
Крохмальний завод	1 т картоплі	те ж	14,14	0,05	14,19

Примітка: Прямоточна вода вживається у виробничому процесі одноразово, після чого скидається у водоймище або каналізацію. Послідовно використовується вода застосовується на декількох технологічних процесах. Оборотна вода вживається багаторазово з періодичним або безперервним її очищенням.

Від *pH* залежить можливість безпосереднього скидання стічних вод у водоймища або необхідність їх попереднього очищення. Повне окислення забруднювальних речовин в стоках протікає довго, тому визначають 5-добову потребу в кисні (БСК₅). Окислення протягом 20 діб вважається повним (БСК_п). Через тривалість визначення БСК₅ частіше користуються ХСК - кількістю кисню в міліграмі, яка потрібна для окислення органічних сполук в 1 л стоків розчином біхромату або перманганату калію.

Стічні води спиртових заводів, що переробляють зерно і картоплю, ділять на три категорії:

1-а - умовно чисті (при переробці зерна утворюються теплообмінні води - температура 30-60 °С, *pH* 7-8, запах 0-3 бали, прозорість - 10 - 30 см, вміст сухого залишку 0,3-1 г/л, БСК_п = 5-15 мгО₂/л, ХСК = 5 - 40 мг О₂/л);

2-а - транспортно-мийні (при переробці картоплі утворюються стічні води з температурою 10-15 °С, *pH* 6,5-7,5, завислі речовини - 12 –

14 г/л, БСК_п = 200-400 мг О₂/л, ХСК = 400-600 мг О₂/л);

3-я - виробничо-побутові (при переробці зерна і картоплі сумарні стічні води мають температуру 30 °С, рН – 6, концентрацію завислих речовин 0,55 г/л, БСК_п = 500-700 мг О₂/л і ХСК = 700-1200 мг О₂/л).

З наведених даних видно, що стічні води спиртових заводів, які переробляють зерно і картоплю, забруднені незначно - БСК_п не перевищує 1000 мг О₂/л.

Стічні води мелясно - спиртових заводів ділять на чотири категорії:

1-а - умовно-чисті (температура 30-60 °С, рН 7-8, сухий залишок 0,4-0,5 г/л, БСК_п = 5-12 мг О₂/л, ХСК = 5-40 мг О₂/л);

2-а - води від продування котлів і регенерації реакторів хімоводоочистки (температура 20-100°С, рН 8-12, сухий залишок 0,3-0,6 г/л, БСК_п = 5 – 80 мг О₂/л, ХСК = 10-100 мг О₂/л);

3-я - лютерная вода (що містить органічні кислоти), барометричні води і конденсати, отримані при упарюванні барди (температура 80-100 °С, рН 4,4-6,4, сухий залишок 1,3-2 г/л, БСК_п = 180-3000 мг О₂/л ХСК = 250-4000 мг О₂/л);

4-а - води після миття устаткування і господарчо-побутові стоки, а також після спиртова і після мелясна барда (температура 20-90 °С, рН 5,5-6,2, сухий залишок 0,45-10 г/л, БСК_п = 950-4500 мг О₂/л, ХСК = 1000 - 5500 мг О₂/л).

Стічні води 1-ої і 2-ої категорії близькі за складом і аналогічні водам спиртових заводів, що опрацьовують зерно і картоплю. Лише БСК_п конденсатів вторинної пари досягає 2500 мг О₂/л. Високою мірою забруднення відрізняються води 4-ої категорії і мелясна барда як після спиртова, так і після дріжджова. У мелясній після спиртовій барді рН 4,6-5,2, вміст сухого залишку 62-82 г/л, завислі речовини 5,3-7,85 г/л, азот 2,5-3,9 г/л, БСК_п = 44 000-59 000 мг О₂/л, ХСК = 4900-66 900 мг О₂/л, а в після дріжджової барді рН 4,5-5, сухий залишок 35,2-51,9 г/л, концентрація зважених речовин 0,97-5,6 г/л, БСК_п = 18 000-42 000 мг О₂/л, ХСК = 20 000-48 000 мг О₂/л.

У цукровій промисловості вторинні матеріальні ресурси - це буряковий жом (вихід складає 83% від маси переробленого буряку), меляса (вихід 4,5-5% маси буряку), фільтраційний осад (вихід 10-12% маси буряку). Транспортно-мийний осад складає 10-12% маси буряку.

Стічні води цукрових заводів діляться на три категорії:

1-а - конденсати і вода від охолодних установок;

2-а - транспортно-мийні води;

3-я - виробничі води (води сильно забруднені, наприклад, склад жомопресової води: температура 48 °С, концентрація завислих речовин 5 г/л, рН 6,8, БСК_п = 1500-3500 мг О₂/л і ХСК = 2000-5000 мг О₂/л).

Стоки пивоварних заводів: стоки солодовинних цехів, основного

виробництва і стоки цехів розливу мають такі показники - pH 6-7, концентрація завислих речовин 100-400 мг/л, $БСК_{п} = 400 - 1000$ мг O_2 /л і $ХСК = 600-1200$ мг O_2 /л.

Стоки хлібо заводів і кондитерських фабрик – середовище для мікроорганізмів активного мулу. Стоки хлібо заводів характеризуються наявністю зважених речовин (150 мг/л), pH 6-7, $БСК_{п} = 500-700$ мг O_2 /л і $ХСК = 600-800$ мг O_2 /л. Стоки кондитерських фабрик містять велику кількість завислих речовин і невелику кількість азотовмісних речовин і жиру.

Загальні стоки заводу безалкогольних напоїв мають склад: pH 6,8; концентрація зважених речовин 200 мг/л, $БСК_{п} = 400$ мг O_2 /л, $ХСК = 600$ мг O_2 /л.

До складу стоків дріжджових заводів входять післядріжджова мелясна брага, мийні води після обробки устаткування: pH - 6,5, $БСК_{п} = 1,5-6,5$ г O_2 /л, $ХСК = 0,67-2,3$ г O_2 /л, концентрація речовин 230 - 800 мг/л. Усереднений стік з цеху хлібопекарських дріжджів при спиртозаводі має $БСК_{п} = 11$ г O_2 /л.

Сумарний скид стічних вод ($W_{св}$, м³/рік) підприємством можна визначити за формулою

$$W_{св} = \left[\sum_{i=1}^n g_1 \cdot N_i + \sum_{i=1}^k (g_2 \cdot m_{ci} \cdot \tau_0) / \tau_c \right] S_c \cdot T_r \cdot \varepsilon, \quad (2)$$

де g_1 - норма води на виробництві одній людині в зміну на господарсько-побутові потреби, м³ (регламентується СНиП 2.04.01-85);

N_i - число робітників i -ї зміни;

g_2 - витрата води на одиницю продукції, м³/т;

m_{ci} - продуктивність устаткування (кількість продукції) за i -у зміну, т;

τ_0 - час роботи устаткування в зміну, год;

τ_3 - тривалість зміни; S_c - число змін на добу;

T_r – кількість діб роботи підприємства за рік;

ε - коефіцієнт стічних вод, залежний від системи водопостачання: $\varepsilon = 0,81-1$ (прямоточна), $\varepsilon = 0,51-0,8$ (послідовна), $\varepsilon = 0,3-0,5$ (оборотна);

n - число груп тих, що працюють;

k - число груп устаткування.

Скид i -ої забруднюючої речовини із стічними водами ($M_{сви}$, т/рік) визначається з формули

$$M_{сви} = \theta \cdot W_{св} \cdot C_{сви}, \quad (3)$$

де θ - параметр, що коригує розмірність показників;

$C_{сви}$ - концентрація i -ої забруднюючої речовини в стічних водах, г/л.

2.2 Практична частина

Завдання 1.

Приклад. За сезон цукроваріння вимагається визначити: вторинні матеріальні ресурси (відходи); кількість стічних вод і забруднюючих речовин, що поступають в довкілля, а також БПКп і ХПК.

Початкові дані. Завод по виробництву цукру-піску з цукрового буряку. Система водопостачання - оборотна (коефіцієнт стічних вод $\epsilon = 0,5$). Для переробки 1 т буряка вимагається $3,5 \text{ м}^3$ води. На господарчо-побутові потреби одній людині в зміну потрібно 25 л води. Число тих, що працюють в зміні 78 чоловік. Завод працює по 3-змінному графіку 113 дні в році. Тривалість зміни – 8 год; тривалість роботи устаткування в зміні – 7 год. За зміну переробляється 1108 т цукрового буряка. Вихід бурякового жому - 80%, меласи - 5%, фільтраційного осаду - 15%. Концентрація зважених речовин у виробничо-побутових стоках - 4,2 г/л. БПКп = 1,5 г O_2 /л, ХПК = 2 г O_2 /л. Параметр = 0,001.

Рішення. По формулі (2) визначаємо сумарне скидання стічних вод за сезон цукроваріння : $W_{\text{св}} = [0,025 \cdot 78 + (3,5 \cdot 1108 \cdot 7) / 8] \cdot 3 \cdot 113 \cdot 0,5 = 575\,486 \text{ м}^3$. Вихід бурякового жому - $375\,612 \cdot 0,8 = 300\,490 \text{ т}$, меласи - $375\,612 \cdot 0,05 = 18\,781 \text{ т}$, фільтраційного осаду - $375\,612 \cdot 0,15 = 56\,342 \text{ т}$.

По рівнянню (3) знаходимо скидання зважених речовин з виробничо побутовими стічними водами: $M_{\text{св}} = 0,001 \cdot 575\,486 \cdot 4,2 = 2\,417 \text{ т}$. По рівнянню (3) встановлюємо, що на біологічне окислення органічних речовин в стічних водах буде потрібно 863 т кисню; на хімічне - 1151 т кисню.

Для розрахунку практичної роботи викладач надає вхідні данні на заняттях.

Тема 3. ОЦІНКА СТІЧНИХ ВОД І ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД ПІДПРИЄМСТВ В М'ЯСНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

3.1 Теоретична частина

Враховуючи високий вміст органічних і мінеральних речовин у виробничих стоках м'ясопереробних підприємств і, зокрема, в стоках цеху по переробці нехарчових відходів, їх очищення є серйозним завданням. Воно здійснюється на локальних очисних спорудах з метою зниження усіх показників до рівня вимог, встановлених до стічних вод, що скидаються в каналізацію.

Локальне очищення стоків передбачає:

- грубе очищення за допомогою ґрат, сит, перфорованих жолобів, що самоочищаються; відстоювання в пісколовках і жироловках;
- розподіл у відцентровому полі із застосуванням центрифуг, сепараторів,

гідроциклонів;

- електрофлоотокоагуляцію, пінну сепарацію;
- іонообмінну фільтрацію;
- очищення за допомогою коагулянтів і флокулянтів (поліакриламід, кремнієва кислота);
- імпульсну і напірну флоотацію (процес флоатації полягає в утворенні в товщі води газових бульбашок, прилипанні частинок до поверхні поділу газової і рідкої фаз і спливанні шкідливих компонентів на поверхню).

В результаті тривалої теплової обробки при високих температурах відбуваються істотні зміни складових частин сировини, які призводять до утворення аміаку, сірководню, оксидів вуглецю і сірки.

Стічні води м'ясних виробництв підрозділяються на зажирені (цех забою худоби, субпродуктові, варильні, ковбасні, консервні відділення), не зажирені (інші цехи), умовно-чисті (холодильно-компресорні установки, котельня, конденсатори) і побутові [4].

Цех забою худоби і оброблення туш. М'ясокомбінат керується такими нормативами при забої худоби: годування худоби припиняється за 3 години до зважування перед відправкою на забій; без годування до забою велика рогата худоба (ВРХ повинна знаходитися не більше 12 годин, свині - не більше 8 годин; припинення поїння худоби за 3 години до забою; худоба має бути перероблена не пізніше наступного дня після приймання на м'ясокомбінат.

На лінії забою технологічні витрати води складаються з витрат на операції звільнення від вмісту шлунків, шпарення рубців, миття і зачистки туш, промивання язиків і обрізи. Характеристика споживання води і забруднюючих речовин в стоках наведена в таблиці 13.

Таблиця 13 – Витрата води і концентрація забруднюючих речовин у стоках цеху забою худоби і оброблення туш

Тварини	Витрата води, л/голову	Концентрація забруднюючих речовин,			
		завислі речовини	жири	загальний азот	ХПК, мг О ₂ /л
ВРХ	416	1010	1520	420	10500
Свиньї	202	737	290	246	2570
ДРХ	45	1070	545	220	3720

Примітка: Маса ВРХ - 390 кг; свині - 100 кг; ДРХ(дрібна рогата худоба) - 40 кг

Кишковий цех. На промислову переробку надходять комплекси кишок, які містять усі частини травного тракту і мають промислове використання. У цеху здійснюють розчленовування комплексу, звільнення від вмісту, видалення жиру, слизової, серозної, м'язової оболонки, охолодження, розподіл за якістю і розмірами, зв'язування в товарні пучки,

консервацію, упаковку в тару і маркування сировини. Концентрація забруднюючих речовин в стічних водах при обробці одного комплекту кишок наведена в табл. 14.

Таблиця 14 – Витрата води і концентрація забруднюючих речовин у стоках кишкового цеху

Технологічна операція	Витрата води, л/голову	Концентрація забруднюючих речовин, мг/л			
		завислі речовини	жири	загальний азот	ХПК, мг O ₂ /л
Обробка черев ВРХ на лінії ФОК-К	158	843	2021	523	4563
Обробка свинячих черев на лінії ФОК-С	29	2625	1288	684	5576
Обробка баранячих черев на лінії ФОК-Б	56	947	305	589	4686

Цех обробки шкур. Обробка шкур включає видалення навала, промивання, міздріння і їх консервування, вона виробляється за участю води. Стічні води містять бруд, гній, обривки тканини, кров, волос і велику кількість мікроорганізмів. Консервація шкур здійснюється сухим способом (сумішами посолів) і тузлукуванням (у розчинах, що містять суміш посолу). При обробці шкур тузлукуванням витрата води складає (л/голову): для ВРХ – 100-120, свиней – 15-30, ДРХ – 8-12. Стічні води містять в середньому: завислих речовин – 3219 мг/л, жиру – 566 мг/л, азоту загального - 637 мг/л, ХПК - 9211 мг O₂/л.

Субпродуктовий цех. Обробка субпродуктів полягає в промиванні сировини від забруднень, звільнення від шерстного покриву і слизової оболонки. Характеристика забруднюючих речовин, що утворюються при цих операціях, приведена в табл. 15.

