

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Одеський державний екологічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних робіт з дисципліни

**"СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА"**

для студентів спеціальності

8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»

**Одеса – 2014**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Одеський державний екологічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних робіт з дисципліни

**"СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА"**

для студентів спеціальності

8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»

Узгоджено  
Декан факультету  
магістерської і аспірантської підготовки  
\_\_\_\_\_ Боровська Г.О.

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни "Системний аналіз якості навколишнього середовища" для студентів спеціальності 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища» Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр» – Одеса: ОДЕКУ, 2014. – 58 с.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1 ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МІСТА	5
1.1 Визначення показників по екологічних характеристиках	9
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 ВИБІР ВАРІАНТУ ПОВОДЖЕННЯ З ПРОМИСЛОВИМИ СТІЧНИМИ ВОДАМИ	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 ВИБІР ВАРІАНТУ ОЧИЩЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВИКИДІВ КОНВЕРТОРНОГО ЦЕХУ	22
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4 МАТЕРІАЛЬНІ БАЛАНСИ ЯК ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКОЛОГІЧНОСТІ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА	28
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 ВИЗНАЧЕННЯ ВСТУПУ ДІОКСИНУ І БЕНЗАПИРЕНУ В ОРГАНІЗМ СЕРЕДНЬОСТАТИСТИЧНОГО РЕЦИПІЄНТА З ЇЖЕЮ	45
ДОДАТКИ	50

## ПЕРЕДМОВА

Вивчення дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» необхідна ланка у процесі підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» зі спеціальності 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища». Ця навчальна нормативна дисципліна належить до циклу природничо-наукової, професійної та практичної підготовки освітньо-професійної програми.

Метою даних методичних вказівок є формування у студентів знань та практичних навичок з оцінки та аналізу якості як окремих природних компонентів, так і навколишнього середовища в цілому, а також з оцінки ефективності впровадження природоохоронних технологій. Системний підхід та системний аналіз якості навколишнього середовища є обов'язковими складовими сучасної екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування.

Вивчення дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» передбачає виконання восьми практичних робіт. Перші три роботи представлені у Збірнику методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни «Аналіз якості довкілля» (2007). Представлені методичні вказівки складаються з п'яти практичних робіт. Після виконання практичних робіт студент повинен вміти: проводити оцінку якості атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтів за різними методиками, розраховувати комплексні показники якості довкілля, складати матеріальний баланс для технологічного процесу, визначати оптимальні варіанти природоохоронних заходів з врахуванням затрат/ефекту, оцінювати ефективність природоохоронних заходів.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1 ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МІСТА

У основу методичних принципів визначення комплексних екологічних показників міста покладено виділення основних екологічних характеристик і їх кількісне приведення до єдиного показника. Таким чином, розробка комплексних екологічних показників міста полягає в наступному:

- визначення екологічних характеристик міста, виходячи із завдання дослідження;

- розподіл кожної окремо взятої характеристики на рівну кількість категорій, що характеризують певний стан, з привласненням балу для кожної категорії;

- визначення ваги кожної екологічної характеристики.

У загальному випадку, визначення комплексного екологічного показника міста ( $K$ ) за допомогою такого алгоритму комплексування як середнє арифметичне зважене, можна представити у вигляді (1) :

$$K = \sum_{i=1}^n k_i \alpha_i, \quad (1)$$

де  $k_i$  – оцінка спостережуваного прояву  $i$ -ої екологічної характеристики, бали;

$\alpha_i$  – вага (коефіцієнт ваговитості, коефіцієнт значущості)  $i$ -ої екологічної характеристики, долі одиниці ( $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ ).

Розкладання екологічних характеристик міської системи на категорії потрібне для бальної оцінки, яка дозволяє зіставити різні кількісні показники по кожній з характеристик, привівши їх до єдиної розмірності – балів. Вагу кожної екологічної характеристики можна визначити методом експертної оцінки з подальшою обробкою отриманої кваліметричної інформації.

Першоосною складання таблиць визначення комплексних екологічних показників є формулювання мети дослідження і розгляд об'єкту оцінки з різних сторін. Надалі від цього залежить набір відповідних екологічних характеристик та їх вагів. Метою розробки комплексних екологічних показників урбанізованої території є інтегральна оцінка якості міського середовища і рівня антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище (НПС).

Таким чином, місто як складна система розглядається нами з двох позицій:

1) внутрісистемних зв'язків природних і антропогенних складових, які формують умови життя людини і функціонування урбоєкосистем (УЕС), а також визначають якість міського середовища;

2) зовнішніх зв'язків з навколишніми природно-територіальними комплексами (ПТК), тобто урбанізована територія розглядається як складова територіальних систем регіонального масштабу і джерело антропогенного навантаження на НПС.

Відповідно до цього, в якості комплексних екологічних показників нами розглядаються два критерії якості природної складової урбанізованих територій (табл. 1.1 і табл. 1.2). Перший показник можна охарактеризувати як критерій якості міського середовища, а другий – як критерій екологічності міста.

Запропоновані нами критерії якості природної складової урбанізованих територій з позицій внутрісистемних і зовнішніх зв'язків визначаються для міст з населенням від 10 до 250 тис. чол.

При побудові таблиць визначення комплексних екологічних показників нами використовується номінальна (вербально-числова) шкала, що дозволяє представити сукупність чинників певної урбоєкологічної ситуації в якісному розвитку.

Значення першого критерію якості природної складової урбанізованої території дозволяє охарактеризувати екологічні умови: 1)  $1,0 < K \leq 2,0$  (несприятливі); 2)  $2,0 < K \leq 3,0$  (помірно несприятливі); 3)  $3,0 < K \leq 4,0$  (сприятливі). Значення другого критерію говорить про рівень техногенного навантаження: 1)  $1,0 < K \leq 2,0$  (високий); 2)  $2,0 < K \leq 3,0$  (середній); 3)  $3,0 < K \leq 4,0$  (низький).

Таблиця 1.1 – Критерій якості природної складової урбанізованої території з позицій внутрісистемних зв'язків

№	Екологічна характеристика	Кількісна оцінка $k_i$ , бал				Вага $\alpha_i$
		1	2	3	4	
1	<p>Якість атмосферного повітря:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>інтегральний показник забруднення атмосферного повітря <math>\bar{q}</math> для групи ЗР / або КПЕС<sub>атм</sub></li> <li>вміст оксиду вуглецю (<math>K_{CO}</math>), обумовлений викидами автотранспорту</li> </ul>	$\bar{q} \geq 1,5 /$ $\ll 0$  $K_{CO} > \text{ГДК}$	$1,0 \leq \bar{q} < 1,5 /$ $\leq 0$  $K_{CO} \geq \text{ГДК}$	$0,6 \leq \bar{q} < 1,0 /$ $\geq 0$  $K_{CO} \leq \text{ГДК}$	$\bar{q} < 0,6 /$ $\gg 0$  $K_{CO} < \text{ГДК}$	0,30
2	<p>Якість води водних об'єктів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ІЗВ / або КПЕС<sub>вод</sub></li> <li>якість питної води (кількість показників, що перевищують ГДК)</li> </ul>	$\text{ІЗВ} > 6 /$ $\ll 0$  більше 3	$2,5 < \text{ІЗВ} \leq 6 /$ $\leq 0$  2 - 3	$0,3 < \text{ІЗВ} \leq 2,5 /$ $\geq 0$  1	$\text{ІЗВ} \leq 0,3 /$ $\gg 0$  жодного	0,25
3	<p>Якість ґрунту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>сумарний показник забруднення ґрунту <math>Z_c</math></li> </ul>	$Z_c > 128$	$32 < Z_c \leq 128$	$16 < Z_c \leq 32$	$Z_c < 16$	0,10
4	<p>Озеленення:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>відношення фактичного рівня озеленення до нормативного, %</li> </ul>	0 - 50	51 - 75	76 - 100	більше 100	0,15
5	<p>Екологічна безпека техногенного комплексу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>наявність або відсутність об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН)</li> </ul>	в межах міста один або декілька ОПН	за межами міста декілька ОПН	один ОПН за межами міста	ОПН поблизу міста відсутні	0,20



Таблиця 1.2 – Критерій якості природної складової урбанізованої території з позицій зовнішніх зв'язків

№	Екологічна характеристика	Кількісна оцінка $k_i$ , бал				Вага $\alpha_i$
		1	2	3	4	
1	Техногенний вплив на атмосферне повітря: <ul style="list-style-type: none"> <li>інтегральний коефіцієнт небезпеки підприємств (<math>KHP</math> чи <math>KHP'</math>)</li> <li>середня інтенсивність руху автотранспорту, тис. авто/добу</li> </ul>	$KHP_{int} \geq 10^8$ 18 - 27	$10^4 \leq KHP_{int} < 10^8$ 8,0 - 17	$10^3 \leq KHP_{int} < 10^4$ 3,6 – 8,0	$KHP_{int} < 10^3$ до 3,6	0,30
2	Техногенний вплив на водні об'єкти: <ul style="list-style-type: none"> <li>вплив СВ очисних споруд, промислових підприємств і транспорту (відносна кількість ЗР, по яких відмічено перевищення величини ГДС, %)</li> </ul>	> 50	21 - 50	1-20	0	0,25
3	Озеленення: <ul style="list-style-type: none"> <li>відношення фактичного рівня озеленення до нормативного, %</li> </ul>	0 - 25	26 - 50	51 - 75	76 – 100 і більше	0,15
4	Відходи: <ul style="list-style-type: none"> <li>ступінь рециклінгу промислових відходів, %</li> <li>ступінь переробки ТПВ, %</li> </ul>	< 20	20 - 40	40 - 65	> 65	0,20
5	Екологічна безпека техногенного комплексу : <ul style="list-style-type: none"> <li>наявність або відсутність ОПН</li> </ul>	в межах міста один або декілька ОПН	за межами міста декілька ОПН	один ОПН за межами міста	ОПН поблизу міста відсутні	0,10

## 1.1 Визначення показників по екологічних характеристиках

### 1. Якість атмосферного повітря

Інтегральний показник забруднення атмосферного повітря  $\bar{q}$  для групи ЗР визначається як середнє значення показника  $\tilde{q}$  по сукупності ЗР.

$\tilde{q}$  – середнє значення концентрації інгредієнта, обчислене за даними вимірів за конкретний термін або за добу, нормоване на середньосезонну концентрацію:

$$\tilde{q} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\bar{q}_{ci}}{\bar{q}_{cc}}, \quad (1.2)$$

де  $N$  – кількість контрольно-вимірювальних постів у місті;

$\bar{q}_{ci}$  - середньодобова концентрація домішки на  $i$ -му посту;

$\bar{q}_{cc}$  - середньосезонна концентрація на  $i$ -му посту.

Комплексний показник екологічного стану атмосфери  $KПЕС_{атм}$  визначається за формулою (2)

$$KПЕС_{атм} = 1/2(KПЕС_{атм.н.} + KПЕС_{атм.с.}) \quad (1.3)$$

де  $KПЕС_{атм.н.}$  – це КПЕС атмосферного повітря для речовин, що не мають ефекту сумарної дії;

$KПЕС_{атм.с.}$  – це КПЕС для ЗР, що утворюють групи сумачії.

В загальному випадку КПЕС розраховується за формулою (1.4)

$$KПЕС = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ПЕС_i, \quad (1.4)$$

де  $ПЕС_i$  – показник екологічного стану за  $i$ -м показником якості.

$ПЕС_i$  розраховується за такими формулами:

$$ПЕС_i = a_i (H_i - П_i) / H_i, \quad (1.5)$$

якщо норма гранично допустима, і

$$ПЕС_i = a_i (П_i - H_i) / H_i, \quad (1.6)$$

якщо норма мінімально допустима,

де  $П_i$  і  $H_i$  – відповідно значення і норма  $i$ -го параметра якості води;

$a_i$  – коефіцієнт ваговитості  $i$ -го параметра якості води, пов'язаний з класом небезпеки: якщо ступінь небезпеки речовини зменшується зі збільшенням порядкового номера класу небезпеки, то  $a_i = 1/\text{клас небезпеки}$ .

Більш детально з розрахунком показників  $\bar{q}$  та  $KПЕС_{атм}$  можна ознайомитись у Методичних вказівках [1].

Вихідні дані для розрахунку наведені у Методичних вказівках [1] (практична робота № 1)

Концентрацію оксиду вуглецю ( $K_{CO}$ ), що надходить з викидами автотранспортних засобів, можна визначити за формулою Бегма і Шаповалова:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_U \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II}, \quad (1.7)$$

де 0,5 – фонове забруднення атмосферного повітря нетранспортного походження,  $\text{мг/м}^3$ ;

$N$  – розрахункова інтенсивність руху автомобілів на ділянці автодороги, авто/годину;

$K_T$  – коефіцієнт токсичності автомобілів по викидах  $\text{CO}$ ;

$K_A$  – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;

$K_U$  – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення повітря в залежності від величини подовжнього ухилу автодороги;

$K_C$  – коефіцієнт врахування зміни концентрації  $\text{CO}$  в залежності від швидкості вітру;

$K_B$  – коефіцієнт, що враховує зміну концентрації оксиду вуглецю в залежності від відносної вологості повітря;

$K_{II}$  – коефіцієнт збільшення забруднення повітря оксидом вуглецю у перетинів автодоріг.

Значення вищезначених коефіцієнтів розраховані для різних умов і затабульовані.

Вихідні дані наведені в табл. А.1.

## 2. Якість води водних об'єктів.

Аналогічно розраховується комплексний показник екологічного стану водних об'єктів –  $KПЕС_{вод}$ . За формулою (1.4) розраховується  $KПЕС$  для речовин 3-го і 4-го класів небезпеки, пестицидів і гігієнічних параметрів ( $KПЕС_{II}$ ).

Для речовин 1 і 2 класів небезпеки з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ) величина  $KПЕС$  розраховується за наступною формулою:

$$KПЕС = 1 - \sum_{i=1}^n (P_i / H_i). \quad (1.8)$$

Величина  $KПЕС_{сер}$  розраховується таким чином:

$$KПЕС_{сер} = (1/4)(KПЕС_{II} + KПЕС_{с-м} + KПЕС_{заг} + KПЕС_{орг}), \quad (1.9)$$

де  $KПЕС_{c-m}$  – КПЕС для групи речовин 1-го і 2-го класів небезпеки з санітарно-токсикологічною ЛОШ;

$KПЕС_{заг}$  – КПЕС для групи речовин 1-го і 2-го класів небезпеки з загальносанітарною ЛОШ;

$KПЕС_{орг}$  – КПЕС для групи речовин 1-го і 2-го класів небезпеки з органолептичною ЛОШ.

ІЗВ розраховується за формулою

$$ІЗВ = 1 / m \sum_{i=1}^m (C_i / ГДК_i), \quad (1.10)$$

де  $m$  – кількість речовин, по яких оцінюється якість води;

$C_i$  та  $ГДК_i$  – значення концентрації та гранично допустима концентрація  $i$ -ої ЗР відповідно, мг/дм<sup>3</sup>.

Більш детально з розрахунком показників  $ІЗВ$  та  $KПЕС_{сер}$  можна ознайомитись у Методичних вказівках [1]. Вихідні дані наведені в Методичних вказівках [1] (практична робота № 4).

Якість питної води оцінюється відповідно до вимог ДержСанПіНу «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) (2010 р.). Гігієнічні вимоги цього СанПіНу включають:

- безпеку в епідеміологічному відношенні;
- нешкідливість хімічного складу;
- сприятливі органолептичні властивості;
- радіаційну безпеку.

1) Показники епідемічної безпеки питної води:

- мікробіологічні;
- паразитологічні.

2) Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води:

- органолептичні;
- фізико-хімічні;
- санітарно-токсикологічні.

3) Радіаційні показники безпечності питної води.

4) Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води.

Для того, щоб визначити відповідність хімічного складу та фізичних властивостей води нормативним вимогам, необхідно порівняти значення фактичних показників з наведеними у ДСанПіНі 2.2.4-171-10 нормативними значеннями та зробити висновок.

Вихідні дані для визначення показників за цією екологічною характеристикою наведені в табл. А.2.

### 3. Якість ґрунту.

Хімічне забруднення ґрунтів можна охарактеризувати коефіцієнтом концентрації  $K_{C_i}$ , який визначають із співвідношення (10):

$$K_{C_i} = C_i / C_{\phi_i} \quad (1.11)$$

де  $C_i$  – концентрація ЗР в ґрунті, мг/кг;

$C_{\phi_i}$  – фонові концентрації ЗР в ґрунті, мг/кг

Для оцінки забруднення ґрунту різними речовинами використовується сумарний показник забруднення ( $Z_C$ ), який є адитивною сумою перевищення коефіцієнтів концентрацій над фоновим рівнем :

$$Z_C = \sum_{i=1}^n K_{C_i} - (n - 1), \quad (1.12)$$

де  $K_{C_i}$  – коефіцієнт концентрації  $i$ -го елемента;

$n$  – число елементів в розрахунковій групі.

Сумарний показник забруднення ґрунтів дозволяє оцінити рівень небезпеки забруднення ґрунтів в межах урбанізованої території. Допустимому рівню небезпеки відповідає значення  $Z_C$  до 16; помірно-небезпечному – від 16 до 32; небезпечному – від 32 до 128; надзвичайно небезпечному – більше 128.

Вихідні дані для розрахунків показників за даною екологічною характеристикою наведені у табл. А.3.

4. Оцінка рівня озеленення населеного пункту проводиться згідно вимог «Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України», що затверджені наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України № 105 від 10.04.2006 р. Необхідну кількість зелених насаджень у місті визначають згідно з встановленими нормативами в залежності від чисельності мешканців і від того, у якій природній зоні воно розташовано, в розрахунку площі насадження на одного мешканця. Отриманий норматив може коригуватися у бік збільшення або зменшення відповідно до «Правил...».

Вихідні дані для розрахунків показників за даною екологічною характеристикою наведені у табл. А.4.

### 5. Техногенний вплив на атмосферне повітря.

Категорія небезпеки підприємства визначається виходячи із значення коефіцієнта небезпеки підприємства (КНП), який розраховується за формулою (12):

$$KHP = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДК_{cd_i}} \right)^{\alpha_i}, \quad (1.13)$$

де  $n$  – кількість шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємства;

$M_i$  – маса викиду  $i$ -тої речовини, т/рік;

$ГДК_{cd_i}$  – середньодобова гранично допустима концентрація  $i$ -тої ЗР, мг/м<sup>3</sup>;

$\alpha_i$  – константа, що дозволяє привести ступінь шкідливості  $i$ -тої речовини до шкідливості діоксиду сірки, і що приймає, в залежності від класу небезпеки речовини, відповідно значення 1,7; 1,3; 1,0; 0,9.

Розрахунок КНП можна проводити з урахуванням багатокомпонентного складу викидів – КНП'.

Інтегральний коефіцієнт небезпеки підприємств – це  $KHP$  або  $KHP'$ , що припадає на одне підприємство в середньому ( $KHP_{инт}$ ), визначають таким чином:

$$KHP_{инт} = 1 / k \sum_{i=1}^k KHP'_i, \quad (1.14)$$

де  $k$  – кількість підприємств міста, для яких розраховувався КНП'.

Вихідні дані наведені у табл. А.5.

Інтенсивність руху автотранспорту можна розглядати як одну з характеристик його впливу на повітряний басейн міста. Оцінка інтенсивності руху автотранспорту проводиться за результатами визначення кількості проїжджаючих автотранспортних засобів за певний інтервал часу в точках спостереження. Точка спостереження – цей умовний переріз, перпендикулярний напрямку потоку автотранспорту по автомобільній дорозі.

Визначення середньої інтенсивності руху автотранспорту в населеному пункті проводиться за такою загальною схемою:

1) визначається кількісне співвідношення (по протяжності) різних типів автодоріг в долях від одиниці;

2) вибираються точки спостереження для кожного типу автодороги;

3) середня інтенсивність руху автотранспорту ( $\bar{I}$ ) визначається як середньозважене від отриманих значень вимірів інтенсивності в кожній точці спостереження :

$$\bar{I} = \sum_{i=1}^n p_i I_i, \quad (1.15)$$

де  $n$  – кількість типів автодоріг;  
 $p_i$  – доля  $i$ -го типу дороги в загальній кількості автодоріг в місті;  
 $I_i$  – середня інтенсивність руху автотранспорту на  $i$ -му типі автодороги, авто/годину.

Вихідні дані наведені в табл. А.6.

#### 6. Техногенний вплив на водні об'єкти.

Для підприємств, що є джерелами скиду зворотних вод (в т.ч. стічних вод), розробляються нормативи гранично допустимого скиду Гранично допустимий скид (ГДС) речовини – показник максимально допустимої в одиницю часу кількості (маси) речовини, що відводиться із зворотними водами у поверхневі та морські води, який з урахуванням встановлених обмежень на скид цієї речовини від інших джерел забруднення гарантує дотримання норм її вмісту в заданих контрольних створах (пунктах) водного об'єкта. Отже, ГДС розробляється для кожної ЗР окремо.

Вихідні дані наведені в табл. А.7.

7. Ступінь рециклінгу промислових відходів можна визначити на підставі інформації про включення підприємствами міста відходів у виробничий процес. У цю екологічну характеристику можна також включити кількість відходів, переданих іншим підприємствам для утилізації. Ступінь переробки ТПВ визначається на основі інформації про збір компонентів ТПВ та використання їх в якості вторинних матеріальних ресурсів (макулатура, склотара, дрантя та ін.). Величина 65 % узятa нами в якості максимально можливої величини повторного використання ТПВ.

Вихідні дані наведені в табл. А.8.

#### 8. Визначення об'єктів підвищеної небезпеки.

Інформація про потенційно небезпечні об'єкти міста міститься в «Національній доповіді про стан навколишнього природного середовища» або в аналогічних регіональних доповідях по областях України, у Державному Реєстрі об'єктів підвищеної небезпеки. На підставі Постанови Кабінету Міністрів України «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» № 956 від 11.07.2002 р., з потенційно небезпечних об'єктів вибираються ОПН.

Потенційно небезпечні об'єкти – це об'єкти, де можуть використовуватися або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються небезпечні речовини. Потенційно небезпечний об'єкт вважається об'єктом підвищеної небезпеки відповідного класу у разі, коли значення сумарної маси небезпечної або декількох небезпечних речовин, що використовуються або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються на об'єкті, дорівнює або перевищує встановлений норматив порогової маси. Нормативи порогових мас деяких небезпечних речовин

затверджені Постановою КМУ «Про внесення змін до Постанови...» № 990 від 21.09.2011 р.

Вихідні дані наведені в табл. А.9.

### **Контрольні запитання**

1. Як визначається комплексний екологічний показник міста?
2. Що таке екологічна характеристика?
3. Яким чином визначається вага екологічної характеристики?
4. З яких позицій можна охарактеризувати міську систему?
5. Які екологічні характеристики присутні у складі першого критерію?
6. Які екологічні характеристики присутні у складі другого критерію?
7. Що дозволяє охарактеризувати значення першого критерію?
8. Що характеризує другий критерій якості природної складової урбанізованої території?

### **Завдання до практичної роботи**

1. Ознайомитися з методикою визначення комплексних екологічних показників міста.
2. Ознайомитися з методиками визначення показників по екологічних характеристиках.
3. Використовуючи вихідні дані з Додатку А (за варіантом, запропонованим викладачем), визначити показники, що дають змогу оцінити кожен екологічну характеристику.
4. За допомогою табл. 1.1 та 1.2 оцінити кожен з екологічних характеристик та за формулою (1.1) визначити комплексні екологічні показники міста.
5. На основі отриманих значень комплексних екологічних показників міста оцінити екологічні умови та рівень техногенного навантаження. Зробити висновки.



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 ВИБІР ВАРІАНТУ ПОВОДЖЕННЯ З ПРОМИСЛОВИМИ СТІЧНИМИ ВОДАМИ

Послідовність виконання оцінки вибору оптимального варіанту поведіння зі стічними водами охоплює такі етапи.

1. Визначити економічність усіх аналізованих варіантів:

$$E = \frac{P}{B}, \quad (2.1)$$

де  $B$  – експлуатаційні витрати - витрати на обслуговування процесу очищення, зарплатня, вартість реактивів, вартість води, електроенергії, поточних ремонтів і так далі, грн.

$P$  – приведена маса ЗР, ум.т/т:

$$P = M_i \cdot A_i, \quad (2.2)$$

де  $M_i$  - маса ЗР, т

$A_i$  – показник відносної небезпеки ЗР:

$$A_i = 1 / ГДК_{ЗР}, \quad (2.3)$$

де  $ГДК_{ЗР}$  – рибогосподарча ГДК ЗР, мг/дм<sup>3</sup>.

$P$  - приведена маса ЗР, ум.т/т,  $P = M(ЗР) \cdot A_i(ЗР)$

2. Визначити ефективність усіх аналізованих варіантів, якщо робота очисних споруд планується на 10 років (відсоткова ставка банківського кредиту дорівнює 0,20):

$$e = \frac{(Y_{відв.} + П - B) \cdot \alpha_t}{K}, \quad (2.4)$$

$Y_{відв.}$  – відвернений збиток, який може бути нанесений НС за час  $t$  років, грн.:

$$Y_{відв.} = Y_{nut.} \cdot P, \quad (2.5)$$

$Y_{nut.}$  – питомий екологічний збиток дорівнює 2217,5 грн./ум.т;

$П$  – прибуток, отриманий від продажу уловленої ЗР, заміни ним початкової сировини і так далі за час  $t$  років, грн.;

$B$  – витрати на експлуатацію очисного устаткування, грн.;

$K$  – капітальні витрати - придбання або виготовлення очисного устаткування, контрольно-вимірювальних приладів, монтаж і так далі

(одноразові), грн.;

$\alpha_t$  – коефіцієнт дисконтування (приведення різночасних витрат):

$$\alpha_t = \sum (1+T)^{-t} \alpha_t = \sum (1+T)^{-t} \quad (2.6)$$

$T$  – відсоткова ставка банківського кредиту.

### **Контрольні запитання**

1. Як визначається економічність?
2. Як визначити приведену масу забруднюючої речовини?
3. Як визначається ефективність методу поводження зі стічними водами?
4. Що таке відвернений збиток?
5. Що розуміють під експлуатаційними витратами?
6. Що розуміють під капітальними витратами?

### **Завдання до практичної роботи**

1. Ознайомитися з послідовністю виконання оцінки для обґрунтування вибору поводження зі стічними водами.
2. До розгляду пропонується 2 варіанти будівництва очисних споруд (для існуючого виробництва) і варіант повного перепрофілювання підприємства. Потужність скиду стічних вод існуючого підприємства, якісний і кількісний склад стічних вод існуючого підприємства для кожного варіанту визначають по табл. 2.1. Потужність скиду стічних вод, якісний і кількісний склад стічних вод перепрофілюваного підприємства визначають для кожного варіанту по табл. 2.2. Якісний і кількісний склад стічних вод існуючого підприємства до і після будівництва очисних споруд для кожного варіанту визначають по табл. 2.3. Якісний і кількісний склад стічних вод перепрофілюваного підприємства визначають для кожного варіанту по табл. 2.4. Економічні характеристики очисних споруд приведені в табл. 2.5.
3. Зробити висновок щодо оптимального варіанту поводження з промисловими стічними водами.

Таблиця 2.1 – Потужність скиду стічних вод існуючого підприємства, тис.м<sup>3</sup>/рік, якісний і кількісний склад стічних вод існуючого підприємства

№ варіанту	Потужність скиду СВ	№ з/п (по табл.2.3)	№ варіанту	Потужність скиду СВ	№ з/п (по табл.2.3)
1	25,0	1,4,7,10,13	11	75,0	11,15,19,3,7
2	30,0	2,5,8,11,14	12	80,0	12,16,20,4,8
3	35,0	3,6,9,12,15	13	85,0	13,17,1,5,9
4	40,0	4,7,10,13,16	14	90,0	14,18,2,6,10
5	45,0	5,8,11,14,17	15	95,0	15,19,3,7,11
6	50,0	6,9,12,15,18	16	100,0	16,20,4,8,12
7	55,0	7,10,13,16,19	17	105,0	17,1,5,9,13
8	60,0	8,11,14,17,20	18	110,0	18,2,6,10,14
9	65,0	9,12,15,18,1	19	115,0	19,3,7,11,15
10	70,0	10,13,16,19,2	20	120,0	20,4,8,12,16

Таблиця 2.2 - Потужність скиду стічних вод, тис.м<sup>3</sup>/рік, якісний і кількісний склад стічних вод перепрофільованого підприємства

№ варіанту	Потужність скиду СВ	№ з/п (по табл.2.4)	№ варіанту	Потужність скиду СВ	№ з/п (по табл.2.4)
1	15,0	1,4,7,10,13	11	65,0	11,15,19,3,7
2	20,0	2,5,8,11,14	12	70,0	12,16,20,4,8
3	25,0	3,6,9,12,15	13	75,0	13,17,1,5,9
4	30,0	4,7,10,13,16	14	80,0	14,18,2,6,10
5	35,0	5,8,11,14,17	15	85,0	15,19,3,7,11
6	40,0	6,9,12,15,18	16	90,0	16,20,4,8,12
7	45,0	7,10,13,16,19	17	95,0	17,1,5,9,13
8	50,0	8,11,14,17,20	18	100,0	18,2,6,10,14
9	55,0	9,12,15,18,1	19	105,0	19,3,7,11,15
10	60,0	10,13,16,19,2	20	110,0	20,4,8,12,16

Таблиця 2.3 - Якісний і кількісний склад виробничих стічних вод існуючого підприємства до і після будівництва очисних споруд

№ з/п	ЗВ	Скид ЗР без очисних споруд		Скид ЗР із очисними спорудами, т/рік	
		Витрата ЗВ, т/рік	Аі, ум.т/т	1-й варіант очисних споруд	2-й варіант очисних споруд
1	Зважені речовини	41,0	1,33	8,0	9,1
2	Ксантогенат бутиловий	0,8	1000,0	0	0
3	Нітрат амонія	13,3	2,0	2,7	1,5
4	Ціаніди	30,3	20,0	1,5	0,5
5	Фториди	20,0	20,0	4,0	2,0
6	Нітрати	750,0	0,11	500,0	750,0
7	Гідразин	120,4	100	1,5	5,4
8	Акриламид	25,7	2,86	6,9	3,4
9	Алкалсульфонат	71,2	2,0	4,6	2,5
10	Анілін	58,0	10000,0	0,8	1,1
11	Антрахінон	12,7	2,0	3,5	2,6
12	Ацетонитрил	158,0	1,43	12,0	3,4
13	Біомицин	1,8	3,33	0,3	0,7
14	Бромбензол	0,5	10000,0	0,1	0,1
15	Вітамін В2 кормовий	68,2	16,67	21,5	14,3
16	Гідрохінон	1,6	1000,0	1,0	0,6
17	Гліцерин	82,6	1,0	32,0	1,9
18	Декстрамин	51,3	50,0	13,5	10,6
19	Диметилацетамид	6,4	0,83	0,5	0,8
20	Диметилфомамид	3,4	4,0	0,2	0,8
21	Масляна кислота	46,0	33,34	2,5	43,0
25	Малеїновий ангідрид	6,8	100,0	0,5	1,6
26	Метанол	8,4	10,0	2,1	0,4
27	Нітрафен	73,0	11,10	4,2	1,6
28	Полиетиленимин	23,4	1000,0	5,4	2,1
29	Стеарокс 920	3,1	12,5	0,4	0,8
30	Фталева кислота	4,7	0,33	0,4	1,0