Таблиця 15 – Витрата води і концентрація забруднюючих речовин у стоках субпродуктового цеху

Технологічна операція	Витрата води, л/голову	Концентрація забруднюючих речовин,			
		зважені речовини	жири	загальний азот	ХПК, міліграм
Обробка вовняних субпродуктів КРС	36	2193	383	425	5542
Обробка вовняних субпродуктів свиней	21	2232	1546	417	3691

Жировий цех. Промивна вода, змиви устаткування і підлоги, змиви з котлів і відстійників формують стічні води з високим вмістом жиру (табл.16), а конденсати з котлів надають стокам неприємний запах.

Таблиця 16 – Витрата води і концентрація забруднюючих речовин у стоках жирового цеху

Сировина	Витрата води, л/голову	Концентрація забруднюючих речовин.			
		зважені речовини	жири	Загальний азот	ХПК, міліграм O ₂ /л
Яловиче	8800	1526	1414	398	9050
Свиняче при пері-робітці з шпаренням	9000	19619	23414	347	29922
Бараняче	—	1573	895	251	5622
Кость	1000	—	—	—	

М'ясопереробний цех. При виробленні продукції (ковбас, копченини, напівфабрикатів, кулінарних виробів) використовується вода забруднюється не лише тканинними рідинами, фрагментами, екстрактами тканин тварини, але і матеріалами та сполуками, вживаними у виробництві: молоком, крохмалем, сіллю, цукром, нітритом, фосфатами, глютаматом, аскорбиною кислотою, спеціями, ковбасними оболонками. На 1 т продукції витрачається води (м³): при виробництві напівфабрикатів (на 1000 порцій), копченини, сардельок - 16; пельменів - 9; котлет (1000 шт.) - 8; фаршированих ковбасок - 17; консервів (1000 шт.) - 6,1; при охолодженні м'яса - 0,016 на одну тушу.

Найбільш концентровані стічні води утворюються при зливі бульйонів після варіння субпродуктів і окостів, від сепарації кісткового жиру і знежирення бульйонів (табл. 17).

Цех технічних фабрикатів. Основна продукція цеху - кормове борошно і технічний жир. Сировиною для виробництва є забраковані м'ясопродукти (конфіскати) і нехарчові відходи (канига, щетина, волос, роги, копита, жиромаса з жироловок, ембріони). Вода витрачається при митті конфіскатів, очищенні жиру, конденсації сокової пари, шпаренні рогокопитної сировини, варінні кістки. Специфікою стічних вод цеху є можлива присутність хвороботворних мікроорганізмів. Характеристика виробничого водовідведення і стічних вод цеху приведена в табл. 18.

Для цехів забою тварин, кишкового, обробки шкур, субпродуктового, жирового, м'ясопродуктового і технічних фабрикатів маса забруднюючих речовин (M_м, т/рік) знаходиться за формулою

Таблиця 17 – Концентрація забруднюючих речовин в стоках м'ясопереробного цеху

Технологічна операція	Концентрація забруднюючих речовин, мл/л			
	завислі речовини	жири	Загальний азот	ХПК, мг О ₂ /л
Зачистка і миття яловичих туш	1756	591	799	5247
Те ж свинячих	1593	1086	729	3480
Злив з котла для варіння: окостів	4358	4047	827	130667
субпродуктів	29943	4672	7441	73500
Сепарація жиру	25775	27138	533	41634

Таблиця 18 – Характеристика стічних вод цехи технічних фабрикатів

Показники	Одиниці виміру	Значення показників
Витрата води : КРС	л/ч	371
Свині	«	114
МРС	«	94
рН	—	7,1-8
Зважені речовини	мг/л	1111-7300
Загальний зміст домішок	мг/л	3440-4561
ХПК	міліграм О ₂ /л	4007-5029
Загальний азот	мг/л	202-220
Хлориди	«	536-898
Жири	«	2355-5440
СО ₂ віл	«	844
Р ₂ О ₅	«	0,66-420

$$M_m = \theta \left[\sum_{i=1}^n g_1 \cdot N_i + \sum_{i=1}^k (g_{2i} \cdot n_0 \cdot \tau_0) / \tau_c \right] s_c \cdot T_\Gamma \cdot \varepsilon \cdot C_{mi}, \quad (4)$$

де θ - параметр, що коригує розмірність показників;
 g_1 - норма води на виробництві одній людині в зміну на господарсько-побутові потреби, м³;
 N_i - число тих, що працюють в і -ій зміні;
 g_{2i} - витрата води на і -у технологічну операцію, л/голову;
 n_0 - продуктивність устаткування (число тварин, перероблених за зміну);

τ_0 - час роботи устаткування в зміну, год;

τ_c - тривалість зміни, год; s_c - число змін на добу; T_r - кількість робочих днів в році; ε - коефіцієнт стічних вод, залежний від системи водопостачання: $\varepsilon = 0,81-1$ (прямоточна), $\varepsilon = 0,51-0,8$ (послідовна), $\varepsilon = 0,3-0,5$ (зворотна);

C_{mi} - концентрація і -ої забруднюючої речовини в стоках, мг/л;

n - число груп тих, що працюють; k - число груп устаткування.

Отримані за формулою (4) дані підсумовуються за однойменними речовинами.

3.2 Практична частина

Завдання 1.

Приклад. М'ясокомбінат працює в одну зміну 300 днів в році. Число тих, що працюють в зміні - 93 людини, у тому числі по цехах: забою худоби і оброблення туш - 25 чоловік, кишковий - 20, субпродуктовий - 13, обробки шкур - 7, жировий - 10, м'ясопродуктовий - 11, технічних фабрикатів - 19 чоловік. У зміну переробляється 31 тварина. Тривалість зміни - 8 ч; тривалість роботи устаткування в зміну - 7 ч. Норма води одній людині в зміну на господарчо-побутові потреби - 25 л. Витрата води на технологічні операції і концентрація забруднюючих речовин в стічних водах по цехах приведені в табл. 13-18. Система водопостачання - прямоточна ($\varepsilon = 0,9$). Параметр $\theta = 10^{-9}$.

Рішення. Для цехів забою та оброблення туш, кишкового, субпродуктового, оброблення шкур, жирового, м'ясопродуктового, технічних фабрикатів розрахунок маси забруднюючих речовин розраховується по формулі 4.

Цех забою і оброблення туш : зважені речовини – 3,25 т/рік; жири – 4,89 т/рік; загальний азот – 1,35 т/рік. Кишковий цех: зважені речовини - 1,09 т/рік; жири – 2,61 т/рік; загальний азот - 0,68 т/рік. Субпродуктовий цех: зважені речовини – 0,77 т/рік; жири – 0,13 т/рік; загальний азот - 0,15 т/рік. Цех обробки шкур: зважені речовини – 2,98 т/рік; жири – 0,52 т/рік; загальний азот – 0,59 т/рік. Жировий цех: зважені речовини – 98,4 т/рік; жири – 91,2 т/рік; загальний азот – 25,7 т/рік. М'ясопродуктовий цех (охолодження м'яса): зважені речовини – 0,34 т/рік; жири – 0,11 т/рік; загальний азот – 0,15 т/рік. Цех технічних фабрикатів: зважені речовини – 0,92 т/рік; жири – 1,95 т/рік; загальний азот – 0,17 т/рік.

Підсумовування по однойменних забруднюючих речовинах показує, що м'ясокомбінат при переробці 9300 голів КРС скидає із стічними водами: зважених речовин – 108 т/рік, жиру – 101 т/рік, загального азоту – 28,8 т/рік. При цьому ХПК складає 638 т O_2 /рік.

Для розрахунку практичної роботи викладач надає вхідні данні на заняттях.

Тема 4. Оцінка стічних вод і забруднюючих речовин від молочно-консервних комбінатів

4.1. Теоретична частина

Молочна промисловість є найбільшим споживачем води. Норми витрати води на переробку 1 т молока наведені в табл. 19.

Таблиця 19 – Норми водоспоживання і кількість стічних вод на 1 т перероблюваної сировини

Підприємство	Середньорічна витрата води, м ³ /год		Середньорічна кількість стічних вод, м ³ /год
	оборотною, повторно використовува	свіжій питною	
Молокоприймальні пункти і сепараторні відділення	0	2,3	2
Молочні заводи продуктивністю (т/д): до 50	30	7	5,6
51-200	30,5	6,5	5,2
201-400	31	6	4,8
401 і більше	32	4,5	4,6
Завод згущених молочних продуктів	25	5,5	4,4
Завод сухих молочних продуктів, маслоробні заводи продуктивністю (т/д): до 300	20	5,5	4
301 і більше	20,5	4,5	3,5
Молочно-консервні комбінати дитячих продуктів	20	3,5	3
Маслоробні заводи продуктивністю (т/д): до 50	21	2,6	2,4
51-200	21,5	2,5	2,1
201 і більше	22	2	1,7
Маслосировозаводи продуктивністю (т/д): до 50	20	5	4,3
51-200	20,5	4,5	3,8
201 і більше	21	4	3,4
Сировозаводи продуктивністю (т/д): до 50	19,4	7	6
51-200	19,5	6	5
201 і більше	20	5	4,8

Примітка: Система водопостачання - прямочна з повторним використанням води і оборотна.

Технічна вода на підприємствах молочної промисловості не використовується. Її застосовують в системі оборотного водопостачання на зовнішнє миття машин і полив території. Ці витрати складають до 15% від витрати свіжої води. З метою зменшення витрат свіжої води рекомендується прямоточна система водопостачання з повторним використанням води і оборотна система. Витрата оборотної і послідовно використаної води складає в середньому 20-25 м³ на кожен тону сировини, що становить більше 80 % водоспоживання.

Для зменшення витрат води рекомендується ширше практикувати "сухе" прибирання приміщень і повторне водопостачання. Основним джерелом умовно чистої води, придатної для повторного використання, є вода, що виходить з секцій охолодження справних пластинчатих теплообмінних установок. Цю воду дозволено використовувати повторно після підігрівання не нижче 80 °С для миття устаткування, місткостей, ванн, цистерн, молочних фляг, прибирання приміщень, прання спецодягу. Значні об'єми умовно чистої води для повторного використання отримують при зборі конденсату вторинної пари молока.

Концентрація органічних речовин в стічних водах обумовлена втратами сировини і молочної продукції в технологічному процесі. Після миття устаткування і приміщення вони містять значну кількість органічних забрудників (табл. 20) і відносяться до виробничих стічних вод, які повинні піддаватися очищенню. При скиданні 1 м³ неочищеної стічної води забруднюється 40-60 м³ природної води.

Таблиця 20 – Характеристика стічних вод

Показники	Значення показників	Показники	Значення показників
Завислі речовини, мг/л	350	Хлориди, мг/л	150
Азот загальний, мг/л	50	БПК _п , мг/л	1000
Фосфор, мг/л	7	Кислотність, рН	6,8-7,4
Жири, мг/л	до 100	—	—

Вода після ополіскування, яка отримується після миття технологічного устаткування (перші води, що змивають), є одним з видів відходів, які нині не утилізуються або обмежено використовуються. За даними ВНИКМИ, ополоски - це водомолочна суміш, що містить 1-4% сухих речовин, у тому числі до 1% жиру і білок. Збір і утилізація ополосків економічно вигідні. Найважливіший результат - запобігання скиданню залишків молока і молочних продуктів в стічні води, що дозволяє знизити витрати на їх очищення. За кордоном згущують ополоски у вакуум-випарних апаратах (до 50 % сухих речовин) і направляють на кормові цілі. Очищення стоків від білків і жиру має велике значення, оскільки після

відповідної обробки їх можна використовувати як добавки в корми, при виробництві мила, технічних мастильних матеріалів. Ополоски обробляють коагуляцією в коагуляторі при pH 4,5 і температурі $323^{\circ}K$ і центрифугують. Осад, що утворився після первинної обробки стічних вод, застосовують як добавки до кормів.

Величини втрат сировини із стічними водами наведені в табл. 21.

Таблиця 21 – Втрати сировини із стічними водами

Технологічні процеси	Втрати сировини, БПК ₅ кг O ₂ /м ³
Приймання молока, миття фляг, устаткування приймального відділення	0,26
Охолодження сирого молока, зберігання, миття молокосховищних місткостей і трубопровідних ліній	0,19
Миття автомолцистерн	0,25
Сепарація молока, зберігання знежиреного молока, вершків, пастеризація вершків	0,86
Пастеризація і зберігання молока	0,29
Випарювання молока і сушка розпилюванням	0,74
Сушка молока на барабанних (вальцових) сушарках	0,53
Згущування свіжої сироватки (до низького вмісту сухих речовин)	0,25
Конденсат	0,25
Миття устаткування	0,75

Об'єм стічних вод ($W_{св}$, м³/рік), які утворюються в процесі виробництва молочних продуктів, визначається за формулою (3), а маса забруднюючих речовин ($M_{сві}$, т/рік), що скидаються із стічними водами, за формулою (4).

4.2 Практична частина

Завдання 1.

Приклад. Вимагається визначити об'єм стічних вод і масу забруднюючих речовин, що утворюються в процесі переробки молока.

Початкові дані. Завод сухих молочних продуктів. Система водопостачання – послідовна ($e = 0,7$). Середньорічна витрата води на 1 т молока, що переробляється – 5 м³. Завод працює по однозмінному графіку 330 днів в році і переробляє 76 т молока в зміну. Тривалість зміни – 8 год; тривалість роботи устаткування в зміну – 7 год. Число працівників в зміні – 85 чоловік. Норма води одній людині в зміну на господарчо-побутові

потреби – 25 л. В стічних водах міститься: зважених речовин – 350 міліграм/л; азоту загального – 45 мг/л; фосфору – 6 мг/л; жиру – 78 мг/л; хлоридів – 120 мг/л. Параметр $\theta = 10^{-6}$.

Рішення. Визначаємо по формулі (2) об'єм стічних вод :

$$W_{\text{св}} = [0,025 \times 85 + (5 \times 76 \times 7) / 8] \times 1 \times 330 \times 0,7 = 77\,298 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

По формулі (3) знаходимо масу забруднюючих речовин, що скидаються із стічними водами: зважені речовини – $10^{-6} \times 77\,298 \times 350 = 27$ т/рік; азот загальний – $10^{-6} \times 77\,298 \times 45 = 3,48$ т/рік; фосфор – $10^{-6} \times 77\,298 \times 6 = 0,46$ т/рік; жири – $10^{-6} \times 77\,298 \times 78 = 6,03$ т/рік; хлориди – $10^{-6} \times 77\,298 \times 120 = 9,28$ т/рік.

Для розрахунку практичної роботи викладач надає вхідні данні на заняттях.