Таблиця 2.4 - Якісний і кількісний склад виробничих стічних вод перепрофільованого підприємства

№ з/п	ЗР	Скид ЗР без очищення, мг/дм <sup>3</sup>	Скид ЗВ після очищення, мг/ дм <sup>3</sup>	Аі, ум.г/т
1	Зважені речовини	12,8	0,53	1,33
2	Карбамід	273,8	16,0	0,01
3	Борна кислота	68,5	3,7	10,0
4	Вольфрам (+6)	0,5	0,1	1250,0
5	Нітрит	11,4	0,5	12,5
6	Нітрати	260,3	16,0	0,11
7	Нафтопродукти	16,1	1,65	20,0
8	Діоксид титану	4,9	0,5	1,0
9	Біхромат натрію	3,5	0,02	20,0
12	Залізо (+2)	10,2	0,04	200,0
11	Замаслювач А-1	8,1	0,8	20,0
12	Інгібітор корозії ИКБ-8	51,7	2,9	100,0
13	Інгібітор корозії ИКБ-6-2	38,1	1,2	10000,0
14	Інгібітор корозії ИКБ-2-2	75,3	5,1	200,0
15	Інгібітор корозії ИСБ-500	41,5	4,8	10,0
16	Кадмій (+2)	90,1	2,1	200,0
17	Каніфоль	75,6	2,0	100,0
18	Марганець (+2)	6,9	0,5	20,0
19	Мідь (+2)	82,1	0,5	1000,0
20	Нікель (+2)	41,5	0,5	100,0
21	Сульфат-іон	759,0	300,0	0,01
22	Трилон-Б	46,5	11,0	2,0
23	Хлорид-іон	800,0	250,0	0,003
24	Емульсол-Т	93,1	4,0	1000,0
25	Барвник активний чорний Д	72,0	0,2	10,0
26	Барвник яскраво червоний 5СХ	61,5	0,2	4,0
27	Барвник дисперсний жовтий 2К	81,3	0,2	10,0
28	Барвник дисперсний коричневий	35,0	0,2	16,67
29	Барвник дисперсний синій Д	97,3	0,2	500,0
30	Барвник золотисто-жовтий ЖХП	83,6	0,2	2,0

Таблиця 2.5 - Економічні характеристики очисних споруд

Економічні характеристики	Очисні споруди		
	(1-й варіант)	(2-й варіант)	на перепрофільованому підприємстві
Капітальні вкладення, тис.грн	20000	23000	31000
Поточні витрати при очищенні СВ, грн./тис.м <sup>3</sup>	1040	1135	1200

### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 ВИБІР ВАРІАНТУ ОЧИЩЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВИКИДІВ КОНВЕРТОРНОГО ЦЕХУ

Пилогазоповітряна суміш, що відходить від технологічного устаткування конверторного цеху, викидається в атмосферу (базовий варіант). При цьому докільню наноситься збиток, величину якого треба визначити. Для зменшення цього збитку необхідно удосконалити відведення викидів конверторного цеху.

Для прийняття рішення щодо вибору способу поводження з виробничим викидом на першому (підготовчому) етапі необхідно розрахувати такі показники:

1. Коефіцієнт корисної дії очисних установок (ступінь, ефективність очищення):

$$\eta_i = \frac{C_{di} - C_{ni}}{C_{di}}, \quad (3.1)$$

де  $C_{di}$  та  $C_{ni}$  – концентрація забруднюючих речовин до і після очищення, г/м<sup>3</sup>.

2. Економічність очищення – співвідношення результату очищення (уловленої речовини) до експлуатаційних витрат: де  $P$  – результат функціонування очисних споруд:

$$E = \frac{P}{B}, \quad (3.2)$$

де  $B$  – експлуатаційні витрати - витрати на обслуговування процесу очищення, зарплатня, вартість реактивів, вартість води, електроенергії, поточних ремонтів і так далі, грн.

$P$  – приведена маса ЗР, ум.т/т:

$$P = M_i \cdot A_i, \quad (3.3)$$

де  $M_i$  - маса ЗР, т

$A_i$  – показник відносної небезпеки ЗР:

$$A_i = 1 / ГДК_{ЗР}, \quad (3.4)$$

де  $ГДК_{ЗР}$  – середньодобова ГДК ЗР, мг/дм<sup>3</sup>.

3. Визначити ефективність очищення:

$$e = \frac{(Y_{\text{відв.}} + \Pi - B) \cdot \alpha_t}{K}, \quad (3.5)$$

$Y_{\text{відв.}}$  – відвернений збиток, який може бути нанесений НС за час  $t$  років, грн.;

$\Pi$  – прибуток, отриманий від продажу уловленої ЗР, заміни ним початкової сировини і так далі за час  $t$  років, грн.;

$B$  – витрати на експлуатацію очисного устаткування, грн.;

$K$  – капітальні витрати - придбання або виготовлення очисного устаткування, контрольно-вимірювальних приладів, монтаж і так далі (одноразові), грн.;

$\alpha_t$  – коефіцієнт дисконтування (приведення різночасних витрат):

$$\alpha_t = \sum (1 + T)^{-t},$$

$T$  – відсоткова ставка банківського кредиту.

Розрахунок відверненого збитку виконують таким чином:

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2, \quad (3.6)$$

де  $Y_1$  – збиток, що наноситься довікілью при функціонування базового варіанту очисних споруд;

$Y_2$  – збиток, що наноситься довікілью при реалізації обраного варіанту очисних споруд.

Розрахунок збитку, що наноситься довікілью ( $Y$ , грн.)

$$Y = Y_{\text{ydi}} \cdot M_i \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2, \quad (3.7)$$

де  $Y_{\text{ydi}}$  – питомий збиток, грн./т, визначається за табл. 3.1;

$M_i$  – маса забруднюючої речовини, що надходить в навколишнє середовище, т:

$$M_i = C_{ni} \cdot V, \quad (3.8)$$

де  $V$  – об'єм газів, що відходять після очищення, м<sup>3</sup>;



$\kappa_1$  і  $\kappa_2$  – коефіцієнти, що характеризують умови розсіювання викиду в атмосфері і територію, над якою розсіюється викид (в нашому випадку приймаються рівними 1).

Таблиця 3.1 – Питомий економічний збиток від викиду 1 т забруднюючої речовини

ЗР	Збиток, грн/т
Завислі речовини (пил)	120
Оксиди азоту	250
Оксид вуглецю (II)	70
Оксид вуглецю (IV)	30

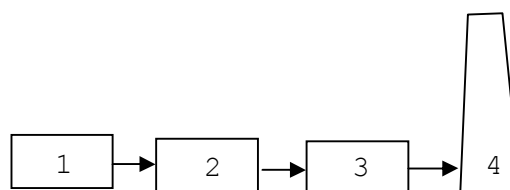
### Контрольні запитання

1. Як визначається ефективність установки для очищення викидів?
2. Як визначається економічність?
3. Як визначити приведену масу забруднюючої речовини?
4. Як визначається ефективність?
5. Що таке відвернений збиток?
6. Що таке питомий збиток і як його визначити?
7. Що розуміють під експлуатаційними витратами?
8. Що розуміють під капітальними витратами?
9. Перелічить показники, які необхідно розглянути при обґрунтуванні вибору оптимальної технології очищення викидів.

### Завдання до практичної роботи

1. Ознайомитися з послідовністю виконання оцінки для обґрунтування вибору варіанту очищення та утилізації викидів конверторного цеху.
2. Провести аналіз чотирьох пропонованих до впровадження варіантів очищення:

1. Очищення пилогазоповітряної суміші від крупнодисперсних гетерогенних забруднень за допомогою пилоосаджувальної камери з подальшим розміщенням викиду в атмосфері.

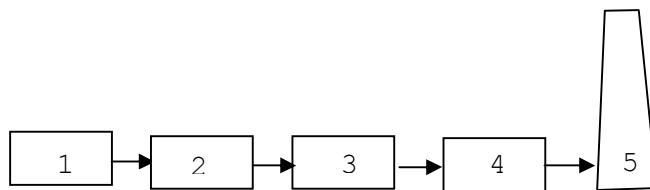


- 1 – конвертор,
- 2 – пилоосаджувальна камера,
- 3 – димосос,
- 4 – труба для викиду в атмосферу.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Варіант	
	базовий	1
$C(\text{пил}), \text{г/м}^3$	200	1
$C(\text{NO}_x), \text{г/м}^3$	7,2	7,2
$C(\text{CO}), \text{г/м}^3$	840	840
Річний обсяг газів, що відходять, млн. $\text{м}^3$	1534	1534
Річний обсяг виробництва сталі, тис.т	8175	8175
Експлуатаційні витрати, грн/т сталі	0,78	0,85
Капітальні витрати, тис.грн	36,00	42,00

2. Очищення пилогазоповітряної суміші від гетерогенних забруднень за допомогою низьконапірного скрубера Вентурі, дожиг газової фази (CO) з подальшим викидом продуктів згорання в атмосферу.



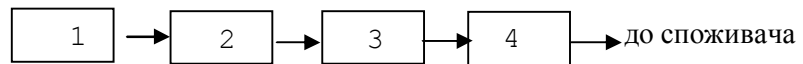
- 1 – конвертор,
- 2 – пилоосаджувальна камера,
- 3 – низьконапірний скруббер Вентурі,
- 4 – пристрій для дожигу CO,
- 5 – труба для викиду в атмосферу.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Варіант	
	базовий	2
$C(\text{пил}), \text{г/м}^3$	200	0,1
$C(\text{NO}_x), \text{г/м}^3$	7,2	7,2
$C(\text{CO}), \text{г/м}^3$	840	$C(\text{CO}_2) 1320$
Річний обсяг газів, що відходять, млн. $\text{м}^3$	1534	1534
Річний обсяг виробництва сталі, тис.т	8175	8175
Експлуатаційні витрати, грн/т сталі	0,78	0,94

Капітальні витрати, тис.грн	36,00	48,00
-----------------------------	-------	-------

3. Очищення пилогазоповітряної суміші від гетерогенних забруднень за допомогою електрофільтру. Отримана після очищення газоповітряна суміш може бути використана в якості Для збору газу і подальшого його продажу споживачеві в технологічний ланцюжок вбудовується газгольдер. Залишкові кількості пилу сприяють прискореній корозії газгольдера і викликають підвищення витрат на його обслуговування.

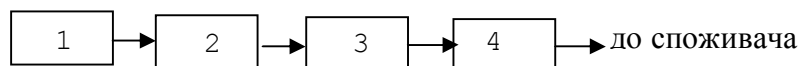


- 1 – конвертор,
- 2 – пилоосаджувальна камера,
- 3 – електрофільтр,
- 4 – газгольдер

Таблиця 3.4 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Варіант	
	базовий	3
$C(\text{пил}), \text{г/м}^3$	200	-
$C(\text{NO}_x), \text{г/м}^3$	7,2	-
$C(\text{CO}), \text{г/м}^3$	840	-
Річний обсяг газів, що відходять, млн. $\text{м}^3$	1534	1534
Річний обсяг виробництва сталі, тис.т	8175	8175
Експлуатаційні витрати, грн/т сталі	0,78	0,85
Капітальні витрати, тис.грн	36,00	42,00
Вартість газу, грн/1000 $\text{м}^3$	-	60,0

4. Очищення пилогазоповітряної суміші від гетерогенних забруднень за допомогою високонапірного скрубера Вентурі. Очищений газ можна використовувати в якості палива. Для збору газу і подальшого його продажу споживачеві в технологічний ланцюжок вбудовується газгольдер. (Остаточна кількість пилу мала і не викликає підвищення витрат на його утримання.)



- 1 – конвертор,
- 2 – пилоосаджувальна камера,

- 3 – высоконапірний скруббер Вентурі,  
4 – газгольдер.

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Варіант	
	базовий	4
C(пил), г/м <sup>3</sup>	200	-
C(NO <sub>x</sub> ), г/м <sup>3</sup>	7,2	-
C(CO), г/м <sup>3</sup>	840	-
Річний обсяг газів, що відходять, млн. м <sup>3</sup>	1534	1534
Річний обсяг виробництва сталі, тис.т	8175	8175
Експлуатаційні витрати, грн/т сталі	0,78	1,04
Капітальні витрати, тис.грн	36,00	52,00
Вартість газу, грн/1000 м <sup>3</sup>	-	70,0

Для зручності результати розрахунків можна заносити в табл. 3.6

Таблиця 3.6 – Форма для запису результатів розрахунків

Варіант	η, %		Е, усл.т/грн	е, грн/грн		
	пил	СО		без утилізації пилу	утилізація пилу за 1 варіантом	утилізація пилу за 2 варіантом
Базовий						
1						
2						
3						
4						

Утилізація уловленого пилу може здійснюватися двома шляхами:

1 - повернення у виробництво конверторної сталі із заміною частини вихідної сировини (1т пилу замінює 2т концентрату, вартість якого рівна 500 грн/т);

2 - використання як сировина у виробництва спецсталей (відпускна ціна пилу 2000 грн/т).

3. Зробити висновок щодо оптимального варіанту очищення викидів конверторного цеху.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4 МАТЕРІАЛЬНІ БАЛАНСИ ЯК ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКОЛОГІЧНОСТІ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Центральна проблема і завдання прикладної екології - екологізація промислового виробництва, організація його на такій основі, яка сприятиме все більшому наближенню ресурсних циклів до замкнутого кругообігу речовин в природі. Абсолютно очевидна повна залежність будь-якої економічної системи від ресурсів екологічної системи (тобто природного довкілля). Саме тому в уявленні про еколого-економічну систему (ЕЕС) найважливіше місце займає аналіз взаємовідносин між економічною і екологічною підсистемами (рис. 4.1).

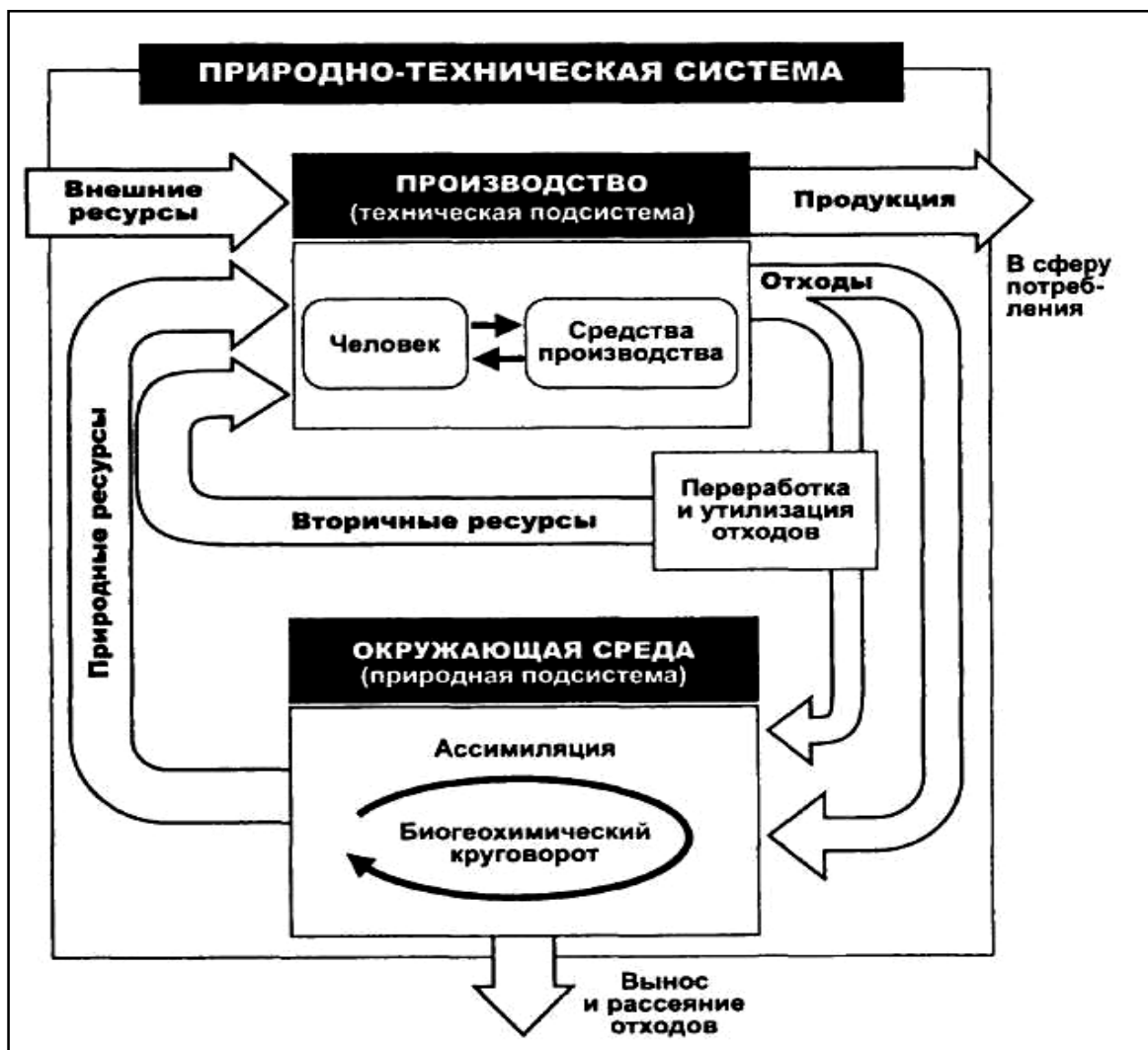


Рис. 4.1 - Схема матеріальних потоків в ПТС «промислове підприємство»

Як нам вже відомо, у збалансованій ЕЕС (природно-технічній системі ПТС) сукупне техногенне навантаження не повинне перевищувати

самовідновлюваного, асиміляційного потенціалу природного середовища. Екологічна регламентація допустимого навантаження підприємства на довкілля встановлюється у вигляді нормативів ГДВ, ГДС, лімітів розміщення відходів і ГДР (гранично допустимих рівнів) шкідливих фізичних дій.

Усі технологічні процеси можна підрозділити на три категорії:

- *незамкнуті*, або відкриті (більшість процесів),
- *замкнуті* (повністю відсутні матеріальні відходи речовин)
- *ізольовані* (теоретично можливі у тому випадку, коли відсутні і матеріальні і енергетичні відходи).

Незамкнутість технологічної системи обумовлена її органічним зв'язком із зовнішнім середовищем, від якого вона одержує речовини та енергію і в яке вона віддає готову продукцію і всілякі відходи (рис. 4.2).

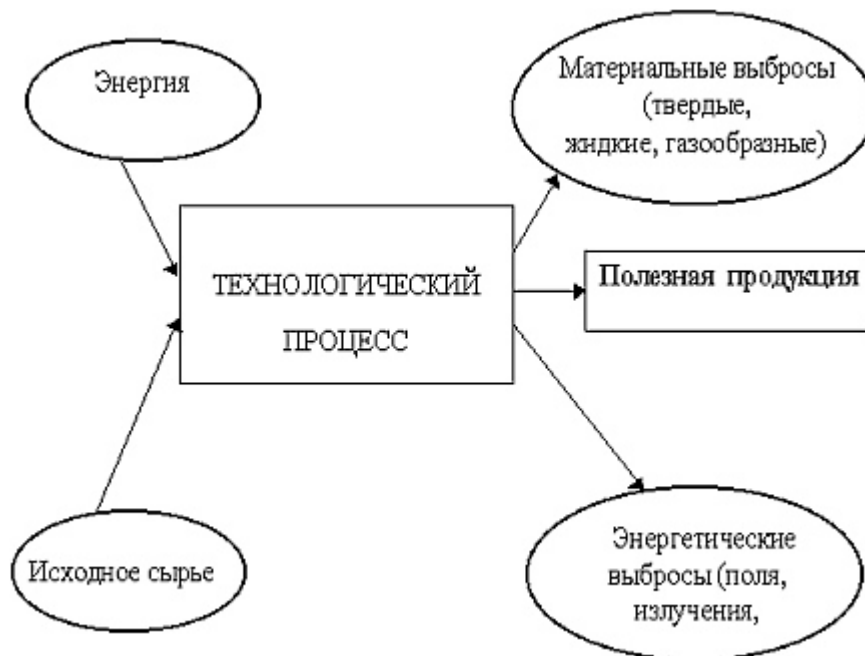


Рис. 4.2 - Незамкнутый (материально і енергетично) технологічний процес

Виходячи з визначення екологічних і неекологічних процесів незамкнутий технологічний процес буде екологічним, якщо уся початкова сировина і енергія максимально переробляються в корисну продукцію, усі матеріальні викиди (тверді, рідкі і газоподібні) очищаються від забруднень, енергетичні викиди (поля, випромінювання, коливання) доводяться до природного фонового вмісту, корисна продукція безпечна для природних систем, тобто такий процес не порушує рівноваги в природі, не забруднює довкілля і раціонально використовує вилучені з природи ресурси. Рівняння матеріального балансу для незамкнутого екологобезпечного технологічного процесу має вигляд:

$$M_c = M_{\text{кін.}} + M_{\text{від}}$$

де:  $M_c$  - сумарна маса сировини і енергії, використовуваного на всіх стадіях технологічного процесу;

$M_{\text{кін.}}$  - сумарна маса готового кінцевого продукту;

$M_{\text{від}}$  - сумарна маса відходів

$$M_{\text{від}} = M_{\text{п.від}} + M_{\text{у.від}} + M_{\text{е.від}}$$

де:  $M_{\text{п.від}}$  - відходи, що переробляються;

$M_{\text{у.від}}$  - утилізовані відходи;

$M_{\text{е.від}}$  - відходи, що поглинаються і екрануються.

Існують технологічні процеси різного ступеня замкнутості. Наприклад, процес (операція, виробництво), в якому відсутні усі види матеріальних дій на довкілля, тобто відсутні викиди, скиди і тверді відходи. Обмін із зовнішнім середовищем початковою сировиною і готовою продукцією при подібному процесі супроводжується енергетичними викидами у вигляді полів, випромінювань, коливань (рис. 4.3).

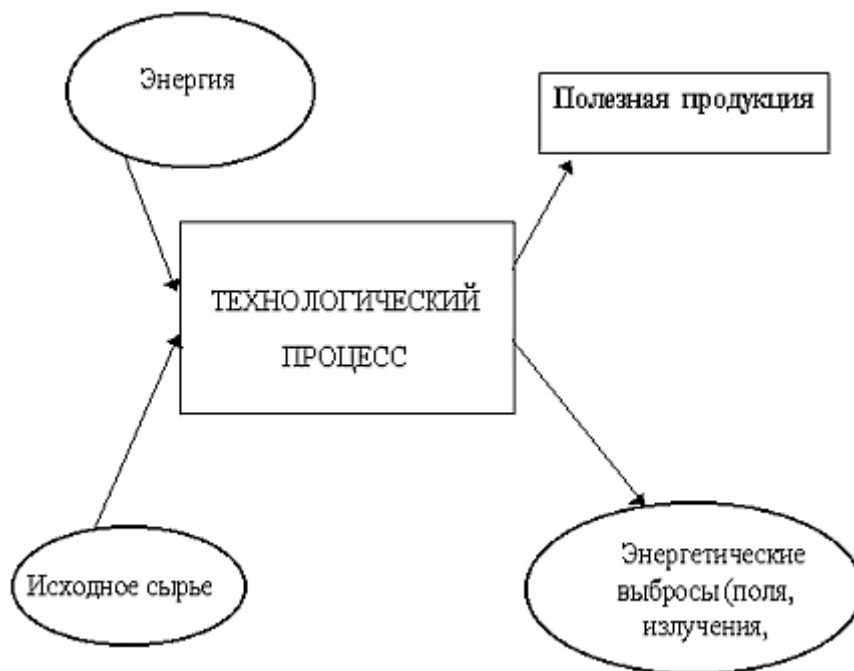


Рис. 4.3 - Незамкнутый (энергетично) технологічний процес

Цей процес екологічний якщо не є джерелом підвищеного фону енергетичних викидів, а початкова сировина і енергія максимально перетворюються в готову продукцію, яка не викликає антропоаномалій в

природі. Рівняння масообміну для замкнутого процесу має вигляд:

$$M_c = M_{\text{кін.}} + M_{\text{ен.від}}$$

де:  $M_c$  - сумарна маса сировини і енергії, використовуваного на всіх стадіях технологічного процесу;

$M_{\text{кін.}}$  - сумарна маса готового кінцевого продукту;

$M_{\text{ен.від}}$  - сумарна маса енергетичних відходів.

В принципі можливі технологічні процеси, які не дають ні матеріальних, ні енергетичних викидів. Подібні технологічні процеси дістали назву ізольованих технологічних процесів (рис. 4.4). Ізольований процес передбачає повне перетворення початкової сировини при 100% витраті енергії в готову корисну продукцію. Як правило, такі процеси практично безпечні для довкілля на стадії виробництва і забезпечують максимальне ресурсозберігання, але екологічно безпечними вони будуть тільки у тому випадку, якщо готова продукція безпечна для природи і не перетворюється після експлуатації та споживання в джерело вторинного забруднення середовища. Рівняння масообміну ізольованого процесу має вигляд:

$$M_c - M_{\text{кін.}} = 0$$



Рис. 4.4 - Ізольований технологічний процес

На рис. 4.5 показані матеріальні потоки і схеми виробничих процесів різної замкнутості, у тому числі, коли на виробництві:

- 1) ефективно функціонує система очищення викидів (скидів);
- 2) уловлені речовини використовуються як вторинна сировина.



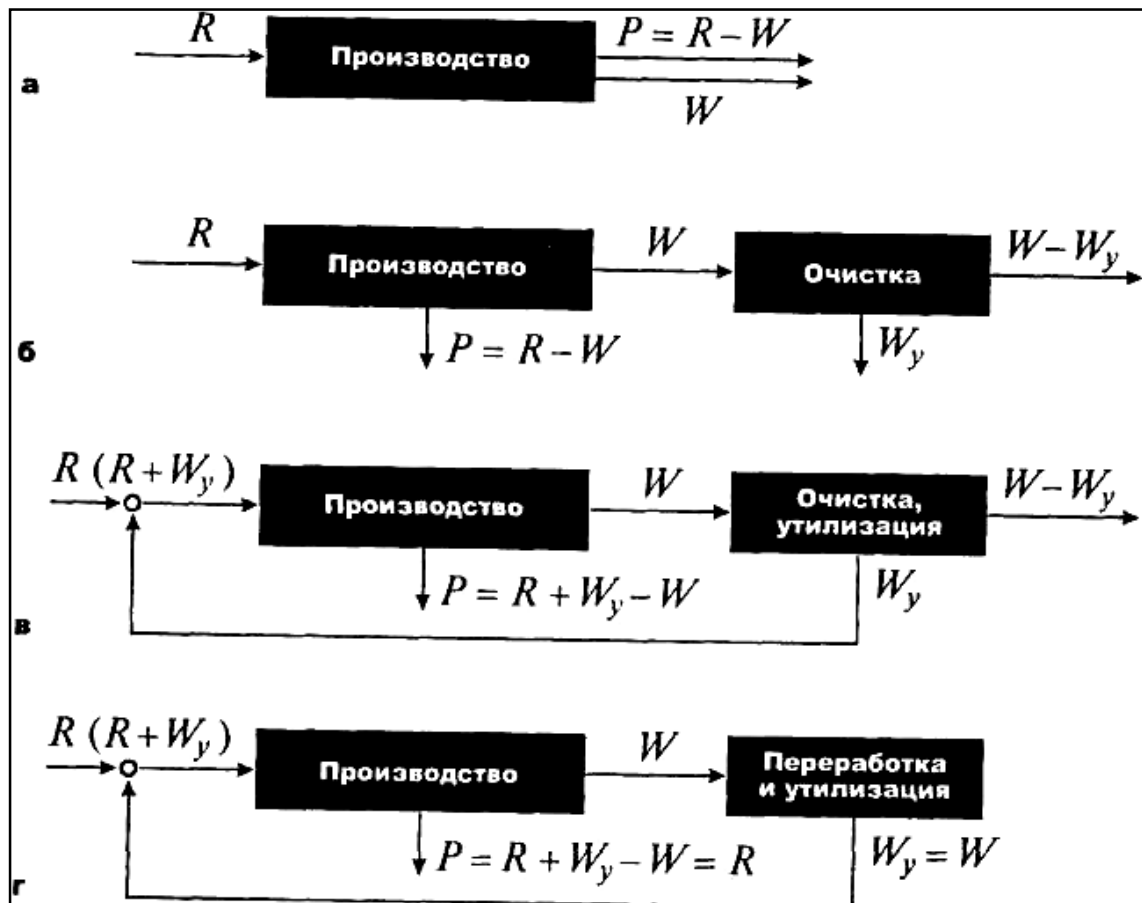


Рис. 4.5 - Матеріальні потоки у виробничих процесах різної замкнутості  
 $R$  - потік ресурсів (початкова сировина, основні, допоміжні матеріали, напівфабрикати);  
 $W$  - потік відходів (матеріальні речовини і енергія), що забруднює середовище та уносить певну частину корисних ресурсів;  
 $W_y$  - потік уловлених відходів;  
 $P$  - потік готової продукції

Матеріальний баланс будь-якого технологічного процесу означає, що маса речовин, що поступили на технологічну операцію, - прихід, дорівнює масі усіх речовин, що вийшли в результаті її, - витраті.

Матеріальний баланс може бути представлений рівнянням, ліву частину якого складає маса усіх видів сировини і матеріалів, що надходять на переробку, а праву - маса отримуваних продуктів плюс виробничі втрати:

$$\Sigma m_{\text{пр}} = \Sigma m_{\text{прод}} + \Sigma m_{\text{вит}}$$

Практичний матеріальний баланс враховує склад початкової сировини і готової продукції, надлишок одного з компонентів сировини, ступінь перетворення, втрати сировини і готового продукту і т. і.

З даних матеріального балансу можна знайти витрату сировини і допоміжних матеріалів на задану потужність апарату, цеху, підприємства, собівартість продукції, виходи продуктів, об'єм реакційної зони, число реакторів, виробничі втрати (непродуктивна витрата сировини, матеріалів, готового продукту на розлив, витік, віднесення).

Розрахунки виконують в одиницях маси (кг, т).

Результати підрахунків матеріального балансу зводяться в таблицю (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Типова таблиця матеріального балансу

Прихід		Витрата	
Статті приходу	Кількість	Статті витрати	Кількість
Продукт А	mA	Продукт А (залишок)	mA1
Продукт В	mB	Продукт В (залишок)	mB1
		Продукт С	mC
		Продукт D	mD
		Виробничі втрати	$\Delta m$
Разом:	m		m

Якщо баланс не сходиться, то рахують неув'язку балансу (Н), який не повинен перевищувати 1,5%.

$$H = \frac{m_{\text{пр}} - m_{\text{вит}}}{m_{\text{пр}}} \cdot 100\%$$

де  $m_{\text{пр}}$  - сума мас усіх видів сировини і матеріалів, що надходять на переробку;

$m_{\text{вит}}$  - сума мас отримуваних продуктів плюс виробничі втрати.