Тема 5. Розрахунок виходу гною і стічних вод від ферменого біогеоценозу

5.1. Теоретична частина

Вода вкрай потрібна для сільськогосподарських тварин, оскільки становить значну (65 - 70%) частину їх організму, бере участь в обміні речовин і терморегуляції. На синтез, наприклад, 1 кг молока корові необхідно використовувати 4 - 5 л води, а на виробництво 1 т м'яса витрата її становить 20 тис. м³. Для напування тварин використовують підземні і поверхневі води, які відповідають гігієнічним вимогам. Доброякісна вода, як і раціональне, повноцінне годування тварин, є запорукою високої їх продуктивності і збереження здоров'я.

Витрата води на напування тварин ($Q_{\text{ж}}$, л/д) визначається з формули

$$Q_{\text{ж}} = n_{\text{ж}} \cdot g_i, \quad (5)$$

де $n_{\text{ж}}$ - кількість тварин по піввікових групах;

g_i - норма води в літрах на одну тварину на добу (табл. 22).

Використана тваринами вода повертається в кругообіг у вигляді забруднених і інфікованих стоків і стічних вод, які представляють потенційну небезпеку для здоров'я і продуктивності тварин.

Тваринницькі стоки містять, в основному, розріджений водою гній з високим вмістом органічної речовини.

Відходи тваринництва (сеча, екскременти) утворюються у великих кількостях в результаті концентрації тварин на фермах. У епізоотологічному відношенні більш небезпечний свинячий безпідстільковий гній, оскільки свині частіше схильні до різних захворювань, чим інші тварини. Свинячий гній інтенсивніше заражений

бактеріями групи кишкової палички і стафілококами, а гній ВРХ - анаеробними бактеріями (табл. 23).

Добові виділення твердих відходів відповідно до Норм технологічного проектування (НТП 17-99) наведені в табл. 24 – 27.

Розрахунок виходу гною (кг) виконується за формулами (у стійловий період)

$$M_{nc} = 0,85 n_{ж} \cdot (m_e \cdot \kappa_k + m_{п}) \cdot T_c, \quad (6)$$

Таблиця 22 – Добова потреба тварин у воді, л

Тварини	За наявності автопоїлок	Без автопоїлок	При пасовищному утриманні
Корови при ручному доїнні	80	70	50
Корови при механізованому доїнні	120	95	50
Бики і нетелі	50	45	40
Телята до 6 міс.	20	15	15
Телята (молодняк до двох років)	30	25	25
Коні робочі, верхові, негодуючі матки, лошата старше 1,5 років	60	50	50
Коні (племінні матки годують)	80	75	60
Лошата до 1,5 років	45	40	35
Свиноматки з приплодом	80	60	50
Кабани	45	40	30
Молодняк і свині на відгодівлі	15	12	12
Вівці і кози дорослі	10	8	6
Вівці і кози (молодняк)	3	2	2
Кури, індички	1	1	–
Гусаки, качки	1,25	1,25	–
Кролики різного віку	3	3	–

Таблиця 23 – Кількість бактерій в 1 мл рідкого гною

Мікроорганізми	Рідкий гній	
	свиней	ВРХ
Аеробні бактерії	$10^6 - 7,5 \cdot 10^7$	$3,4 \cdot 10^8 - 4 \cdot 10^8$
Анаеробні бактерії	$10^7 - 2 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^7 - 2 \cdot 10^{12}$
Бактерії групи кишкової палички	$10^4 - 3,8 \cdot 10^6$	$10^3 - 3 \cdot 10^5$
Ентерококи	$0 - 1,2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6 - 7 \cdot 10^5$
Стафілококи	$10^6 - 10^{12}$	$10^5 - 10^7$
Молочнокислі бактерії	$1,2 \cdot 10^4 - 2,4 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^4 - 8 \cdot 10^6$
Аеробні спори	$10^2 - 4,9 \cdot 10^4$	$10^2 - 1,2 \cdot 10^6$
Клостридії	$1,8 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^2 - 1,6 \cdot 10^4$
Сальмонели	Зустрічаються в більшості випадків	
Гриби	$3 \cdot 10^2 - 6 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^4$

Таблиця 24 – Добовий вихід екскрементів у великої рогатої худоби (НТП 17-99)

Група тварин	Вихід екскрементів від однієї тварини в добу, кг	Розрахункова вологість, %
Бики-плідники	40	86
Корови	55	88,4
Телята до 3 міс.	4,5	91,8
Телята 3 - 6 міс.	7,5	87,4
Телята на відгодівлі: до 4 міс.	7,5	87,4
4 - 6 міс.	14	87,2
Молодняк: 6 - 12 міс.	14	87,2
6 - 12 міс. і нетелі	27	86,7
Молодняк на відгодівлі: 6-12 міс.	26	86,2
старше 12 міс.	35	84,9

Примітки: 1. Виділення сечі, л/д : ВРХ - 6-25; кінь - 3-15; вівця - 0,5-2. 2. Вихід екскрементів: кінь - 15-20 кг/д; вівця - 7-8 кг/д.

у пасовищний період:

$$M_{\text{нп}} = 0,75 \cdot n_{\text{ж}} \cdot (m_{\text{е}} \cdot k_{\text{к}} + m_{\text{п}}) \cdot T_{\text{п}} \cdot k_{\text{п}} \quad , \quad (7)$$

де $n_{\text{ж}}$ - кількість тварин;

$m_{\text{е}}$ - норма виходу екскрементів від тварини в добу (кг);

$k_{\text{к}}$ - поправковий коефіцієнт на забезпеченість кормами (табл. 26);

$m_{\text{п}}$ - маса підстилки на одну голову в добу в кг;

$T_{\text{с}}$ - тривалість стійлового періоду, дні;

$T_{\text{п}}$ - тривалість пасовищного періоду, дні; 0,75 і 0,85 - коефіцієнти врахування природного спаду гною в стійловий і пасовищний періоди;

$k_{\text{п}}$ - коефіцієнт, що враховує час знаходження тварин в стійлах або вигульних дворах в літній період (0,85 - при годуванні тварин на вигульно-кормових дворах; 0,5 - при розміщенні тварин в стійлах; 0,33 - в літніх таборах).

Вихід пташиного посліду визначається з формули

$$M_{\text{пп}} = n_{\text{п}} \cdot (m_{\text{е}} + m_{\text{п}}) T_{\text{с}} \cdot k_{\text{в}} \quad , \quad (8)$$

де $n_{\text{п}}$ - кількість птахів, голів;

$m_{\text{е}}$ - маса посліду від одного птаха в добу (кг);

$m_{\text{п}}$ - маса підстилки на одного птаха в добу в кг;

$T_{\text{с}}$ - тривалість утримання, д;

$k_{\text{в}}$ - коефіцієнт усихання посліду (0,7 - при клітковому утриманні птахів; 0,50-0,55 - при підлоговому).

При гідравлічному навозовідведенні отримують безпідстилковий рідкий гній, вихід якого залежить від міри розбавлення водою і

розраховується за формулою

$$M_{жн} = \frac{n_{ж} \cdot m_e \cdot \kappa_k \cdot (100 - \omega_3) \cdot T_c}{100 - \omega_n}, \quad (9)$$

де $n_{ж}$ - кількість голів; ω_e - вологість екскрементів в %;

T_c - тривалість утримання, д;

ω_n - вологість рідкого гною (посліду), %.

Таблиця 25 – Добовий вихід екскрементів у свиней (НТП 17-99)

Група тварин	Вихід екскрементів від однієї тварини в добу, кг	Розрахункова вологість, %
Кабани	11,1	89,4
Свиноматки: неодружені	8,8	90
супоросні	10	91
підсосні	15,3	90,1
Поросята (вік, дні) : 26-42	0,4	90
43-60	0,7	86
61-106	1,8	86,1
Свині на відгодівлі: до 70 кг	5	87
більше 70 кг	6,5	87,5

Таблиця 26 – Поправкові коефіцієнти до нормативів виходу екскрементів в залежності від забезпеченості кормами

Забезпеченість одної умовної голови тварини кормами (з урахуванням пасовищних кормів), ц к.е.	Коефіцієнт κ_k
28-30	0,65
30-35	0,74
35-40	0,82
40-45	0,93
45-50	1
Більше 50	1,05

У твердих і рідких відходах міститься велика кількість біогенних елементів і органічної речовини, а також мікроелементів (табл. 28).

Тверду фракцію гною компостують у буртах (висота 1,5-2 м, ширина по основі - 2,5 м). В процесі компостування виділяють чотири стадії: мезофільну, термофільну, охолодження і дозрівання. Перші три стадії проходять за декілька тижнів. Стадія ж дозрівання триває декілька місяців при температурі субстрату 55-60°C і вологості 60-70%. Компостування здійснюють мікроорганізми різних груп: мікрофлора - бактерії,

Таблиця 27 – Добовий вихід посліду у птахів (НТП 17 - 99)

Група птахів	Вихід екскрементів від одного птаха в добу, кг	Розрахункова вологість, %
Дорослий птах		
Кури: яєчні батьківського стада	0,189	71-73
яєчні промислового стада	0,175	71-73
м'ясні батьківського стада	0,276	71-73
Індички	0,45	64-66
Качки	0,423	80-82
Гусаки	0,594	80-82
Молодняк ремонтний		
Кури яєчні (вік, тижні) : 1-4	0,024	66-74
5-9	0,097	66-74
10-12	0,176	66-74
Кури м'ясні (вік, тижні) : 1-8	0,14	66-74
9-18	0,184	66-74
19-26	0,288	66-74
Індички (вік, тижні) : 1-17	0,378	70-72
18-33	0,48	70-72
Гусаки (вік, тижні) : 1-3	0,33	76-78
4-9	0,48	76-78
10-30	0,495	76-78
31-34	0,495	76-78
Качки (вік, тижні) : 1-7	0,23	76-78
8-21	0,21	76-78
22-26	0,234	76-78
8-21 (важкий крос)	0,234	76-78
22-28 (важкий крос)	0,253	76-78
Молодняк на м'ясо		
Курчата - бройлери (вік, тижні) : 1-8 (у клітинах)	0,135	66-74
1-9 (на підлозі)	0,158	66-74
Індички (вік - тижні) : 1-8	0,175	70-72
9-16	0,364	70-72
9-23	0,42	70-72
Гусаки (вік, тижні) : 1-3	0,352	76-78
4-9	0,48	76-78
Качки у віці 1-8 тижнів	0,23	76-78

актиноміцети, гриби, дріжджі (найбільше значення мають термофіли), водорості, віруси (живуть на організмах-хазяях: бактеріях або

актиноміцетах); мікрофауна-найпростіші; макрофлора - вищі гриби; макрофауна - двопароногі, багатоніжки, кліщі, ногохвостики, черв'яки (для переробки гною особливо важливий дощовий черв'як *Eisenia foetida*), а також мурашки, терміти, павуки, жуки. Компостування вважається найбільш екологічною і економічною технологією отримання органічного добрива. Рідка фракція гною і гнойові стоки перетворюються в ставках-накопичувачах. При відстоюванні і аерації в них знижується вміст натрію і калію, меншою мірою - аміаку і фосфору.

Таблиця 28 – Хімічний склад безпідстилкового гною

Речовини і показники	Фракція гною, мг/л		Мікро-елемент	Фракція гною, мг/л	
	рідка	тверда		Рідка	тверда
N	4370	58800	Барій	—	0,09
P ₂ O ₅	900	1200	Алюміній	16,2	18,6
K ₂ O	4978	4800	Залізо	16,2	9,5
NH ₄	1430	208000	Марганець	1,6	1,9
CO ₃	2016	2160	Нікель	0,05	0,01
HCO ₃	4758	4026	Титан	0,3	0,9
Cl	600	790	Ванадій	0,01	0,01
Na	150	485	Лантан	0,27	0,09
Ca	138	248,8	Берилій	0,01	—
Mg	270,3	47,7	Срібло	0,01	—
pH	7,15	—	Свинець	0,05	0,01
Сухий залишок	13500	—	Хром	0,02	0,01
Прожарений залишок	3500	—	Молибден	0,01	—
Окиснюваність, мг/л O ₂	5360	32800	Цинк	—	0,19
			Мідь	0,16	0,05
Зольність, %	2	18	—	—	—
Завислі речовини, г/л	—	16	—	—	—

Об'єм стічних вод з території фермового біогеоценозу від атмосферних опадів (WX, м³/рік) визначається з формули

$$W_x = \theta \cdot x_o \cdot p \cdot n_{ж} \cdot f \cdot k_x \quad , \quad (10)$$

де θ - параметр, що коригує розмірність показників;
 x_o - річна норма опадів, мм;
 p - щільність забудови території ферми (відношення площі під будовами до загальної площі);
 $n_{ж}$ - кількість тварин на фермі, голів;

f - норма площі на одну тварину, m^2 (табл. 29),
 k_x - коефіцієнт стоку опадів.

Таблиця 29 – Норма площі на одну тварину

Тварини	$f, m^2/гол$
Коні:	
дрібні і середні	4,56
великі	5,58
жеребці-плідники, племінні матки	12,96
племінний молодняк	11,22
племінний молодняк на іподромах	12,6
Вівці:	
вівця з ягням до 20 днів	1,6-2,3
вівцематка (без ягняти)	1
племінний баран	3
ягня до року	0,8-0,9
коза з козеням	2,5
Свині:	
свиноматки	3
кабани	10
поросята старше 5 місяців	0,8-1
Велика рогата худоба (ВРХ) :	
корова (при безприв'язному утриманні)	5
молодняк (при безприв'язному утриманні)	3-3,5
племінний ВРХ (прив'язний утриманні)	2,5-3
неплемінний ВРХ (прив'язний утриманні)	1,7-2,2
телята	1,5

5.2 Практична частина

Завдання 1.

Приклад. Вимагається визначити вихід гною в стійловий період і об'єм стічних вод, що поступають в довкілля з території молочнотоварної ферми.

Початкові дані. Площа ферми - $5000 m^2$, під будовами зайнято $2000 m^2$. Кількість тварин: корів - $p_k = 200$; телят 3-6 місяців $p_k = 70$. Виділяють в середньому: екскрементов - 55 кг/доб (корови); телята - $7,5 \text{ кг/доб}$. Забезпеченість кормом $40-45 \text{ ц к.е./доб}$, тобто $k_k = 0,93$. Норма площі при безприв'язному змісті на одну корову - $f = 5 m^2$, на теляти - $f = 3 m^2$. Маса

підстилки - 3,5 кг/доб (телята) і 5 кг/доб (корови). Тривалість стійлового періоду - 215 днів. Річна сума опадів - $x_0 = 480$ мм. Коефіцієнт стоку опадів - $k_x = 0,6$. Параметр $\theta = 0,001$.