## Контрольні запитання

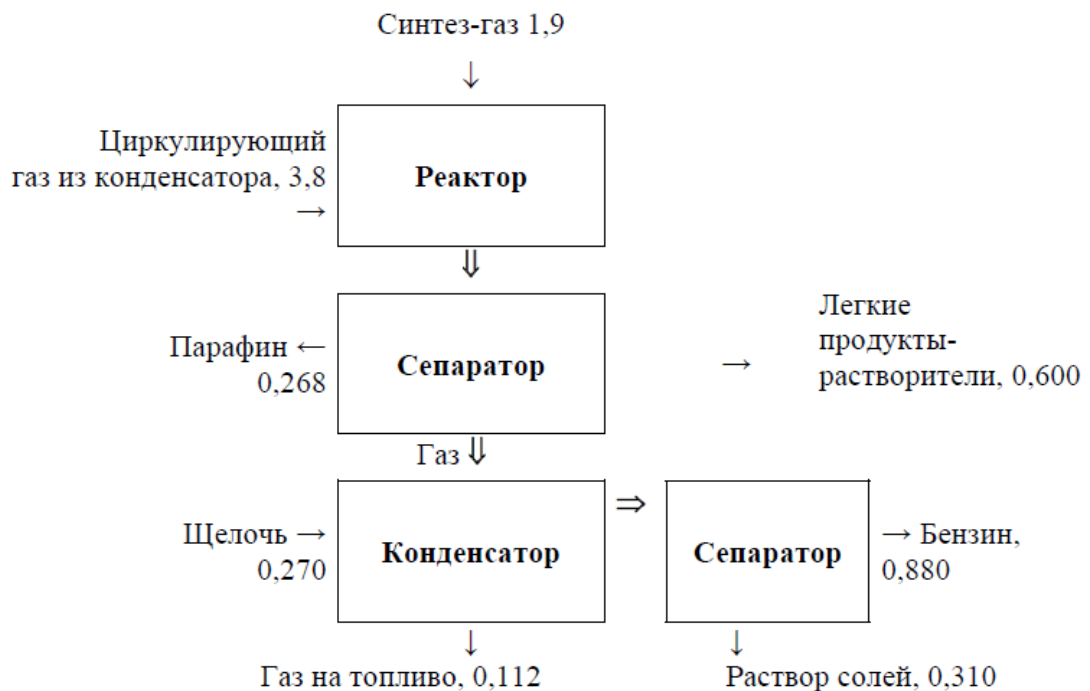
1. Опишіть схему матеріальних потоків в системі «підприємство – навколишнє середовище».
2. Які системи вважаються незамкненими?
3. Які системи вважаються ізольованими?
4. Які системи вважаються замкненими?
5. Які основні складові матеріального балансу?

## Завдання до практичної роботи

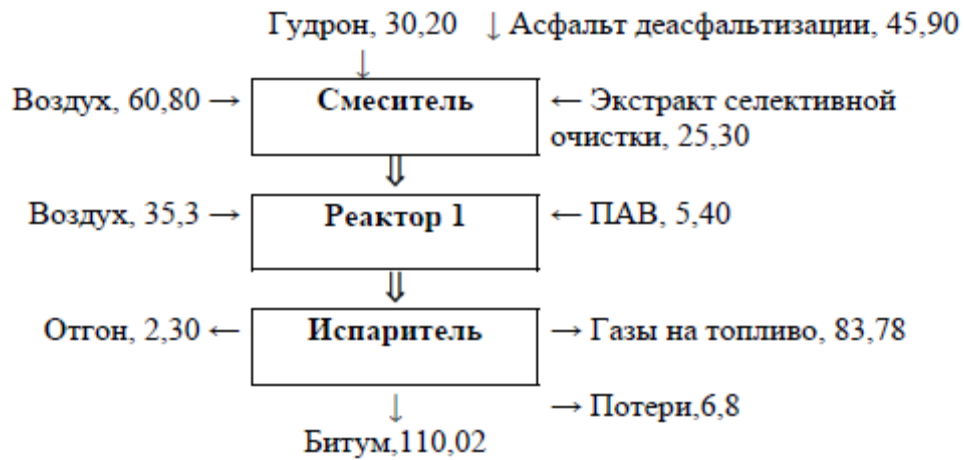
1. Запишіть для усіх випадків, розглянутих на рис. 4.5, відповідні рівняння матеріальних балансів.
2. Складіть матеріально-екологічний баланс виробничої установки згідно з варіантом.

## Варіанти завдань для самостійної роботи

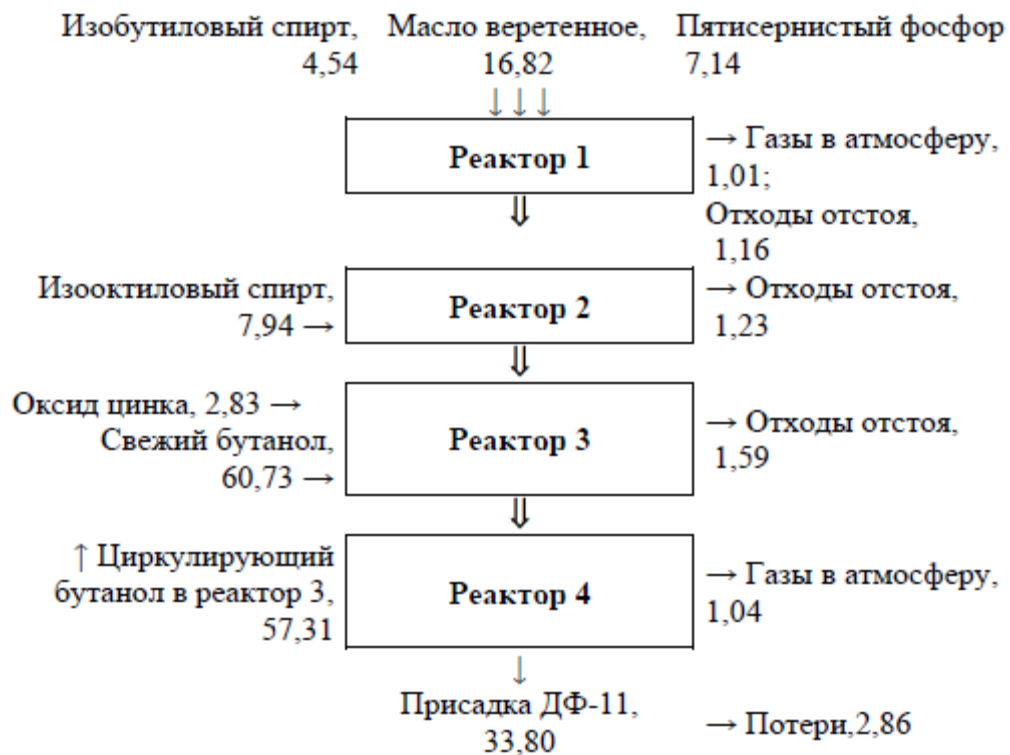
1. Скласти матеріально-екологічний баланс установки для отримання палив з синтез-газа (т/рік).



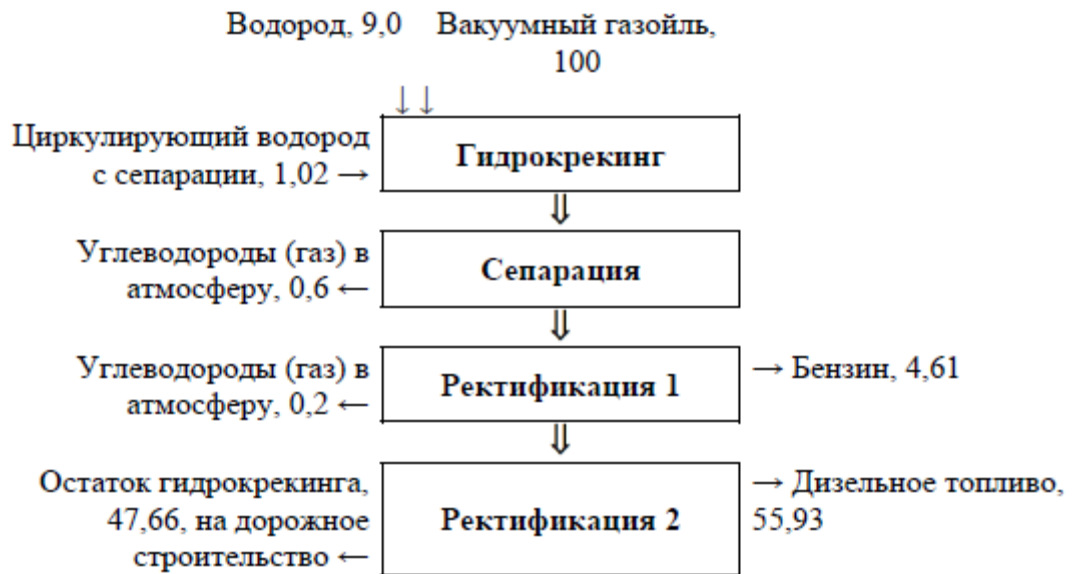
2. Скласти матеріально-екологічний баланс установки безперервного виробництва окисленого бітуму (т/рік).



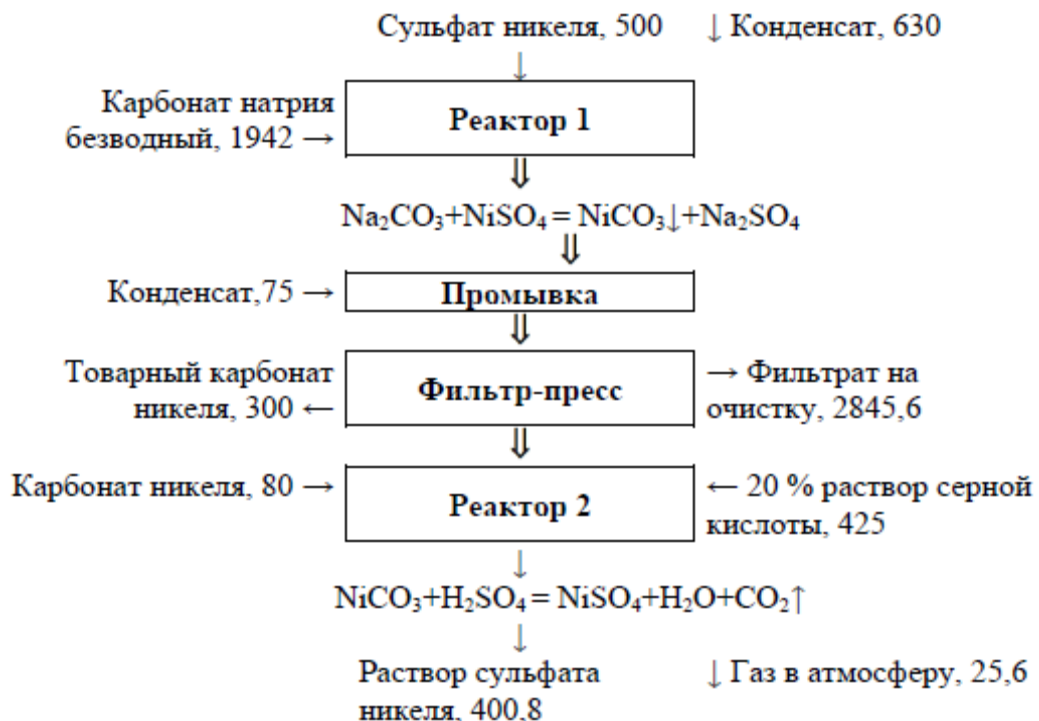
3. Скласти матеріально-екологічний баланс установки для виробництва присадки ДФ-11 (кг/год).



4. Скласти матеріально-екологічний баланс установки одноступінчатого гідрокрекінгу вакуумного газойля (кг/год).



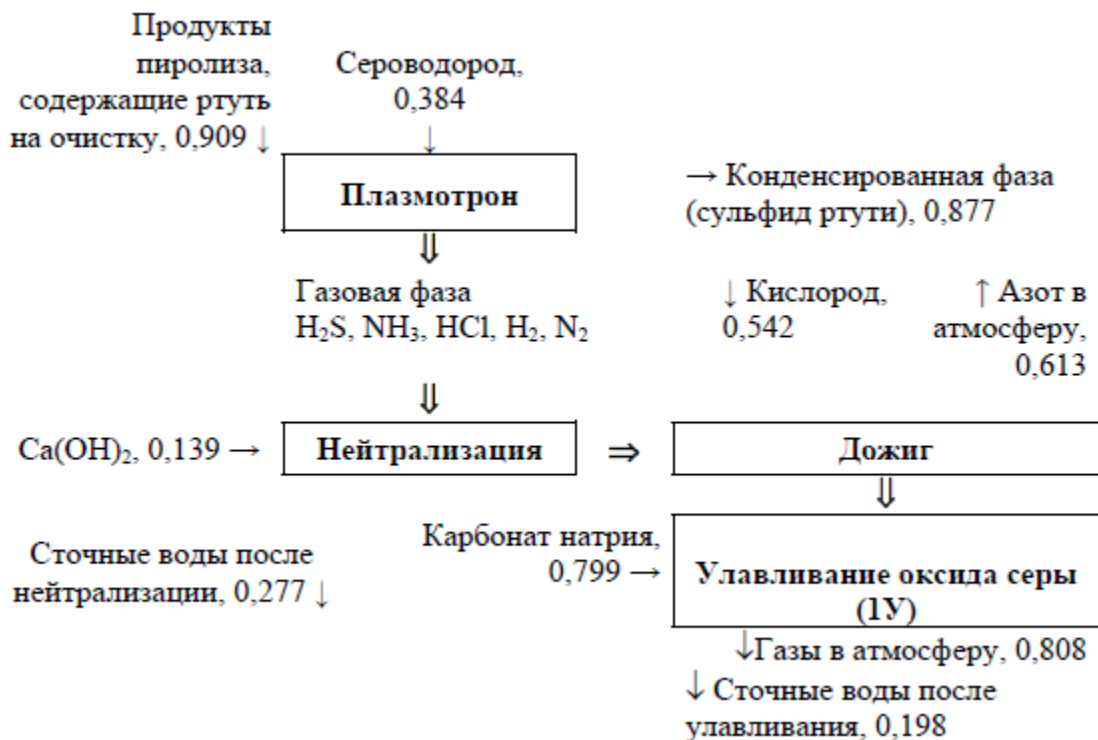
5. Скласти матеріально-екологічний баланс установки отримання солей нікелю (кг/год).



6. Скласти матеріально-екологічний баланс установки жидкофазної гідрогенізації вугілля (кг/год).



7. Скласти матеріально-екологічний баланс установки утилізації ртутьвмісних сполук (т).