Рішення.

1. По формулі (6) визначуваний вихід гною від корів:

$$M_{нк} = 0,85 \cdot 200 \cdot (55 \cdot 0,93 + 5) \cdot 215 = 2\,052\,282 \text{ кг}$$

і від телят:

$$M_{нт} = 0,85 \cdot 70 \cdot (7,5 \cdot 0,93 + 3,5) \cdot 215 = 134\,001 \text{ кг}$$

Разом вихід гною в стійловий період - 2 186 283 кг (2186 т).

Таблиця 30 – Норма площі на одна тварина

Тварини	f, м ² /голову
Коні:	
дрібні і середні	4,56
великі	5,58
жеребці-виробники, племінні матки	12,96
племінний молодняк	11,22
племінний молодняк на іподромах	12,6
Вівці:	
вівця з ягням до 20 днів	1,6-2,3
вівцематка (без ягняти)	1
племінний баран	3
ягня до року	0,8-0,9
коза з козеням	2,5
Свиньї:	
свиноматки	3
кабани	10
поросята старше 5 місяців	0,8-1
Велика рогата худоба (КРС) :	
корова (при беспривязном змісті)	5
молодняк (при беспривязном змісті)	3-3,5
племінний КРС (прив'язний зміст)	2,5-3
неплемінний КРС (прив'язний зміст)	1,7-2,2
телята	1,5

2. По формулі (10) знаходимо об'єм стічних вод від атмосферних опадів з території ферми, де знаходяться корови і телята :

$$W_x = 0,001 \cdot 480 \cdot (200 \cdot 5 + 70 \cdot 3) \cdot 0,6 = 139,4 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Для розрахунку практичної роботи викладач надає вхідні данні на заняттях.

Тема 6. Оцінка стічних вод і забруднюючих речовин з території підприємства

6.1 Теоретична частина

Річна кількість стічних вод W_x (м^3) з території підприємства від атмосферних опадів визначається за формулою

$$W_x = 10 \cdot x_o \cdot \frac{k_m \cdot F_m + k_n \cdot F_n + k_r \cdot F_r}{F_m + F_n + F_r}, \quad (11)$$

де x_o - середньорічний шар атмосферних опадів, мм;

k - коефіцієнт стоку ($k_T = 0,6-0,8$ - тверді покриття; $k_n = 0,2$ - ґрунтові поверхні; $k_r = 0,1$ - газони);

F_m, F_n, F_r - відповідно площа твердих покриттів, ґрунтової поверхні і газонів, м^2 .

Річна кількість поливомийних вод W_{xw} (м^3), що стікають з території підприємства, знаходиться з рівняння

$$W_{xw} = 100 n \cdot F \cdot k_m \cdot g_m, \quad (12)$$

де n - середня кількість миття в році, шт.;

F - площа мокрог прибирання, га;

$k_T = 0,5$ - коефіцієнт стоку; g_m - витрата води на одне миття, $\text{л}/\text{м}^2$.

Річна кількість атмосферних і поливомийних вод W_{xw} , (м^3) визначається з формули

$$W_{xw} = W_x + W_w. \quad (13)$$

Маса забруднюючих речовин у складі атмосферних і поливомийних вод M_{xw} , (т/рік) з території підприємства знаходиться з формули

$$W_{xw} = \theta W_{xw} C_{xwi}, \quad (14)$$

де θ - параметр, що коригує розмірність показників;

C_{xwi} - концентрація і-ї забруднюючої речовини в стічних водах, $\text{мг}/\text{л}$.

6.2 Практична частина

Завдання 1.

Приклад. Вимагається розрахувати об'єм стічних вод і масу забруднюючих речовин з території підприємства за рік.

Початкові дані. Середньорічний шар атмосферних осадів $x_0 = 580$ мм. Площа твердих покриттів $F_T = 8400$ м², ґрунтової поверхні $F_{\Pi} = 1700$ м², газонів $F_G = 900$ м². Кількість мийок в рік $n = 70$ шт. Витрата води на одну мийку $g_m = 1,5$ л/м². В стічній воді концентрація в зважених $C_{xwb} = 2100$ мг/л; концентрація нафтопродуктів $C_{xwh} = 300$ мг/л; концентрація органічних речовин по ВПК - $C_{БПК} = 50$ мг/л. Параметр $\theta = 10^{-6}$.

Рішення.

1. По формулі (11) знаходимо річну кількість стічних вод від атмосферних опадів

$$W_x = 10 \cdot 580 \cdot \frac{0,7 \cdot 8400 + 0,2 \cdot 1700 + 0,1 \cdot 900}{8400 + 1700 + 900} = 3329 \text{ м}^3.$$

2. Обчислюємо за формулою (12) річну кількість поливомийних вод

$$W_{\omega} \text{ м}^3 = 100 \cdot 70 \cdot 0,84 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 4410 \text{ м}^3.$$

3. Сумарна кількість стічних вод за рік з території підприємства, знайдене по формулі (13), складає: $W_{xw} = 3329 + 4410 = 7739$ м³.

4. Маса забруднюючих речовин з території підприємства рівна:

$$M_{xov} = 0,000001 \cdot 7739 \cdot 2100 = 16,252 \text{ т /рік - зважені речовини};$$

$$M_{xwh} = 0,000001 \cdot 7739 \cdot 300 = 2,322 \text{ т /рік - нафтопродукти};$$

$$M_{БПК} = 0,000001 \cdot 7739 \cdot 50 = 0,387 \text{ т /рік - органічні речовини}.$$

Для розрахунку практичної роботи викладач надає вхідні данні на заняттях.

Тема 7. Оцінка використання відходів для зрошування, добрив і вермікультури

7.1 Теоретична частина

За походженням стічні води підрозділяються на господарсько-побутові, стоки підприємств (виробничі) і населених пунктів, сільськогосподарські, копально-шахтні.

Концентрація забруднюючих речовин C_z (г/л) в господарсько-

побутових стоках залежить від норми водовідведення і визначається з формули

$$C_z = \frac{a_z}{g_{\text{ч}} \cdot 1000}, \quad (15)$$

де a_z - норма забруднення в г/д;

$g_{\text{ч}}$ - питома норма водовідведення в л/д на одну людину.

Ці стоки характеризуються слабкою лужною реакцією, містять мало біогенних і органічних речовин.

У стоках підприємств і населених пунктів переважають завислі ($C = 130-11300$ мг/л) і органічні речовини, нафтопродукти, біогенні елементи і важкі метали. У ряді випадків можливе забруднення стоків патогенною мікрофлорою.

Сільськогосподарські стоки – це стоки тваринницьких комплексів, стік з полів, колекторно-дренажні води. Основними забруднюючими речовинами є органічні речовини, азот, фосфор і тверді частинки. Стоки тваринницьких комплексів містять до 50 г/л завислих речовин, кількість бікарбонатів досягає 1,5-5 г/л з переважанням іонів кальцію.

Копально-шахтні води мають високу мінералізацію ($C = 2600-2900$ мг/л), кислу реакцію середовища, містять велику кількість рудних елементів (Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb).

Для зрошування часто використовують стічні води, хімічний склад яких наведено в табл. 31.

Таблиця 31 – Хімічний склад стічних вод, мг/л (середні дані)

Хімічний склад	Стічні води										
	господарсько-побутові		підприємств по виробництву і переробці								
	міст	селищ	крохмало з картоплі	цукру з буряку	дріжджів	масла, сиру, молока	томатів	яблук	плодів, овочів	азотних добрив	гідролізних продуктів
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
рНКС1	7,2	7,2	5,1	7	5,3	6,9	6,5	5,9	7,3	8,2	6,6
Завислі речовини	50-60	160	2300	1215	103	290	840	551	198	–	600
Прожарений залишок	1000	600	1250	1610	1210	2230	780	600	500	700	1450

Продовження табл.31

HCO ₃	300	350	650	962	493	641	517	465	386	–	1281
Cl	80	70	80	180	63	190	128	84	878	170	126
SO ₄	100	80	230	141	285	170	177	215	112	125	854
Ca	60	55	60	195	118	280	49	55	44	30	253
Mg	25	25	80	65	49	84	101	104	39	30	81
Na	100	90	80	240	80	175	85	79	104	45	46
NH ₄	5	15	50	16	15	49	34	7	8	55	358
N _{общ}	15	40	200	52	60	107	46	14	14	89	387
P ₂ O ₅	5	8	40	2,5	4	30	4	0,5	1,8	27	37
Хпк	50	350	400	200	–	1500	800	600	330	360	500
Нобщ	15	40	200	52	60	107	46	14	14	89	387
P2O5	5	8	40	2,5	4	30	4	0,5	1,8	27	37
Хпк	50	350	400	200	–	1500	800	600	330	360	500

За значенням *pH* стічні води підрозділяються на неагресивні (*pH* 6,5-8); слабоагресивні (*pH* 6-6,5; 8-9) і сильноагресивні (*pH* менше 6 і більше 9). За концентрацією завислих речовин: слабоконцентровані (0-500 мг/л), середньоконцентровані (501-5000 мг/л), концентровані (5001-30000 мг/л) і висококонтровані (більше 30 000 мг/л).

Нормативи на очищення стічних вод : концентрація завислих речовин не більше 500 мг/л; *pH* не нижче 6,5 і не вище 8,5; температура стоків не вище 40°C. Екологічні вимоги до стічних вод, що скидаються, зведені в табл. 32.

Розрахунок гранично допустимих скидів (ГДС) стічних вод розробляється по найбільших середньогодинних витратах стічних вод $g_{ст}$ (м³/год), причому ГДС (г/год) визначається для водоймищ I і II категорії за рівнянням:

$$ГДС = g_{ст} \cdot C_{ст} \quad , \quad (16)$$

де $C_{ст}$ - концентрація забруднюючих речовин в стічних водах, г/л.

При скиданні стічних вод у річку для прогнозу концентрації забруднюючих речовин в контрольному створі $C_{кв}$ (мг/л) може використовуватися метод В. А. Фролова і І. Д. Родзиллера:

$$C_{кв} = (g_{ст} C_{ст} + \gamma \cdot g_p C_p) / (g_{ст} + \gamma \cdot g_p) \quad , \quad (17)$$

де $g_{ст}$ і g_p - відповідно витрата стічних вод і витрата води в річці, м³/хв;

$C_{ст}$ і C_p - відповідно концентрація забруднюючих речовин в стічних водах і в річці вище за місце їх скидання, мг/л;

Таблиця 32 – ДОСТ до стоків, які скидаються у водоймища

Показники	Характеристика
Завислі речовини	Вміст не повинен збільшуватися більш ніж на 0,25 мг/л. Для водоймищ із вмістом більше 30 мг/л природних мінеральних речовин допускається збільшення вмісту суспензій в стоках в межах 5 %. Суспензії із швидкістю осадження більше 0,4 мм/хв для проточних водоймищ і більше 0,2 мм/хв для непроточних до скидання забороняються.
Плаваючі речовини	На поверхні водоймища не повинні виявлятися плаваючі плівки, плями мінеральних масел.
Запахи, присмаки	Вода не повинна набувати запахів і присмаків інтенсивністю більше 2 балів, що виявляються безпосередньо або при подальшому хлоруванні.
Забарвлення	Не повинно виявлятися в стовпчику заввишки 20 см
Розчинений кисень	Не має бути менше 4 мг/л в будь-який період року в пробі, відібраній до 12 години дня.
Збудники хвороб	Не повинні міститися в стоках. Стічні води, що містять збудників захворювань, повинні піддаватися знезараженню після очищення. Відсутність збудників досягається шляхом знезараження біологічно очищених побутових стічних вод до колі-індексу не більше 3 в 1 л при залишковому хлорі не менше 1,5 мг/л.
Отруйні речовини	Не повинні міститися в концентраціях, шкідливих для організму людини.
Біохімічна потреба кисню	ДПКп при 20°C не повинна перевищувати 3 мг/л.

γ - коефіцієнт змішання, визначається з рівняння

$$\gamma = (1 - \beta) / [1 + (g_p \cdot \beta) / g_{ст}], \quad (18)$$

де

$$\beta = \exp(-\alpha \cdot L^{1/3}) \quad , \quad (19)$$

у якій α характеризує гідрологічний режим потоку :

$$\alpha = k_{ст} \cdot \varphi \cdot [(0,005 v \cdot h) / g_{ст}]^{1/3}, \quad (20)$$

тут L - відстань по фарватеру від місця скидання стічних вод до контрольного створу, м;

$k_{ст}$ - коефіцієнт, залежний від місця скидання стічних вод:

$k_{ст} = 1$ (при скиданні біля берега), $k_{ст} = 1,5$ (при скиданні в стрижень);

ϕ - коефіцієнт звивистості річки, тобто це відношення відстані по фарватеру від місця скидання стічних вод до контрольного створу до відстані до цього ж пункту по прямій (у гідрології коефіцієнт звивистості трактується як відношення довжини ділянки річки, виміряної по карті, до довжини по прямій від початку до кінця ділянки, наприклад, коефіцієнт звивистості річок: Дону - 2,6, Волги - 1,24);

v - середня швидкість течії води в річці на ділянці між місцем скидання стічних вод і контрольним створом, м/хв;

h - середня глибина річки на цій же ділянці, м.

Оцінка норм стічних вод для зрошування. Залежно від походження, складу і якісної характеристики забруднення, стічні води, які використовуються для зрошування, підрозділяються на три основні категорії: господарсько-побутові, виробничі і тваринницькі стоки. Придатність стічних вод для зрошування оцінюється за показниками, наведеними в табл. 31.

Високий вміст натрію в стічних водах, які використовуються для зрошування, може сприяти солонцюванню ґрунтів. Небезпека виникнення цього процесу оцінюється показником натрієвого адсорбційного відношення (SAR)

$$SAR = Na / [(Ca + Mg) / 2], \quad (21)$$

де Na, Ca, Mg - концентрація іонів в мг-екв/л.

Значення SAR не повинне перевищувати 8 на ґрунтах важкого гранулометричного складу, 10 - на суглинних, 12 - на супіщаних і піщаних ґрунтах.

По цінності удобрювача стічні води підрозділяються на три категорії: висока, середня і низька (табл. 33).

Стічні води підприємств харчової промисловості і господарсько-побутові використовуються тільки після механічного і біологічного очищення, яке включає штучне в аеротенках або природне в біоставках.

Тваринницькі стоки від комплексів ВРХ, використовувані на зрошування, повинні мати вологість не менше 95 %, а від свинарських комплексів - не менше 98 %, містити тверді і довговолокнисті включення розміром не більше 2,5 мм. Допустима концентрація загального азоту встановлюється залежно від природно-кліматичної зони і оброблюваних культур (табл. 34).

Поливна і зрошувальна норми розраховуються з урахуванням вмісту в стічних водах хімічних речовин. Поливна норма - це об'єм води (m^3), що подається на 1 га за один полив. Зрошувальна - об'єм води (m^3), що подається на 1 га за вегетаційний період. Зрошувальна норма зазвичай відповідає дефіциту водоспоживання культур, який визначається за

Таблиця 33 – Оцінка придатності стічних вод для зрошування

Показник	Допустимі параметри	Умови застосування стічних вод
pH	6-8,5	На усіх типах ґрунтів
$Na + Ka$	8	На усіх типах ґрунтів
$\sqrt{[(Ca + Mg)/2]}$ мг екв/л	8-10	На середніх і легких за гранулометричним складом ґрунтах
	10-12	На легких ґрунтах
Na + K + Ca + Mg, мг екв/л	20	На усіх ґрунтах
	20-45	На середніх і легких ґрунтах. Один промивний полив на рік
	45-75	На середніх і легких ґрунтах. Усі поливи або кожен другий - промивні
	75-150	На легких добре дренованих ґрунтах. Усі поливи - промивні
Mg/Ca	1	В усіх випадках
Азот загальний, мг/л	50-120	Для зони достатнього зволоження набувають великих значень, для аридної - менші. Недостача біогенних елементів заповнюється мінеральними добривами
Фосфор, мг/л	10-30	
Калій, мг/л	50-150	

Примітка. Дані застосовні для розрахунку режимів зрошування по водоспоживанню.

Таблиця 34 – Характеристика стічних вод за цінністю удобрювача

Категорія стічних вод за цінністю удобрювача	Основні види стічних вод	Вміст у стічних водах елементів живлення, мг/л	Компенсація винесення біогенних речовин з урожаєм внаслідок зрошування стічними водами	Рекомендації щодо додаткового внесення добрива
1	2	3	4	5
Висока	Крохмальних, крахмалопаточкових, гідролізних, біохімічних, маслосироварних і спиртових заводів, м'ясокомбінатів, тваринницьких	Азоту >100 Калію >70 Фосфору >30	більше 100%	Потребує внесення фосфорних добрив ³ урахуванням родючості ґрунтів

Продовження табл. 34

1	2	3	4	5
	комплексів			
Середня	Цукрових, дріжджових, пивних, консервних заводів, хімічної промисловості, малих населених пунктів	Азоту: 50-100 Калію: 30-70 Фосфору: 10-30	50-100%	Потребує внесення половинної норми мінеральних добрив до ґрунту
Низька	Міст і селищ після біологічного очищення, умовно чисті пром підприємства, целюлозно-паперової промисловості, ТЕЦ	Азоту до 50 Калію до 30 Фосфору до 10	менше 50%	Практично потребує внесення повної норми мінеральних добрив

Примітка. Дані застосовні для розрахунку режимів зрошування по водоспоживанню.

Таблиця 35 – Допустима концентрація загального азоту в тваринницьких стоках, мг/л

Багаторічні злакові трави 2-го року і наступних років життя	Багаторічні злакові трави через 60 діб після сходів (люцерна, червона конюшина); суміш однорічних трав без бобових	Зернові культури, кукурудза	Буряк, соняшник
Зона надлишкового і достатнього зволоження			
1500	1000	800	500
Зона недостатнього зволоження			
700-800	500	400	250-300

формулою (22).

$$D_w = B - E \quad , \quad (22)$$

де D_w – нестача волого потреби, мм;

B – сумарне випарування, мм;

E – фактичне випарування, мм.

Розрахунок режимів зрошування стічними водами невеликої мінералізації ведеться за водоспоживанням, а з високим вмістом біогенних речовин - з урахуванням балансу поживних елементів в ґрунті.

Річна норма поливів удобрювачів $Q_{св}$ (м³/га) стічними водами

визначається з формули:

$$Q_{\text{СВ}} = \frac{10^3 \cdot P_y}{C_{\text{НРК}} \cdot u_y}, \quad (23)$$

де P_y - винесення азоту, фосфору і калію с.- г. культурою (кг/га) при планованій врожайності;

$C_{\text{НРК}}$ - концентрація азоту, фосфору і калію в стоках, мг/л;

u_y - коефіцієнт використання азоту ($u_y = 0,6-0,7$), фосфору ($u_y = 0,6-0,7$) і калію ($u_y = 0,6$).

Коефіцієнт використання залежить від засобів зрошування і техніки поливу. Наприклад, при дощуванні із стічних вод випаровується аміак, тому для азоту $u_y = 0,85$.

Якщо річна зрошувальна норма, через високу цінність удобрювача стоків, виявиться менше зрошувальної норми, розрахованої по водоспоживанню культури, тобто за формулою (22), то різницю забезпечують подачею чистої води. Річну зрошувальну норму можна розділити на вегетаційну і поза вегетаційну. Поза вегетаційна зрошувальна норма визначається за водоутримуючою здатністю 1,5-2 м шару ґрунтів з урахуванням глибини залягання ґрунтових вод.

Зрошування стічними водами необхідно здійснювати відповідно до санітарно-гігієнічних вимог. Так, при використанні тваринницьких стоків, поля зрошування мають бути віддалені від житлової забудови, залізниць і автомобільних доріг, виробничих будівель на 25-50 м при поверхневому зрошуванні і на 100-200 м при дощуванні.

Скидання стічних вод і тваринницьких стоків за межі зрошуваної території та у водоймища забороняється.

Оцінка норм внесення сухої маси осадів стічних вод у ґрунт. Залежно від зольності осади стічних вод розділяються на три види: переважно мінеральні (зольність більше 70%); переважно органічні (зольність менше 30%) і змішані (зольність 30-70%).

Основним нормативним документом, що регламентує використання осадів стічних вод (ОСВ), є "Гігієнічні вимоги до використання стічних вод і їх осадів для зрошування і добрива" (СанПиН 2.1.7.573-96), прийняті Мінохоронздоров'я РФ в 1996 році. Як необхідна вимога до внесення ОСВ до ґрунту СанПиН рекомендує розрахунок теоретично допустимих норм внесення за вмістом важких металів за формулою

$$D_m = \frac{0,8 \cdot ГДК - \Phi_{\text{ТМ}}}{C_{\text{ТМ}}} \cdot 3000, \quad (24)$$

де D_m - теоретично допустима норма внесення ОСВ, т/га сухої маси;

ГДК - гранично-допустима концентрація важкого металу в ґрунті,

мг/кг (табл. 36);

Таблиця 36 – ГДК важких металів в ґрунті, затверджені Мінохоронздоров'я СРСР (№ 6229-91) і ОДК їх в ґрунтах з різними фізико-хімічними властивостями

Найменування речовини	Величина ГДК (мг/кг) ґрунту з урахуванням фону (кларк)	Лімітуючий показник шкідливості
Граничнодопустима концентрація (ГДК), мг/кг (валовий вміст)		
Ванадій	150	загальносанітарний
Ванадій + марганець	100 + 1000	«
Миш'як	2	транслокаційний
Ртуть	2,1	«
Свинець	30	загальносанітарний
Свинець + ртуть	20 + 1	транслокаційний
Сурма	4,5	легко-міграційний
Рухлива форма		
Кобальт	5	загальносанітарний
Марганець, витягнутий 0,1 н H ₂ SO ₄ , - чорноземи	700	«
- дерново-підзолисті: рН 4	300	«
рН 5,1 - 6	400	«
рН > 6	500	«
Марганець, витягнутий ацетатно-амонійним буфером з рН 4,8: чорноземи	140	«
дерново-підзолисті: рН 4	60	«
рН 5,1-6	80	«
рН > 6	100	«
Мідь	3	загальносанітарний
Нікель	4	«
Свинець	6	«
Цинк	23	транслокаційний
Фтор	2,8	транслокаційний
Хром	6	загальносанітарний
Водорозчинна форма		
Фтор	10	транслокаційний
Орієнтовно-допустима концентрація (ОДК), мг/кг (валовий вміст)		
Нікель: піщані і супіщані	20	загальносанітарний
кислі суглинні і глинисті з рН < 5,5	40	«
рН > 5,5	80	«

Продовження таблиці 36

Найменування речовини	Величина ПДК (мг/кг) ґрунту з урахуванням фону (кларк)	Лімітуючий показник шкідливості
Орієнтовно-допустима концентрація (ОДК), мг/кг (валовий вміст)		
Мідь: піщані і супіщані	33	«
кислі суглинні і глинисті з рН < 5,5	66	«
рН > 5,5	132	«
Цинк: піщані і супіщані	55	транслокаційний
кислі суглинні і глинисті з рН < 5,5	110	«
рН > 5,5	220	«
Миш'як: піщані і супіщані	55	«
кислі суглинні і глинисті з рН < 5,5	2 5	" "
рН > 5,5	10	«
Кадмій: піщані і супіщані	0,5	«
кислі суглинні і глинисті з рН < 5,5	1	«
рН > 5,5	2	«
Свинець: піщані і супіщані	32	загальноса- нітарний
кислі суглинні і глинисті з рН < 5,5	65	«
рН > 5,5	130	«

Примітки: 1. Рухлива форма кобальту витягається з ґрунту ацетатно-натрієвим буферним розчином з рН 3,5 для сіроземів і ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8 для інших типів ґрунтів. 2. Рухлива форма елемента витягається з ґрунту ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8. 3. Рухлива форма фтору витягається з ґрунту з рН < 6,5 - 0,006 н. HCl; з рН > 6,5 - 0,03 н. H₂SO₄.

$\Phi_{\text{тм}}$ - фактичний вміст важкого металу в ґрунті, мг/кг;

$C_{\text{тм}}$ - вміст важкого металу в ОСВ, мг/кг сухої маси; 3000 - маса орного шару ґрунту в перерахунку на суху речовину, т/га.

Формула (23) вдосконалена автором в частині розрахунку маси орного шару і з урахуванням цього має вигляд:

$$D_m = \frac{(0,8 \cdot ГДК - \Phi_{TM}) \cdot 10000 \cdot z \cdot d}{C_{TM}} \cdot 3000, \quad (25)$$

де 10 000 - коефіцієнт розмірності;

z - потужність орного шару, м; d - щільність ґрунту, г/см³.

Згідно СанПиН, забороняється внесення осадів до ґрунту, якщо вони не відповідають гігієнічним нормативам, вказаним в табл. 37.

Використання відходів для вермікультивування. У багатьох країнах значного поширення набуло вермікультивування, що полягає в промисловому розведенні деяких форм дощових черв'яків ("veg-mes" - лат. черв'як). Вермікультура - це компостні черв'яки в органічному субстраті.

Черв'яки об'єднують декілька типів груп безхребетних: коловертки, нематоди, енхитреїди, кільчасті черв'яки, дощові черв'яки. Саме дощові черв'яки мають велике значення в ґрунтоутворенні. На їх частку припадає не менше половини усієї біомаси ґрунту.

Таблиця 37 – Нормативні вимоги до ОСВ

Показник	Норма
Волога, % не більше	82
Органічна речовина, % на сухий продукт, не менше	20
Кислотність, рН _{КСІ}	5,5-8,5
Валовий вміст	
Свинець (Pb), мг/кг не більше	1000
Миш'як (As), мг/кг не більше	20
Ртуть (Hg), " "	15
Кадмій (Cd)""	30
Нікель (Ni)""	400
Хром (Cr ³) ""	1200
Марганець (Mn)""	2000
Цинк (Zn)""	4000
Мідь (Cu)""	1500
Колититр, г, не менше	0,01
Яйця гельмінтів (життєздатні), шт.	0
Патогенні ентеробактерії, клітини (по епідпоказаннях)	0

Більшість дощових черв'яків відносяться до сімейства люмбрицид, яке включає близько 180 видів (на території колишнього СРСР). Але найбільш масовими є 15-16 видів, серед яких домінує вид *Nicodrilus caliginosus*, що мешкає в орних ґрунтах. Середній розмір дощового черв'яка 9-13 см в довжину (на Кавказі мешкають черв'яки завдовжки 45 см). Густота дощових черв'яків досягає в середньому 120 особин/м², а біомаси 50 г/м²

(при масі одного черв'яка 0,5-1,5 г). У сприятливих умовах густина черв'яка ріллі досягає 400-500 г/м². Його присутність в ґрунті - це тест на збагачення ґрунтів органічною речовиною. Головне джерело живлення черв'яка - рослинні залишки.

Практика показує, що агропромислові відходи можуть використовуватися для приготування органічного субстрату - їжі і місця існування для черв'яків. За даними В. А. Єремїна найбільш ефективні субстрати при співвідношенні відходів: рослинні залишки + гній 3:1; листовий осад (окрім хвої) + гній 3:1; побутове сміття + гній 3:1; деревна кора + гній 2:1; деревна тирса + гній 2:1; торф + гній 3:1; рослинні залишки + послід 3:1; листовий осад + послід 3:1; побутове сміття + послід 4:1; деревна кора + послід 3:1; деревна тирса + послід 3:1. При підготовці субстрату різні органічні відходи подрібнюються, зволожуються і доводяться до однорідного і пухкого стану. Гній змішується з травою, листям, піском (10%) і ґрунтом (35%). Якість субстрату підвищується при додаванні відходів баштанних, плодовоовочевих культур і 10% вапняних матеріалів (дефекат, вапно, мергель, мів). Субстрат повинен містити не менше 20-25% целюлози у вигляді солом'яної січки, паперу, картону; протеїну - не більше 25%. Вологість субстрату доводять до 70-80%, в нім не повинно бути домішок неорганічного походження (скла, полімерів, каменів, металу), рН 6,8-7,2, оксидів заліза не більше 10%, відношення С:N = 20. Допустимий рівень вмісту аміаку 0,5 мг/кг субстрату (при вищому вмісті аміаку в субстраті черв'яки гинуть).

Не рекомендується використовувати гній, в якому не закінчився процес ферментації. Ферментація субстрату може вироблятися в природному і прискореному режимах. При природному - процес протікає 5-6 місяців (кінський гній), 6-8 місяців (гній ВРХ), 9-10 місяців (свинячий гній) і 15-16 місяців (кур'ячий послід), а при прискореному - 1-3 місяці. Для прискорення процесу органічні відходи укладають в бурти і обробляють гарячою парою з температурою 50-60°C. Потім витримують 10-15 діб. Для збереження оптимальної вологості бурти накривають солом'яною або мішковиною. Підсумковим результатом придатності базового субстрату є "проба 50 черв'яків". Якщо при заселенні субстрату 50 черв'яками при денному або сильному штучному освітленні вони відразу йдуть в глиб субстрату і знаходяться там протягом доби, то субстрат готовий для зачервлення. За даними Рязанської ДСХА ім. професора П. А. Костичева, при оцінці адаптації дощових черв'яків слід враховувати поведінку черв'яків і їх забарвлення (візуально), розміри тіла черв'яків, реакцію черв'яків на екзогенні чинники; число особин, що знаходяться на різних стадіях онтогенезу, число генерацій, а також кількість і якість потомства.