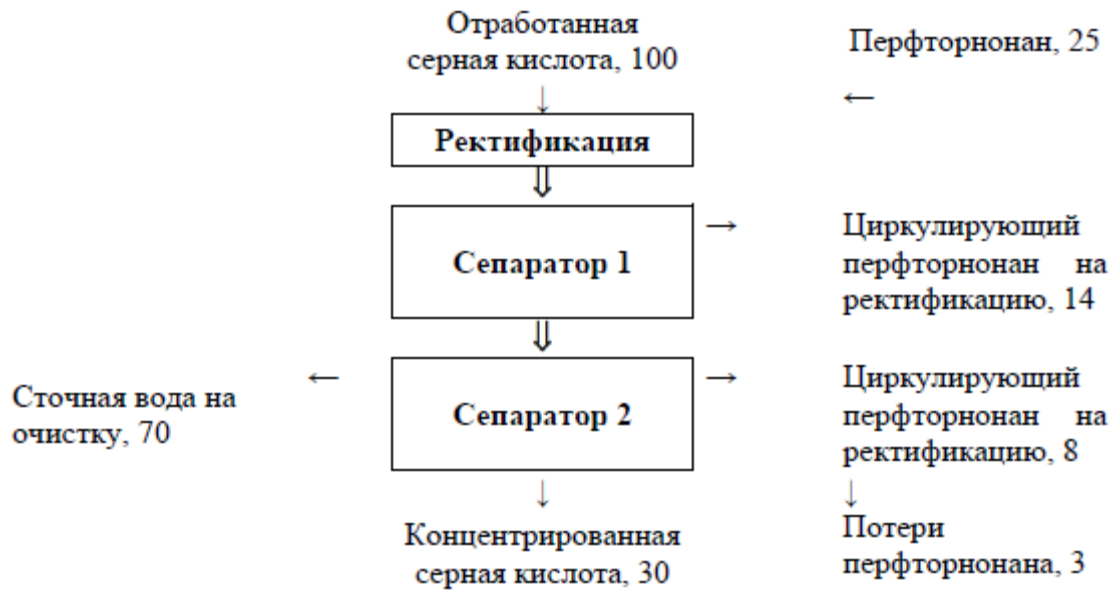
8. Скласти матеріально-екологічний баланс установки переробки техногенної піритвмісної сировини (кг/год).



9. Скласти матеріально-екологічний баланс установки технології комплексної переробки піритових огарків (кг/год).

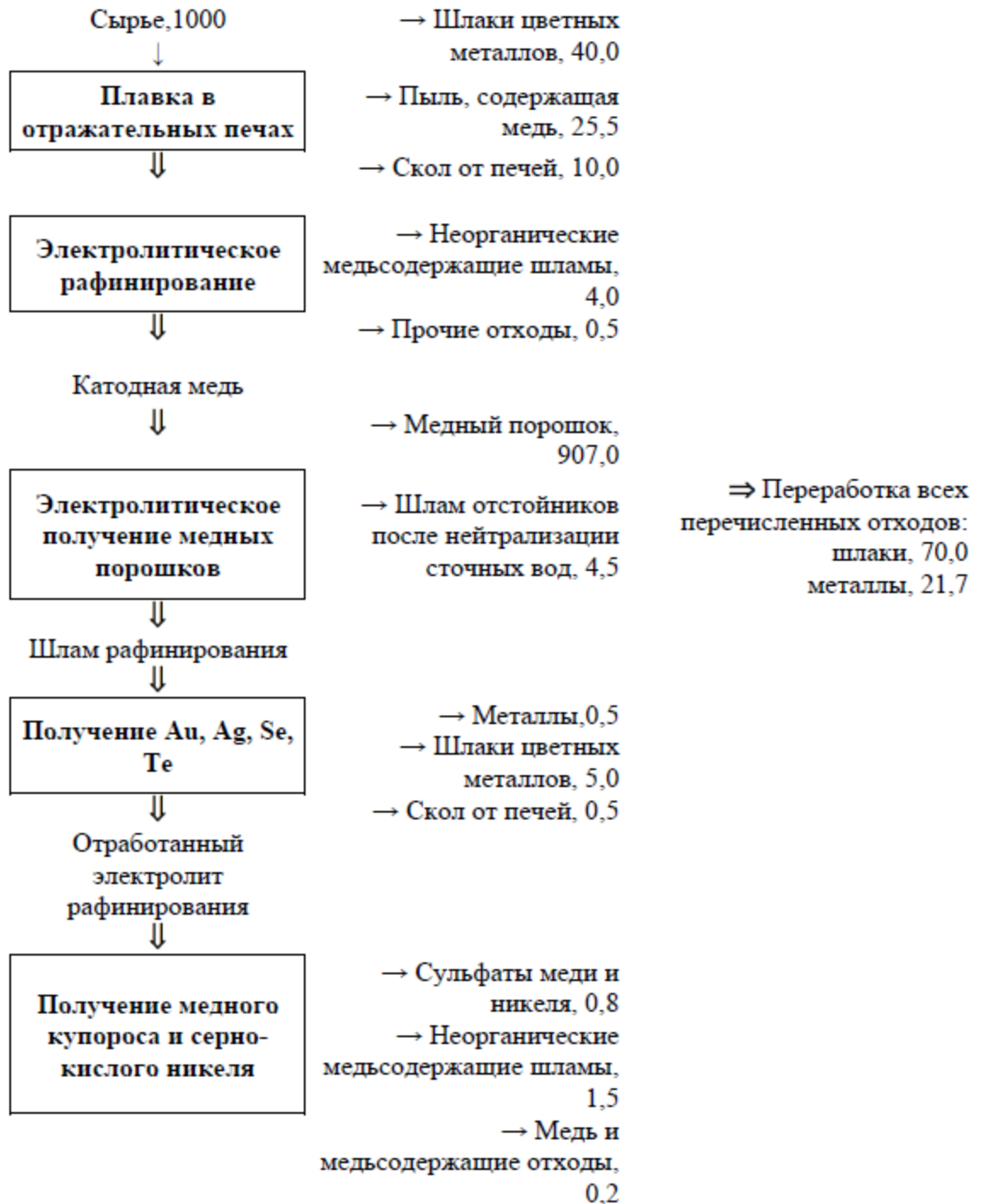


10. Скласти матеріально-екологічний баланс установки гетероазеотропної концентрації сірчаної кислоти з перфторнонаном (кг/год).

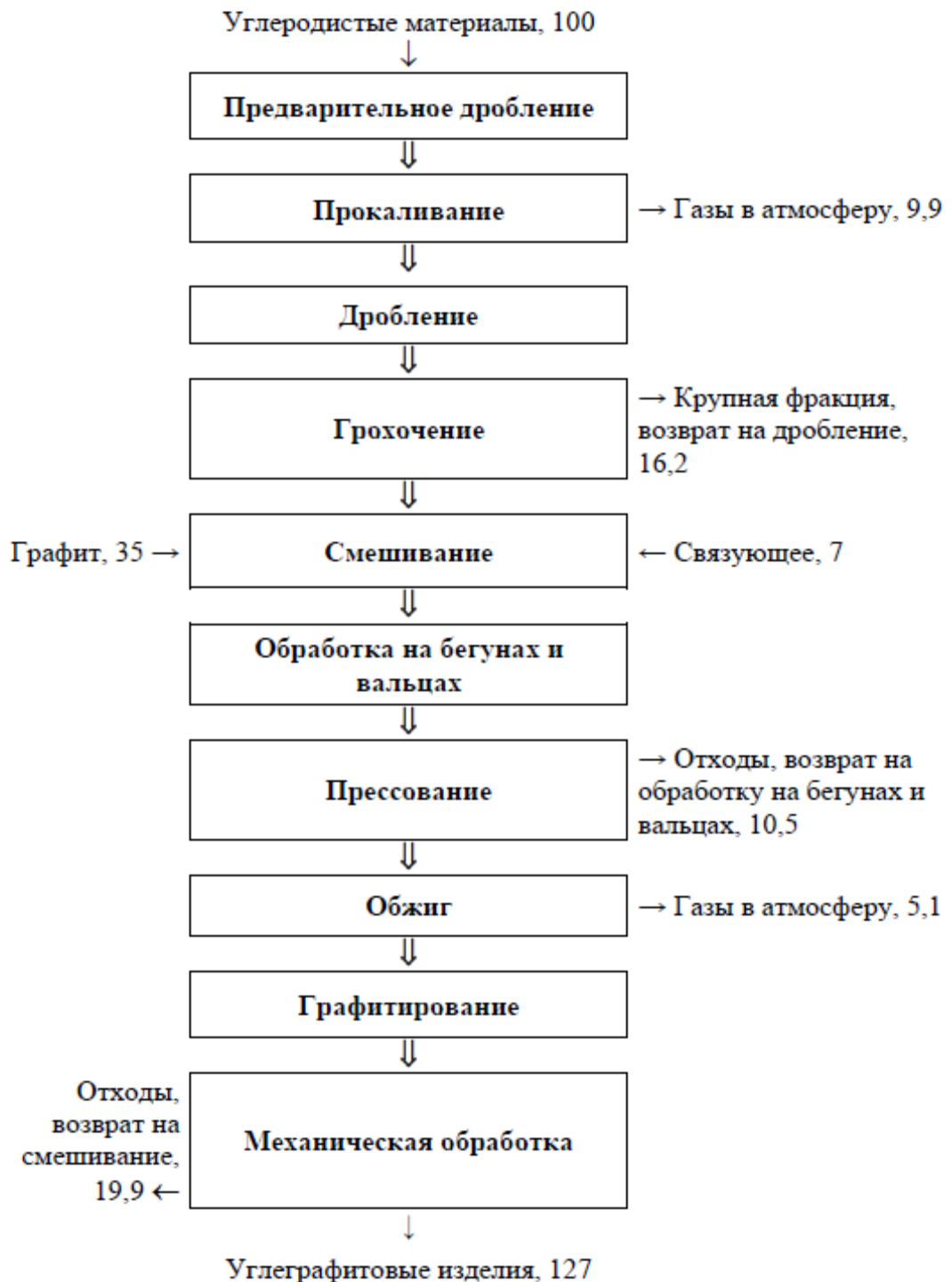




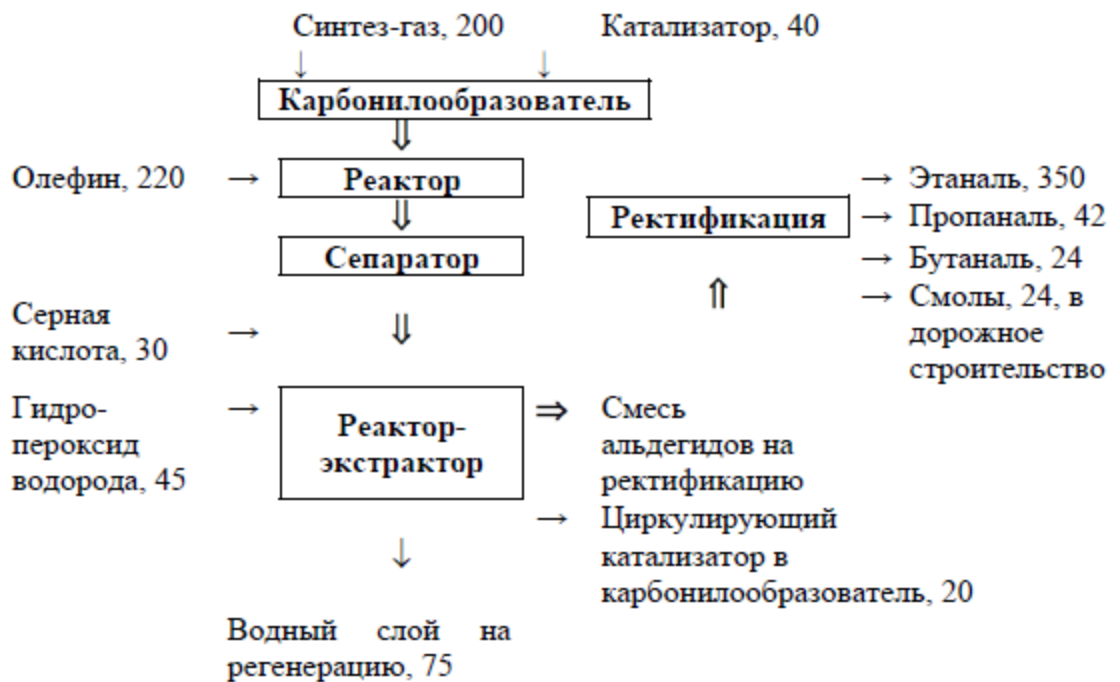
11. Скласти матеріально-екологічний баланс установки переробки мідьмісних відходів (т).



12. Скласти матеріально-екологічний баланс установки виробництва уграфітових виробів (кг/год).



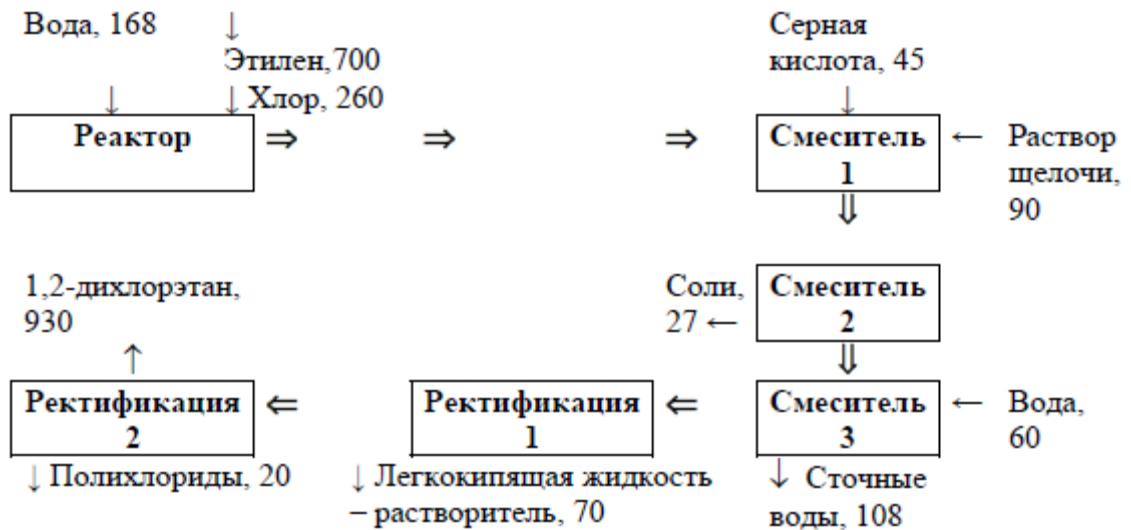
13. Скласти матеріально-екологічний баланс установки оксосинтезу (кг/год).



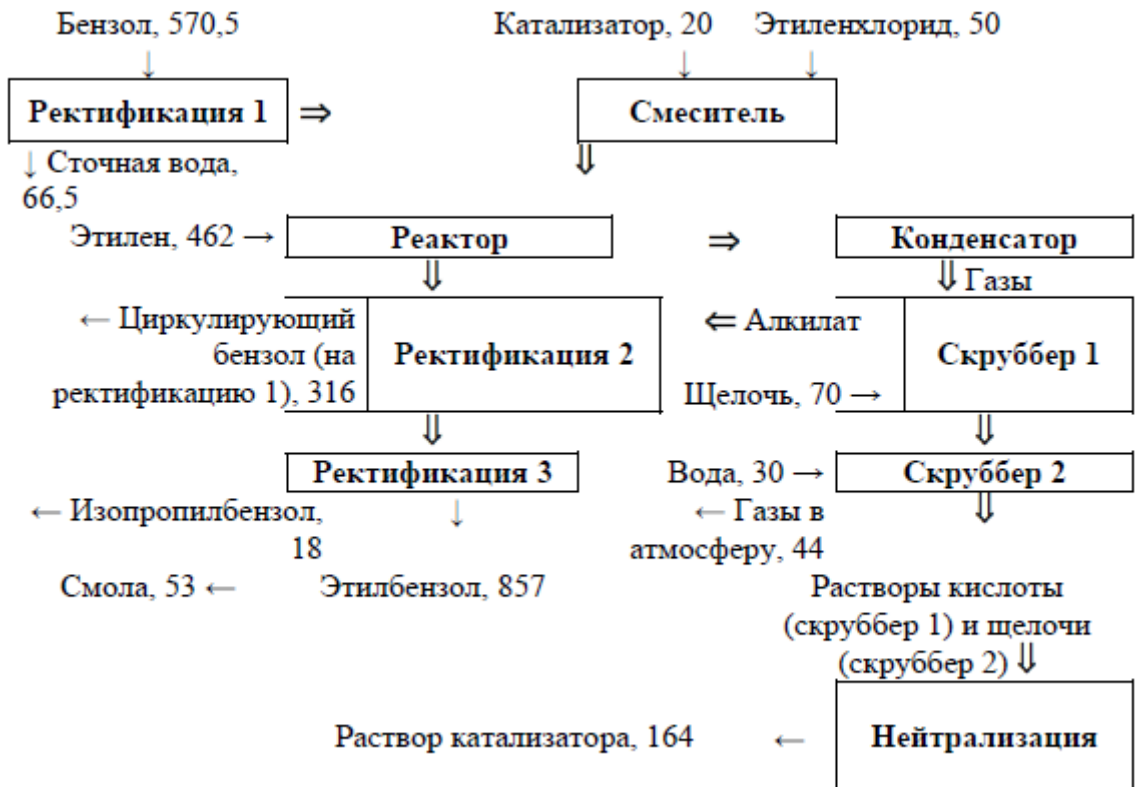
14. Скласти матеріально-екологічний баланс установки сумісного отримання фенолу і ацетону (кг/год).



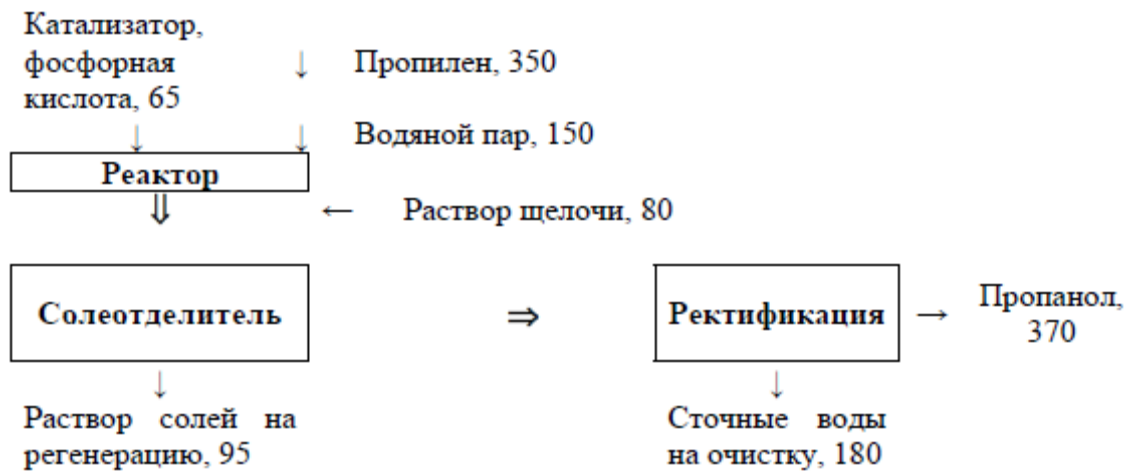
15. Скласти матеріально-екологічний баланс установки отримання 1,2-дихлоретана (кг/год).



16. Скласти матеріально-екологічний баланс установки отримання этилбензола (кг/год).



17. Скласти матеріально-екологічний баланс установки прямої гідратації пропілену (кг/год).



18. Скласти матеріально-екологічний баланс установки адсорбційного очищення олій (кг/год).



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

### ВИЗНАЧЕННЯ ВСТУПУ ДІОКСИНУ І БЕНЗАПИРЕНУ В ОРГАНІЗМ СЕРЕДНЬОСТАТИСТИЧНОГО РЕЦИПІЄНТА З ЇЖЕЮ

В гігієні харчування базисним регламентом нормованої речовини є допустима добова доза. Допустима добова доза (ДДД) речовини – це максимальна доза, щоденний пероральний вступ якої впродовж всього життя людини нешкідливо, тобто не робить несприятливий вплив на життєдіяльність, здоров'я теперішнього і майбутніх поколінь. ДСД виражається в міліграм на кг маси тіла.

Допустиме добове надходження (ДДН) – визначають як добуток величини ДДД на масу тіла людини. Це показник характеризує допустиму кількість нормованої речовини у складі харчового раціону (мг/добу) (середня маса тіла дорослої людини приймається рівною 60 кг, діти – 30 кг). Знаючи величину ДДД, ДДН і середній набір харчових продуктів в добовому раціоні, розраховують ГДК шкідливої речовини в тих продуктах, в яких він може знаходитися.

ГДК – гранично допустима концентрація, в міліграм речовини на кг продукту, визначається розрахунковим шляхом:

$$ГДК = ДДН \cdot P_c / M_{np} \cdot 100, \quad (5.1)$$

де  $P_c$  – фактичний або прогнозований вміст речовини в даному продукті (у відсотках ДДД або загального вмісту речовини в продуктах);

$M_{np}$  – маса даного продукту в стандартному добовому раціоні, кг/добу.

ГДК стосовно харчових продуктів в даний час прийнято позначати як МДР (максимально допустимий рівень) і ДР (допустимий рівень). За змістом і методам обґрунтування величини ГДК і МДР, ДР повністю тотожні.

Основними джерелами бенз(а)пірена, що споживається людиною, є: оточуюче повітря, тютюновий дим, опалювання (спалювання деревини, вугілля або інших біомас), автомобільний транспорт, асфальт, кам'яновугільні смоли. При проживанні поблизу джерела споживання може сягати 1 мкг бенз(а)пірена за добу. Основними харчовими джерелами бенз(а)пірену та інших поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ) є злаки, олії і жири, копчені продукти. Біля 1% ПАВ, що даходять в організм людини, пов'язано із споживанням питної води. Вміст бенз(а)пірену у воді змінюється залежно від її походження: ґрунтова вода містить 1 - 10 мкг/м<sup>3</sup>, річкова і озерна 10 - 25 мкг/м<sup>3</sup>, поверхнева 25 - 100 мкг/м<sup>3</sup> бенз(а)пірену. В той же час рекомендується його вміст у воді на рівні не більше 0,7 мкг/м<sup>3</sup>.

Термічна обробка значно збільшує вміст бенз(а)пірену в продуктах харчування – до 50 мкг/кг і більше. Полімерні пакувальні матеріали також забруднюють харчові продукти ПАВ. Так, жир молока екстрагує до 95 бенз(а)пірену з парафінопаперових пакетів і скляночок. Кожна сигарета є джерелом приблизно 0,05-0,09 мкг бенз(а)пірену. В повітрі населених місць середній вміст цієї речовини –  $(2-4) \cdot 10^{-14}$  г/м<sup>3</sup>. Висока концентрація бенз(а)пірену формується в повітрі за жаркої літньої погоди. Джерелом виступає асфальт, тому небажано в таку погоду проводити час на асфальтових покриттях. Концентрація бенз(а)пірену в ґрунті коливається в межах  $0,5 - 10^6$  мкг/кг.

Для діоксину не існує таких норм, як ГДК, – ці речовини токсичні при будь-яких концентраціях, міняються лише форми прояву діоксин-токсикації організму. Поки що, як основний, прийнятий показник онкотоксичності діоксину. Розрахунок ДДД ведеться так, щоб за 70 років життя в організм надійшло не більше  $2 \cdot 10^{-2}$  мг діоксину (у токсичному еквіваленті (ТЕ)) або 10-11 г/ (кг·добу):

$$ДДД = 10 - 11 \cdot 70 = 7 \cdot 10^{-10} \text{ г/добу.}$$

Прийнято, що за цієї умови індивід не поповнить групу ризику по ракових захворюваннях. Нині в США пропонується за основу прийняти показник імунотоксичності. При цьому ДДД буде знижена в сотні разів. Поки ж накопичення відбувається в результаті споживання середнього раціону харчування. Саме з їжею, а не з водою або повітрям, потрапляють в організм основні кількості діоксину. Вміст діоксину в харчових продуктах визначається головним чином їх жирністю. Найбільший вміст діоксину в жирних сортах риби і м'яса, олії, сирах. Допустимі концентрації діоксину в ґрунті, воді частково орієнтовані на приведену величину ДДД, а частково – на ступінь вже досягнутого забруднення. Так, в США, Німеччині, Італії норматив для води  $(1-5) \cdot 10^{-14}$  г/л, в Росії  $2 \cdot 10^{-11}$  г/л. Для сільськогосподарських ґрунтів  $\sim 10^{-8}$  г/кг, для ґрунтів, не використовуваних в сільському господарстві, – до  $10^{-5}$  г/кг (у США).

Споживання діоксину (у перерахунку на ТЕ, пг/ (кг·добу), мкг/ (кг·добу)) і бенз(а)пірену середньостатистичною людиною з їжею розраховується, виходячи з фактичного споживання продуктів харчування, що входять в добовий набір, і вмісту їх в кожному з них, за формулою:

$$N = \sum_{i=1}^n C_i \cdot P_i / M, \quad (5.2)$$

де  $C_i$  – концентрація полютантів в і-у продукті харчування, пг/кг, мкг/кг (табл. 5.1);

$P_i$  – кількість продукту харчування, що споживається за добу, кг (табл. 5.2);

$M$  – маса тіла реципієнта, кг.

Таблиця 5.1 – Середній вміст токсикантів в продуктах харчування

Продукт	Вміст діоксинів в ТЕ, пг/кг	Вміст бенз(а)пірену, мкг/кг
Хлібопродукти	8,20	0,5
Овочі	7,42	20,0
Фрукти	5,16	50,0
М'ясо і м'ясопродукти	150,33	2,7
Копченості	3000,00	30,0
Риба та рибопродукти	180,21	15,0
Яйця (шт.)	100,53	0
Молоко та молочні продукти	9,66	0,15
Рослинна олія	78,97	1,2
Цукор, солодощі, кондитерські вироби, напої у перерахунку на цукор	3,01	0,23

### Контрольні питання

1. Що таке допустима добова доза?
2. Що таке допустиме добове надходження?
3. Якій негативний вплив справляє на організм людини діоксини?
4. Як розрахувати допустиме добове надходження?
5. Як визначити ГДК токсикантів у харчових продуктах?
6. Як розрахувати величину споживання токсикантів з їжею?

### Завдання до практичної роботи

1. Ознайомитися з теоретичною частиною практичної роботи.
2. За формулою (5.2) розрахувати величину споживання діоксину та бенз(а)пірену різними групами населення. При розрахунках приймати, що середня маса тіла дитини – 30 кг, середня маса тіла дорослої людини - 60 кг. Варіанти завдань представлені в табл. 5.3.
3. Оцінити результати відповідно до ДДД, рекомендованої ВООЗ (Всесвітньою організацією охорони здоров'я), яка складає 0,1 (пг/(кг·д)) для діоксину і 0,004 мкг/ (кг·д) для бенз(а)пірену (пикограмм -  $10^{-12}$  г, мікрограмів -  $10^{-6}$  г).



Таблиця 5.2 – Споживання харчових продуктів населенням та окремими групами (кг/добу)

Група продуктів	Групи населення							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	все населення	Діти 1-17 лет	Доросле населення	18-29 років	30-39 років	40-59 років	60-74 років	більше 75 років
Хлібопродукти	0,268	0,239	0,276	0,308	0,299	0,288	0,228	0,173
Картопля	0,355	0,343	0,358	0,402	0,382	0,364	0,299	0,275
Овочі та баштанны	0,393	0,352	0,405	0,440	0,415	0,371	0,333	0,319
Фрукти та овочі	0,271	0,290	0,208	0,221	0,214	0,208	0,195	0,192
М'ясо і м'ясопродукти	0,192	0,156	0,202	0,230	0,221	0,205	0,144	0,112
Копченості	0,100	-	0,110	0,110	0,120	0,110	0,050	0,050
Риба та рибопродукти	0,063	0,094	0,055	0,057	0,057	0,055	0,054	0,053
Яйця (шт.)	0,706	0,638	0,725	0,807	0,766	0,708	0,640	0,607
Молоко та молочні продукти	0,974	0,858	1,006	1,210	1,075	0,944	0,866	0,794
Рослинна олія	0,032	0,025	0,034	0,039	0,036	0,035	0,029	0,026
Цукор, солодощі, кондитерські вироби, напої у перерахунку на цукор	0,085	0,072	0,089	0,105	0,092	0,083	0,067	0,053

Таблиця 5.3 – Варіанти завдань

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Групи населення	5; 7	1; 2	1; 4	1; 5	1; 6	1; 7	1; 8	1; 9	7; 8	2; 4	2; 5	2; 6	2; 7	2; 8	4; 5	4; 6	4; 7	4; 8

## ДОДАТКИ

Таблиця А.1 – Концентрація оксиду вуглецю, обумовлена викидами автотранспорту, мг/м<sup>3</sup>

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
К <sub>СО</sub>	2,5	3,0	3,1	3,9	5,0	5,9	6,0	1,4	1,9	6,5	7,0	10,0	11,0	2,0	4,0	9,0	13,0	11,5

Таблиця А.2 – Вихідні дані для визначення якості питної води

Показник, одиниця виміру	Варіанти																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>Показники етдегчної безпеки питної води</i>																		
ЗМЧ, КУО/см <sup>3</sup>	6,0	5,2	2,3	3,25	6,2	5,3	5,5	3,5	3,6	6,0	5,2	2,3	3,25	6,2	5,3	5,5	3,5	3,6
Колі-індекс, КУО/100см <sup>3</sup>	відс.	1	2	відс.	1	2	відс.	1	2	відс.	1	2	відс.	1	2	відс.	1	2
<i>Сантарно-хімічні показники безпеки та якості питної води</i>																		
Органолептичні показники																		
Запах, бали	0	0	0	2	1,45	1,75	1,57	0	0	0	2	1,45	1,75	1,57	0	0	0	2
Забарвленість, град.	5,5	9,0	7,6	8,0	8,0	8,8	8,4	9,1	5,5	9,0	7,6	8,0	8,0	8,8	8,4	9,1	8,7	9,3
Каламутність, 1 НОК	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Смак та присмак, бали	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Фізико-хімічні показники																		
рН	8,58	7,63	7,60	7,63	6,50	7,63	7,60	7,63	6,57	7,63	8,60	7,63	6,55	7,63	7,60	7,63	6,59	7,63
Залізо загаль-не, мг/дм <sup>3</sup>	0,10	0,15	0,10	0,20	0,25	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,20	0,25	0,10	0,10	0,20	0,25	0,10	0,10
Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05
Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5	0,00 5
Поліфосфати (за РО <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	58,1	64,3	61,3	50,4	58,6	62,5	60,5	58,1	64,3	61,3	85,0	58,6	62,5	60,5	58,1	64,3	61,3	92,5
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	32,7	27,3	30,2	35,0	34,0	27,1	31,1	32,7	27,3	30,2	32,5	34,0	27,1	31,1	32,7	27,3	30,2	30,0
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	5,0	0,05	1,0	0,00 5	0,05	0,00 5	0,00 5	0,05	1,0	0,05	0,00 5	0,5	0,00 5	0,00 5	1,0	3,0	0,00 5	0,00 5
Нафтопродук-ти, мг/дм <sup>3</sup>	0,04	0,04	0,04	0,3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,3
ПАР аніонні, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,6	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Хлор залишковий зв'язаний, мг/дм <sup>3</sup>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
<b>Санітарно-токсикологічні показники</b>																		
Алюміній, мг/дм <sup>3</sup>	0,025	0,040	0,038	0,5	0,062	0,073	0,060	0,20	0,025	0,040	0,038	0,5	0,062	0,073	0,060	0,20	0,025	0,040
Амоній, мг/дм <sup>3</sup>	2,0	0,05	0,05	0,05	0,5	2,0	0,05	0,17	0,12	0,14	2,0	0,05	0,05	0,05	0,5	2,0	0,05	0,17
Кадмій, мг/дм <sup>3</sup>	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Миш'як, мг/дм <sup>3</sup>	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Молібден, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Натрій, мг/дм <sup>3</sup>	20,0	21,9	28,3	26,4	20,0	30,9	24,2	200	21,9	28,3	26,4	20,0	30,9	24,2	20,0	21,9	28,3	26,4
Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	7,59	6,24	7,73	6,56	7,80	7,59	6,24	7,73	6,56	7,80	7,59	6,24	7,73	6,56	7,80	7,59	6,24	7,73
Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>	0,046	0,041	0,330	0,003	0,003	0,003	0,046	0,041	0,330	0,003	0,003	0,003	0,046	0,041	0,330	0,003	0,003	0,003
Темпера-тура, °С	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в
Свинець, мг/дм <sup>3</sup>	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Селен, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Хром заг., мг/дм <sup>3</sup>	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Берилій, мг/дм <sup>3</sup>	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Стронцій, мг/дм <sup>3</sup>	0,837	0,8	0,849	0,748	0,788	0,837	0,8	0,849	0,748	0,788	0,837	0,8	0,849	0,748	0,788	0,837	0,8	0,849
Окиснюва-ність (KMnO <sub>4</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>	3,79	3,4	3,58	2,60	1,99	2,45	3,79	3,4	3,58	2,60	1,99	2,45	3,79	3,4	3,58	2,60	1,99	2,45
<b>Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води</b>																		
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	7,50	4,80	3,70	4,30	4,95	3,87	4,35	7,50	4,80	3,70	4,30	4,95	3,87	4,35	7,50	4,80	3,70	4,30
Загальна лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	3,60	2,99	3,28	3,80	3,15	3,00	3,17	3,4	2,99	3,28	5,10	3,15	3,0	3,17	3,60	2,99	3,28	7,00
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	51,61	49,77	55,53	51,61	59,12	45,09	55,1	51,61	49,77	55,53	49,77	59,12	45,09	55,1	51,61	49,77	55,53	49,77
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	22,80	15,81	19,00	15,80	25,54	15,8	19,71	22,80	15,81	19,00	15,80	25,54	15,8	19,71	22,80	15,81	19,00	15,80
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	500,0	386,3	350,0	376,7	350,0	375,0	363,1	500,0	386,3	350,0	376,7	350,0	375,0	363,1	500,0	386,3	350,0	376,7
Фториди, мг/дм <sup>3</sup>	0,251	0,293	0,281	0,146	0,152	0,161	0,251	0,293	0,281	0,146	0,152	0,161	0,251	0,293	0,281	0,146	0,152	0,161