Розведення черв'яків проводять з метою отримання біогумусу і його відтворення. При цьому широко використовуються три види: *Eisenia foetida*, *Lombricus rubellus* і червоний гібрид. Основним технологічним

засобом при вирощуванні черв'яків є ложе - це гряда з субстрату завдовжки - 2 м, шириною – 1 м, заввишки - 0,2-0,3 м з невеликим ухилом для стоку води під час дощів. Ложа виготовляються з металевої сітки з осередками 15-15 мм і розміщуються секціями завдовжки до 50 м з відстанями між ними 0,4-0,8 м [5].

Оптимальна густина заселення черв'яками одного ложа - 50-100 тис. дорослих і молодих черв'яків (коконів з яйцями). Від густоти заселення ложа залежить продуктивність вермікультури. Якщо густина надлишкова, то виникає стрес, який негативно позначається на розмноженні. При низькій густоті вихід біогумусу скорочується. Для розведення маткових черв'яків використовуються стандартні ложа з густиною від 1,5-2 до 10-12 тис. екз/м². Склад популяції : молоді особини - 60,1%; дорослі - 21,8%; кокони - 19,1%.

На 100 тис. черв'яків потрібно приблизно 1000 кг субстрату в рік. Вважається, що черв'як поїдає кількість їжі, приблизно рівну масі свого тіла. При переробці черв'яками 1 т органічних відходів в перерахунку на суху речовину отримують в середньому 600 кг біогумусу, інші 400 кг трансформуються в 100 кг повноцінного білку у вигляді біомаси черв'яків.

Біогумус - компостна мікрогранулярна речовина коричнево-сіруватого кольору, що містить сухої органічної маси, - 50%, гумусу - 18%, рН 6,8-7,4; загального азоту - 2,2%; фосфору - 2,6%; калію - 2,7%; ферменти, вітаміни, гормони, ауксини. У кращих зразках біогумусу в 1 г налічується декілька мільярдів клітин мікроорганізмів (у гною 150-350 млн).

У біогумусі органічна речовина представлена, в основному, гуміновими кислотами (31,7-41,2%) і фульвокислотами (22,3-34,8%) з переважанням гуматів кальцію (43,3-47,6%). Співвідношення в біогумусі гумінових і фульмініових кислот складає 1,18-1,42, що сприяє формуванню агрономічно цінної структури ґрунту. Біогумус, взаємодіючи з ґрунтом, утворює складні сполуки, забезпечуючи живлення рослин протягом 2 – 3 років. У 1 т біогумусу міститься в середньому 45 кг NPK.

Залежно від розміру гранул біогумус розділяється на модер (гранули розміром 0,3-0,7 мм), використовується в парниках, оранжереях, теплицях; мор (гранули 0,7-1 мм), застосовується в рослинництві, садівництві; муль (гранули < 0,1 мм) - гумусове борошно, яке відразу ж засвоюється рослинами; використовується для некореневої підгодівлі і "лікування" рослин.

Якість біогумусу оцінюється за такими показниками (міжнародний стандарт): вологість - 30-40%; органічна речовина - 20-30%; водорозчинні солі - 0,5%; рН 6,5-7,5; загальний азот - не менше 1,5%; P₂O₅ - 1,2-1,5%; K₂O - 1,1-1,2%; C: N - 15; Mg - 1%; Ca - 4%. Біогумус не повинен містити полімери, камінь, скло; допускається фекальний стрептокок - 10 екз/г, колиформ - 10 екз/г, сальмонелла не виявляється в 20 г.

За чутливістю на біогумус рослини підрозділяються на високочутливих (картопля, морква, буряк цукровий і кормовий, фрукти), надбавка урожаю до 35%; добре чутливі (озима і ярова пшениця, жито, ячмінь, овес, рис, просо, гречка, кукурудза на зерно, сорго), надбавка до 25%; середньочутливі (горох, кормові боби, нут, соя, сочевиця), приріст урожаю до 15%; слабкочутливі (соняшник, рапс, гірчиця, коріандр).

При додаванні 1% біомаси черв'яків яйценосність курей збільшується на 20% (протягом 104 днів). Удої молока зростають на 22% при використанні в харчовому раціоні корів 0,5 кг свіжої біомаси черв'яків.

7.2 Практична частина

Завдання 1.

Приклад. Вимагається визначити очікувану концентрацію нітратів в контрольному створі річки при скиданні біля берега стічних вод, забруднених нітратами.

Початкові дані. $g_{ст} = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$; $g_p = 17 \text{ м}^3/\text{с}$; концентрація нітратів : в річці вище за місце скидання - 8 мг/л; у стічних водах - 76 мг/л; $L = 1000 \text{ м}$; $v = 0,9 \text{ м/с}$; $h = 1,6 \text{ м}$; $k_{ст} = 1$; $\phi = 1,2$.

Рішення. По рівнянню (20) визначується параметр $\alpha = 1 - 1,2 \times [(0,005 \cdot 0,9 \cdot 1,6) / 0,3]^{1/3} = 0,35$. По формулі (19) знаходимо показник $\beta = \exp(-0,35 \cdot 1000^{1/3}) = 0,03$. Встановлюємо по формулі (18) коефіцієнт змішення $\gamma = (1 - 0,03) / [1 + (17 \cdot 0,03) / 0,3] = 0,36$. По формулі (17) обчислюємо концентрацію нітратів в контрольному створі річки $C_{кк} = (0,3 + 0,36 \cdot 17) = 11,2 \text{ мг/л}$, тобто вона очікується вище за ГДК (10 мг/л).

Завдання 2.

Приклад. Вимагається визначити річну норму поливів удобрювачів гнойовими стоками при поверхневому зрошуванні ярової пшениці на чорноземі вилуженому.

Початкові дані. Зрошувальна норма по дефіциту водоспоживання ярової пшениці складає $3433 \text{ м}^3/\text{га}$ (табл. 38). Планована врожайність ярової пшениці - 2,5 т/га, що відповідає винесенню з ґрунту азоту – 90 кг/га, фосфору - 27,5 кг/га, калію - 50 кг/га. Зміст в тваринницьких стоках елементів живлення: азоту - 110 мг/л, фосфору - 40 мг/л, калію – 75 мг/л. Коефіцієнт використання азоту - 0,7; фосфору - 0,6; калію - 0,6.

Рішення.

1. По формулі (22) обчислюємо річну норму поливів удобрювачів гнойовими стоками для ярової пшениці по азоту - $1169 \text{ м}^3/\text{га}$; фосфору - $1146 \text{ м}^3/\text{га}$; калію - $1111 \text{ м}^3/\text{га}$. За дозу внесення не розбавлених водою гнойових стоків береться мінімальна з трьох розрахункових величин - $1111 \text{ м}^3/\text{га}$.

Таблиця 38 – Приклад розрахунку дефіциту водоспоживання ярої пшениці в рік 75% -ної забезпеченості

Місяць	Фази розвитку ярої пшениці	Випарування, И, мм	Р	Оптимальне водоспоживання, В, мм	Опади, Хв, мм	Продуктивні вологозапаси в шарі ґрунту 0-100см, мм		Ф _р	W _{но} =φрНВ-ВЗ	Зміна вологозапасів ΔW; мм	Хв +ΔW, мм	Зливної стік, Нл, мм	I _{ин} , мм	k, мм	Випарування, Е, мм	Дефіцит водоспоживання, DW = В - Е	Сума дефіцитів наростаючим підсумком, мм
						початкові	кінцеві										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
квітень	сівба	71	0,9	63,9	20	151	158	0,75	109	-7	13	2,8	0	0	10,2	53,7	53,7
травень	сходи – 3-й лист – куціння	122	1,07	130	28	143	119	0,7	93,3	24	52	2,2	0	0	49,8	80,2	133,9
червень	вихід в трубку - колосіння – цвітіння	147	1,17	172	39	98	62	0,65	77,4	20,6	59,6	2	0	0	57,6	114,4	248,3
липень	молочна -воскова стиглість	140	0,98	137	42	48	39	0,6	61,4	0	42	0	0	0	42	95	343,3

2. Встановлена норма поливів удобрювачів менше зрошувальної норми по водоспоживанню (3433 м³/га). Отже, різницю (2322 м³/га) необхідно компенсувати подачею чистої води. Бракуюча кількість азоту і фосфору вноситься у вигляді мінеральних добрив.

Завдання 3.

Приклад. Вимагається визначити по формулах (24) і (25) норми внесення опадів стічних вод в глинистий кислий ґрунт і виробити порівняння навантаження важких металів на агроландшафт.

Початкові дані (таблиця. 39 - 40).

Рішення.

1. Аналізуємо зміст важких металів в ОСВ, приведених в таблицю. 39 і 40 порівняно з нормативними вимогами до осідань, вказаними в таблиці. 37, приходимо до висновку, що вносити опади комунальних стічних вод (таблиця. 40) до ґрунту екологічно небезпечно, оскільки концентрація кадмію (I клас небезпеки) і хрому (II клас небезпеки) в усіх видах осаду перевищує норму по цих речовинах, приведених в таблицю 37.

2. Вміст важких металів в осіданнях очисних споруд (табл. 39) менше норм (табл. 37), так що їх можна вносити в ґрунт.

Таблиця 39 Хімічний склад ОСВ очисних споруд

Елемент	Cd	Ni	Cr	Pb	Cu	Mп
мг/кг	0,9	10	2,5	—	3	—

Таблиця 40 – Вміст важких металів в осіданнях комунальних стічних вод (C_{tm}) в мг/кг сухої маси

Елемент	Вид осаду		
	анаеробний	аеробний	інші
Mп	400	420	250
Z	8,8	—	4,3
Hg	1100	7	810
Mo	30	29	27
Pb	1640	720	1630
Zn	2280	2170	2140
Cu	1920	940	1020
Ni	400	150	360
Cd	106	135	70
Cr	2070	1270	6390

3. Порівняння розрахованих по формулах (25) і (26) норм внесення ОСВ в ґрунт зробимо по кадмію - важкому металу I класу небезпеки. Потужність орного горизонту ґрунту $z = 0,2$ м, щільність складання $d = 1,2$ г/см³, $C_{Cd} = 0,9$ мг/кг (табл. 39). ГДК кадмію в ґрунті при $pH < 5,5$ дорівнює 1 мг/кг (табл. 36), а фактичний (валовий) вміст кадмію в ґрунті $\Phi_{tm} = 0,4$ мг/кг. Підставляємо згадані значення показників у формули (25) та (26) і знаходимо відповідно, що $D_m = 1333$ т/га і $D_m = 1067$ т/га, тобто різниця в дозах внесення ОСВ в глинистий ґрунт складає 266 т/га. Таким чином, застосування формули 26 істотно уточнює дози внесення ОСВ в ґрунт і оптимізує навантаження важких металів на агроландшафт.

Завдання 4.

Приклад. Вимагається розрахувати кількість черв'яків для переробки тваринницьких відходів за стійловий період і визначити вихід біогумусу.

Початкові дані. Стійловий період - 215 днів. Вихід гною - 2186 т (розділ 5). Середньодобова потреба одного черв'яка в субстраті - 1,4 м. Вага одного черв'яка - 1,5 г. Чисельність популяції черв'яків подвоюється протягом трьох місяців. Вихід біогумусу складає 60% від переробленого субстрату.

Рішення.

1. Приріст кількості і біомаси дощових черв'яків розраховується за формою таблиці:

Дата	Кількість черв'яків, шт.	Вес черв'яків, кг	Маса субстрату, кг/місяць

2. Чисельність популяції черв'яків для переробки тваринницьких відходів за добу, місяць і стійловий період визначається шляхом ділення кількості відходів за відповідний період часу на потребу в їжі одного черв'яка в добу.

3. Вихід біогумусу від перероблених черв'яками тваринницьких відходів за стійловий період встановлюється перемноженням їх об'єму на 60%.

Для розрахунку практичної роботи викладач надає вхідні данні на заняттях.

Тема 8. Роль екологічних чинників при зберіганні картоплі і овочів

8.1 Теоретична частина

У нашій країні районовано більше 110 сортів картоплі. За своїм споживчим призначенням їх ділять на харчові - з добрим смаком і не темніючим м'якушем; технічні - з високим вмістом крохмалю; реальні - з добрим смаком, не темніючим м'якушем і підвищеним вмістом крохмалю і білку [2]. З числа сортів, що районують, приблизно 60% - харчові, 30% - універсальні 10 - технічні сорти.

До чинників успішного зберігання картоплі і овочів відносяться особливості селекційного сорту; якість продукції; здатність до тривалого зберігання; завантажувальний об'єм; температура, вологість, вентиляція, освітленість; термін реалізації; наукова організація праці; облік і охорона. Всі ці характеристики залежать від агротехніки вирощування. На здатність, наприклад, картоплі зберігатися тривалий час впливають норми і поєднання добрив при вирощуванні (табл. 41).

Таблиця 41 – Впливу норм та сполучення добрив на збереження бульб картоплі (тривалий дослід НВ картопляного господарства)

Відходи при зберіганні, %	Варіанти досліду				
	Контроль - N ₅₀ P ₇₅ K ₆₀	N ₁₀₀ P ₇₅ K ₆₀	N ₅₀ P ₁₅₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₇₅ K ₁₂₀	N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀
Абсолютні	5,8	6,6	5,3	4,1	11
Відносні	100	114	91	71	189

Наведені дані показують, що при обробі картоплі для поліпшення її якості не слід допускати системи добрив з посиленням азотним або азотно-калійним живленням без відповідного збільшення норм фосфору.

Для гальмування життєвих процесів в об'єктах, що зберігаються, і в супутніх їм фітопатогенних організмах температура в масі продукції повинна наближатися до 0°C, але залишатися позитивною. Відносна вологість повітря має бути 85-95% для усіх продуктів, за винятком цибулі і часнику (65-80%). Для встановлення відповідних температурних умов в масі картоплі і овочів під час зберігання потрібне видалення з них тепла, особливо в період після збирання і в теплу погоду.

Нині широко застосовується зберігання продукції з природною і штучною вентиляцією за допомогою спеціальних вентиляторів, завдяки чому в самому об'ємі продукції забезпечуються активні процеси тепловологообміну.

Зберігання при природній вентиляції. Основне завдання зберігання

- захистити продукцію від самозігрівання і самозволоження в умовах природної вентиляції. Для поліпшення умов природної вентиляції в продукції, що зберігається, застосовують декілька способів її розміщення.

Штучне і окремо штучне. При такому зберіганні кожен об'єкт "омивається" повітрям або знаходиться в якій-небудь іншому середовищі. Проте штучне розміщення неекономічне. Ним користуються іноді для зберігання недостатньо лежких маточників, деяких сортів кольрабі, моркви, петрушки, зелених овочів. Для картоплі цей спосіб розміщення застосовують в наукових установах, на селекційних станціях.

Тарне. Спосіб розміщення в тарі (контейнерах, ящиках, кошиках) рекомендується для усіх видів овочів і картоплі. Продукція в м'якій тарі (мішки паперові, сітчасті, з поліетиленової плівки) зберігається погано через недостатню тепло- і вологовіддачу. Величина нормальної додаткової температури при зберіганні в тарі становить 0,2-0,6°C.

Безтарне. Продукти розміщують невеликими масами - штабелями правильної форми. Штабелюють коренеплоди з перешаруванням їх піском. У штабелях нормальна додаткова температура 0,6-1,2°C.

Засічкове (засік). Продукцію розміщують розсипом. При необхідності зберігати продукцію протягом тривалого часу засіки мають бути менших розмірів. Додаткова температура при засічковому зберіганні значна і досягає 2-3°C. Цей спосіб застосовний для овочів (буряку, брукви, редьки, картоплі), які зберігаються тривалий час.

Беззасічне. Продукція завантажується розсипом суцільною великою масою. Цей спосіб застосовують для короткочасного зберігання картоплі. При такому розміщенні додаткова температура в картоплі на 1-2°C вище, ніж при засічковому зберіганні і досягає 5°C. Картопля і овочі, розміщені штабелями, в засіках або беззасічковим способом, на відкритих майданчиках (буртах, траншеях) нерідко зберігаються погано, не дивлячись на те, що вони були закладені на зберігання у хорошому стані. У практиці зберігання велике значення має поверхня охолодження, тобто вентиляційна поверхня, що припадає на завантажувальний об'єм.

Питома вентиляційна поверхня (Δy) визначається за співвідношенням

$$\Delta y = P_v / O , \quad (26)$$

де P_v - вентиляційна поверхня, м²;

O - завантажувальний об'єм, м³.

Екологічна роль вентиляційної поверхні та інших абіотичних чинників у формуванні відходів при тривалості зберігання картоплі сорту Фаленський 215 діб показана в табл. 41.

При розміщенні картоплі і овочів на зимове маловідходне зберігання можна орієнтуватися на питому вентиляційну поверхню, наведену в табл. 42.

Таблиця 42 – Результати зберігання картоплі залежно від питомої вентиляційної поверхні

Висота над рівнем підлоги, м	Температура повітря в сховищі, °С	Температура (°С) в масі картоплі при розміщенні:					
		у тарі	у штабелях (поперечні розміри: 2x0,9 м)	у засіках (ширина 2,8 м) і заввишки:		суцільною масою, заввишки:	
				1м	2м	1,2 м	2м
1	2,5	2,7	—	—	—	—	—
0,75	—	—	3,1	4,1	—	—	—
0,5	2,2	—	—	—	—	—	—
0,25	—	—	—	—	—	—	—
0	2	2	2	2,2	2,3	2,5	2,7
Питома вентиляційна поверхня Δu		15,4	4,8	3	2	1,8	1,5
Відходи, %		2,1	3,8	4,9	9,5	12,1	16,4

Таблиця 43 – Оптимальна питома вентиляційна поверхня завантажувального об'єму продукції в умовах природної вентиляції

Продукція	Площа питомої вентиляційної поверхні, Δu
Картопля продовольча :	
лежкі сорти	2,65
слаболежкі	3
Картопля насінна: лежкі сорти	3
слаболежкі	4
Буряк	3
Морква лежких сортів, пастернак	6,5
Морква менш лежких сортів, петрушка, ріпа, селера	7,5
Білокачанна капуста: продовольча	4,3
маточники	6
Цибуля ріпчаста (продовольча, маточна і вибірок) :	
лежкі сорти	12
менш лежкі сорти	17
Цибуля лежких сортів	20 і більше

Якщо картопля і овочі будуть розміщені з меншими питомими вентиляційними поверхнями в порівнянні з наведеними, то фактичне їх збереження буде гірше.

Контейнерне зберігання. При контейнерному зберіганні картоплі і овочів обов'язкове застосування активної вентиляції. Найчастіше застосовують контейнери (90х90х90 см) місткістю 0,7 м³ і місткістю близько 450 кг; контейнери 70х70х70 см об'ємом 0,33 м³ і місткістю 225 кг; плоскі контейнери (70х70х70 см) місткістю 0,17 м³ і місткістю близько 115 кг. Контейнери розміщують спеціальними навантажувачами на місці зберігання шляхом укладання в штабелі заввишки 4-5 м. Відходи продовольчої картоплі після контейнерного зберігання складають 16%.

Зберігання з використанням активної вентиляції. У стаціонарних сховищах вентиляцію посилюють за допомогою електровентиляторів. Активна вентиляція може здійснюватися зовнішнім повітрям, зовнішнім повітрям з підмішуванням повітря сховища, повітрям сховища з підмішуванням зовнішнього повітря і повітрям сховища. Під дією активної вентиляції зволожена продукція швидше обсушується. Вплив вентиляції на захворюваність і збереження рано зібраної насінної картоплі сорту Фаленський показаний в табл. 44.

Таблиця 44 – Вплив активної вентиляції на захворюваність бульб картоплі

Вентиляція	Поразка бульб у кінці зберігання (%)			
	фітофтороз	мокра гнилизна	суха гнилизна	всього (відходи)
Природна (контроль)	4,4	2,9	4,5	11,8
Активна	1,7	0,9	4,3	6,9

Газове зберігання. Під газовим зберіганням мається на увазі зберігання картоплі і овочів в умовах зміненого газового складу повітря в їх завантажувальних об'ємах. Для цього використовується газова суміш, що відрізняється від атмосферного повітря значним збільшенням в ній вуглекислоти при одночасному зменшенні вмісту кисню і незмінній кількості азоту. Проте співвідношення CO₂ і O₂ залежить від виду продукції. За даними П. Ф. Сокола (1979), кращою для збереження картоплі є суміш у складі 2-3% CO₂ і 16-18% O₂ при незмінній кількості азоту.

Вдосконалення газового зберігання йде у двох напрямках: зберігання в газовій суміші, що утворюється за рахунок дихання самих об'єктів (аутоконсервуванням), і зберігання в штучно створюваному газовому середовищі.

Зберігання аутоконсервуванням. Газове зберігання здійснюється при газових сумішах в межах: CO₂ - 3-12%; O₂ - 9-18%. Ефективною при

зберіганні овочів є полімерна плівка (поліетиленові мішки місткістю до 40 кг, розміром 50·100 см з плівки 200 мікрон).

Зберігання в регульованому газовому середовищі. Газові середовища ділять на три групи: нормальні - кількість діоксиду вуглецю і кисню складає 21%; субнормальні - вміст кисню до 35%; середовища без діоксиду вуглецю при зниженій концентрації кисню (3%). Газову суміш вибирають з урахуванням виду продукції і технічних можливостей і готують штучно, використовуючи для цього не лише CO₂, але і інші гази (азот) при сильному зменшенні O₂ (табл. 45).

При газовому зберіганні вихід товарної продукції складає приблизно 97% (капуста), відходи 1,1-1,5%. Кращими виявилися результати газового зберігання при концентрації CO₂ 4-5%.

Вентиляційну поверхню можна регулювати і тим самим покращувати умови зберігання продукції. Покажемо це на прикладі зберігання картоплі.

Таблиця 45 – Умови зберігання плодів і овочів в регульованому газовому середовищі

Плоди і овочі	Температура, °С	CO ₂ ,%	O ₂ ,%	Термін зберігання, міс.
Яблука	0-4	3-8	3-16	5-8
Груші сорту:		4		
Вільямі	0	5	2,5-3	3
Пасс-Крассан	2		2-3	6
Суниця	0	до 10	1-2	0,3
Персики	від 0 до - 1	3	2	1,5
Виноград	-1	3	2	6
Капуста качанова	0	0-3	3	7
савойська	0	0	3	6
кольорова	0	0-3	3	1,5
Салат качановий	0	3	2	6
Морква	0	0-1	2	6
Слива	0	3	3	1,5
Вишня	0-2	до 10	2-3	1

8.2 Практична частина

Завдання 1.

Приклад. Вимагається визначити величину вентиляційної поверхні і умови зберігання 50 т картоплі в засіках.

Початкові дані. 50 т картоплі займає об'єм 80 м^3 . Картопля розміщена в засіках площею $3 \cdot 8 \text{ м}$ і заввишки завантаження $1,5 \text{ м}$.

Рішення.

При вентиляції з усіх боків вентиляційна поверхня буде рівна: $P_v = (1,5 - 8) \cdot 2 + (3 - 1,5) \cdot 2 + (3 - 8) \cdot 2 = 81 \text{ м}^2$, а завантажувальний об'єм складе: $P_{ro} = 8 - 3 - 1,5 = 36 \text{ м}^3$, тобто питома вентиляційна поверхня рівна: $\Delta y = 81 / 36 = 2,25$, що менше оптимальною (таблиця. 43) і, отже, умови зберігання картоплі незадовільні.

Завдання 2.

Приклад. Вимагається визначити значення вентиляційної поверхні і умови зберігання 50 т картоплі при його розміщенні в засіках по 5 т.

Рішення.

Якщо розмістити 50 т картоплі в засіках (площею $0,8 - 3 \text{ м}$) по 5 т з тією ж висотою завантаження ($1,5 \text{ м}$), то в цьому випадку: $P_v = (3 - 1,5) \cdot 2 + (0,8 - 3) \cdot 2 + (0,8 - 1,5) \cdot 2 = 16,2 \text{ м}^2$; $P_{ro} = 0,8 - 1,5 - 3 = 3,6 \text{ м}^3$, а питома вентиляційна поверхня $\Delta y = 16,2/3,6 = 4,5$, тобто відповідає оптимальною, приведеною в табл. 43, що свідчить про поліпшення умов зберігання картоплі.

Для розрахунку практичної роботи викладач надає вхідні данні на заняттях.

Тема 9. Оцінка безвідходності виробництва продукції

9.1 Теоретична частина

Безвідходна технологія - це такий метод виробництва продукції, при якому уся сировина і енергія використовуються найраціональніше і комплексно в циклі сировинні ресурси - виробництво, - споживання - вторинні матеріальні ресурси і будь-які дії на довкілля не порушують її нормального функціонування. Створення безвідходного виробництва - складний і тривалий процес. Тому проміжний його етап - маловідхідне виробництво, при якому шкідлива дія на довкілля не перевищує рівня, допустимого санітарно-гігієнічними нормами.

Нині немає типової методики, по якій можна було б оцінювати з урахуванням усіх відходів екологічну досконалість технології. В той же час у ряді галузей народного господарства такі оцінки проводяться по конкретних видах виробництва. Для того, щоб зрозуміти науково-практичні підходи до вирішення цієї проблеми, приведемо деякі критерії екологічності технологічних процесів.

Рівень безвідходної виробництва продукції може визначатися:

- показником повноти використання матеріально-сировинних ресурсів (K_{np}), що характеризує міру замкнутості технологічного процесу по

відношенню до довкілля;

- показником екологічності ($K_{\text{еп}}$), що характеризує інтенсивність дії виробничого процесу на довкілля. Показник $K_{\text{пр}}$ розраховується по формулі

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sum Q_i (B_n - V_o)}{\sum B_n \cdot Q_i} \quad (27)$$

де Q_i - фактична витрата ресурсів (сировини, матеріалів, енергії, палива) на одиницю виробленої продукції або переробленої сировини в т або м^3 ; B_n - обсяг виробництва продукції або переробки сировини в т або м^3 ; V_o - об'єм невикористаних відходів в т або м^3 .

Коефіцієнт екологічності знаходиться по формулі

$$K_{\text{ен}} = 1 - \frac{\sum V_o \cdot I_{oi}}{\sum Q_i \cdot V_u} \quad (28)$$

Тут I_{oi} - показник відносної небезпеки відходів i -го виду; V_u - об'єм використаних відходів i -го виду в т або м^3 .

Інтегральний коефіцієнт безвідходної виробничого процесу $K_{\text{бп}}$ розраховується по вираженню

$$K_{\text{бп}} = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{еп}} \quad (29)$$

При $K_{\text{бп}} = 0,9-1$ - виробництво умовно безвідходне ($0 < C_{\text{зв}} < \text{ПДК}$), де $C_{\text{зв}}$ - концентрація забруднюючих речовин в мг / кг. Якщо $K_{\text{бп}} = 0,7-0,9$, то виробництво маловідходне ($C_{\text{зв}} = V_p \text{ ПДК}$), тут V_p - тимчасове. $K_{\text{бп}} < 0,7$ - стандартні технології виробництва ($C_{\text{зв}} > \text{ПДК}$).

9.2 Практична частина

Завдання 1.

Приклад. Вимагається встановити міру безвідходної технологічного процесу переробки зерна пшениці.

Початкові дані. Борошномельний комбінат. Об'єм помелу зерна пшениці на вальцових верстатах $Q_i = 92\ 100$ т/рік; вихід крупи № 1 і 2 - 7368 т/рік, крупи № 3 і 4 - 39 603 т/рік, крупи "Артек" - 11 052 т/рік; мучки кормової - 27 630 т/рік; відходи I і II категорії - 4881,3 т/рік; відходи III категорії і механічні втрати - 644,7 т/рік. Усихання - 921 т/рік. Разом крупи $V_u = 58\ 023$ т/рік, об'єм використаних відходів $V_u = 32\ 511,3$ т/рік; об'єм невикористаних відходів $V_o = 1565,7$ т/рік. Концентрація борошняного пилу в повітрі максимально разова $C_{\text{мп}} = 0,4$ мг/ м^3 (ГДК = 0,5 мг/ м^3).

Рішення.

1. По формулі (27) визначуваний показник повноти переробки

пшениці, який характеризує замкнутість технологічного процесу по відношенню до довкілля: $K_{\text{пр}} = 0,97$.