## Продовження табл. 1.4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>
Мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	1284,1	1276,7	1286,3	1284,3	1268,1	1284,1	1276,7	1286,3	1284,3	1268,1	1284,1	1276,7	1286,3	1284,3	1268,1	1284,1	1276,7	1286,3
<i>Радіаційні показники безпеки питної води</i>																		
Питома активність <sup>137</sup> Cs, Бк/дм <sup>3</sup>	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Питома активність <sup>90</sup> Sr, Бк/дм <sup>3</sup>	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1

Таблиця А.3 – Вихідні дані для визначення кількісної екологічної характеристики якості ґрунтів

Элемент	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Pb	As	Cd	Hg	Se	Md
Фоновое содержание в почве, мг/кг	4600	83	46	650	38000	10	20	20	50	300	10	5	0,3	0,028	0,5	1,230
№ варіанту	Содержание элементов в почве, мг/кг															
<b>1</b>	2157	62	57	357	12000	10	8,5	47	85	125	16	1,7	0,5	0,15	0,02	0,04
<b>2</b>	1482	14	21	159	54000	45	2,8	7	25	84	20	0,05	0,1	0,01	0,03	0,8
<b>3</b>	7259	82	65	258	73000	3	12	5	31	73	40	1,5	0,5	0,01	0,02	0,09
<b>4</b>	4358	43	84	456	97000	7	5	12	47	345	39	2,0	0,4	0,01	0,03	0,7
<b>5</b>	1587	27	36	415	84000	68	4,2	3	62	189	57	4,4	0,1	0,2	0,02	0,95
<b>6</b>	4265	14	79	751	14000	8	6	6	9	98	43	6,0	0,3	0,4	0,03	1,5
<b>7</b>	6215	31	24	862	55700	2	5	8	24	347	20	1,8	0,2	0,05	0,2	1,4
<b>8</b>	4254	47	91	483	35000	4	3,5	4,5	83	501	18	1,0	0,7	0,01	0,4	0,35
<b>9</b>	7125	52	83	721	39000	6,5	8	1,2	62	83	73	4,3	0,05	0,01	0,01	1,78
<b>10</b>	8124	13	41	702	23000	3	1,5	60	18	196	11	2,1	0,6	0,03	0,02	0,99
<b>11</b>	1254	82	67	901	92000	7	14	7	14	457	60	4,1	0,12	0,04	0,01	2,5
<b>12</b>	3247	35	23	584	14000	6,5	3	2,5	35,7	210	48	6,0	0,4	0,06	0,04	0,48
<b>13</b>	6213	21	28	621	97000	5	1,6	47	25	147	6	3,7	0,7	0,04	0,03	0,39
<b>14</b>	8145	38	49	730	48000	4,5	21	21	39	364	21	5,0	0,1	0,03	0,6	0,79
<b>15</b>	9214	54	67	502	38000	2	3,6	38	57	480	17	2,6	0,6	0,07	0,07	2,0
<b>16</b>	4214	92	51	95	71000	7	48	5	98	341	9	3,1	0,4	0,03	0,08	0,47
<b>17</b>	5551	73	22	217	61000	6	1,5	3	51	264	5	0,9	0,2	0,01	0,8	0,83

18	7124	64	14	314	35400	4,5	4	4	26	179	11	2,8	0,3	0,04	0,6	1,7
----	------	----	----	-----	-------	-----	---	---	----	-----	----	-----	-----	------	-----	-----

Таблиця А.4 – Вихідні дані для визначення кількісної екологічної характеристики рівня озеленення міста

№ ва рі ан та	Кіль кість меш кан ців, тис. люд,	Природна зона	При родні умо ви	Наявність антропогенни х об'єктів	Площа зелених насаджень, тис. м <sup>2</sup>											
					місь кі сади і парки	ди тячі пар ки	спо рти вні пар ки	зооло гічні	бота нічні сади	сквери бульва ри	парки і сади жит лових р-нів	міжквар тальні сквери бульва ри	лісо парки	гід ро пар ки	лісові маси ви у місті	пішо хідні зв'язки
1	1 (с/п)	Полісся	ліси	-		2	2								8	2
2	15	Закарпаття	ліси	-		2	2	1		3					6	4
3	25	Прикарпаття	річка	виробництво	20	6	4	2	2	8	5	5		55	80	8
4	60	Лісостеп	-	з/д	250	10	8	4	10	180	150	125	500			160
5	50	Степ	-	виробництво	300	10	10	5	10	200	200	80				130
6	45	Південний берег Криму	-	-	330	20	10	20	100	100		50				60
7	30	Полісся	ліси	виробництво	40	5	6	2		30		30	60		100	20
8	0.8 (с/п)	Закарпаття	ліси	-	2					1					5	1
9	40	Прикарпаття	річка	з/д	60	15	10	5	20	40				120		40
10	1000	Лісостеп	-	виробництво	3000	300	500	250	1000	3000	900	2800	5000			3500
11	280	Степ	-	виробництво	1500	300	400	500	500	1000	700	500				900
12	100	Південний берег Криму	-	-	500	45	25	50	100	250	150	300				200
13	250	Полісся	ліси	з/д	650	100	50	50	100	600	600	400		300	500	300
14	1,2 (с/п)	Закарпаття	ліси	-	2				3			0,5	3		6	1
15	80	Прикарпаття	річка	виробництво	130	20	30	25	36	50	170	200		150	200	180
16	120	Степ	-	з/д	40	1				85	190	300	8			148
17	300	Лісостеп	річка	виробництво	85	11	1	3	3	163	342	542	90		103	219
18	60	Полісся	-	-	12				2	38	69	89	12		10	62

Таблиця А.5 - Вихідні дані для розрахунку коефіцієнту небезпеки промислового комплексу міста

Шкідливі речовини	Етилен	Анілін	Фурфурол	Сірчана кислота	Хлор	Нафталін	Пил	Ртуть	Фенол	Сірчана кислота	Азоту діоксид	Сірки діоксид	Вуглецю оксид	Аміак
Клас небезпеки речовини	III	II	II	IV	I	IV	III	I	II	II	III	III	IV	IV
ГДКс.д., мг/м <sup>3</sup>	3,0	0,05	0,05	0,1	0,03	0,003	0,15	0,0003	0,003	0,1	0,04	0,05	3,0	0,04
варіант	Сумарні кількості шкідливих речовин, що надходять в атмосферу від промислового комплексу міста (т/рік)													
<b>1</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	3,5	4,4	0,24	0,15
<b>2</b>	2,2	0,07	-	0,90	-	-	2,21	-	0,065	4,9	2,8	4,1	0,16	0,18
<b>3</b>	3,8	-	0,48	0,13	0,055	0,045	4,20	0,03	0,032	3,0	2,7	3,2	0,15	-
<b>4</b>	-	-	1,35	10,9	0,4	0,03	8,13	0,039	0,28	3,1	2,0	3,8	0,18	-
<b>5</b>	5,1	5,35	3,03	6,7	1,33	0,023	11,10	0,056	0,110	3,5	2,1	4,6	0,09	5,23
<b>6</b>	4,4	0,72	0,035	0,14	0,04	0,03	2,21	0,069	0,025	2,8	-	-	-	0,21
<b>7</b>	4,1	0,075	0,062	0,15	0,74	0,063	2,22	0,058	0,063	2,7	-	-	-	0,25
<b>8</b>	3,2	0,8	0,68	0,16	0,76	0,066	1,24	0,048	0,064	2,0	3,8	3,1	0,21	0,14
<b>9</b>	-	-	-	-	-	-	17,10	-	10,76	6,1	1,4	3,5	0,25	1,54
<b>10</b>	4,6	0,049	-	-	-	-	2,73	-	-	4,5	4,6	2,8	0,14	0,18
<b>11</b>	-	-	4,65	5,12	4,025	0,25	8,18	0,7	0,038	2,2	4,9	2,7	0,11	-
<b>12</b>	3,0	0,03	-	-	-	-	4,09	0,065	0,48	3,8	3,0	2,0	0,18	0,20
<b>13</b>	3,1	0,039	0,28	0,08	-	-	2,12	0,045	0,35	1,4	3,1	2,1	0,21	0,13
<b>14</b>	-	-	-	0,15	0,032	0,22	2,23	0,35	0,03	5,1	4,6	4,5	0,20	-
<b>15</b>	2,8	0,069	0,025	0,14	0,065	-	5,21	-	-	4,4	4,9	2,2	0,13	0,21
<b>16</b>	-	-	-	1,65	5,72	0,74	6,25	0,75	2,062	-	3,0	3,8	0,10	2,20
<b>17</b>	2,0	0,048	0,064	0,9	-	0,68	2,14	-	0,68	3,2	3,1	1,4	0,21	0,24
<b>18</b>	2,1	0,035	0,076	0,7	0,068	0,058	2,11	-	0,078	3,8	4,6	5,1	0,22	-

Таблиця А.6 – Середня інтенсивність руху автотранспорту, авто/добу

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Кількість, авто/добу	2050	5920	9340	7890	26870	3040	3590	1570	2980	3080	9340	3570	2100	3100	5840	6920	1870	2960



Таблиця А.7 – Дані для визначення техногенного впливу на водні об'єкти

Показ-ники	С (ЗВ), мг/дм <sup>3</sup> , дозво- лена до скиду у водний об'єкт	№ варіанту																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		Склад СВ, які скидають у водний об'єкт																	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>
Зважені речовини	10,75	15,0	11,0	12,4	13,0	14,0	12,5	15,00	14,5	12,0	11,0	10,9	21,0	11,5	14,2	17,6	105	13,0	11,3
БСК <sub>5</sub>	2,0	2,0	2,1	2,4	2,8	2,4	2,0	2,0	2,7	2,6	2,5	2,4	2,7	2,1	2,5	2,0	2,8	2,0	2,1
Азот амонійн.	0,4	0,01	0,05	0,04	0,08	0,04	0,03	0,07	0,08	0,02	0,04	0,03	0,07	0,02	0,01	0,07	0,08	0,04	0,02
Нітрит-іон	0,08	0,07	0,01	0,10	0,05	0,03	0,07	0,01	0,04	0,06	0,03	0,02	0,04	0,06	0,09	0,01	0,08	0,01	0,05
Нітрат-іон	40	45	50	47	41	38	54	25	51	31	21	25	42	36	32	54	41	70	45
Фосфати	0,74	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Хлориди	300	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Сульфати	100	150	150	150	200	200	100	100	240	240	240	130	130	130	100	100	100	160	160
Сухий залишок	1000	1100	1050	1090	1050	980	1090	1500	1060	10020	960	1200	1020	1100	1090	970	1080	1100	1100
СПАР (аніон)	0,1	0,8	0,4	0,2	0,7	0,1	0,8	0,9	0,2	0,5	0,6	0,4	0,2	0,1	0,8	0,5	0,3	0,4	0,1
Нафтопро-дукти	0,05	0,02	0,04	0,06	0,09	0,01	0,08	0,01	0,05	0,07	0,01	0,10	0,05	0,03	0,07	0,01	0,04	0,06	0,03
Залізо	0,3	0,6	0,4	0,2	0,1	0,8	0,5	0,3	0,4	0,1	0,8	0,4	0,2	0,7	0,1	0,8	0,9	0,2	0,5
Мідь	0,001	0,004	0,001	0,003	0,005	0,007	0,002	0,008	0,001	0,005	0,006	0,002	0,009	0,004	0,005	0,002	0,007	0,003	0,002
Цинк	0,01	0,004	0,002	0,009	0,030	0,008	0,025	0,038	0,009	0,005	0,005	0,001	0,006	0,020	0,008	0,060	0,002	0,004	0,080
Нікель	0,01	0,005	0,001	0,006	0,020	0,008	0,060	0,002	0,004	0,080	0,004	0,002	0,009	0,030	0,008	0,025	0,038	0,009	0,005
Хром +6	0,02	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Хром +3	0,07	0,03	0,02	0,04	0,06	0,09	0,01	0,08	0,01	0,05	0,07	0,01	0,10	0,05	0,03	0,07	0,01	0,04	0,06

Таблиця А.8 – Дані для визначення ступеню рециклінга промислових відходів

Характеристика	Варіант																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Кількість промислових відходів, що утворюються, тис.т	25	140	126	113	573	36	28	20	781	16,5	470	72	26	31	54	67	19,5	17
Кількість промислових відходів, що утилізували, т	2000	11000	68000	54000	352000	12000	4700	5200	124500	3600	247000	14500	8520	4500	6300	31000	5400	7600

Таблиця А.9 – Вихідні дані для визначення екологічної небезпеки техногенного комплексу

Показник	№ варіанту																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Наявність об'єктів підвищеної небезпеки в межах міста	-	5	8	7	14	-	-	-	14	2	8	4	-	-	5	6	-	2
Наявність об'єктів підвищеної небезпеки за межами міста	1	-	-	-	-	2	2	1	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-

ЗБІРНИК  
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
до практичних робіт  
з д и с ц и п л і н и  
"Системний аналіз якості навколишнього середовища"

Укладачі: к.геогр.н., доц. Приходько В.Ю., к.х.н., доц. Шаніна Т.П.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул.Львівська, 15

---