2. Рівень забруднення повітря борошняним пилом визначується по співвідношенню ($C/\text{ПДК}_{\text{мр}} \leq 1$): $0,4 / 0,5 = 0,8$, тобто він менше допустимого.

3. По формулі (28) знаходимо коефіцієнт екологічності виробництва борошна: $K_{\text{еп}} = 1$.

4. Інтегральний коефіцієнт безвідходної виробництва борошна знаходимо по формулі (29): $K_{\text{бп}} = 0,97$. Оскільки $K_{\text{бп}} = 0,97$, те виробництво борошна умовно безвідходне.

В. Ремезом і А. Шубіним запропонований критерій екологічності виробництва продукції $K_{\text{ек}}$, що розраховується по формулі

$$K_{\text{ек}} = \sum V_{\text{жі}} \cdot (C_{\text{жі}}/\text{ПДК}_{\text{жі}}) + \sum V_{\text{гі}} \cdot (C_{\text{гі}}/\text{ПДК}_{\text{гі}}) + \sum V_{\text{ті}} \cdot (C_{\text{ті}}/\text{ПДК}_{\text{ті}}) \quad (30)$$

де $V_{\text{жі}}$, $V_{\text{гі}}$, $V_{\text{ті}}$ - обсяг 1-го токсичного компонента рідких, газоподібних і твердих відходів в т / т продукції; $C_{\text{жі}}$, $C_{\text{гі}}$, $C_{\text{ті}}$ - концентрація і-го компонента в рідких, твердих (мг/л) і газоподібних (мг/м³) відходах; $\text{ПДК}_{\text{жі}}$ - граничнодопустима концентрація і-го компонента в воді рибогосподарських водойм, мг / л; $\text{ПДК}_{\text{гі}}$ - граничнодопустима концентрація і-го компонента в повітрі населених пунктів, мг / м³

Якщо $K_{\text{ек}} = 0$, то технологія вважається безвідходною. Критерій екологічності (30) складається з трьох частин: параметрів обліку відповідно рідких, газоподібних і твердих відходів. При цьому для оцінки токсичності твердих відходів використовується $\text{ПДК}_{\text{ж}}$, оскільки при зберіганні твердих відходів можливе їх розчинення у воді. Кількість і -го компонента в рідких відходах ($V_{\text{жі}}$) визначається по формулі

$$V_{\text{жі}} = 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot [(C_{\text{жі}} \cdot m_{\text{жі}} \cdot T) / B_{\text{п}}], \quad (31)$$

де $m_{\text{жі}}$ - кількість рідких відходів, м³/ч; T - число робочих днів в році; $B_{\text{п}}$ - випуск продукції, т/рік.

Кількість і -го токсичного компонента $V_{\text{гі}}$, що викидається з газоподібними відходами, знаходиться по формулі

$$V_{\text{гі}} = 2 \cdot 10^{-8} \cdot [(C_{\text{гі}} \cdot m_{\text{г}} \cdot T) / B_{\text{п}}], \quad (32)$$

де $C_{\text{гі}}$ - середня концентрація і -го компонента в газоподібних викидах, мг/м³; $m_{\text{г}}$ - кількість шкідливих газових викидів в м³/ч.

Кількість і -го токсичного компонента в твердих відходах $V_{\text{ті}}$ встановлюється по формулі

$$V_{\text{ті}} = (m_{\text{т}} \cdot p_i) / 100 \cdot B_{\text{п}} \quad (33)$$

де m_t - кількість твердих відходів, т/рік; p_i - зміст i -го токсичного елементу в твердих відходах, %.

Критерій (30) був використаний В. Ф. Протасовим і А.В. Молчановим для аналізу екологічної досконалості технології виробництва борної кислоти на основі датолитового сировини (табл. 46).

Таблиця 46 – Результатів розрахунків критерію екологічності

Технологія виробництва борної кислоти	Відходи			$K_{эк}$
	рідкі	газоподібні	тверді	
Стандартна	920	50	600	1570
Запроектована	0,54	0,3	0	0,84

З табл. 46 видно, що низька екологічність стандартної технології виробництва борної кислоти на 97% визначається рідкими і твердими відходами. Тому запроектоване виробництво включає удосконалення осадження борату кальцію, що приведе до зменшення кількості рідких відходів. Крім того, в новому виробництві борогіпс утилізувався, що виключає утворення твердих відходів. Оскільки для безвідходної технології критерій $K_{эк}$ має дорівнювати нулю, то найбільш екологічним є запроектоване виробництво, а найнебезпечнішим - стандартне.

Критерій (30) має екологічну спрямованість і може використовуватися для порівняння технологічних процесів отримання продукції.

Для розрахунку практичної роботи викладач надає вхідні данні на заняттях.

Тема 10. Розрахунок місткості полігону для твердих побутових відходів

10.1 Теоретична частина

Незалежно від методу переробки відходів, тверді побутові відходи (ТПВ) традиційно ліквідовують за допомогою звалищ (полігонів). За наявними оцінками, навіть при сучасних технологіях проста ліквідація відходів на звалищах як мінімум на 65% дешевше за будь-який інший спосіб їх переробки.

Під розміщенням відходів розуміють зберігання і поховання відходів. Зберігання (складування) включає утримування їх в спеціально обладнаних накопичувачах з тимчасовою нейтралізацією, спрямованою на зниження негативної дії відходів на довкілля. Розміщення відходів здійснюється на полігонах загальноміського призначення; полігонах підприємств; відвалах і звалищах (санкціонованих та несанкціонованих).

Санкціоновані звалища - це дозволені органами влади місця для розміщення промислових і твердих побутових відходів, але не улаштовані і експлуатовані з відхиленнями від вимог санітарно-епідеміологічного нагляду. Вони є тимчасовими і підлягають облаштуванню або закриттю. Полігон є природоохоронною спорудою для централізованого збору відходів. Полігони для ТПВ розміщують за межами міст, на відстані не менше чим 500 м від житлової забудови, а території, відведені для розміщення небезпечних ПВ, повинні знаходитися на відстані 3 км і більше від меж населених пунктів.

У великих містах домінують ПВ (45%), осад мулу СВ (31%) і ТПВ (17%).

Сучасні полігони - це комплекси споруд для складування, ізоляції і знешкодження ТПВ, що забезпечують захист від забруднення атмосфери, ґрунтів і води, перешкоджають поширенню гризунів, комах, хвороботворних мікроорганізмів. Під полігони відводять відпрацьовані кар'єри глин, яри, ділянки в лісі. Не можна використовувати болота, ділянки з виходом ґрунтових вод, місця геологічних розломів, території ближче 15 км від аеропорту. Висновок про придатність ділянки під полігон видають органи охорони природи і санітарно-епідеміологічний нагляд. Полігон включає споруди для відведення і скидання фільтрату і біогазу, а також перекриття. Біогаз - продукт анаеробного розкладання органічних відходів, до складу якого входить метан (CH_4), - 65%, вуглекислий газ - 33%, сірководень (H_2S) - 1%, а також незначна кількість інших газів: азот, кисень, водень, закис вуглецю. Система збору біогазу - це декілька рядів вертикальних і горизонтальних перфорованих труб в тілі полігону. Зразковий склад забруднюючих речовин у фільтраті зведено в табл. 47.

Таблиця 47 – Вміст забруднюючих речовин у фільтраті з тіла полігону ТПВ

Забруднююча речовина	Вміст речовин в фільтраті, мг/л	Забруднююча речовина	Вміст речовин в фільтраті, мг/л
Ртуть	0,00007	ХПК	1650
Цинк	0,33	Сухий залишок	3876
Мідь	0,063	Зважені речовини	545
Марганець	0,4	Хлориди	1600
Нікель	0,05	Сульфати	507
Свинець	0,11	Азот аміаку	194
Миш'як	0,004	Нітрит	0,68
Кадмій	0,0002	Нітрати	12,5
Кобальт	0,11	Поверхнево активні речовини	0,35
Хром (заг.)	0,074	Фосфати	13,3
БПК	690	Нафтопродукти	0,39

Таблиця 47 показує, що за складом і вмістом речовин у фільтраті, полігон може істотно впливати на довкілля, в першу чергу на ґрунт, поверхневі і підземні води. Тому полігон повинен розташовуватися в 50 м від лісових масивів і в 200 м від с.- г. угідь; коефіцієнт фільтрації ґрунту під полігоном не вище 0,00001 см/хв, а рівень залягання ґрунтових вод не менше 2 м.

Санітарно-захисна зона від контуру накопичення до населених місць визначається класом небезпеки відходів і має розміри: 3000 м - 1 клас; 1000 м - 2 клас; 500 м - 3 клас і 300 м - 4 клас. До токсичних відносяться відходи, у складі яких є: берилій, свинець, ртуть, миш'як, хром, фосфор, кобальт, кадмій, нікель; сурма і її сполуки; гідрати літію, натрію, калію, бору, алюмінію. Відходи вважаються безпечними, якщо вміст хімічних речовин в них не перевищує фоновий вміст аналогічних елементів в основних типах ґрунтів.

Практика функціонування полігонів показала, що їх проектують і будують 3 роки, експлуатують 15-30 років, закривають протягом 1-2 років, моніторинг після закриття - 30 років і більше [6]. Полігони будують за проектом, виконаним проектною організацією. Основною частиною проекту є розрахунок місткості полігону для ТПВ U_{Π} (т), який проводиться за формулою

$$U_{\Pi} = (n_{T1} + n_{T2}) / 2d_{\text{т60}} \cdot (N_1 + N_2) \cdot T / 2 \cdot K_1 \cdot K_2 \quad , \quad (34)$$

де n_{T1} , n_{T2} - питомі річні норми накопичення відходів в першій і останній роки експлуатації полігону, т/чол; зразкові норми накопичення ТПВ наведені в табл. 48;

$d_{\text{т60}}$ - щільність ТПВ після ущільнення; $d_{\text{т60}} = 0,6-0,8$ т/м³; N_1 , N_2 - чисельність населення, що обслуговується полігоном на першій і останній роки експлуатації, чол.;

T - розрахунковий термін експлуатації полігону, роки, $T = 15-30$ років;

K_1 - коефіцієнт ущільнення ТПВ, дорівнює відношенню щільності ТПВ після ущільнення ($d_{\text{т60}} = 0,6-0,8$ т/м³) до щільності ТПВ що доставляється сміттєвозом ($d_{\text{т60}} = 0,2 - 0,3$ т/м³);

K_2 - коефіцієнт урахування збільшення об'єму полігону за рахунок пристрою зовнішніх і внутрішніх ізолюючих шарів. $K_2 = 1$ (мінеральний ґрунт), $K_2 = 1,16-1,37$ (привізний ґрунт).

Слід враховувати, що норми накопичення ТПВ в часі приблизно дорівнюють 3% в рік, тобто зміна річного об'єму накопичення ТПВ на T -ий рік становитиме: $n_{T2} = n_{T1} \cdot (1,03)^T$, а демографічні флуктуації чисельності населення оцінюють за виразом: $N_2 = (1,0 \div 1,4) \cdot N_1$.

Таблиця 48 – Норми накопичення ТПВ

Джерело відходів	Одиниця виміру	Норми накопичення ТПВ, т/рік	Середня щільність ТПВ, т/м ³
Житлові будинки: облаштовані	на 1 чол.	0,18-0,225	0,19-0,22
необлаштовані	«	0,35-0,45	0,3
Готель	на 1 місце	0,12	0,17
Дитячий садок	«	0,095	0,24
Навчальний заклад	на 1 ділянку	0,024	0,2
Театр, кінотеатр	на 1 місце	0,03	0,15
Продовольчий магазин	на 1 м ² площі	0,16-0,25	0,16-0,19
Промтоварний магазин	«	0,08-0,2	0,15-0,16
Лікарня	на 1 ліжко	0,228	0,33
Поліклініка	на 1 відвідувача	0,03	0,19

Примітка: В Україні на душу населення припадає приблизно 0,247 т ТПВ.

10.2 Практична частина

Завдання 1.

Приклад. Вимагається визначити місткість полігону для твердих побутових відходів.

Початкові дані. Питомі річні норми накопичення відходів в перший рік експлуатації полігону $n_{T1} = 0,112$ т/люд. Щільність ТБО після ущільнення $d_{TBO} 60 = 0,75$ т/м³. Чисельність населення на перший рік експлуатації полігону $N_1 = 95\ 000$ люд. Термін експлуатації полігону $T = 29$ років. Щільність що доставляється сміттєвозом ТБО - $0,25$ т/м³. Грунт для полігону - привізний.

Рішення. Визначуваний коефіцієнт ущільнення ТБО : $K_1 = 0,75 / 0,25 = 3$. Оскільки для ізоляції тіла полігону використовується привізний грунт, то приймаємо $K_2 = 1,16$. Знаходимо норму накопичення ТБО на останній рік експлуатації полігону: $N_{T2} = 0,112 \cdot (1,03)^{29} = 0,264$ т / люд. Встановлюємо чисельність населення в останній рік експлуатації полігону: $N_2 = 1,3 \cdot 95\ 000 = 123\ 500$ люд. Обчислюємо місткість полігону по формулі (34): $U_n = 228\ 211$ т.

Для розрахунку практичної роботи викладач надає вхідні данні на заняттях.

Література

1. Барсукова О.А. “Ресурсозбереження в АПК»: Конспект лекцій з дисципліни – Одеса, 2012. – с. 159.
2. Герасименко В.П. Практикум по агроекології: Учебное пособие – СПб.: Издательство «Лань», 2009. – 432 с.
3. Личко Н.Т. Технология переработки продукции растениеводства// Н.М. Личко, В.Н. Кудрина, Л.Г. Елесеєва и др. –М.: Колос, 2000. – 549 с.
4. Яровенко В.Л. Технология спирта /В.Л. Яровенко, В.А. Маринченко, В.А. Смирнов и др. – М.: Колос, 2002. – 464 с.
5. Курочкин А. А. Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции /А.А. Курочкин, И.А. Спицын, В.М. Зимняков и др. – М.: Колос, 2006. – 424 с.
6. Сидоренко О.Д. Биологические технологии утилизации отходов животноводства /О.Д.Сидоренко, Е.В. Черданцев. –М.:МСХА, 2001. – 75с.
7. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. - М.: Колос, 2000. – 230 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять

з дисципліни «**Ресурсозбереження та біотехнології в АПК**»

Укладач:
к.геогр. н., доц. Барсукова О.А.

Підписано до друку . Формат . Папір офсетний.
Друк офсетний. Ум друк. арк.
Тираж 25 прим. Зам. №

Одеський державний екологічний університет
65016, вул. Львівська, 15
